



# Säteilyn käyttö kardiologisissa yksiköissä

Terveydenhuollon valvontaraportti

ISBN 978-952-309-530-4 (pdf)  
ISSN 2243-1896

*RUONALA Verner. Säteilyn käyttö kardiologiassa. Terveysthuollon valvontaraportti. STUK-B 290. Vantaa 2022. 26 s.*

**AVAINSANAT:** säteilyn käyttö, terveydenhuolto, kardiologia, toimenpidekardiologia, työntekijöiden suojele, potilaan säteilyaltistus

## Tiivistelmä

Säteilyturvakeskus kohdisti tehostetusti valvontaa kardiologisen säteilyn käytön yksiköihin vuosina 2021 ja 2022. Tehostetun valvonnan aikana kaikkiin yksiköihin lähetettiin valvontakysely ja 13 yksikköön tehtiin tarkastus käyttöpaikalla. Tarkastusten aikana haastateltiin työntekijöitä ja seurattiin säteilyturvallisia työskentelytapoja yksiköissä. Säteilyturvakeskuksen tekemän kokonaisarvion perusteella voidaan todeta, että säteilyturvallisuus kardiologisissa yksiköissä on Suomessa hyvällä tasolla. Työntekijöiden säteilyaltistukset ovat pieniä verrattuna annosrajoihin, eivätkä potilaan keskimääräiset säteilyaltistukset olleet vertailutasoja suurempia missään yksikössä. Kehityskohteiksi tunnistettiin puutteet potilasaltistuksen optimointikäytännöissä ja säteilysojelelun täydennyskoulutuksiin osallistumisessa. Raportin havainnot käytetään Säteilyturvakeskuksen valvonnan suunnitteluun.

*RUONALA Verner. Use of radiation in interventional cardiology. Supervision report in health care. STUK-B 290. Vantaa 2022. 26 pp.*

**KEYWORDS:** radiation practice, health care, cardiology, interventional cardiology, occupational protection, patient exposure

## Abstract

In 2021 and 2022, the Radiation and Nuclear Safety Authority focused more intensive surveillance on units of cardiological radiation use. During the enhanced surveillance, a survey was sent to all units and 13 units were inspected on-site. Employees were interviewed and the safety of radiation practices were monitored in the units. Based on an overall assessment carried out by Radiation and Nuclear Safety Authority, it can be concluded that radiation safety in cardiological units is at a good level in Finland. The occupational exposure of workers is small compared to the dose limits, and the average exposure of the patient was not higher than the dose reference levels in any unit. Shortcomings in patient exposure optimisation practices and participation in further radiation protection training were identified as development targets. The findings of the report are used in the planning of the Radiation and Nuclear Safety Authority's regulatory control.

# Sisällys

<b>TIIVISTELMÄ</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>4</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
<b>2 VALVONNASSA KÄYTETYT MENETELMÄT</b>	<b>7</b>
<b>3 TULOKSET</b>	<b>8</b>
3.1 TYÖNTEKIJÄN SÄTEILYSUOJELU	8
SIJOITTUMINEN TOIMENPIDESALISSA	8
HENKILÖKOHTAISTEN SÄTEILYSUOJAINTEN JA MUIDEN SÄTEILYSUOJIEN KÄYTTÖ	11
TYÖPERÄISEN ALTISTUKSEN SEURANTA	14
3.2 POTILAAN SÄTEILYSUOJELU	15
SÄTEILYSUOJELUN OPTIMOINTI LAITTEIDEN KÄYTÖSSÄ	16
KUVAUSOHJELMIEN OPTIMOINTI JA VALINTA	17
POTILAAN SÄTEILYALTISTUKSEN VERTAILUTASOT	19
HÄLYTYSRAJA POTILAAN IHOANNOKSELLE	20
3.3 SÄTEILYN KÄYTTÖORGANISAATIO JA KOULUTUS	21
<b>4 YHTEENVETO</b>	<b>23</b>
<b>5 KIRJALLISUUTTA</b>	<b>25</b>

# 1 Johdanto

Säteilyturvakeskus (STUK) kohdisti valvontaa tehostetusti kardiologisten yksiköiden toimintaan vuosina 2021–2022. STUK selvitti, miten säteilyturvallisuus otetaan huomioon kardiologisten yksiköiden toiminnassa, sekä jakoi toiminnanharjoittajille ja työntekijöille tietoa säteilyturvallisista työskentelytavoista kardiologisessa säteilyn käytössä.

Tässä raportissa kardiologisella yksiköllä tarkoitetaan yksikköä, jossa tehdään kardiologisia angiografiatutkimuksia ja läpivalaisuhjattuja kardiologisia toimenpiteitä. Tutkimuksista ja toimenpiteistä käytetään raportissa yhteistä nimeä kardiologiset toimenpiteet.

Suomessa kardiologisten toimenpiteiden lukumäärä on pieni, mutta tyypillisestä kardiologisesta tutkimuksesta aiheutuva säteilyaltistus on tavanomaista röntgentutkimuksesta aiheutuvaa altistusta suurempi. Tarkkaa tietoa kardiologisten tutkimusten altistuksesta väestötasolla ei ole, mutta toimenpideradiologiasta aiheutuva altistus on kasvanut Suomessa 57 % vuodesta 2008 vuoteen 2018 (Bly, 2021). STUK on asettanut yleisimmille kardiologisille tutkimuksille ja toimenpiteille potilaan säteilyaltistuksen vertailutasot, joiden tavoitteena on optimoida potilaan säteilynsuojelua. Toimenpidekardiologiassa osa työntekijöistä joutuu säännöllisesti oleskelemaan valvonta-alueella ja tästä syystä heidän säteilyaltistuksensa on tyypillisesti suurempaa verrattuna esimerkiksi muita röntgentutkimuksia tekevien työntekijöiden säteilyaltistukseen. Säteilynsuojelulla toimenpiteiden aikana voidaan merkittävästi vaikuttaa sekä potilaan että työntekijöiden säteilyaltistukseen. STUK on aiemmin havainnut kardiologisten yksiköiden säteilyturvallisudessa puutteita muun muassa liittyen säteilynsuojelun täydennyskoulutukseen ja menettelytapoihin, esimerkiksi säteilynsuojainten asetteluun ja oleskeluun säteilyn käyttötiloissa.

STUK on julkaissut vuonna 2018 oppaan Säteilyn käytön turvallisuus kardiologiassa (KARPO-opas). Oppaan tavoitteena on ollut tukea kardiologisia yksiköitä säteilyturvallisuuden edistämiseksi. Oppaassa annetaan käytännön opastusta työntekijöiden ja potilaiden suojelemiseksi säteilyltä sekä esitetään perustietoja säteilynsuojelun optimoinnista. Nyt selvitettiin, miten opas on vastaanotettu kardiologisissa yksiköissä. Oppaassa esitettyjen hyvien käytäntöjen toteutumista selvitettiin tarkastusten yhteydessä.

STUK valvoo säteilyn käytön turvallisuutta kardiologisissa yksiköissä säteilylain (859/2018) 176 §:n nojalla. STUK valvoo, että säteilylainsäädännössä esitetyt vaatimukset täyttyvät. Valvonnan tukena on lisäksi kansainvälisiä suosituksia ja ohjeita muun muassa kansainväliseltä atomienergiakomissiolta (IAEA), kansainväliseltä säteilynsuojelukomissiolta (ICRP) sekä Euroopan komissiolta. STUK kohdistaa valvontaa strategiansa mukaan riskitietoisesti ja vaikuttavuuden kannalta merkittäviin kohteisiin. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi valvontaa kohdistetaan niihin toimintoihin, jossa säteilyn käytön riski on muuta säteilyn käyttöä korkeampi.

## 2 Valvonnassa käytetyt menetelmät

Valvonta kohdistettiin yksiköihin, joissa tehdään kardiologisia angiografiatutkimuksia ja läpivalaisuohjattuja kardiologisia toimenpiteitä. Valvontamenetelminä olivat valvontakysely ja käyttöpaikkatarkastukset.

Valvontakyselyllä selvitettiin yksiköiden käytäntöjä liittyen työntekijöiden säteilysuojelun täydennyskoulutukseen, säteilysojainten käyttöön ja potilaan säteilysuojelun optimointiin, erityisesti potilaiden säteilyaltistusten vertailutasojen käyttöön. Valvontakysely lähetettiin jokaisen kardiologisen yksikön säteilyturvallisuusvastaavalle helmikuussa 2021.

Valvontakyselyn tulosten ja STUKin aiempien valvontahavaintojen perusteella valittiin 13 tarkastettavaa säteilyn käyttöpaikkaa, jotka edustivat pieniä ja suuria kardiologisia yksiköitä. Tarkastusten aikana seurattiin kardiologisen yksikön toimintaa 1–6 toimenpiteen ajan. Tarkastuksissa seurattiin työntekijöiden säteilyturvallisia työskentelytapoja, kuten säteilysojainten käyttöä, sijoittumista säteilyn käyttötilassa ja muita menettelyitä, jotka vähentävät säteilyaltistusta. Lisäksi tarkastuksissa seurattiin potilaan säteilyaltistuksen optimoinnin menettelyitä, sillä nämä vaikuttavat potilaan säteilyaltistuksen lisäksi myös työntekijöiden altistukseen. Tarkastuksiin ei kuulunut potilaan hoitoa koskevien kliinisten ratkaisujen, eikä toimenpiteen lopputuloksen arviointi. Tarkastusten yhteydessä haastateltiin säteilyn käyttöpaikan säteilylaissa tarkoitettuja vastuuhenkilöitä lääketieteelliseen ja työperäiseen säteilyaltistukseen liittyvistä vastuista ja käytännöistä. Tarkastukset säteilyn käyttöpaikoille tehtiin syyskuun 2021 ja maaliskuun 2022 välillä.

## 3 Tulokset

Havainnot perustuvat kardiologisiin yksikköihin lähetettyyn valvontakyselyyn ja tarkastuksiin, joilla pyrittiin varmentamaan ja syventämään valvontakyselyssä saatuja tietoja. Valvontakyselyssä annetut vastaukset vastasivat tarkastuksilla tehtyjä havaintoja pääsääntöisesti hyvin.

Valvontakyselyyn vastasi yhteensä 22 yksikköä 25 yksiköstä. Vastaajana oli pääsääntöisesti toiminnan säteilyturvallisuusvastaava, joka oli sairaalafyysikko tai vastuulääkärinä oleva kardiologi tai radiologi. Kardiologisissa yksiköissä tehtiin valvontakyselyn perusteella yhteensä 52 500 kardiologista toimenpidettä vuonna 2020. Tarkastuksia tehtiin yhteensä 13 kardiologiseen yksikköön ja niiden aikana seurattiin yhteensä 43 toimenpidettä. Seuratut toimenpiteet:

- 19 kpl sepelvaltimoangiografia (CA)
- 14 kpl pallolaajennus/stentin asennus (PCI, sisälsi tyypillisesti myös CA:n)
- 4 kpl tahdistimen asennus tai muu tahdistintoimenpide
- 4 kpl elektrofysiologinen toimenpide (ablaatio tai tutkimus)
- 2 kpl katetrin avulla tehtävä aorttaläpän toimenpide (TAVI).

