

Kalliomaa Samuel

ELEKTRONISTEN TYÖDOSIMETRIEN  
TOIMINTAKOKEEN MODERNISOINTI

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

2014

# ELEKTRONISTEN TYÖDOSIMETRIEN TOIMINTAKOKEEN MODERNISOINTI

Kalliomaa, Samuel  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Maaliskuu 2014  
Ohjaaja: Tuomela, Jorma  
Sivumäärä: 62

Asiasanat: Tiedonsiirto, Toimintakoe, Dosimetri, Säteily

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli nykyaikaistaa elektronisten työdosimetriä toimintakoealustojen tiedonsiirto ja tallentaminen. Tutkittiin mahdollisuuksia manuaalisen työn minimoinnille ja automaattisten toimintojen lisäämiselle tiedonsiirron tallentamiseksi. Arvioitiin myös erilaisia vaihtoehtoja tulevaisuuden toimintakokeita varten. Tarkoituksena oli etsiä ratkaisu, jonka avulla nopeutetaan ja helpotetaan käytössä ollutta toimintakoejärjestelyä.

Teollisuuden Voima Oyj tuotti työn koska Olkiluoto 2:lla sijaitseva toimintakoehuone on tällä hetkellä kehittämisen kohteena. TVO:lla on tehty kehityssuunnitelmia, jotka koskevat molempia toimintakoealustoja (säteilymittareiden toimintakoealustaa ja elektronisten työdosimetriä säteilytyskarusellia). Tästä syystä elektronisten työdosimetriä toimintakoealustojen tiedonsiirron kehittäminen oli ajankohtaista.

Teoriaosuudessa selvitetään laajalti alustavaa tietoa elektronisten työdosimetriä toimintakokeesta ja siihen liittyvistä työvaiheista. Käydään läpi käytössä olevia komponentteja ja niiden toimintaperiaatteita. Tässä osuudessa on myös selostettu tarvittavien ohjelmien käyttöönotosta, toiminnasta ja testauksesta. Esille tulee myös arvioita ja vertauksia minkä takia tiettyihin ratkaisuihin on päädytty.

Lopputuloksena tärkein selvitys oli mittalaitteistojen (MITKO) ja konfigurointiohjelma (DMC-USer) välinen tiedonsiirto niin, että toimintakoealustojen tiedot saadaan tallennettua mahdollisimman vähällä manuaalisella työllä. Työ sisältää myös tulevaisuuden suunnitelman säteilytyskarusellin uusimisesta.

# FUNCTIONAL TEST MODERNIZATION FOR ELECTRONICAL WORK DOSIMETERS

Kallioma, Samuel  
Satakunta University of Applied Sciences  
Degree Programme in Automation Technology  
March 2014  
Supervisor: Tuomela, Jorma  
Number of pages: 62

Keywords: Data transfer, Functional test, Dosimeter, Radiation

---

The purpose of this thesis was to modernize electronical work dosimeters functional test results data transfer and save. In this thesis have researched different options on how to reduce manual work and increase automatical functions while saving data transfers and also to evaluate future options for different functionality tests. Intention goal was to find a solution that would optimize and simplify current functionality test methods and protocol.

Teollisuuden Voima Oyj produced the work since calibration room at Olkiluoto 2 is under development at the moment. TVO Oyj has made development plans that includes both operational test points (dosimeter functional test track and electronical work dosimeter radiation carousel). This is why developing the electronical work dosimeters carousel was timely.

Theoretical section inspects extensively the preliminary information about electronical work dosimeters functional test and the different phases of work that is part of the process. The section goes through different components that are used and their operational principles. As well as statements on different tools introductions and activations, functionality and testing. This thesis will also be covering evaluations and assessments of different solutions as well as reasoning behind the decisions made.

Research on data transfers between MITKO and DMC-User was the most important section. The end result will reveal the solution on how to optimise the process for minimal manual labor. For future developments have researched a solution for how to automate the whole process.

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin Teollisuuden Voima Oyj:n alaisuudessa, joka sijaitsee Eurajoen Olkiluodossa. Työskentelin osastolla KA8, joka kuuluu TVO:n sähkö- ja automaatiokunnossapito-organisaatioon. Teollisuuden Voima Oyj:n puolesta opinnäytetyöni ohjaajana ja esimiehenäni toimi Timo Kauraoja. Timoa haluan kiittää siitä, että hän mahdollisti tämän työn tekemisen KA8:ssa. Satakunnan ammattikorkeakoulussa ohjaajana toimi Jorma Tuomela, ja häntä haluan kiittää kannustavasta palautteesta, sekä hyvästä yhteistyöstä. Lisäksi haluan kiittää ammattimaisesta avusta ja hyvistä neuvoista henkilöitä Arto Ala-jokimäki, Matti Korpela ja Jari Niiranen (TVO), Jorma Koskelainen (Mirion), Petri Hakosaloinen (ATK Hakosaloinen).

Haluan lopuksi vielä kiittää vanhempiani, jotka ovat antaneet täyden tukensa opiskeluni aikana ja kannustaneet minua.

Porissa 3.3.2014

Samuel Kalliomaa

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	9
1.1	Opinnäytetyön lähtökohta ja tavoite .....	9
1.2	Teollisuuden Voima Oyj.....	10
1.3	TVO:n omistus ja talous .....	11
1.4	OL1:n ja OL2:n pääprosessi .....	12
1.5	Sähkö- ja automaatiokunnossapito-organisaatio (KA) .....	13
1.6	Säteily ja TVO:n valvonta-alue .....	13
2	SÄTEILYMITTAREIDEN TESTAUS TVO:SSA.....	15
2.1	Toimintakoehuone .....	15
2.2	Toimintakoerata .....	15
2.2.1	Toimintakoeradan tekniset tiedot .....	17
2.2.2	Toimintakoeradan toiminta ja käyttö.....	18
2.3	Säteilytyskaruselli .....	19
2.3.1	Säteilytyskarusellin tekniset tiedot .....	21
2.3.2	Toiminta ja käyttö.....	22
2.4	MITKO-järjestelmä.....	23
3	TVO:N TYÖDOSIMETRIT .....	24
3.1	Työdosimetrien käytön historia TVO:ssa .....	24
3.2	Ongelmat.....	25
3.3	Erilaisten työdosimetrien käyttäminen .....	26
4	ELDOS-ANNOSSEURANTAJÄRJESTELMÄ.....	27
4.1	Eldos-järjestelmän toiminta .....	27
4.2	Ongelmat Eldosin käytössä.....	27
5	ELEKTRONINEN DOSIMETRI DMC 2000S .....	28
5.1	DMC 2000S -dosimetri.....	28
5.2	Tekniset tiedot.....	29
5.2.1	DMC 2000S -dosimetrin toiminta ja käyttö TVO:lla.....	31
5.2.2	DMC 2000S-toimintakoe .....	31
5.3	LDM 220 -dosimettilukija (USB-liitäntä) .....	32
5.3.1	LDM 220 -dosimettilukijan toiminta ja käyttö .....	32
5.4	LDM 3000 sisään- ja uloskirjautumislukija.....	33
5.4.1	LDM 3000 -lukijan toiminta ja käyttö.....	33
5.5	LDM 320 -lukija .....	34
5.6	DOSIMASS-järjestelmä .....	35

5.6.1	DOSIMASS-järjestelmän toiminta ja käyttö.....	36
5.7	DMC User SW .....	37
5.7.1	Batch In/Out feature .....	38
6	DMC 2000S TOIMINTAKOETULOSTEN TIEDONSIIRTO .....	39
6.1	Toimintakoetulosten tallennus .....	39
6.2	Vaihtoehtojen tarkastelu .....	39
6.2.1	Ongelmakohdat.....	40
6.2.2	Vaihtoehdon ratkaiseminen .....	40
6.2.3	Selvittäminen .....	41
7	TOIMINTAKOKEEN MUUTOSTYÖ SELVITYS.....	41
7.1	MITKOn toimintaperiaate .....	41
7.2	LDM 220 -lukijoiden mahdollinen sijoittaminen .....	42
7.3	DMC-User ja toimintakoe.....	43
8	TULEVAISUUDEN SUUNNITELMA.....	48
8.1	Selvitys.....	48
8.2	Vaihtoehtojen vertailu.....	49
8.3	IRD 2000 -järjestelmä.....	50
8.3.1	IRD 2000 osakokoonpano .....	51
8.4	Kuvaus IRD 2000:n komponenteista .....	51
8.4.1	Säteilytysmoduuli .....	51
8.5	Kalibrointi .....	59
8.5.1	Manuaalinen kalibrointi (Manual Calibration).....	59
8.5.2	Tietokoneohjattu kalibrointi (Computerized Calibration).....	60
9	LOPPUYHTEENVETO.....	61
	LÄHTEET.....	63