### 3.1 Työntekijän säteilysuojelu

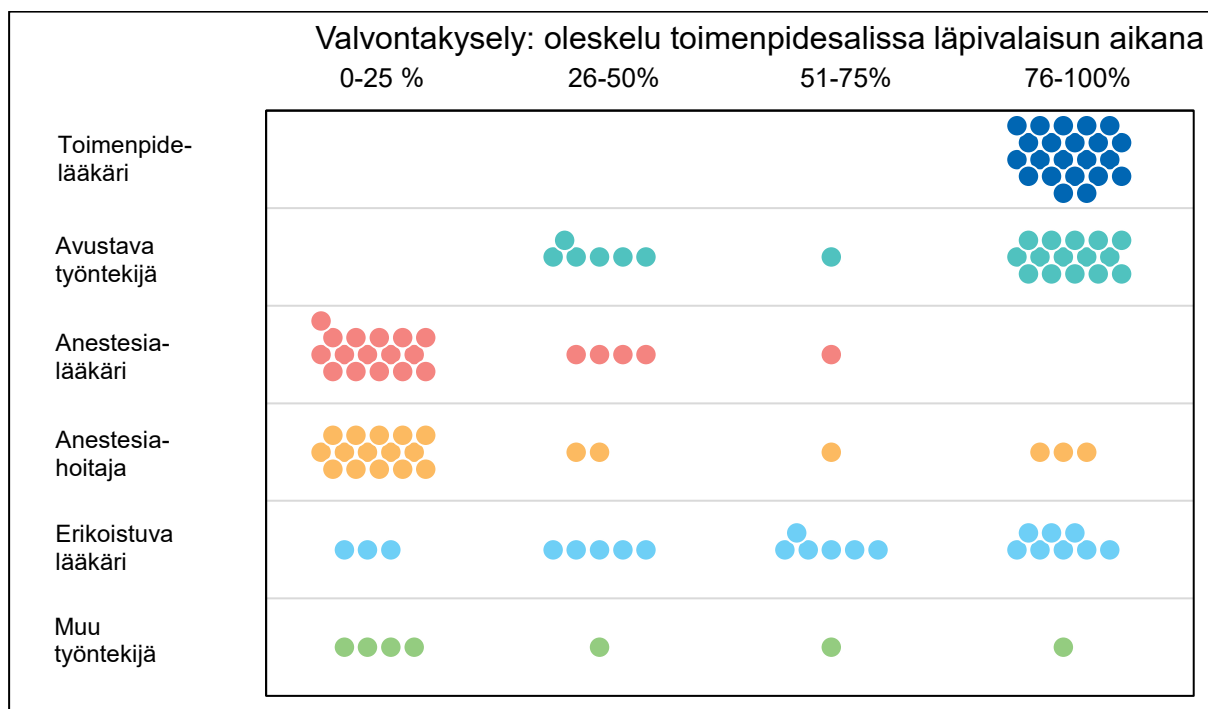
Työperäistä säteilyaltistusta kardiologisissa toimenpiteissä aiheutuu pääasiassa potilaasta sironneesta säteilystä. Työperäistä säteilyaltistusta voidaan vähentää monin keinoin, mm. käyttämällä henkilökohtaisia säteilysuojaimia, rajoittamalla oleskelua säteilyn käyttötilassa ja ottamalla etäisyyttä potilaaseen säteilytyksen aikana. Usein samat menettelyt, joilla potilasaltistusta voidaan pienentää, vähentävät myös työntekijöille aiheutuvaa altistusta.

#### Sijoittuminen toimenpidesalissa

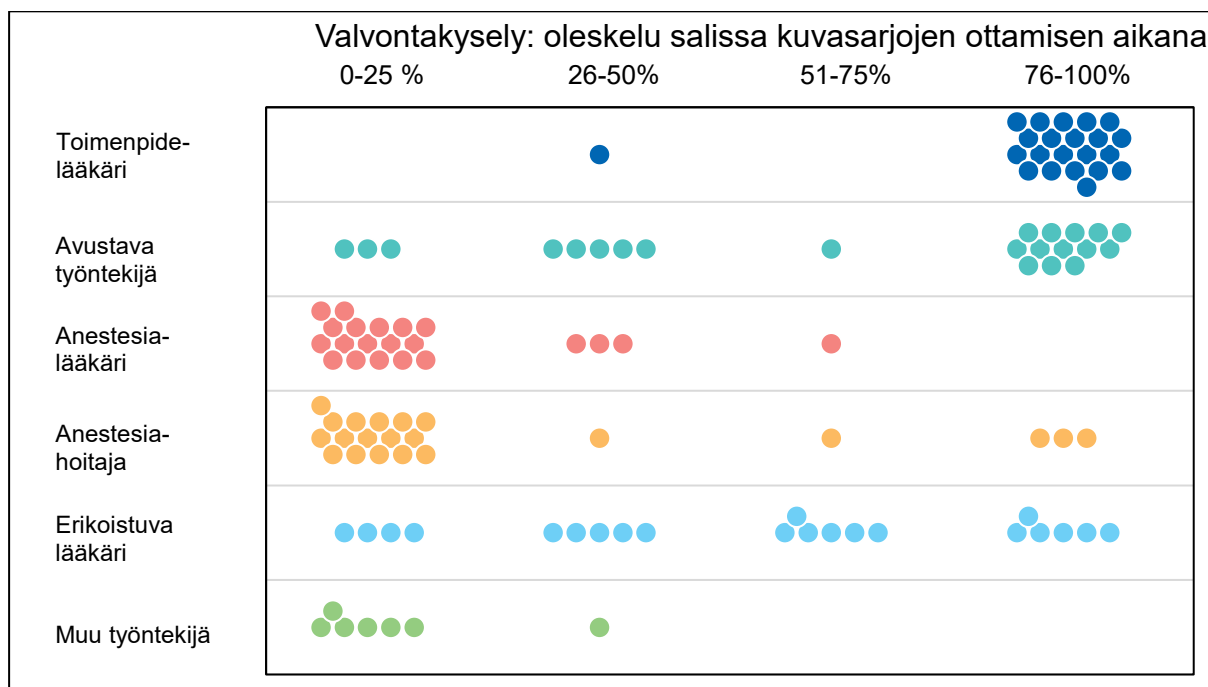
Kardiologisilta yksiköiltä pyydettiin valvontakyselyssä arviota siitä, kuinka usein eri ammattiryhmien edustajat oleskelevat toimenpidesalissa toimenpiteiden aikana. Kysymys oli jaettu kahteen säteilyn käytön kannalta oleelliseen osaan, oleskeluun läpivalaisun aikana (Kuva 1) ja oleskeluun kuvasarjojen ottamisen aikana (Kuva 2).

Valvontakyselyn perusteella toimenpidesalissa oleskelee läpivalaisun ja kuvasarjojen ottamisen aikana toimenpidelääkäri ja aina tai lähes aina avustava työntekijä (Kuvat 1 ja 2). Erikoistuvien lääkärien oleskelu toimenpidesalissa läpivalaisun ja kuvasarjojen ottamisen aikana vaihtelee yksiköittäin, ja vastaukset ovat jakaantuneet melko tasaisesti kaikkien vastausvaihtoehtojen välille (harvoin – aina tai lähes aina), painottuen kuitenkin hieman useammin oleskeluun, kuin harvemmin oleskeluun. Anestesiahoitaja ja -lääkäri oleskelevat toimenpidesaleissa tyypillisesti vain harvoin läpivalaisun tai kuvasarjojen ottamisen aikana. Muilla työntekijöillä tarkoitettiin avovastausten perusteella tyypillisimmin laite-edustajia, opiskelijoita tai röntgenhoitajia. Muiden työntekijöiden osalta vastauksia saatiin noin kolmannekselta yksiköistä. Tyypillisimmin muut työntekijät oleskelevat toimenpidesalissa vain harvoin läpivalaisun tai kuvasarjojen ottamisen aikana. Vertailtaessa vastauksia toimenpidesalissa oleskelusta läpivalaisun ja kuvasarjojen ottamisen aikana voidaan havaita, ettei merkittäviä muutoksia ole. Kyselyn perusteella toimenpidesaleista ei tyypillisesti poistuta kuvasarjojen ottamisen ajaksi.





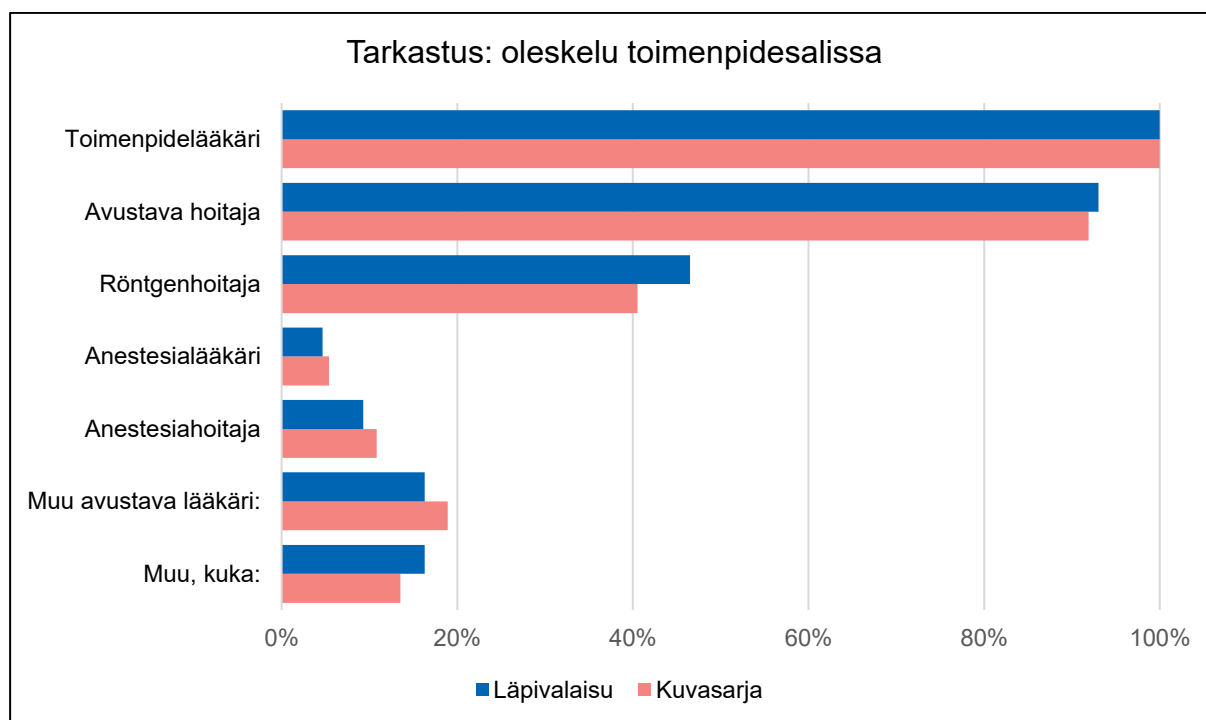
Kuva 1: Työntekijöiden oleskelu toimenpidesalissa läpivalaisun aikana. Vaaka-akselilla on yksiköiden oma arvio siitä, kuinka usein pystyakselilla oleva työntekijäryhmä on salissa läpivalaisun aikana. Kukin piste edustaa yhden yksikön vastausta valvontakyselyyn. Vaaka-akselin tarkenteet: 0–25 % (harvoin), 26–50 % (toisinaan), 51–75 % (usein), 76–100 % (aina tai lähes aina).



Kuva 2: Työntekijöiden oleskelu toimenpidesalissa kuvasarjojen ottamisen aikana. Vaaka-akselilla on yksiköiden oma arvio siitä, kuinka usein pystyakselilla oleva työntekijäryhmä on salissa kuvasarjojen ottamisen aikana. Kukin piste edustaa yhden yksikön vastausta valvontakyselyyn. Vaaka-akselin selitteet: 0–25 % (harvoin), 26–50 % (toisinaan), 51–75 % (usein), 76–100 % (aina tai lähes aina).

Tarkastuksissa tehdyt havainnot tukivat valvontakyselyn vastauksia (Kuva 3). Toimenpidesaleissa oleskeli toimenpidelääkärin lisäksi tyypillisesti 1–2 avustavaa hoitajaa (93 %:ssa toimenpiteistä) ja usein röntgenhoitaja (47 %:ssa toimenpiteistä). Toimenpiteissä kuvasarjat aiheuttavat merkittävän osan säteilyaltistuksista. Tästä huolimatta toimenpidesalissa työskentelevät poistuivat vain harvoin salista kuvasarjojen ottamisen ajaksi. Valtaosassa toimenpiteistä käytettiin varjoaineen käsiruiskutusta, jolloin ruiskuttajan oli oltava potilaan läheisyydessä. Toimenpidelääkärit eivät tyypillisesti siirtyneet kauemmaksi potilaasta kuvasarjojen ottamisen aikana. Noin puolessa seuratuista toimenpiteistä avustavat hoitajat siirtyivät kuvasarjojen ottamisen aikana usein tai ainakin joskus toimenpidelääkärin taakse tai kauemmaksi potilaasta. Anestesia- ja -hoitajat oleskelivat toimenpidesaleissa vain harvoin (9 ja 5 %:ssa toimenpiteistä). Voidaan kuitenkin todeta, että silloin kun anestesia- ja -hoitaja olivat mukana toimenpiteessä, sijoittuivat he toimenpidesaliin sermien taakse, eivätkä poistuneet salista kuvasarjojen ottamisen ajaksi. Eräissä toimenpiteissä (TAVI, synkronoivan tahdistimen asennus) läppäsiirteiden tai tahdistimien valmistajien edustajat oleskelivat toimenpidesalissa antaessaan ohjeita toimenpiteen kulusta ja sopivien instrumenttien valinnasta sairaalan työntekijöille.

Osassa kardiologisista toimenpiteistä on korkea steriiliteettivaatimus infektioiden ehkäisemiseksi (esimerkiksi tahdistin- ja TAVI-toimenpiteet) eikä salista voida välttämättä poistua kuvasarjojen ottamisen ajaksi. Työntekijöiden säteilyaltistusta voidaan näissäkin tapauksissa vähentää muilla keinoilla, esimerkiksi ottamalla kuvasarjoja vain tarvittaessa ja siirtymällä kauemmaksi salissa tai sädesuojasermin taakse.



Kuva 3: Työntekijöiden oleskelu toimenpidesalissa tarkastushavaintojen perusteella. Suhteelliset osuudet seuratuista toimenpiteistä. Yksiköissä toimenpiteisiin osallistui tyypillisesti 1–2 avustavaa hoitajaa. Muulla avustavalla lääkäriä tarkoitetaan joko avustavaa toimenpidelääkäriä tai erikoistuvaa lääkäriä. Muilla henkilöillä tarkoitetaan hoitaja- ja muita opiskelijoita sekä laite-edustajia. Lukuarvot on suhteutettu toimenpiteiden kokonaismäärään. Läpivalaisua käytettiin kaikissa 43 toimenpiteessä ja kuvasarjoja otettiin 37 toimenpiteessä.

STUKin oppaassa Säteilyn käytön turvallisuus kardiologiassa annetaan ohjeita röntgenputken ja kuvailmaisimen asetteluista säteilysuojelun optimoimiseksi. Toimenpiteissä käytettiin tyypillisimmin vasemmalle kallistettua projektiota (LAO). LAO-projektio on toimenpiteen tekijälle säteilysuojelullisesti epäsuotuisa, sillä suuri osa potilaasta aiheutuvasta sironnasta kohdistuu tällöin toimenpidelääkäriin. Toimenpiteistä vain viidenneksessä käytettiin usein työperäisen altistuksen kannalta suotuisaa oikealle kallistettua projektiota (RAO).

Seuratuissa toimenpiteissä vain joka kymmenennessä ilmoitettiin ääneen säteilyn käytön aloittamisesta tai kuvasarjojen ottamisesta. Läpivalaisusta ei pääsääntöisesti ilmoitettu toimenpidesalin työntekijöille. Havaintojen perusteella salissa olevat työntekijät suojautuivat kuvasarjojen ottamisen ajaksi tyypillisimmin joko säteilysuojasermien tai toimenpidelääkäriin taakse. Tarkastusten yhteydessä työntekijät kertoivat, että kokenut salihenkilökunta pystyy ennakoimaan, milloin toimenpidekardiologi aloittaa kuvasarjan ottamisen ja siirtymään säteilysuojien taakse. Toimenpidekardiologit kertoivat huomauttavansa kuvasarjan aloittamisesta erityisesti silloin, kun työntekijä joutuu työskentelemään pöydän suojaamattomalla puolella. Tarkastusten aikana tätä ei päästy havainnoimaan, sillä toimenpiteissä työskenneltiin pöydän suojaamattomalla puolella vain harvoin, eikä kuvasarjojen ottamiselle ollut tarvetta.

### Henkilökohtaisten säteilysuojainten ja muiden säteilysuojien käyttö

Valvontakyselyn vastausten perusteella työntekijöiden säteilyaltistusta toimenpidesaleissa rajoitetaan henkilökohtaisten säteilysuojainten lisäksi liikuteltavilla säteilysuojasermillä sekä tutkimuspöydän ympärillä olevilla helmasuojilla (Taulukko 1). Avovastausten perusteella kardiologisissa yksiköissä työntekijöitä ohjeistetaan henkilökohtaisten säteilysuojainten käyttöön. Säteilysojalaseja ja -käsineitä käytetään vastausten perusteella osassa yksiköistä. Säteilysojakäsineitä ei kuitenkaan käytetä säännönmukaisesti missään yksikössä.

Tarkastushavaintojen perusteella valvontakyselyn vastaukset vastasivat hyvin käytäntöjä kardiologisissa yksiköissä. Yksi- tai kaksiosaisia säteilysojaessuja ja kilpirauhassuojia käytettiin aina toimenpiteiden aikana. Toimenpidelääkäri käytti säteilysojalaseja seuratuissa toimenpiteissä valvontakyselyn vastauksiin verrattuna useammin, neljässä viidestä toimenpiteestä. Muilla työntekijöillä oli käytössään säteilysojalasit joka kolmannessa toimenpiteessä. Tyypillisimmin yksiköissä oli saatavilla henkilökohtaisia säteilysojalaseja vahvuuksilla ainakin toimenpidelääkäreille ja lisäksi yhteiskäyttöisiä säteilysojalaseja tai säteilysojavisiirejä muille toimenpiteisiin osallistuville työntekijöille. Covid-19-pandemia on kuitenkin tuonut haasteita säteilysojalasien käyttöön, sillä lasien huurtumisen estäviä maskeja ei ole välttämättä ollut saatavilla ja tällöin lasien käyttö ei huurtumisen vuoksi ole ollut mahdollista.

**Taulukko 1: Valvontakyselyn perusteella henkilökohtaisia säteilysojaessuja ja kilpirauhassuojia käytetään aina. Säteilysojalaseja ja -käsineitä käytetään osassa yksiköistä.**

	Toimenpidelääkäri			Avustavat työntekijät		
	Aina	Joskus	Ei käytössä	Aina	Joskus	Ei käytössä
Säteilysojaessu	22			22		
Kilpirauhassuoja	22			22		
Säteilysojalasit	15	7		4	13	5
Säteilysojakäsineet		4	18			22

Havaintojen perusteella vain yhdessä seuratuista toimenpiteistä toimenpidelääkärin kädet olivat säteilykeilassa, mutta vain lyhyen aikaa.

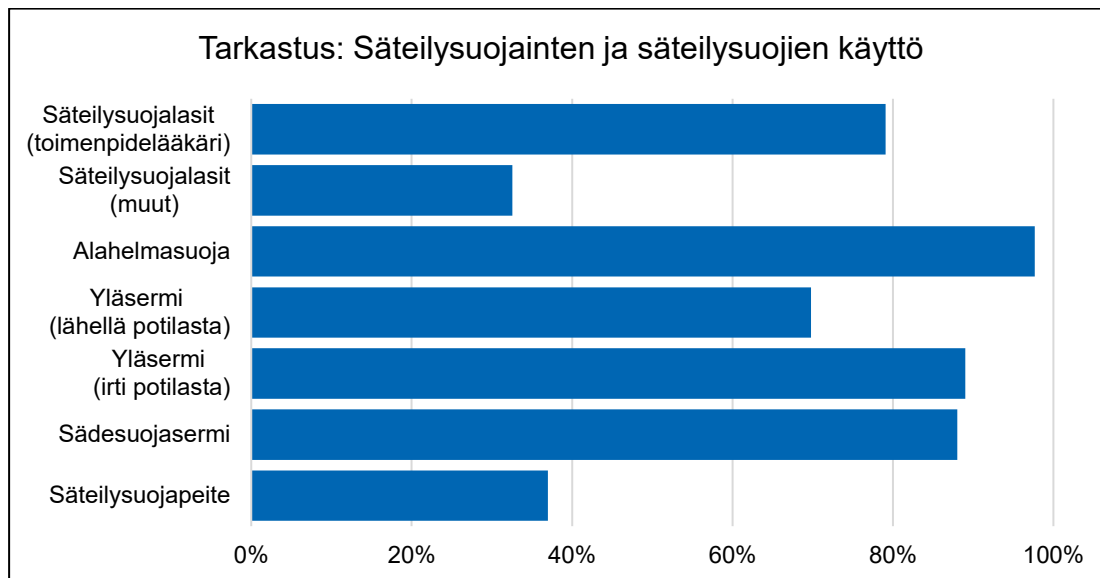
Henkilökohtaisista säteilysuojaimista merkittävimmin säteilyaltistukselta suojaavat lyijykumiessu ja kilpirauhassuoja. Säteilysuojalaseilla ja -visiireillä voidaan vähentää työntekijöiden silmien linssien altistusta, mutta suojausvaikutus riippuu merkittävästi säteilysuojalasien tyypistä ja käyttötavasta. Toimenpidelääkärille merkittävin altistus aiheutuu alhaalta ja etuviis-  
tosta, joten mikäli säteilysuojalasit eivät suojaa näistä suunnista tulevalta säteilyltä, niiden suojaava vaikutus jää vähäiseksi. Yläsuojasermin käyttö vähentää potilaasta silmän linssille siroavan säteilyn määrää, eikä sen tuomaa suojausta voida kokonaan korvata säteilysuojalaseilla.

Tarkastuksissa havaittiin, että toimenpiteissä hyödynnettiin lähes aina tutkimuspöydän alahelmasuojia ja yläsuojasermiä (Kuva 4). Helmasuojat poikkesivat toisistaan yksiköiden välillä. Kaikki helmasuojat suojasivat toimenpidelääkärin alavartaloa. Osa helmasuojista ylettyi lisäksi selvästi potilaspöydän yläpuolelle suojaten myös toimenpidelääkärin keskivartaloa. Yhdessä oikein asetellun yläsuojan kanssa ne suojasivat toimenpidelääkärinä tehokkaasti potilaasta siroavalta säteilyltä. Osa helmasuojista ylettyi myös pidemmälle potilaan jalkopään suuntaan, jolloin ne suojasivat paremmin toimenpiteessä avustavaa hoitajaa. Yläsuojasermiä käytettiin yhdeksässä kymmenestä toimenpiteestä. Seuratuista toimenpiteistä vain tahdistintoimenpiteissä yläsuojasermiä ei säännönmukaisesti käytetty. Tahdistintoimenpiteissä yläsuojasermiä ei tyypillisesti voida käyttää, sillä se estää toimenpiteen tekemisen. Toimenpiteistä joka viidennessä yläsuojasermiä ei ollut aina asetettu riittävän lähelle potilasta ja potilaan ja yläsuojasermin väliin jäi rako. Tyypillisesti tämä havaittiin toimenpiteissä, joissa potilaspöytä siirrettiin usein.