## TERMILUETTELO

### TERMIT

DMC User	Dosimetrien konfigurointiohjelma
DMC 2000S	Elektroninen dosimetri
Dosimass	Dosimetrien konfigurointiohjelma
ELDOS	Annos seurantajärjestelmä
Elektroninen työdosimetri	Annosmittari
IRD-2000	Dosimetrien testaus- ja kalibrointijärjestelmä
MITKO	Mittalaitetekortisto
Säteilytyskaruselli	Elektronisten dosimetrien toimintakoepiste
Toimintakoe	Todetaan mittarin käyttökelpoisuus
Toimintakoehuone	Huonetta, missä suoritetaan säteilymittareiden toimintakokeita
Toimintakoerata	Annosnopeusmittareiden toimintakoerata

### LYHENTEET

OL1	Olkiluodon laitosyksikkö nro. 1
OL2	Olkiluodon laitosyksikkö nro. 2
TVO	Teollisuuden Voima Oyj

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Opinnäytetyön lähtökohta ja tavoite

Idea elektronisten dosimetrioiden toimintakokeen kehittämisestä syntyi yhteistuumin KA8:n (Prosessitietokone-laitteet) ja KTS:n (Säteilynsuojelu) keskuudessa. Kehitystyöllä ei ole merkittävää vaikutusta työturvallisuuteen, mutta tarkoituksena on helpottaa ja nopeuttaa DMC 2000S -dosimetrioiden toimintakoea. Tavoitteena oli saada aikaan toimiva tiedonsiirron tallennus DMC 2000S -dosimetreille. Toimintakoe-ulos-ten tallennus on tähän asti suoritettu manuaalisesti alusta loppuun. Toimintakokeen päätyttyä dosimetrioiden tiedot on tarvinnut syöttää manuaalisesti tietokoneelle MITKO- järjestelmään, mikä on todella pitkä urakka, kun käytössä on lähemmäs tuhat dosimetriä. Tarkoituksena on selvittää keino, miten toimintakoe-ulos-okset voidaan tallentaa mahdollisimman vähäisellä manuaalisella työllä. Tallennettu data sisältää dosimetrioiden keräämän annostiedon. Aluksi täytyi selvittää, miten tallennus voidaan toteuttaa ja miten tiedonsiirto saadaan eriohjelmien välille toimivaksi (DMC Userilla ja MITKolla). Miten kaikkia erilaisia komponentteja työ vaatii ja minkälaisia muutoksia ohjelmiin tarvitsee tehdä. Apunani käytin TVO:n omaa koulutusmateriaalia, TVO:n työntekijöitä ja kyseisten laitteiden valmistajia sekä maahantuojia.



## 1.2 Teollisuuden Voima Oyj

Teollisuuden Voima Oyj (TVO) on suomalainen ydinvoimayhtiö, joka on perustettu vuonna 1969 yksityisenä osakeyhtiönä. TVO:n virallinen toiminimi (Teollisuuden Voima Oyj) syntyi 31.12.2007, kun TVO rekisteröitiin kaupparekisteriin julkiseksi osakeyhtiöksi. TVO:n toimintatarkoituksena on tuottaa sähköä osakkailleen omakustannusperiaatteella. Päämääränä on turvallinen, taloudellinen, luotettava ja ympäristöä säästävä kokonaisuus.

TVO:lla on kaksi tuotannossa olevaa laitosyksikköä Olkiluoto 1 (OL1) ja Olkiluoto 2 (OL2). Molemmat laitosyksiköt ovat tyypiltään kiehutusvesireaktoreita, jotka toimitti ruotsalainen Asea-Atom, nykyisin Westinghouse Atom AB. OL1 aloitti sähköntuotannon suomalaisille 2.9.1978 ja vuoden 1980 loppupuolella 11. marraskuuta OL2 saavutti ensimmäisen kerran täyden sähköntuotantotehonsa. Valmistuessaan molempien yksiköiden teho oli 660 megawattia (MW). Nykyisin molempien laitosten nettosähköteho on 880 megawattia. Olkiluodossa on myös rakenteilla Suomen viides ydinvoimalaitosyksikkö Olkiluoto 3 (OL3). OL3 on laitostyypiltään EPR-painevesireaktori, jonka nettosähköteho tulee olemaan noin 1 600 MW. /1, 2, 3/



Kuva 1. OL1, OL2 ja OL3 /4/

### 1.3 TVO:n omistus ja talous

TVO-konsernin muodostaa Teollisuuden Voima Oyj tytäryhtiöineen: TVO Nuclear Services Oy (TVONS), Olkiluodon Vesi Oy ja Perusvoima Oy.

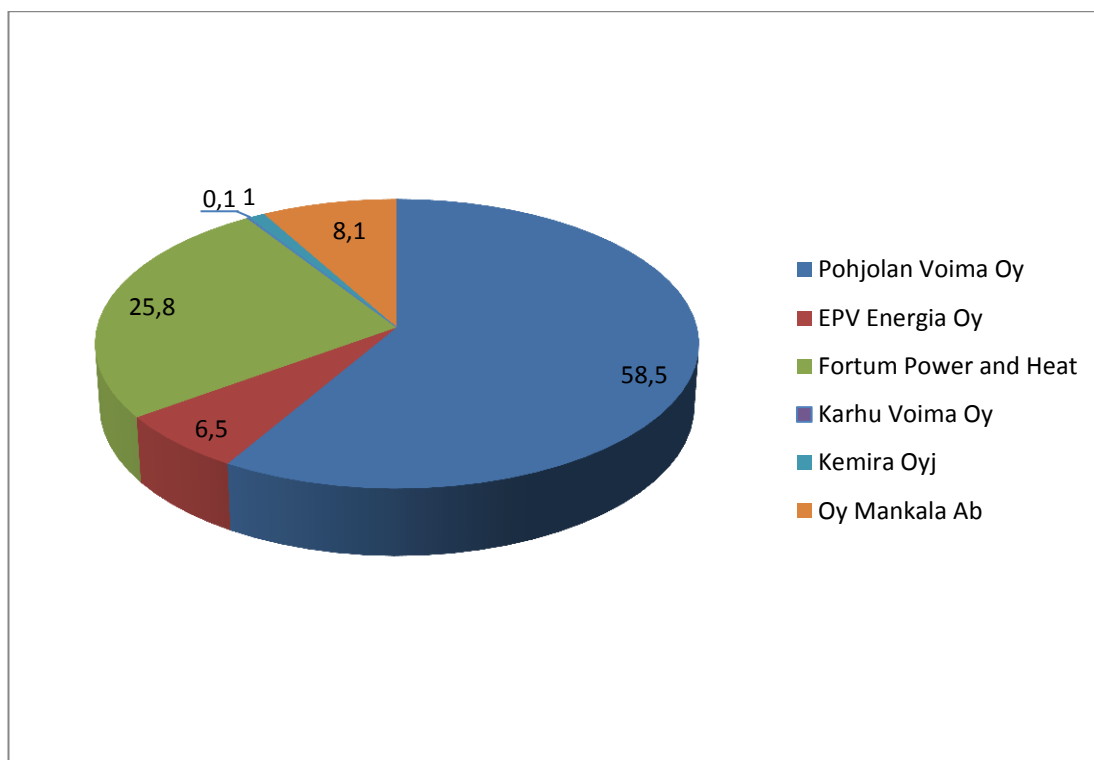
TVO:n suurin omistaja on Pohjolan Voima Oy ja muita omistajayhtiöitä ovat: EPV Energia Oy, Fortum Power and Heat Oy, Karhu Voima Oy, Kemira Oyj ja Oy Mankala Ab. /5/

Vuonna 2012 TVO:n liikevaihto oli 347 miljoonaa euroa ja sähköntoimitus samana vuonna laitosyksiköittäin:

Olkiluoto 1: 6 935 GWh

Olkiluoto 2: 7 441 GWh

Meri-Pori : 477 GWh



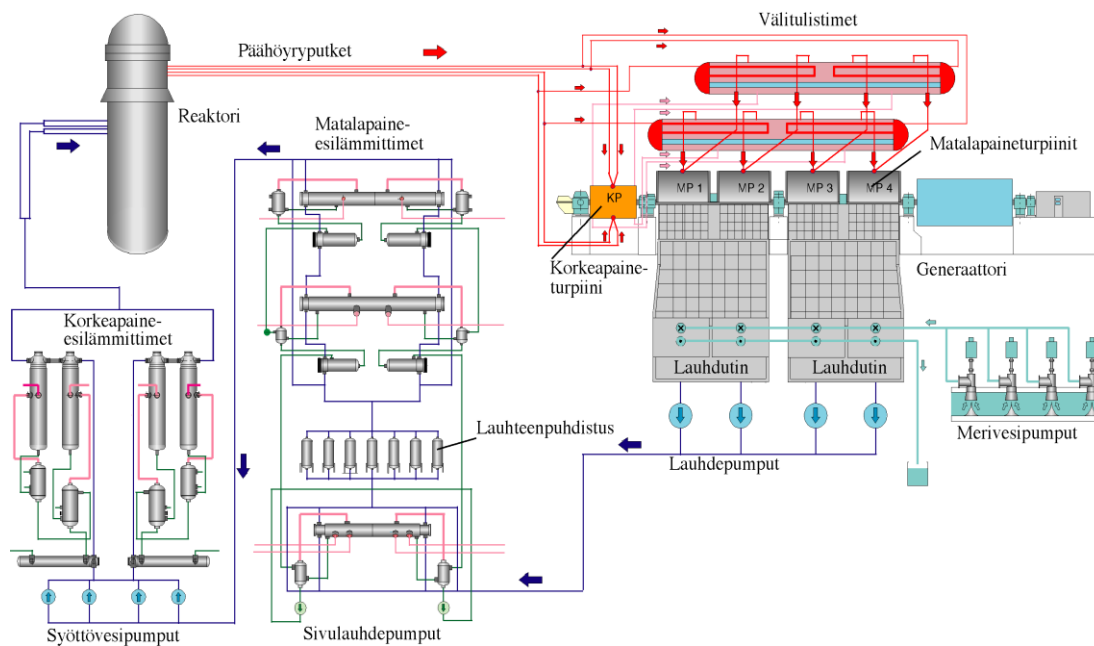
Kuva 2. TVO:n omistajayhtiöt ja omistusjakauma /5/

## 1.4 OL1:n ja OL2:n pääprosessi

TVO:n ydinvoimalaitosyksiköt Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2 (OL1 ja OL2) ovat identtisiä, ja ne on varustettu kiehumusvesireaktorilla.

Toimintaperiaate on seuraava:

Syöttövedettä lämmitetään korkeapaine-esilämmittimissä ennen kuin se ohjautuu reaktoriin. Esilämmityksen avulla nostetaan laitoksen hyötysuhdetta ja suojataan reaktorin syöttövesiyhteitä liian suurilta lämpötilaeroilta. Tämän jälkeen reaktoripaineastiassa vesi kiehuu höyryksi ja höyryn lämpötila nousee 286 °C:een. Seuraavaksi reaktorissa muodostunut höyry johdetaan korkeapaineturbiinille neljällä pähöyryputkella. Korkeapaineturbiinissa höyry luovuttaa osan energiastaan ja tämän jälkeen se johdetaan välitulistimille, jossa höyry kuivataan ja tulistetaan. Tällä tavalla saadaan höyryn ominaisuudet sopiviksi matalapaineturbiineita varten. Höyry kulkeutuu matalapaineturbiineille ylivirtausputkia pitkin. Höyrystä vapautuvan lämpöenergian avulla saadaan aikaan mekaanista energiaa. Turbiinit on kytketty akselin välityksellä generaattorille, joka tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon. Lopuksi höyry luovuttaa kaiken hyötyenergiansa matalapaineturbiineissa ja sieltä höyry johdetaan lauhduttimeen. Lauhduttimessa höyry lauhdutetaan vedeksi meriveden avulla. Viimeiseksi lauhduttimessa oleva merivesi pumpataan takaisin mereen. /4/



Kuva 3. Pääprosessi OL1 ja OL2 /4/

## 1.5 Sähkö- ja automaatiokunnossapito-organisaatio (KA)

KA1 Kunnossapitosuunnittelu

KA2 Automaatioryhmä ja infra

KA3 OL3-sähkö- ja automaatio

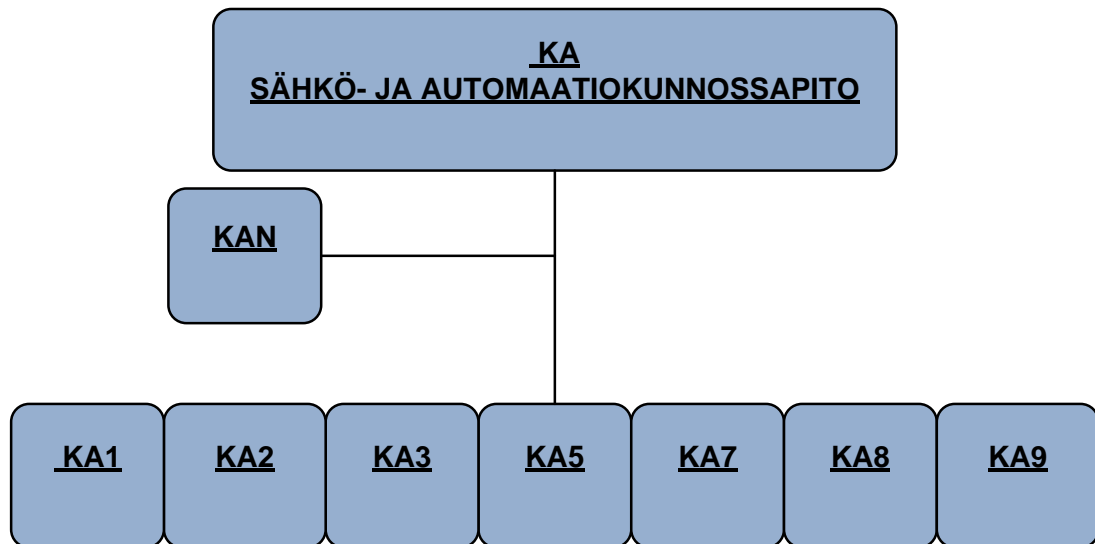
KA5 Voimalaitoksen sähköverkot OL1/2

KA7 Sähkökunnossapidon palvelut OL1/2/3

KA8 Prosessitietokonelaitteet OL1/2/3

KA9 Muutostyöt OL1/2/3

KAN /6/



Kuva 4. KA:n organisaatorakenne /6/

## 1.6 Säteily ja TVO:n valvonta-alue

Radioaktiivisella säteilyllä tarkoitetaan yleensä ionisoivaa säteilyä - "radioaktiivisuuden liittyvää säteilyä".