Toimenpidesaleissa oli riittävästi (2–4 kpl) liikuteltavia säteilysuojasermejä työntekijöitä varten. Tarkastushavaintojen perusteella toimenpidesalien työntekijät oleskelivat kuvasarjojen ottamisen aikana tyypillisesti toimenpidelääkärin takana tai sädesuojasermien takana etäämmällä potilaasta. Avustavat hoitajat työskentelivät säännöllisesti potilaspöydän vieressä ja osassa toimenpiteistä myös potilaspöydän siinä päädystä, joka oli kauempana röntgenputkesta.

Yläsuojasermiä ja helmasuojia oikein käyttämällä voidaan merkittävästi vähentää toimenpidelääkärin säteilyaltistusta. Toimenpiteissä, joissa yläsuojaa ei voida käyttää, pitäisi erityisesti huomioida muut tavat suojautua siroavalta säteilyltä. Toimenpiteessä avustavien työntekijöiden säteilyltä suojautuminen tapahtuu yleensä siirtymällä säteilysuojasermien taakse tai pois salista. Aina sermin taakse suojautuminen ei ole mahdollista esimerkiksi työtehtävien vuoksi. Tällöin salissa sijoittumiseen tulisi kiinnittää mahdollisuuksien mukaan huomiota, sillä ylä- ja helmasuojat eivät välttämättä yllä suojaamaan esimerkiksi pöydän vieressä etäämmällä toimenpidelääkäristä työskentelevää avustavaa hoitajaa.

Hyvän käytännön mukaisesti toimenpidelääkäri ilmoittaa kuvasarjojen ottamisesta muille toimenpidesaleissa työskenteleville, jotta nämä voivat siirtyä sermien taakse tai säteilysuojellisesti parempaan paikkaan. Erityisen tärkeää tämä olisi silloin kun joudutaan säännöllisesti työskentelemään ilman suojasermiä potilaan lähellä. Helmasuojat on usein asennettu vain tutkimuspöydän potilaasta katsottuna oikealle laidalle. Tämä tulisi huomioida, mikäli esimerkiksi lääkkeen antoa varten on sijoitettava pöydän potilaasta katsottuna vasemmalle puolelle tai pöydän päätyyn röntgenputken läheisyyteen. Näissä paikoissa etäisyys potilaaseen on pieni, eikä säteilysuojausta ole välttämättä lainkaan.



Kuva 4: Tarkastushavaintojen perusteella kardiologisten yksiköiden työntekijät käyttivät työperäistä altistusta vähentäviä henkilökohtaisia säteilysuojaimia ja muita säteilysuojia valtaosassa toimenpiteistä.

Toimenpidesalien varustus ja niissä tehtävät toimenpiteet poikkeavat toisistaan ja näin ollen työntekijöiden säteilyaltistuksen kannalta parhaat työskentelypisteet voivat erota salien välillä. Toimenpidesaleissa voidaankin tehdä annosnopeusmittauksia toimenpiteitä mukailleen, jolloin esimerkiksi salin säteilysuojasermit voidaan asettaa säteilysuojelullisesti edullisiin paikkoihin. Toimenpiteiden aikaisella annosnopeusmittauksella voidaan parantaa työntekijöiden tietoisuutta vallitsevista altistusolosuhteista ja sitä myöden edistää työntekijöiden säteily-suojelua.

Tarkastushavaintojen perusteella potilaan päälle aseteltavia säteilysuojapeitteitä käytettiin vain reilussa kolmanneksessa toimenpiteistä. Yksiköt olivat jakautuneet selvästi siten, että osassa peitteitä ei käytetty lainkaan ja osassa niitä käytettiin järjestelmällisesti ja säännöllisesti. Peitteiden käytöstä oli luovuttu osassa yksiköistä, sillä niiden käyttö koettiin hankalaksi. Työntekijöiden mukaan säteilysuojapeite joudutaan asettelemaan potilaan päälle jo toimenpiteen aluksi ja sen kohentaminen tarvittaessa on haastavaa toimenpiteen aikana. Toisaalta väärään paikkaan aseteltu säteilysuojapeite voi tulla kuvakenttään ja häiritä toimenpiteen suorittamista. Kerta- tai monikäyttöisillä säteilysuojapeitteillä voidaan kuitenkin vähentää työperäistä säteilyaltistusta. Näiden käyttö voi vähentää merkittävästi toimenpidelääkärin käsien ja silmien altistusta toimenpiteissä, joissa joudutaan työskentelemään lähellä säteilykeilaa tai muuta sirontasuojausta ei voida käyttää.

Tarkastuksissa havaittiin, että pienellä osalla yksiköiden työntekijöistä oli virhekäsityksiä säteilyltä suojautumiseen liittyen. Tämä ilmeni tarkastuksilla esimerkiksi siten, että potilaasta siroavalta säteilyltä suojaava sermi aseteltiin työntekijän ja röntgenputken väliin. Toisaalta säteilysuojapeitteiden käyttämättömyyttä perusteltiin osin myös sillä, että ne vähentävät potilaan säteilyaltistusta vain vähän. Läpivalaisutoimenpiteissä merkittävin sironta aiheutuu potilaasta ja säteilysuojapeitteillä on tarkoitus suojata työntekijöitä. Työperäistä altistusta voidaan parhaiten vähentää asettelemalla säteilysuojasermit ja säteilysuojapeitteet potilaan kuvattavan kohteen ja työntekijän väliin.

Tarkastuksilla seuratuissa toimenpiteissä jouduttiin usein tilanteeseen, jossa potilaan hankala anatomia tai taudinkuva esti toimenpiteen etenemisen ja toimenpiteen kulkua jouduttiin muuttamaan, esimerkiksi vaihtamaan punktiopaikkaa. Harvinaisissa tapauksissa toimenpiteen aikana aiheutui komplikaatioita, joiden seurauksena potilaan hoitoon tarvittiin useita työntekijöitä, esimerkiksi toimenpideradiologi tai elvytysryhmä. Keskeinen havainto vähäisemmistä ja merkittävimmistä poikkeustilanteista oli, että työntekijöiden huomio keskityi ensisijaisesti potilaasta huolehtimiseen, ja usein säteilyturvalliset työskentelytavat jäivät toissijaisiksi.

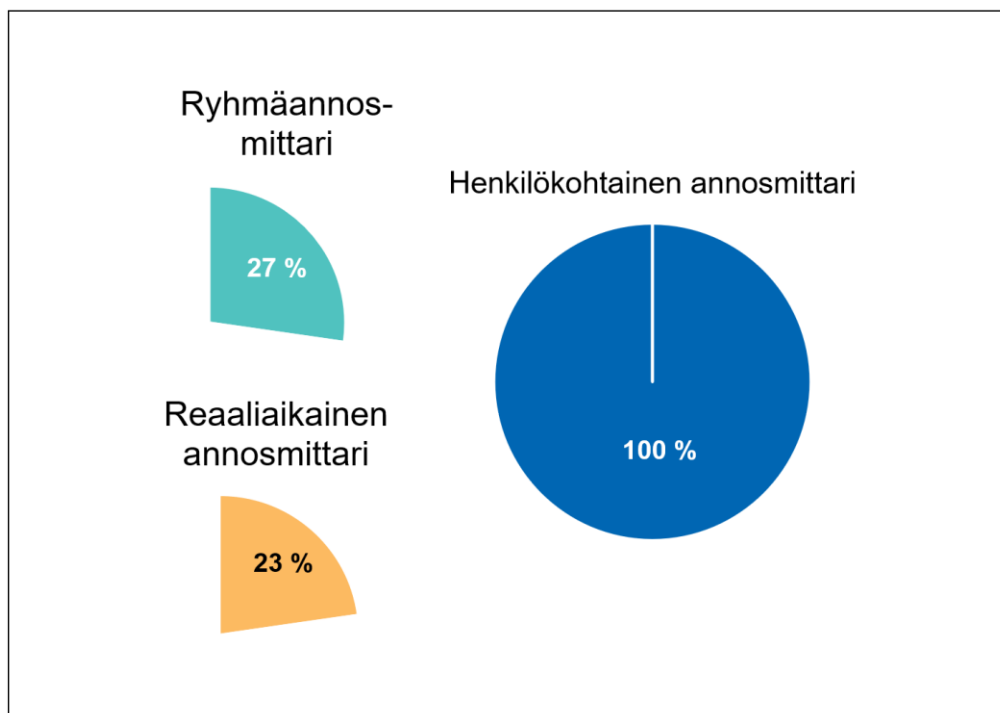
Varautumalla ja säännöllisellä harjoittelulla voidaan myös säteilyturvallisista työskentelytapoja ylläpitää myös poikkeustilanteessa siinä laajuudessa kuin tilanne sen mahdollistaa. Vaikka yksittäisestä toimenpiteestä työntekijälle aiheutuva säteilyaltistus on vuosittaiseen altistukseen verrattuna vähäinen, on huomioitava, että jos samat toimenpidelääkärit tekevät säännöllisesti vaikeimpia toimenpiteitä, heille aiheutuu todennäköisesti keskimääräistä suurempia altistuksia.

### **Työperäisen altistuksen seuranta**

Valvontakyselyn vastausten perusteella kaikissa yksiköissä on käytössä henkilökohtaiset annosmittarit (Kuva 5), mutta kaksinkertaista annosmittausta (toinen annosmittari säteily-suojaessun alla) ei käytetä yhdessäkään yksikössä. Karkeasti yhdessä neljästä yksiköstä on käytössä reaaliaikaiset annosmittarit tai ryhmäannosmittarit, mutta silmäannosmittareita ei käytetty yhdessäkään yksikössä.

Tarkastusten perusteella työperäistä säteilyaltistusta seurattiin tyypillisimmin henkilökohtaisilla termoloisteannosmittareilla (TLD). Annosmittarit oli tyypillisimmin kiinnitetty joko työntekijän kilpirauhassuojaan tai rintataskuun. Muutamassa yksikössä oli käytössä elektroniset annosmittarit (direction storage, DIS), jotka pystyttiin lukemaan yksikön omalla lukijalla toimenpidekohtaisesti. Näiden annosmittarien luennassa noudatettiin kuitenkin tyypillisesti samoja aikavälejä kuin tyypillisimmillä TLD-annosmittareilla (1 kk tai 3 kk). Annosmittaria käytettäessä pitäisi huomioida sen asetteleminen sopivaan kohtaan. Suojien päälle sijoitettava annosmittari ei saa jäädä pääsääntöisesti suojan varjoon, esimerkiksi jos työskennellään tyypillisesti selin säteilylähteeseen nähden.

Valvonnan perusteella työntekijöiden säteilyaltistukset kardiologisessa toiminnassa ovat pääsääntöisesti pieniä. Yksiköissä seurataan henkilökohtaisen annos seurannan tuloksia säännöllisesti. Ennalta määritettyjä säteilyaltistuksen selvitysrajoja ei tyypillisesti käytetty yksiköissä. Trendistä poikkeavia altistuksia kuitenkin selvitettiin matalalla kynnyksellä. STUKin annosrekisterin tekemien selvitysten perusteella poikkeuksellisten korkeiden mitattujen henkilöannosten syynä toimenpideyksiköissä ovat usein toimenpidelääkäreiden ajoittainen suuri työkuorma tai virheellinen annosmittarin käyttö. Yksiköistä saatujen tietojen perusteella työntekijöiden altistukset ovat pienentyneet viime vuosina. Altistuksen pienentyminen on liittynyt yksiköistä saatujen tietojen mukaan erityisesti läpivalaisulaitteen vaihtamiseen, jonka yhteydessä tehty kuvausohjelmien optimointi on vaikuttanut potilasaltistuksen lisäksi myös työperäiseen altistukseen. Pienentyneeseen työperäiseen altistukseen on mahdollisesti vaikuttanut myös työntekijöiden säteilysuojelukoulutus.