Ionisoiva säteily on suurienergistä säteilyä, joka kykenee muuttamaan atomien sähkövarauksia eli ionisoimaan niitä. Tyypillisiä ionisoivan säteilyn tyyppisiä ovat rönt-

gensäteily, kosminen säteily ja erilaisten radioaktiivisten aineiden säteily, joka jaetaan edelleen kolmeen merkittävämpään säteilylajiin, jotka ovat

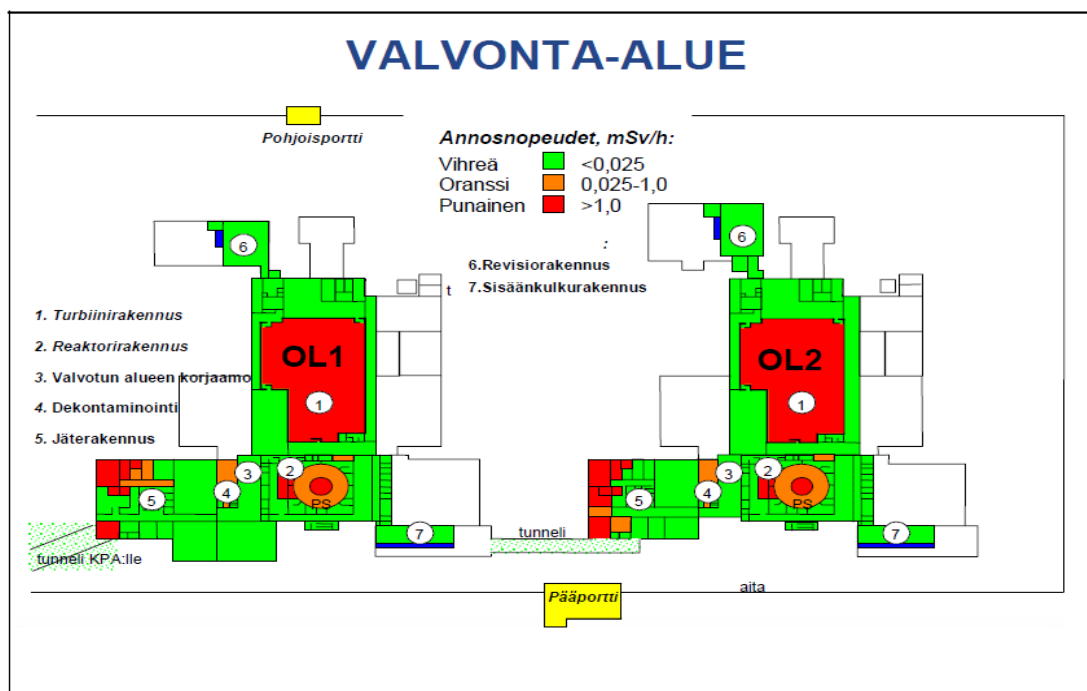
- alfasäteily
- betasäteily
- gammasäteily /16/

Radioaktiivisia aineita syntyy ydinvoimalaitoksen reaktorissa fission ja aktivoitumisreaktion neutronisäteilyn ansiosta. Ydinvoimalassa valvonta-alue on alue, missä voi joutua tekemisiin radioaktiivisten aineiden ja säteilyn kanssa. Valvonta-alue on erotettu muusta yleisestä alueesta ja siellä työskenteleminen edellyttää säteilysuojeluohjeiden noudattamista. Valvonta-alueella pukeudutaan aina suojarusteisiin ja käytetään annosmittaria.

Valvonta-alue on jaettu kolmeen eri aluetasoon säteilytason mukaan:

Taulukko 1. Valvonta-alueen säteilytasot

Vihreä-alue, annosnopeus on $\leq 25 \mu\text{Sv/h}$	
Oranssi-alue, annosnopeus on $25 \mu\text{Sv/h} - 1 \text{ mSv/h}$	
Punainen-alue, annosnopeus on $\geq 1 \text{ mSv/h}$	



Kuva 5. Valvonta-alue TVO /4/

## 2 SÄTEILYMITTAREIDEN TESTAUS TVO:SSA

### 2.1 Toimintakoehuone

Toimintakoehuoneen säteilytysradoilla suoritetaan erilaisten säteilyvalvontamittareiden toimintakokeet ja testaus. Myös osa huoltotöistä tehdään samassa tilassa. Siellä on erikseen oma säteilytysrata annosnopeusmittareiden toimintakoetta varten ja oma säteilytyskaruselli elektronisten dosimetrioiden toimintakokeen suorittamiseen. Tilassa säilytetään myös säteilylähteitä erilaisten säteilyvalvontamittareiden toimintakokeita varten. Huone sijaitsee Olkiluoto 2:ssa (OL2).

### 2.2 Toimintakoerata

Toimintakoerata on tarkoitettu säteilyannosnopeusmittareiden toimintakokeiden suorittamiseen. Toimintakoerata koostuu ohjausyksiköstä, mittavaunusta, radasta ja säteilylähteestä Cs-137, jonka aktiivisuus oli valmistusvuonna 1991 44 TBq (Terabecquerel). Lähde on säteilysuojan sisällä. Säteilysuojassa on paikkoja kolmelle lähteelle, mutta tällä hetkellä ainoastaan yksi paikka on käytössä.

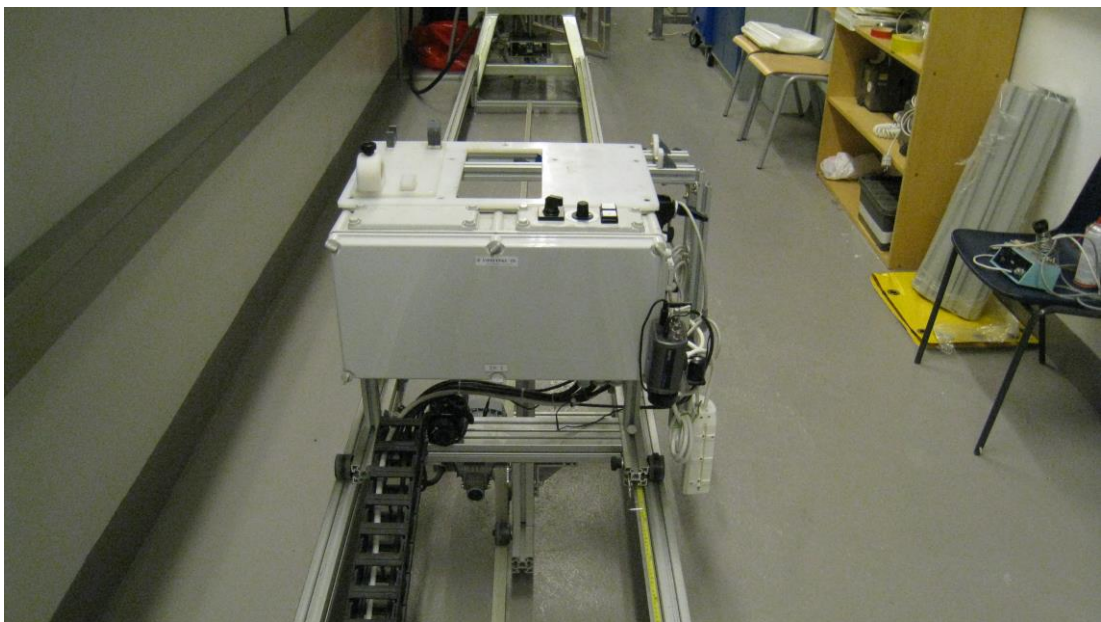
Säteilyturvakeskus (STUK) tai muu akreditoitu tarkastuslaitos tarkastaa toimintakoeradon säteilylähteen viiden vuoden välein. Tarkastusmittauksen tuloksena saadaan kalibrointitodistus, jonka pohjalta voidaan laskea annosnopeuksia vastaavat etäisyydet. Turvallisuussyistä lähteen säteilykeilan leveys tarkastetaan joka vuosi. /8/



Kuva 6. Toimintakoeradon säteilylähde (Cs-137) /8/



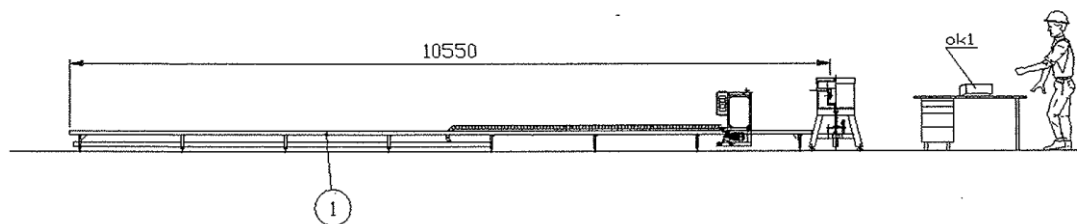
Kuva 7. Toimintakoerata



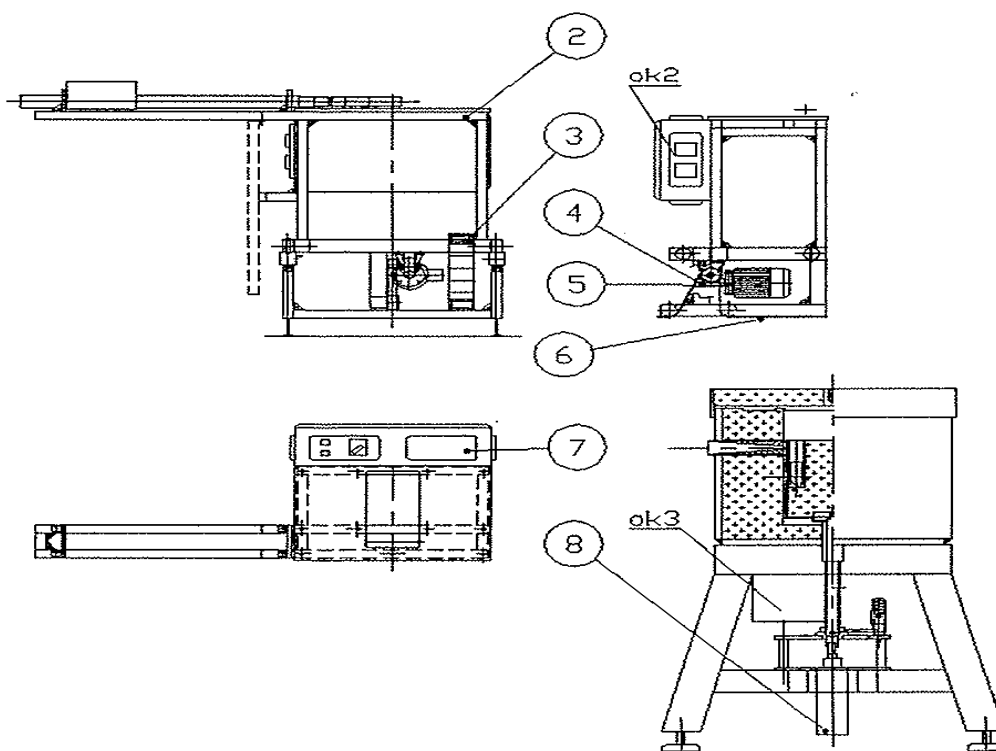
Kuva 8. Mittarin kuljetusvaunu

## 2.2.1 Toimintakoeradon tekniset tiedot

Radan kokonaispituus radan alusta lähtien keskipisteeseen on 10,55m (10550cm)



Kuva 9. Toimintakoeradon kokoonpano /13/



Kuva 10. Toimintakoeradon kokoonpano /13/



Taulukko 2. Kuvien 9 ja 10 komponenttien osoitus /13/

KOMPONENTTI	NUMERO
SYLINTERI	8
TAAJUUSMUUTTAJA	7
HAMMASHIHNA	6
MOOTTORI	5
KIER, VAIH.	4
ENERGIAKETJU	3
RAKENNEPROFIILI	2
RAKENNEPROFIILI	1

### 2.2.2 Toimintakoeradon toiminta ja käyttö

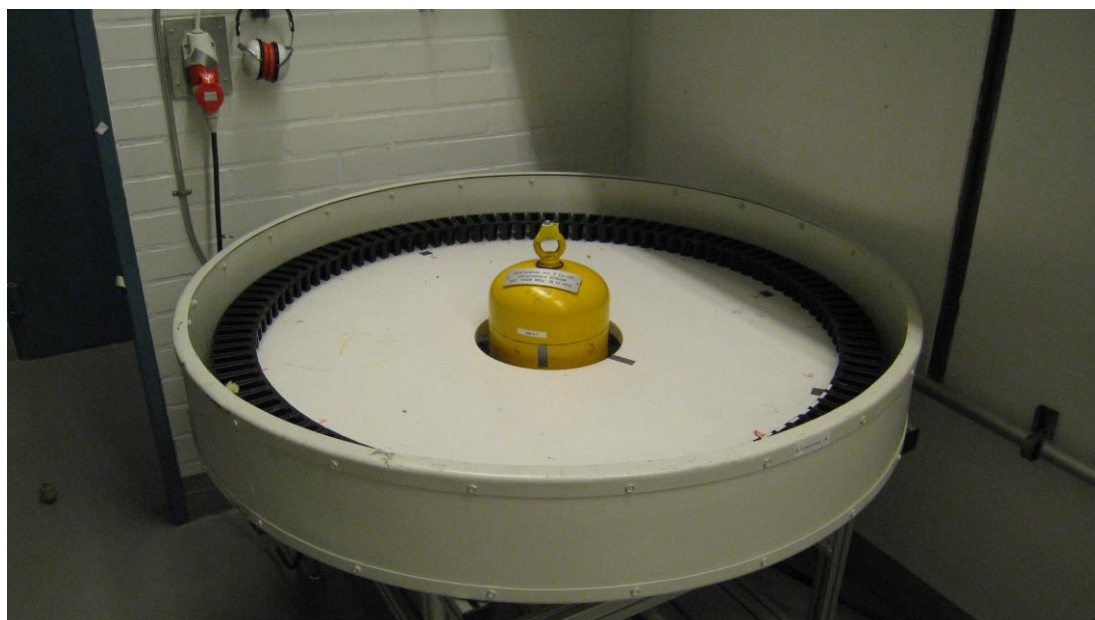
Toimintakoeradalla tarkastellaan ainoastaan vain yhtä mittaria kerrallaan. Tämä johtuu siitä, että useimmille annosnopeusmittareille on oma jiginsä, jonka avulla mittari saadaan oikeaan asentoon. Mittarin asento on tärkeä, koska sen avulla saadaan sijoitettua mittarin putki (säteilytunnistin) oikeaan linjaan lähteen kanssa. Mittari testataan mittaamalla annosnopeutta eri etäisyyksiltä esim. 20  $\mu\text{Sv/h}$ , 100  $\mu\text{Sv/h}$ , 1 mSv/h, 4 mSv/h, 10 mSv/h. Mitä kauempana mittari on lähteestä, sitä pienempi on annosnopeus. Mittarin näyttämän pitää olla tietyn skaalan sisällä, jos näin ei ole, niin mittari ei läpäise testiä. Säteilätyksen aikana huoneen ovella sekä laitteen vieressä palaa aina punainen varoitusvalo.

### 2.3 Säteilytyskaruselli

Säteilytyskarusellia käytetään elektronisten tyodosimetricien toimintakokeen suorittamiseen. Tyodosimetrit keräävät tietyn annoksen tietyssä ajassa karusellin avulla. Karusellin keskellä on Cs-137 lähde, jonka aktiivisuus oli valmistusvuonna 1979 13,4 TBq (Terabecquerel). Karusellin toimintaa ohjataan ohjausyksiköstä. /8/

Toimintakoetilanteessa tyodosimetrejä säteilytetään haluttuun annokseen (2 mSv), minkä jälkeen tarkistetaan vaste. Yksittäisen dosimetrin vaste ei saa poiketa enempää kuin 20 % oikeasta annoksesta. /8/

Karusellin toimintakoeaika määritetään säteilyttämällä useampi dosimetri kerralla (esim. 10 kpl). Dosimetrit säteilytetään ajallisesti 2 mSv:iin asti ja saaduista arvoista lasketaan keskiarvo. Näiden tulosten avulla saadaan laskettua tarvittava säteilytysaika. Säteilytysajat tulee määrittää vuosittain, koska lähteen aktiivisuus heikkenee pikkuhiljaa ajan kuluessa. Turvallisuussyistä karusellin lähteen säteilytyskeilan korkeus tarkastetaan joka vuosi. /8/