Kuva 5: Valvontakyselyn perusteella kaikissa kardiologisissa yksiköissä seurataan työntekijöiden altistusta henkilökohtaisilla annosmittareilla. Tämän lisäksi on käytössä reaaliaikaisia ja ryhmäannosmittareita.

Reaaliaikaisilla annosnopeusmittareilla voidaan seurata työntekijöiden altistusta toimenpiteiden aikana toimenpidesalissa olevasta annosnopeusnäytöstä. Tällaisia annosmittareita oli käytetty erityisesti työntekijöiden koulutuksissa, mutta useimmissa yksiköissä ne olivat säännöllisesti käytössä myös toimenpiteissä. Toimenpidesalissa työskentelevät työntekijät pystyvät hetkellisen annosnopeuden perusteella arvioimaan omaa sijaintiaan toimenpidesalissa ja siirtymään tarvittaessa säteilysuojellisesti parempaan paikkaan.

Useimmissa yksiköissä tarvetta silmäannosten mittaukselle oli arvioitu henkilökohtaisen annos seurannan tulosten perusteella tai turvallisuusarvion laatimisen yhteydessä. Silmäannosten mittaamista erillisillä silmäannosmittareilla ei arvioiden perusteella katsottu tarpeelliseksi.

### 3.2 Potilaan säteilysojelu

Toimenpidelääkäri voi vaikuttaa potilaan säteilyaltistukseen merkittävästi läpivalaisulaitteen ja työskentelytapojen optimoinnin avulla. Lisäksi potilaskohtaiseen säteilyaltistukseen voidaan vaikuttaa yksilöllisellä toimenpiteen suunnittelulla ja sopivimman kuvausohjelman valinnalla. Tarkastuksissa tehtyjen havaintojen perusteella potilaan säteilysojeluun optimoinnin perusasiat olivat kunnossa.

#### Säteilysojeluun optimointi laitteiden käytössä

Toimenpiteiden aikana käytettiin läpivalaisua vain tarvittaessa. Potilaan säteilyaltistusta vähennettiin käyttämällä pääsääntöisesti rajattuja säteilykenttiä ja kiilakaihtimia. Virtuaalikaihtimia käytettiin säännöllisesti kahdessa kolmesta seuratussa toimenpiteestä. Virtuaalikaihtimen avulla säteilykentän muutettu rajaus ja potilaan siirto voidaan nähdä ilman tarvetta jatkuvalle läpivalaisulle.

Kenttäkoon muuttaminen vaikuttaa merkittävästi annoksen ja pinta-alan tuloon (DAP): neliönmuotoisen kentän sivun puolittaminen laskee annoksen ja pinta-alan tulon neljännekseen. Kenttäkoon muuttaminen ei kuitenkaan vaikuta ihon pinta-annoksen suuruuteen, mutta kenttäkoko pienentämällä voidaan ehkäistä suuria ihoannoksia eniten altistuvissa pisteissä.

Havaintojen perusteella toimenpidelääkäri siirsi kuvailmaisimen toistuvasti potilaan lähelle (5–10 cm) vain noin kolmanneksessa toimenpiteistä. Noin puolessa toimenpiteistä kuvailmaisimien oli välillä potilaan lähellä. Tyypillisesti kuvailmaisimien oli potilaan lähellä toimenpiteen alussa, mutta toimenpiteen edetessä kuvailmaisinta ei useinkaan siirretty potilaan tai C-kaaren siirtämisen yhteydessä. Kuvailmaisimen fyysinen koko voi rajoittaa sen tuomista potilaan lähelle erityisesti suuria röntgenputken kallistuskulmia käytettäessä. Tämä korostuu käytettäessä läpivalaisulaitteita, joissa on suuri kuvailmaisimien (esimerkiksi uudet kardioangiografialaitteet ja toimenpideradiologiassa käytettävät angiografialaitteet). Potilaan säteilyaltistusta voidaan vähentää tuomalla ilmaisin mahdollisimman lähelle potilasta.

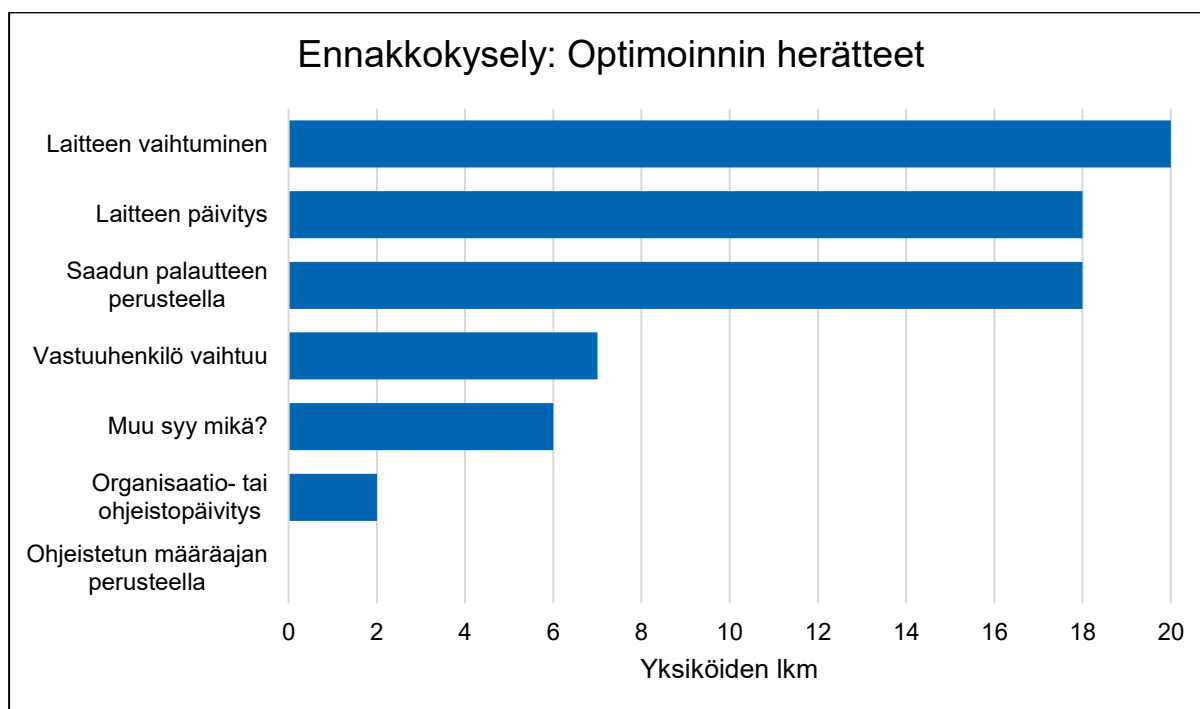
Toimenpiteissä käytettiin usein LAO- ja RAO-kallistuksia. Toimenpidelääkärit kertoivat, että näiden kuvaussuuntien käytölle on sydämen anatomiasta johtuvia perusteita. Potilaan säteilyaltistuksen kannalta LAO- ja RAO-kallistukset erityisesti suurilla kulmilla ovat epäsuotuisia, sillä säteilyaltistus kasvaa moninkertaiseksi potilaan läpileikkauspaiksuuden kasvaessa, esimerkiksi 45 asteen kallistus nostaa potilasaltistusta 3,6-kertaiseksi (KARPO-opas). Tarkastusten perusteella kallistuskulmat näissä suunnissa olivat usein maltillisia ja suuria kallistuksia käytettiin vähemmän. Lateraaliprojektioita käytettiin seuratuissa toimenpiteissä vain harvoin. Potilaan säteilyaltistuksen kannalta optimaalisimmat suunnat ovat PA-suunnan lisäksi RAO-kallistukset pienellä kulmalla. KARPO-oppaassa on esitetty soveltuvia korvaavia suuntia yleisille anatomisille kuvantamiskohteille.

Tarkastushavaintojen perusteella toimenpiteissä otettiin läpivalaisun lisäksi säännöllisesti kuvasarjoja. Kliinisen auditoinnin asiantuntijaryhmän (KLIARY) suosituksen No 16 mukaan läpivalaisusarjan tallennusta suositellaan kuvasarjan ottamisen sijaan niissä tilanteissa, joissa läpivalaisun kuvanlaatu on riittävä esimerkiksi toimenpiteen lopputuloksen toteamiseksi. Yksiköissä tämä oli tiedossa ja viimeisimpiä läpivalaisusarjoja tallennettiin säännöllisesti erillisten kuvasarjojen ottamisen sijaan.



## Kuvausohjelmien optimointi ja valinta

Kuvausohjelmien optimointi on merkittävässä roolissa potilaan säteilyaltistuksen vähentämisessä. Valvontakyselyn perusteella yksiköissä kuvausohjelmien arvioinnin ja päivittämisen herätteenä toimii tyypillisimmin laitteen tai ohjelmistoversion vaihtuminen, auditointi tai viranomaistarkastus (Kuva 6). Muita syitä kuvausohjelmien päivittämisen ovat toimenpidelääkärien toiveet, vertailu toiseen laitteeseen tai koulutus. Yhdessäkään yksikössä kuvausohjelmien arviointia ei tehdä määräaikaan (esimerkiksi vuosittain) perustuen. Valtaosassa yksiköistä (86 %:ssa) ei ole kirjallista ohjeistusta kuvausohjelmien arviointiin. Kuvausohjelmia päivitetään yksiköissä tyypillisesti toimenpidelääkärien toiveisiin perustuen. Kuvanlaatua seurataan päivittäistoiminnan yhteydessä ja muutoksia tehdään tarvittaessa. Kuvausohjelmien arviointiin ja päivitykseen osallistuvat sairaalafyysikkojen ja toimenpidelääkärien lisäksi valtaosassa yksiköistä myös röntgenhoitajat (91 %) ja laitevalmistajan edustajat (82 %). Joissakin yksiköissä myös erikoistuvat lääkärit (14 %) ja sairaanhoitajat (14 %) osallistuvat päivityksiin.



Kuva 6: Kuvausohjelmien optimoinnin herätteet kardiologisissa yksiköissä. Tyypillisimmin kuvausohjelmia optimoidaan laitteen vaihtumisen ja päivityksen yhteydessä tai saadun auditointi- tai viranomaispalautteen perusteella. Muita syitä kuvausohjelmien optimointiin olivat koulutus, käyttäjien toiveet ja vertailu toiseen laitteeseen.