Kuva 11. Säteilytyskaruselli



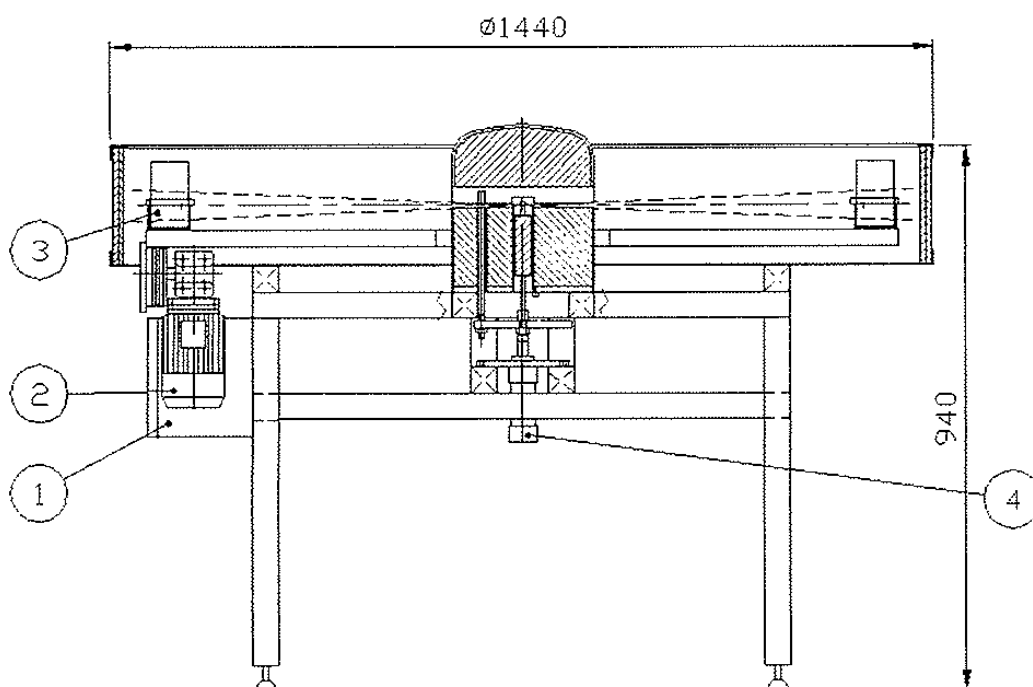
Kuva 12. Säteilytyskaruselli



Kuva 13. Säteilytyskarusellin ohjausyksikkö

### 2.3.1 Säteilytyskarusellin tekniset tiedot

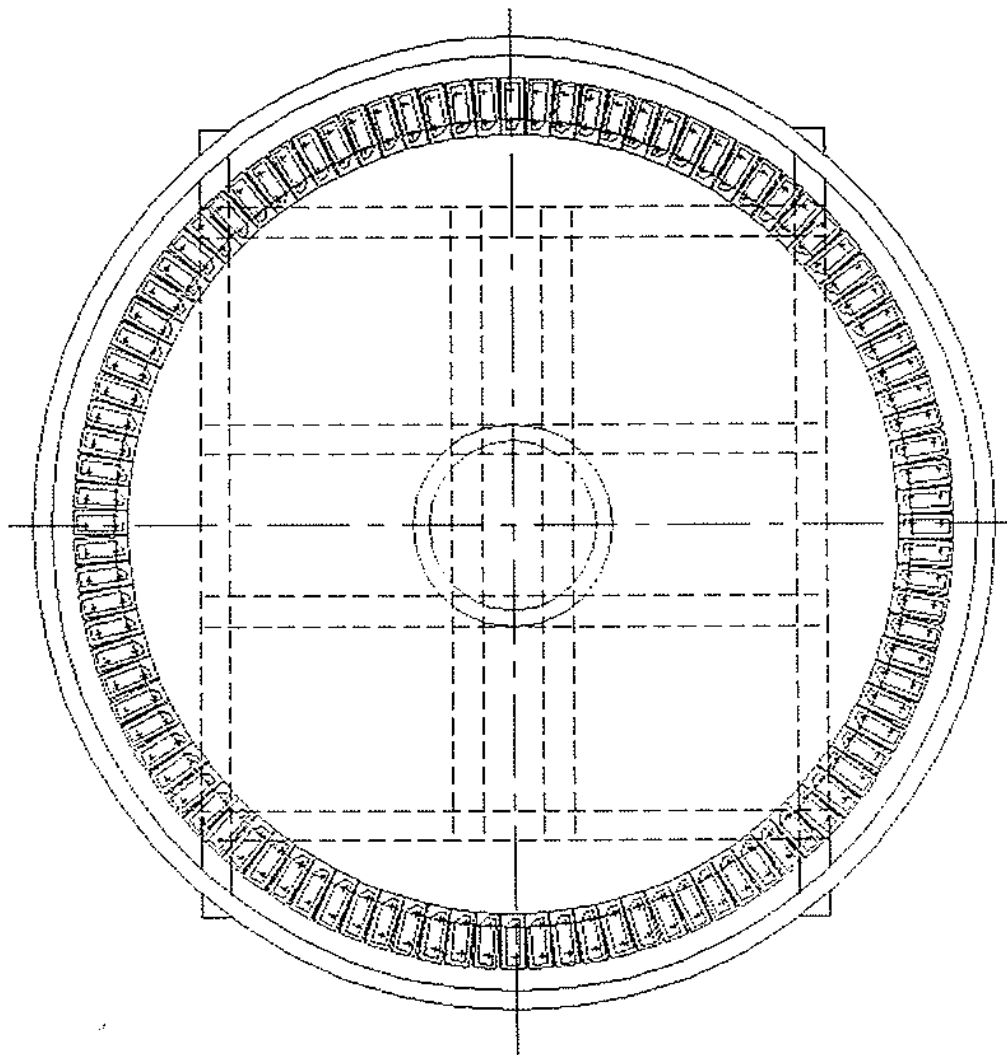
Rungon materiaali on alumiiniprofiiliputkea. Karusellin suojauksissa on käytetty lyijyä ja peltiä sekä pöytätaso on ikilevyä. Lähteen suojavaipan paksuus on 10 cm ja suojaseinämän 2 cm. Ohjaus hoidetaan toimintakoeradon ja karusellin yhteisestä ohjausyksiköstä. Pöytätasolla on kokonaisuudessaan 100 kpl muovisia rad-taskuja dosimetrejä varten. /12/



Kuva 14. Säteilytyskarusellin kokoonpano /12/

Taulukko 3. Kuvan 14 komponenttien osoitus /12/

KOMPONENTTI	NUMERO
NOSTOSYLINTERI	4
DOSIMETRIN TASKU	3
VAIHDEMOOTTORI	2
OHJAUSKESKUS	1



Kuva 15. Karusellin pöytätason rakenne /12/

### 2.3.2 Toiminta ja käyttö

Karusellin kehälle mahtuu noin 100 kpl radeja/dosimetrejä. Kun lähde on auki, niin annosnopeus kehällä on noin 2,5 mSv/h ja suojakehän ulkopuolella 0,25 mSv/h. Lähde on aseteltu niin, että säteilykeila ei tule suoraan suojan yli. Lähteen ollessa kiinni annosnopeus suojan takana on noin 2  $\mu$ Sv/h. Toimintakokeessa dosimetriin säteilytysaika määritetään aikareleelle, joka sijaitsee ohjausyksikössä. Pöytätaaso pyörii hitaasti lähteen ympärillä säteilytyksen aikana tasaisen annosjakauman saamiseksi. Turvallisuussyistä säteilytyksen aikana huoneen ovella sekä laitteen vieressä palaa aina punainen varoitusvalo. /12/

## 2.4 MITKO-järjestelmä

MITKO on tietokoneohjelma (mittalaite-kortisto), joka sisältää TVO:n säteilymittareiden toimintakoe-, huolto-, tila- ja vikatiedot. MITKOn avulla mittalaitevalvojat pysyvät ajan tasalla mittareiden tilanteesta ja toimintakokeiden suorittamisesta. Ohjelmasta löytyy erikseen jokaisen mittarin joka ikinen toimintakoe päivämäärineen ja mittaustietoineen. MITKOon kirjaututaan sisään käyttäjätunnuksella ja salasanalla. Käyttäjätunnusten avulla näkyy esim. kuka on tehnyt viime toimintakokeen tai huollon. Ohjelman avulla näkee toimintakoetarvetaulukon ja taulukko päivittyy sitä mukaa, kun mittareita testataan. Jokaisella mittarilla on oma inventointinumeronsa, jonka avulla jotain tiettyä mittaria voidaan etsiä MITKOsta.

The screenshot shows the MITKO web application interface in Internet Explorer. The page title is "MITKO - TVO Säteilyvalvonnan mittarikortisto". The user is identified as "Samuel Kalliomaa" and the date is "Tiistai 9. heinäkuuta 2013". The main content area displays details for "Laitekortti# 2857-2 - Suorasäteilymittari - FAG FHZ 312 - Tila: käytössä".

**Laiteen perustiedot**

Inventointinumero	2857-2
Laiteluokka	Suorasäteilymittari
Alaluokka	FAG FHZ 312
Käyttö	TVO:lla
Sijainti	OL2
Sijainnin tarkennus	OL2 Reaktorihalli
Mittausalue	0.100mSv/h -100 Sv/h
Sarjanumero	0286
Valmistaja	Thermo Scientific
Edustaja	Ekonia Oy
Detekt.numero	FHZ 312 Z.Nr.42540/4
Vastaanottotarkastus	27.10.2009
Toimintakoe ohjellä (kk)	12 kk
Toimintakoe tehty viimeksi	23.7.2012
Viimeisin tapahtuma	Toimintakoe 23.07.2012
Tila	käytössä

**Lisätiedot**

Vastaanottotarkastuksessa 27.10.2009 näytämät radalla:  
Mittausalue näyttämä  
1 mSv/h 1.20 mSv/h  
10 mSv/h 9.5 mSv/h  
20 mSv/h 17.0 mSv/h  
55 mSv/h 50.0 mSv/h

Vanha inventointi numero 2854-2 -> siirretty 2857-2, koska 2854:sta käytetään ympäristömittauksessa.

**Tapahtumayhteenveto**

23.07.2012	Toimintakoe ---> käyttöön Toimintakoe tehty päämittarin vaihdon yhteydessä.
23.03.2012	STUK:in vuositarkastus ---> käyttöön STUK:n tekemä vuositarkastus STUK:ssa Helsingissä. Kts.tulokset STUK:n pöytäkirjasta.Tulokset löytyvät myös hakemistosta K:\KTS\hallinto1\LAITTEET\Tosit\mittaus tulokset TVO Stuk.
20.03.2012	Testaus RADOS ---> käyttöön Testaus Radoksella.Kts tulokset KTS\LAITTEET\Tosit\Radoksella testattavat mittarit v 2012
14.03.2012	Toimintakoe ---> käyttöön
01.05.2011	Varastointi ---> varastoon Ei tarvetta ottaa käyttöön.
23.03.2010	STUK:in vuositarkastus ---> käyttöön STUK:n tekemä vuositarkastus STUK:ssa Helsingissä. Kts.tulokset STUK:n pöytäkirjasta
15.03.2010	Toimintakoe ---> käyttöön
27.10.2009	Toimintakoe ---> käyttöön
27.10.2009	Käyttöön ---> käyttöön

**Päämittari**

2857	Suorasäteilymittari FH 40 G	Toimintakoe 6.3.2013
------	-----------------------------	----------------------

**Muut anturit**

- 2857-1 Suorasäteilymittari FH 40 G telesonde Toimintakoe 6.3.2013

Ei dokumentteja/linkkejä.

Kuva 16. MITKO-esimerkki

### 3 TVO:N TYÖDOSIMETRIT

#### 3.1 Työdosimetrien käytön historia TVO:ssa

TVO:n historiaan mahtuu monta erilaista työdosimetriä. Työdosimetri on ollut tarpeellinen suojaustoimenpide sekä turvallisuuden edistäjä jo niin kauan, kun TVO:n laitosyksiköt ovat olleet käytössä. Sen tarkoituksena on pitää henkilö ajan tasalla ympäristössä vaikuttavasta säteilytilanteesta ja sen muutoksista. Nykypäivänä kaikkien työntekijöiden annostiedot ovat tarkasteltavissa ELDOS-järjestelmässä. Tietokonejärjestelmä pysyy ajan tasalla henkilöiden saamista annosmääristä ja näin ollen voidaan tarkkailla, että jokaisen henkilön annoskertymä pysyy TVO:n ja viranomaisten asettamien annosrajojen sisäpuolella.

Mittarit ovat kehittyneet vuosien varrella huomasti ja nykyään mittareiden asetukset ja niitä koskevat ohjelmoinnit hoidetaan melkein kokonaan tietokoneella. Ainoa huoltotoimenpide jonka voit uusimpien mittareiden kanssa tehdä on pariston vaihto. Aiemmin mittareiden piirilevyistä vaihdettiin itse erilaisia komponentteja ja niitä huollettiin paljon enemmän. Esimerkiksi RAD-80 mittareissa akkupaketti vaihdettiin juottamalla akkupaketti irti piirilevystä ja juottamalla uusi akkupaketti paikoilleen. Myös rikkinäisten summereiden vaihto hoitui samalla periaatteella. Uudemmissa mittareissa pariston vaihto on ainoa huoltotoimenpide jonka voi tehdä itse. Tämä hoituu helposti, kun vaan avataan kierteellinen pariston kansi ja vaihdetaan vanhan tilalle uusi nappiparisto. Tällä hetkellä käytössä on pääasiassa kolme erilaista työdosimetriä: RAD-80, RAD 50 ja DMC 2000S.

DMC 2000 S	806 kpl
DMC 2000 S A	50 kpl
Kynädosimetri	8 kpl
RAD-101	10 kpl
RAD-22	27 kpl
RAD-50S	2 kpl
RAD-51	387 kpl
RAD-51 Transdose	15 kpl
RAD-60S	10 kpl
RAD-80	735 kpl
RAD-85	10 kpl
RAS-Työdosimetrit RAD-60S	3 kpl

Kuva 17. Työdosimetriluokat

### 3.2 Ongelmat

Useimmiten, kun jokin uusi laite esimerkiksi elektroninen työdosimetri tai muu vastaava mittari lanseerataan, niin siinä kohtaa ei ole vielä tiedossa kaikkia mahdollisia bugeja tai muita vastaavia virheitä. Nämä virheet tai ongelmat tulevat usein esiin vasta, kun kyseinen tuote on asiakkaalla käytössä. Käyttöympäristö ja työ, johon laitetta käytetään, vaihtelevat asiakkaan tarpeiden mukaan, ja sen takia nämä asiat eivät tule aina ilmi kaikille. Asiakkaiden ja käyttäjien palautteen avulla laitteita on hyvä kehittää oikeaan suuntaan ja vastaamaan kysyntää. Mittareiden suojaukset paranevat jatkuvasti esimerkiksi vesitiiviys on kehittynyt huomattavasti.

Ongelmia pyritään myös ratkomaan erilaisilla mittariratkaisuilla. Saatavilla on erikseen malleja, jotka sopeutuvat esimerkiksi armeija- ja valmiuskäyttöön. Näissä mittareissa on otettu huomioon ympäristön aiheuttamat riskit ja yleinen käyttötarkoitus. On myös mittareita, jotka on tarkoitettu asetettavaksi kiinteisiin pisteisiin ja eivätkä vaadi mitään erikoisempia suojauksia.

Ydinvoimaloissa työdosimetrit ovat tarkoitettu päivittäiseen käyttöön ja tällöin myös oletetaan että ne kestävät jatkuvaa käyttöä ja ydinvoimalan luomaa työilmapiiriä. Mittareiden elektroniikka aiheuttaa aina jonkinlaisia ongelmia. On havaittu, että tarpeeksi kova isku tai vaikka liian kovalle kuumuudelle altistuminen voi aiheuttaa vikaa elektroniikassa. Ongelmana voi myös olla mittarin käyttövaikeus ja monimutkaisuus, jotka aiheuttavat vaikeuksia käyttäjälle. Tämä lisää tyytymättömyyttä, ja siksi olisi tärkeä kuunnella käyttäjien mielipiteitä mahdollisimman paljon.

On usein todettu, että yksinkertaisuus on hyvä asia, ja sen vuoksi mittaria kehitetään sen helppouden ja käytön vaivattomuuden vuoksi. Usein käyttäjälle riittäisi vain ON/OFF-painike, josta mittari saadaan päälle mittaustilaan ja pois. Asetuksien ja erilaisten työympäristöjen takia täytyy silti olla mahdollista säätää mittaria, mutta tämä vaatii yleensä koulutusta tai ahkerampaa perehtymistä itse tekniikkaan. Tässä kohtaa itse mittaaminen ei ole enää ainoa asia ja mittarin säätöjen muuttaminen saattaa aiheuttaa ongelmia. Mittarit tarvitsevat myös lukijan. Vanhimmillä mittareilla on oma lukijansa ja uusimmilla omansa. Tämä aiheuttaa välillä ongelmia, koska mittareita ei



voi konfiguroida samalla lukijalla. Lukijat ovat verkkoyhteydessä ELDOS-järjestelmään ja tietoliikennekatkot aiheuttavat myös vaikeuksia.