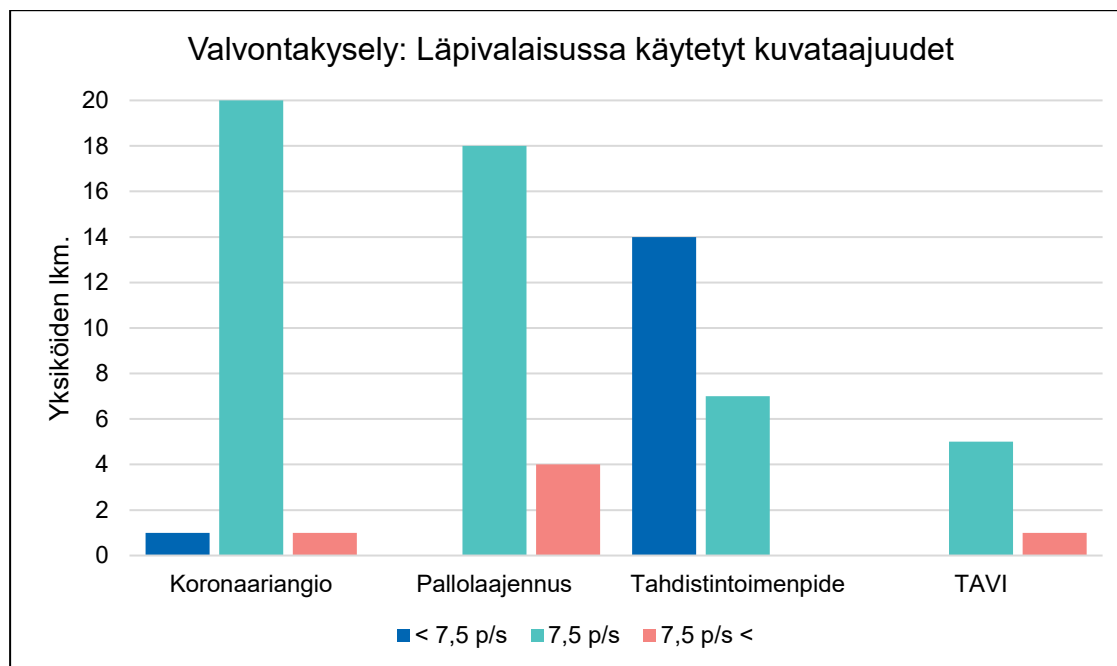
Tarkastushavaintojen perusteella kuvausohjelmien arviointia ja optimointia tehtiin tyypillisimmin läpivalaisulaitteen asennuksen yhteydessä ja sen jälkeen vain harvoin järjestelmällisesti. Ongelmana osassa yksiköistä oli, ettei läpivalaisulaitteen kuvanlaatuun vaikuttavia parametreja voinut säätää ilman laitevalmistajan kuvanlaatuasiantuntijaa. Toisaalta kuvanlaadun säätäminen nähtiin myös teknisesti vaikeana ilman asiantuntijaa, sillä läpivalaisulaitteissa säädettäviä parametreja on useita.

Toimenpideradiologiassa optimoinnissa keskeistä on kuvausohjelmien ohjelmaparametrien lisäksi klinisen kuvanlaadun arviointi. Riittävä klininen kuvanlaatu riippuu toimenpiteestä eikä pääsääntöisesti tarkoita läpivalaisulaitteen parasta teknistä kuvanlaatua. Tämän

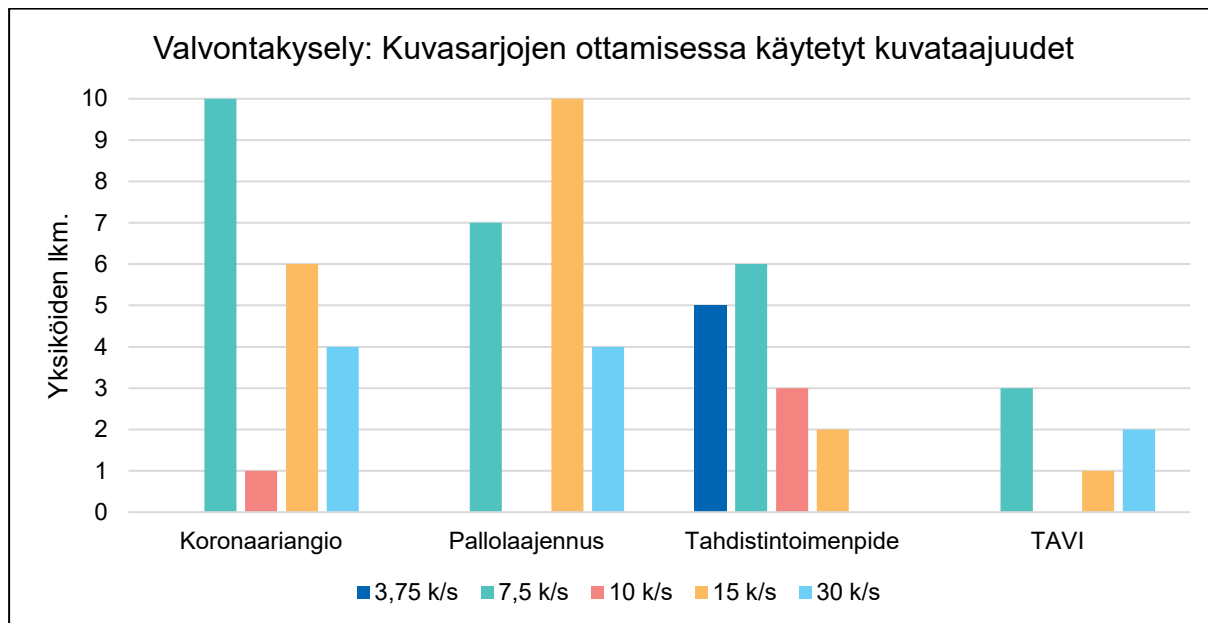
huomioiminen optimoinnissa vähentää potilaiden ja mahdollisesti myös työntekijöiden säteilyaltistusta. Kuvausohjelmien optimoinnin lisäksi sopiva kuvausohjelma voidaan valita potilaskohtaisesti. Valvontakyselyn vastausten perusteella läpivalaisulaitteilla oli keskimäärin 7,6 (2–30) kuvausohjelmaa, joista aktiivisessa käytössä oli keskimäärin 4,0 (1–10). Kuvausohjelmat on nimetty vastausten perusteella selkeästi lähes kaikissa yksiköissä. Nimeämisessä käytetään usein toimenpidetyyppiä, esimerkiksi koronaari, angio tai tahdistin.

Tarkastushavaintojen perusteella yksiköissä oli käytössä jopa toimenpidelääkärikohtaisia kuvausohjelmia. Säteilysuojelun optimoinnin edellytyksenä on, että kuvausohjelma valitaan toimenpiteen kannalta tarkoituksenmukaisesti. Sopivan kuvausohjelman valinta riippuu tarvittavasta kuvanlaadusta, mutta myös potilaan anatomiasta. On perusteltua, että erityyppisissä toimenpiteissä käytetään erilaisia kuvausohjelmia. Toisaalta on huomioitava, että mikäli kuvausohjelmien määrä on suuri, ohjelmakohtainen optimointi on työlästä ja riski epäsooivan tutkimusohjelman käyttämisestä kasvaa.

Toimenpiteissä käytettäviä läpivalaisun ja kuvasarjojen kuvataajuuksia selvitettiin, sillä aiempien tarkastusten yhteydessä näissä on havaittu merkittäviä eroja. Vastausten perusteella läpivalaisun kuvataajuuksissa on vain vähän vaihtelua yksiköiden välillä (Kuva 7), tyypillisimmin toimenpiteissä käytettiin 7,5 pulssia/s läpivalaisua. Kuvasarjojen osalta vaihtelua on enemmän (Kuva 8), esimerkiksi sepelvaltimoiden varjoainetutkimuksessa tyyppiarvo on 7,5 kuvaa/s, mutta lähes yhtä moni ilmoitti korkeammasta, jopa 30 kuvaa/s kuvataajuudesta. Pallolaajennuksen aikana tyyppiarvo on 15 kuvaa/s kuitenkin niin, että merkittävä osa yksiköistä ilmoitti kuvataajuudeksi 7,5 kuvaa/s. Tahdistimen asennuksen osalta valvontakyselyssä oli valitettava virhe – toimenpide oli nimetty tahdistimen vaihdoksi. Tästä johtuen osa yksiköistä ilmoitti tahdistimen asennusta ja osa tahdistimen vaihtoa koskevia kuvausohjelmätietoja. Tahdistintoimenpiteen kuvasarjojen kuvataajuuksissa erot yksiköiden välillä ovat valvontakyselyn perusteella suurimmat.



Kuva 7: Kardiologisissa toimenpiteissä käytetyt läpivalaisun kuvataajuudet. Pystyakselilla on yksiköiden määrä ja vaaka-akselilla läpivalaisun kuvataajuus. Tahdistintoimenpiteen osalta tuloksissa on epävarmuutta, sillä alkuperäisessä kyselyssä oli virheellisesti nimetty tahdistiminen asennus tahdistimen vaihdoksi. Läpivalaisun kuvataajuuden luokkia on yhdistetty selkeyden vuoksi valvontakyselyyn verrattuna.



Kuva 8: Kardiologisissa toimenpiteissä kuvasarjojen ottamisen kuvataajuudet. Pystyakselilla on yksiköiden määrä ja vaaka-akselilla kuvasarjojen kuvataajuus. Tahdistintoimenpiteen osalta tuloksissa on epävarmuutta, sillä alkuperäisessä kyselyssä oli virheellisesti nimetty tahdistininen asennus tahdistin vaihdoksi. Kuvasarjojen kuvataajuuksissa on eroavaisuuksia yksiköissä välillä.

### Potilaan säteilyaltistuksen vertailutasot

Potilaan säteilyaltistuksen vertailutasoilla pyritään kannustamaan toimijoita säteilyaltistuksen optimointiin ja edelleen potilaiden säteilyaltistuksen pienenemiseen. Potilasaltistuksen vertailutasot on asetettu STUKin määräyksessä koskien lääketieteellisen altistuksen oikeutusarviointia ja säteilysuojelun optimointia (STUK S/4/2019). Samansuuruiset vertailutasot ovat olleet kuitenkin jo käytössä vuodesta 2017 STUKin päätökseen perustuen. Vertailutaso ei ole rajoitus yksittäiselle potilaalle aiheutuneelle säteilyaltistukselle tietystä toimenpiteestä. Jos potilasaltistustietojen seurannan perusteella havaitaan, että kaikki potilasaltistukset jäävät vertailutason alapuolelle, on vertailutaso asetettu todennäköisesti liian korkealle. Kansallisten vertailutasojen lisäksi yksiköissä on mahdollista asettaa paikallisia vertailutasoja. Kansainvälisesti kardiologisten toimenpiteiden vertailutasot ovat Suomessa eurooppalaista keskitasoa alempana sepelvaltimoiden varjoainetutkimuksessa sekä pallolaajennustoimenpiteessä ja hieman keskitasoa ylempänä TAVI-toimenpiteessä (Radiation protection No. 195).

Valvontakyselyssä selvitettiin potilasaltistuksia toimenpiteissä, joille STUK on antanut potilaan säteilyaltistuksen vertailutason. Kardiologisten yksiköiden ilmoittamat potilasaltistukset on koottu taulukkoon 2. Altistusten keskiarvot ovat merkittävästi vertailutasoja alempia, mutta yksiköiden väliset erot ovat suuria. Verrattaessa saman toimenpiteen suurinta ja pienintä potilasaltistusta ero yksiköiden välillä on keskimäärin seitsenkertainen. Hajonta voi kertoa toimenpiteiden laajasta kirjosta, käytetyistä kuvausohjelmista ja toimenlääkärien kuvauskäytännöistä. Kolmessa yksikössä toimenpiteiden potilasaltistus ylitti toimenpidekohtaisen vertailutason. Näiden yksiköiden tarkastuksissa kävi ilmi, että altistuksia oli sitemmin tarkasteltu ja uusien potilasaltistustietojen perusteella keskimääräiset säteilyaltistukset eivät enää ylitä vertailutasoja. Huomionarviosta on, että yli kaksi kolmasosaa yksiköistä ilmoitti keskimääräisten potilasaltistustensa olevan alle puolet vertailutasosta.

Taulukko 2: Potilaan säteilyaltistusten mediaani, kolmas kvartiili, toimenpidekohtainen vertailutaso sekä vertailutason ylitysten määrä yleisimmissä kardiologisissa toimenpiteissä.

	<b>Mediaani</b>	<b>3. kvartiili</b>	<b>Vertailutaso</b>	<b>Ylitys</b>
	Gycm <sup>2</sup>	Gycm <sup>2</sup>	Gycm <sup>2</sup>	
Sepelvaltimoiden varjoainetutkimus (n=19)	11,0	13,4	<b>30</b>	-
Pallolaajennus (n=18)	27,5	35,6	<b>75</b>	-
Tahdistimen asennus (n=16)	2,1	3,2	<b>3,5</b>	2
TAVI-toimenpide (n=4)	28,3	46,7	<b>90</b>	-
Elektrofysiologinen eteisvärinän hoito (n = 6)	9,2	18	<b>25</b>	1

Taulukossa esitettyjä potilasaltistuksia tarkastellessa tulee ottaa huomioon, että valvontakyselyssä ei annettu erityisohjeita vertailutasokeräyksen tekemiseen ja siksi esitettyjä tuloksia ei voida pitää yhtä luotettavina kuin varsinaisen vertailutasokeräyksen tuloksia. Tuloksista saadaan kuitenkin hyvin ajankohtaista tietoa toimenpiteiden annoksista.

Vertailutasojen taustalla oleva aineisto on kerätty vuonna 2016 ja alalla on tapahtunut tämän jälkeen kehitystä. Kardiologisissa yksiköissä käytettävät läpivalaisulaitteet ovat uudistuneet ja tänä päivänä on käytössä noin kolmannes vertailutasokeräyksiin käytetyistä laitteista. Laitteiden uudistamisten yhteydessä tehty optimointi on laskenut potilasaltistusta. Toisaalta esimerkiksi haastavissa TAVI-toimenpiteissä työntekijöiden osaaminen ja optimoitu säteilyn käyttö ovat parantuneet vuosien varrella.

Verrattaessa kerättyjä potilasaltistuksia aiemmin Euroopan laajuisesti kerättyihin altistuksiin, ovat ne selvästi keskimääräistä pienempiä sepelvaltimoiden varjoainetutkimuksessa, pallolaajennustoimenpiteessä ja TAVI-toimenpiteessä ja hieman alemmat tahdistinasennuksessa (Siiskonen, 2018).

Tarkastuksilla seuratuissa toimenpiteissä potilaan säteilyaltistus oli tyypillisesti selvästi vertailutasoa matalampi. Vaikka seurattujen toimenpiteiden määrä on pieni varsinaisen vertailutasoarvioinnin tekemiseksi, on tulos silti oikean suuntainen.

### Hälytysraja potilaan ihoannokselle

Pitkissä ja vaikeissa kardiologisissa toimenpiteissä potilaan ihoaltistus voi kasvaa suureksi ja siitä voi aiheutua paikoittain deterministisiä haittavaikutuksia (ihon punoitus, kudonvauriot). Riski korkealle ihoannokselle on erityisesti silloin, kun potilas on isokokoinen tai käytetään paljon projektioita, joissa röntgenputken kallistuskulma on suuri. Valvontakyselyn perusteella lähes kaikissa yksiköissä (91 %:lla) oli käytössä hälytysraja korkeiden ihoaltistusten havaitsemiseksi.

Tarkastushavaintojen perusteella erityistoimenpiteisiin ryhdyttiin, jos laitteen annosnäyttämä ylitti 2–3 Gy. Valtaosassa yksiköistä oli olemassa sovitut käytännöt tällaisiin tilanteisiin. Hälytysrajan ylittyessä toimenpidelääkäreitä informoitiin korkeasta potilaan säteilyaltistuksesta. Toimenpiteen jälkeen potilaalle annettiin ohjeet iho-oireiden seuraamisesta. Muutamassa yksikössä oli lisäksi käytössä myös matalampia toimenpiderajoja, joilla pyrittiin ennakoimaan mahdollista suurta paikallista ihoaltistusta ja näin ohjata toimenpiteen tekijää käyttämään

muita tilanteeseen sopivia kuvakulmia. Hälytysrajat ylittyivät vain harvoin kardiologisissa toimenpiteissä. Tarkastusten perusteella muutamassa yksikössä hälytysrajojen ylittymiseen liittyvät ohjeistukset olivat epäselviä siksi, ettei hälytysrajoja ollut koskaan ylitetty. Hälytysrajojen käyttö ihoannokselle on kuitenkin suositeltavaa, sillä erityisesti vaikeissa toimenpiteissä läpivalaisuaajat voivat olla pitkiä ja paikallinen säteilyaltistus kasvaa suureksi.

Tarkastusten aikana saatujen tietojen perustella voidaan pitää hyvänä käytäntönä, että toimenpiteessä ollut potilas ottaa iho- tai muiden oireiden ilmaannuttuna yhteyttä suoraan kardiologiseen yksikköön. Kardiologisessa yksikössä on riittävästi asiantuntemusta arvioida oireen ja säteilyaltistuksen mahdollista yhteyttä.

### 3.3 Säteilyn käyttöorganisaatio ja koulutus

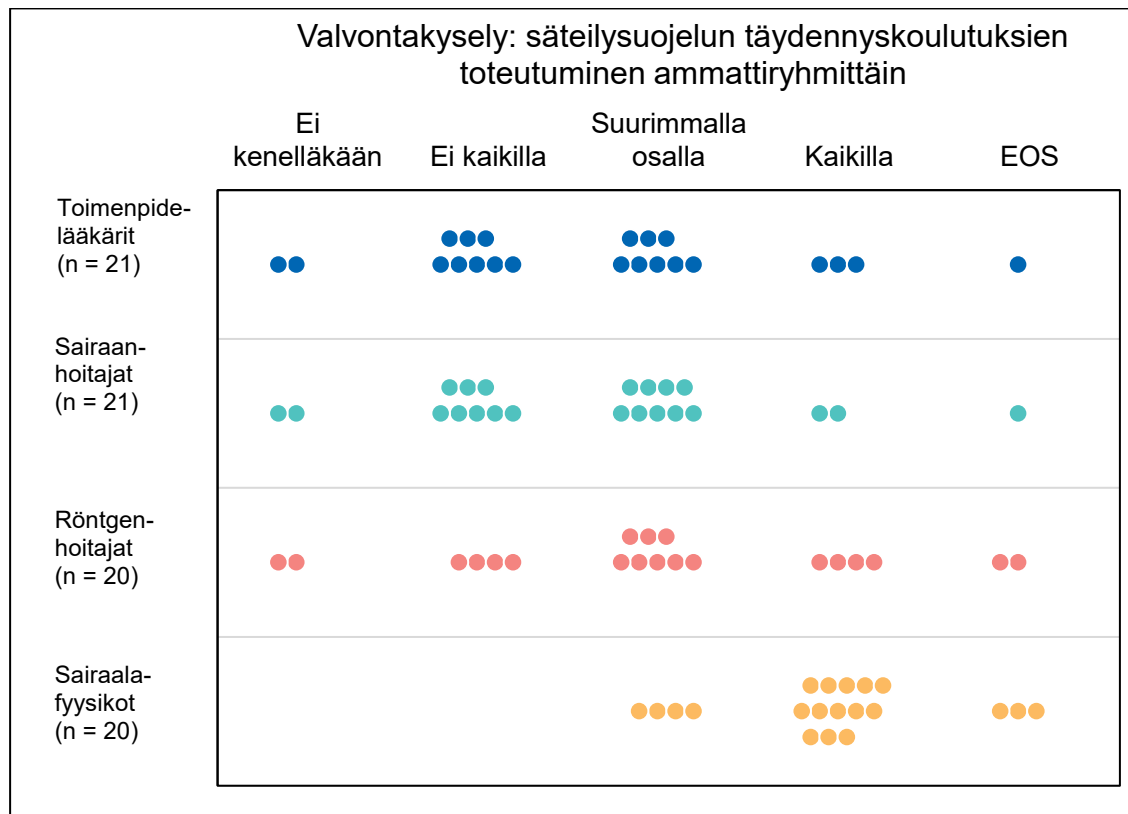
Tarkastuksissa haastateltiin yksikön työntekijöitä ja erityisesti toiminnan vastuuhenkilöitä. Tarkoituksena oli selvittää, ovatko säteilyturvallisuusasiantuntijan ja lääketieteellisen fysiikan asiantuntijan tehtävät määritelty, ja onko tehtäviin nimetyillä henkilöillä riittävät resurssit heille osoitettujen tehtävien hoitamiseksi.

Tarkastushavaintojen perusteella säteilyturvallisuusvastaavilla ja muilla vastuuhenkilöillä oli pääsääntöisesti hyvin selvillä oma toimenkuvansa. Tarkastetuista yksiköistä vain kahdessa viidestä yksiköstä ilmoitettiin säteilyturvallisuusvastaavan resurssit riittäväksi kardiologiseen toimintaan. Muissa yksiköissä resurssit olivat joko niukat tai riittämättömät. Resurssien niukkuus vaikutti käytännössä siihen, että tehtäviä ei voitu hoitaa laadukkaasti tai tehtävistä hoidettiin vain välttämättömät tehtävät, mutta muita tehtäviä, esimerkiksi toiminnan kehitys jäi pois. Tyypillisesti säteilyturvallisuusvastaavana toimivalla sairaalafysikolla oli vastuullaan myös säteilyturvallisuusasiantuntijan ja lääketieteellisen fysiikan asiantuntijoiden roolit. Resurssien riittämättömyyttä ilmeni tyypillisesti yksiköissä, joissa säteilyturvallisuusvastaavana oli sairaalafysikko tai radiologi, jonka pääsääntöinen toimenkuva oli muussa toiminnassa ja kardiologialle oli osoitettu vain pieni osa työajasta. Toiminnanharjoittajan vastuuseen kuuluu huolehtia, että säteilyturvallisuusvastaavalla ja työntekijöillä yleisesti on riittävät resurssit työtehtäviensä hoitoon.

Valvontakyselyssä selvitettiin täyttääkö kardiologisten yksiköiden työntekijöiden säteily-suojelun täydennyskoulutus laissa asetetut vähimmäisvaatimukset. Vastaukset yksiköittäin on koottu kuvaan 9. Vastausten perusteella työntekijöiden säteily-suojelun täydennyskoulutusten määrissä on merkittäviä puutteita: vain alle puolessa yksiköistä koulutusmäärät täyttyivät suurimmalla osalla työntekijöistä ja vain kahdessa yksikössä kaikilla työntekijöillä. Eri ammattiryhmistä parhaiten säteily-suojelun täydennyskoulutusmäärät täyttyivät sairaalafysikoilla.

Tarkastusten perusteella säteily-suojelun täydennyskoulutuksissa oli puutteita. Yksiköissä koettiin haasteeksi erityisesti toimenpiteisiin osallistuneiden sairaanhoitajien riittävä säteily-suojelukoulutus, mutta myös toimenpidelääkärien säteily-suojelukoulutuksessa oli puutteita. Ongelmana pidettiin myös sitä, että kardiologiaan liittyviä säteily-suojelukoulutuksia ei ole tarjolla riittävästi, ja kahtena viime vuotena ulkoisia koulutuksia on ollut entistä vähemmän. Puutteista säteily-suojelun täydennyskoulutusmäärissä huolimatta tarkastushavaintojen perusteella yksiköissä pääsääntöisesti tiedetään kuinka toimia säteilyturvallisesti. Toisaalta yksiköissä ei tarkastushavaintojen perusteella ole välttämättä kirjattu kaikkia säteily-suojelukoulutukseksi sopivia koulutustapahtumia, esimerkiksi aamupalavereiden yhteydessä käsiteltyjä säteily-suojeluun liittyviä teemoja ja laitevalmistajan antamaa käyttökoulutusta. Osassa yksiköistä säteily-suojelukoulutusta oli annettu käytännönläheisesti toimenpide-

saleissa. Näitä koulutuksia pidettiin yksiköissä hyvinä, sillä ne tarjosivat konkreettisia neuvoja säteilysuojelun edistämiseksi.



Kuva 9: Säteilysuojelun täydenniskoulutusten vähimmäismäärän toteutuminen ammattiryhmittäin kardiologisissa yksiköissä. Säteilysuojelun täydenniskoulutuksen vähimmäismäärä täyttyy vain harvoissa yksiköissä.

Säteilysuojelukoulutuksen määrän lisäksi myös sisällölle annetaan vaatimuksia säteilylainsäädännössä. Koulutusten suunnittelussa on tärkeää huomioida myös koulutuksen sopivuus. Kardiologisia toimenpiteitä suorittaa moniammatillinen tiimi (kardiologit, röntgenhoitajat, sairaanhoitajat, anestesia- ja -hoitajat, muut), jonka jäsenten perustiedot säteily-suojelusta eroavat merkittävästi. Mielekkäitä koulutuksia suunniteltaessa työntekijöiden ennakkotiedot ja tehtäväkuva tulisi hyvä ottaa huomioon. Kardiologisen yksikön toimintaan sopivia sisäisiä säteilysuojelukoulutuksia voidaan myös suunnitella yhdessä säteilyturvalisuusasiantuntijan kanssa.

Valvontakyselyyn vastanneissa yksiköissä tunnettiin hyvin Säteilyn käytön turvallisuus kardiologiassa -opas. Vain kahdessa yksikössä opasta ei ollut hyödynnetty yksikön toiminnassa. Opasta oli avovastausten perusteella hyödynnetty säteilysuojelun täydenniskoulutukseen sekä uusien työntekijöiden perehdytykseen. Lisäksi opasta oli käytetty toiminnan itsearviointiin, sopivien säteilysuojien hankinnan tukena ja referenssimateriaalina.

## 4 Yhteenveto

STUK valvoi tehostetusti kardiologisten yksiköisen säteilyn käyttöä vuosina 2021–2022. Tässä raportissa koottiin havainnot kardiologisiin yksiköihin tehdystä valvontakyselystä sekä tarkastuksista. Keskeisin havainto oli, että säteilyn käytön turvallisuus on Suomen kardiologisissa yksiköissä hyvällä tasolla. Tästä kertoo muun muassa se, että työntekijät ovat tietoisia säteilyn riskeistä ja noudattavat pääsääntöisesti hyviä säteilyturvallisia käytäntöjä. Potilaan kannalta kardiologisessa säteilyn käytössä on aina riski säteilyn haittavaikutuksille, jota havaintojen perusteella pyrittiin vähentämään potilaskohtaisen optimoinnin keinoin. Säteilyaltistukset olivatkin pääsääntöisesti niin pieniä, ettei deterministisiä säteilyhaittoja synny.

Työperäistä altistusta kardiologisessa toiminnassa rajoitetaan säteilytoimintaa koskevilla annosrajoilla. Työntekijöiden säteilyaltistukset kardiologisissa toimenpiteissä ovat pienentyneet viimeisen vuosikymmenen aikana. Tätä on edesauttanut laitteiston kehitys, mutta myös säteilyturvallisten toimintatapojen oppiminen. Työntekijät käyttävät aina henkilökohtaisia säteilysuojaimia ja lähes aina myös muita säteilyltä suojautumisen keinoja. Altistusrajoituksia käytetään toiminnasta aiheutuvan työperäisen altistuksen rajoittamiseksi.

Toimenpideradiologian erityispiirteenä on se, että nimellisesti saman toimenpiteen kulku voi erota potilaiden välillä merkittävästi. Toimenpiteen vaikeusastetta voidaan arvioida etukäteen, mutta varmasti se selviää vasta toimenpiteen aikana. Samasta toimenpiteestä aiheutuva potilaan säteilyaltistus voi myös vaihdella potilaiden välillä. STUK on asettanut potilaan säteilyaltistuksen vertailutasot yleisimmille kardiologisille toimenpiteille ja näiden osalta säteilyaltistukset ovat pienentyneet. Toisaalta osaamisen ja laitetekniikan kehittymisen myötä yhä vaativampia toimenpiteitä pystytään tekemään angiografisesti ja tämän seurauksena potilaille voi aiheutua entistä suurempia yksittäisiä säteilyaltistuksia.

Menettelyt potilasaltistuksen rajoittamiseksi toimenpiteiden aikana tunnettiin ja niitä sovellettiin pääsääntöisesti hyvin. Havaintojen perusteella laiteohjelmien optimointia oli tehty tyypillisimmin laitteen asennuksen yhteydessä, mutta tämän jälkeen vain satunnaisesti. Vertailutasoihin verrattuna potilaan säteilyaltistukset ovat merkittävästi pienemmät, mikä kertoo siitä, että optimoinnilla on saatu suotuisia tuloksia. Toisaalta tämä voi selittää yksiköiden vähäistä intoa säännölliseen tutkimusohjelmien uudelleenarviointiin. Vaikka toimenpiteistä voidaan kerätä nykyisten annoskeräysohjelmistojen avulla entistä tarkempaa ja yksityiskohtaisempaa tietoa, ei tämä ole kuitenkaan vielä kannustanut yksiköitä asettamaan omia potilaan säteilyaltistuksen vertailutasoja.

Puutteita havaittiin säteilysuojelun täydennyskoulutusten määrässä ja vastuuhenkilöiden resursseissa. Vain puolessa yksiköistä suurin osa henkilökunnasta sai säteilysuojelun täydennyskoulutusta riittävästi vähimmäisvaatimukseen verrattuna. Tarkastusten perusteella tilanne ei ollut merkittävästi muuttunut valvontakyselyn tietoihin verrattuna. Ongelmana yksiköissä pidettiin sopivien täydennyskoulutusten heikkoa saatavuutta. Mielekkäiden täydennyskoulutusten paremmalla saatavuudella voitaisiin vaikuttaa myös koulutusmäärien puutteeseen. Yli puolessa tarkastetuista yksiköistä säteilyturvallisuusvastaavan resurssit olivat joko niukat tai riittämättömät kardiologisen yksikön toimintaan. Tämä heijastui erityisesti kardiologisen yksikön kehitykseen liittyviin tehtäviin.

Säteilyn käytön turvallisuus kardiologiassa -opas (KARPO-opas) on tarkastusten ja valvontakyselyn perusteella käytössä kardiologisten yksiköiden arjessa: raportteja löytyi

säteilyturvallisuusvastaavien hyllystä ja yksiköiden ohjaushuoneiden pöydiltä. Yksiköistä saatujen tietojen mukaan raporttia on käytetty työntekijöiden perehdytykseen ja täydennyskoulutukseen. KARPO-opasta suositellaan luettavan tämän raportin ohessa, sillä siinä esitetään hyviä käytäntöjä kardiologiseen säteilyn käyttöön tätä raporttia laajemmin.

Valvontaprojekti on osa STUKin riskitietoista valvontaa. Valvontaprojektissa hyödynnettiin aiempaan verrattuna uudentyyppisiä valvontakeinoja. Käyttöpaikkojen toimenpiteiden seuranta on tehty osana STUKin valvontaa aiemmin satunnaisesti, mutta ei järjestelmällisesti. Lähestymistavan yhtenä tarkoituksena oli tarkoituksena selvittää, voidaanko valvontakyselyillä saada luotettavaa tietoa yksiköiden käytännön toiminnasta. Tarkastuksilla tehdyt havainnot vastasivat pääsääntöisesti valvontakyselyn vastauksia ja tämän perusteella valvontakysely sopi tämän raportin yhteydessä kerättyjen tietojen selvittämiseen myös niistä yksiköistä, joihin ei kohdistettu käyttöpaikkatarkastusta. Tarkastuksilla saatiin valvontakyselyyn verrattuna laajemmin tietoa yksiköiden toiminnasta. Toimintaa seuraavalla lähestymistavalla pyrittiin myös tuomaan viranomaisen lähemmäksi käyttöpaikkojen toimintaa. Tällä pyritään osaltaan varmistamaan, että säteilytoiminnan valvontaa ja ohjeistusta voidaan tulevaisuudessakin kohdistaa riskiperusteisesti oikeisiin kohteisiin.



## 5 Kirjallisuutta

Bly R. Patient exposure levels and collective effective dose to the population from radiological examinations – changes from 2008 to 2018 in Finland. STUK-A 265. Helsinki; Säteilyturvakeskus: 2021. <https://www.julkari.fi/handle/10024/142732>

European Commission. European study on clinical diagnostic reference levels for X-ray medical imaging: EUCLID. Radiation protection No 195; 2014. <https://data.europa.eu/doi/10.2833/452154>

ICRP Publication 120. Radiological protection in cardiology. Ann ICRP 42(1); 2013. <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20120>

ICRP Publication 139. Radiological protection in interventional procedures. Ann ICRP 47(2); 2018. <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20139>

International Atomic Energy Agency (IAEA) Safety Standards SSG-46: Radiation protection and safety in medical uses of ionizing radiation. IAEA; 2018. <https://www.iaea.org/publications/11102/radiation-protection-and-safety-in-medical-uses-of-ionizing-radiation>

Kardiologisen säteilyn käytön kliiniset auditoinnit. Kliinisen auditoinnin asiantuntijaryhmän suositus No 16; 2021. <https://www.kliininauditointi.fi/suosituksel>

Siiskonen T., Ciraj-Bjelac O., Dabin J. et al. Establishing the European diagnostic reference levels for interventional cardiology. Physica Medica 54: 42–48; 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2018.09.012>

Säteilylaki 859/2018. Annettu Helsingissä 9.11.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180859>

Määräys STUK S/4/2019. Säteilyturvakeskuksen määräys oikeutusarvioinnista ja säteilysuojelun optimoinnista lääketieteellisessä altistuksessa. Annettu Helsingissä 4.4.2019. <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/555001/45114>

# STUK-B -sarjan julkaisuja

**STUK-B 289** Mänttari I, Joenvuori-Arstio J, Metiäinen P, Turtiainen T. Radonövervakningskampanjen för socialvårdens verksamhetsenheter.

**STUK-B 288** Finnish report on nuclear safety. Finnish 9th national report as referred to in Article 5 of the Convention on Nuclear Safety.

**STUK-B 287** Venelampi E (ed.). Radiation practices. Annual report 2021.

**STUK-B 286** Virtanen S, Vartti V-P, Turunen J, Mattila A. Monitoring of radioactivity in the environment of Finnish nuclear power plants. Annual report 2021.

**STUK-B 285** Virtanen S, Vartti V-P, Turunen J, Mattila A. Ydinvoimalaitosten ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2021.

**STUK-B 284** Mattila A, Inkinen S (toim.). Ympäristön säteilyvalvonta Suomessa. Vuosiraportti 2021. – Strål-ningsövervakning av miljön i Finland. Årsrapport 2021. – Surveillance of Environmental Radiation in Finland. Annual Report 2021.

**STUK-B 283** Häikiö J (ed.). Regulatory oversight of nuclear safety in Finland. Annual report 2021.

**STUK-B 282** Venelampi E (toim.). Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2021.

**STUK-B 281** Peri V (ed.). Implementing nuclear non-proliferation in Finland. Regulatory control, international cooperation and the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty. Annual report 2021.

**STUK-B 280** Häikiö J (toim.). Ydinenergian käytön turvallisuusvalvonta. Vuosiraportti 2021.

**STUK-B 279** Julin S (toim.). Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat. Kolmannesvuosiraportti 3/2021.

**STUK-B 278** Mänttari I, Joenvuori-Arstio J, Metiäinen P, Turtiainen T. Sosiaalihuollon toimintayksikköjen radonvalvontakampanja. Radonturvallisuuden edistäminen.

**STUK-B 277** Julin S (toim.). Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat. Kolmannesvuosiraportti 2/2021.

**STUK-B 276** Venelampi Eija (ed.). Radiation practices. Annual report 2020.

**STUK-B 275** Julin S (toim.). Varautuminen säteilytilanteisiin ja poikkeavat tapahtumat. Kolmannesvuosiraportti 1/2021.

**STUK-B 274** Holmgren O, Kurttio P, Kojo K, Turtiainen T. Kysely asuntojen radonkorjauksista.