Yleisimmät ongelmat elektronisten tyodosimetricien kanssa ovat

- hälytysäänen vikaantuminen
- putken (anturin) vahingoittuminen
- näytön vikaantuminen
- akku- tai paristovika
- huoltotoimenpiteiden rajallisuus
- kalliit huollot ja varaosat.

Täytyy myös huomioida kunnollinen käyttäjien perehdytys. On suuri ongelma, jos joku henkilö menee ydinvoimalassa valvotulle alueelle töihin ilman elektronista tyodosimetriä. Tällöin syntyy riski siitä, että annoskertymä jää kirjaamatta eikä enää olla realistisessa aikataulussa kyseisen henkilön annoskertymän kanssa. Tietysti henkilö on myös itse vastuussa mittarin käytöstä ja hänen täytyy ymmärtää, että tässä ajatellaan hänen omaa turvallisuuttaan ja terveyttään.

### 3.3 Erilaisten tyodosimetricien käyttäminen

Tällä hetkellä TVO:ssa on mahdollisuus käyttää kolmea erilaista elektronista tyodosimetriä. Sillä että vaihtoehtoja on enemmän kuin yksi, on hyvätkin puolensa. Vanhemman luokan mittarit ovat joillekin tuttu ja turvallinen vaihtoehto, kun taas toisille uusinta mallia olevat.

Tyodosimetrimin käyttöönottovaiheet:

1. Aseta mittari lukijaan.
2. Kuittaa henkilökorttisi lukijalla (lukija tunnistaa sinut kortin avulla).
3. Aseta työkoodi (työkoodi määrittelee työalueen laitoksella).
4. Ota hyväksytysti luettu mittari taskuun viralliselle paikalle.

Tyodosimetrimin ulosluentavaiheet:

1. Aseta mittari lukijaan.

2. Odota että lukija hyväksyy uloskirjautumisen.
3. Poista mittari lukijasta.

## 4 ELDOS-ANNOSSEURANTAJÄRJESTELMÄ

### 4.1 Eldos-järjestelmän toiminta

Eldos on TVO:ssa käytössä oleva annosseurantajärjestelmä. Tarkoituksena on pitää kokoajan tämä ko. järjestelmä ajan tasalla työntekijöiden säteilyannoksista ja valvotulla alueella työskentelemisestä. Eldosista näkee kellonajan tarkkuudella, koska kukin henkilö on ottanut työdosimetrinsä käyttöön ja koska kirjautunut ulos valvotulta alueelta. Järjestelmä ylläpitää siis yleistä annosnäkyä, jonka työdosimetrit ovat työhistorian aikana keränneet. Uusimmat sekä vanhimmat lukijat ovat molemmat yhteydessä Eldosiin ja toimivat samalla periaatteella. Eldos-järjestelmässä on myös paljon muita tietoja. Sen pääsivulla on näkyvissä erilaisia alisivumahdollisuuksia, joiden avulla pääsee ottamaan selvää haluamasta tiedosta.

Eldosin sivuvaihtoehdot ovat

- seuranta
- lisätiedot
- annoskortti
- pohja-annokset
- lukijalaitteet
- yritystiedot
- virhepäiväkirja
- monitorit.

### 4.2 Ongelmat Eldosin käytössä

Eniten vikatilanteita ovat aiheuttaneet tiedonsiirto-ongelmat lukijoiden ja Eldosin välillä. Kun verkkoyhteys katkeaa, niin lukijat siirtyvät paikalliskäyttötilaan ja tallen-

tavat kirjautumistiedot muistiinsa. Muisti on rajallinen, joten jos verkkoyhteyttä ei saada ajoissa korjattua, niin voi osa kirjautumistiedoista kadota. Yhteyden katkeaminen voi myös aiheuttaa ongelmia tuleviin kirjautumisiin.

Seuranta | Lisätiedot | **Annoskortti** | Pohja-annokset | Lukijalaitteet | Yritystiedot | Virhepäiväkirja | Monitorit

Sukunimi: KALLIOMAA      Kutsumanimi: SAMUEL      Hae      Puuttuvat pohja-ann.      Typpi: E-dosi

ID: [redacted]      TLD tietojen selaus / päivitys      Tarkista sisäänpääsy

Nimi: KALLIOMAA SAMUEL      Sotu: [redacted]

Yritys: 100 TVO      Dosim: 25842

Amm.: [redacted]

Kansalaisuus: FI      Annospassi esitetty: [redacted]      Terv.tarkastus pvm: [redacted]      Säteilytöluokka:

QBM mittaus pvm: 04.10.2013      Sisäinen annos: [redacted]      Elinikäisannos (TLD): [redacted]      Tulosta

	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Yht.
E-dosi13				0,013	0,023	0,009	0,002	0,000					0,047
E-dosi12	0,001		0,000	0,011	0,025	0,003	0,000	0,000					0,040
E-dosi11				0,009	0,024	0,007	0,005	0,004				0,001	0,050

**VUOSIANNOKSET / mSv**

	Vuosiannos	Vuosihuolto
2013	0,047	0,021
2012	0,040	0,032
2011	0,050	0,028
2010	0,517	0,343
2009	0,604	0,000

**5V. SUMMA / mSv**

Kuluva + 4 ed. vuotta: 1,258

Vuosihuollot: 0,424

**PÄIVÄANNOKSET / mSv**

Pvm	Pv	mSv	Aika / h	MAXANNOSNOP	ka.
			00:00		

Kuva 18. Eldos-annoskortti

## 5 ELEKTRONINEN DOSIMETRI DMC 2000S

### 5.1 DMC 2000S -dosimetri

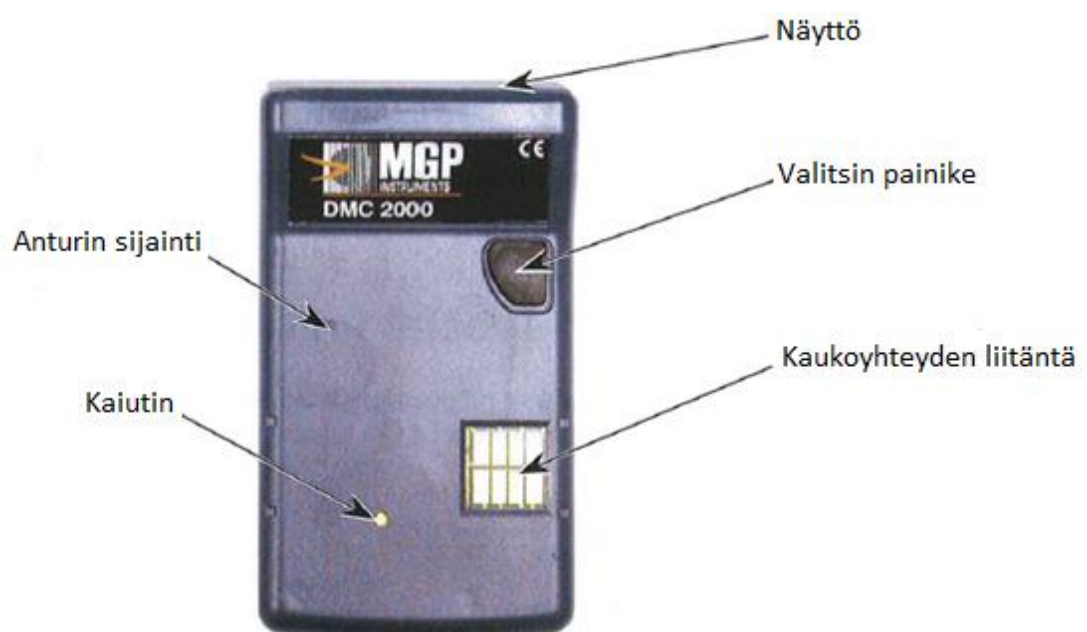
DMC 2000S on elektroninen työdosimetri, jota käytetään alueilla, joissa voi ilmetä säteilyä. Käyttöalueita ovat esimerkiksi sairaaloiden röntgenpisteet, ydinvoimalat ja

erilaiset laboratoriot. Tämän dosimetrin tarkoitus on toimia henkilökohtaisena turvavälineenä ja apuna. Käyttötilassa oleva dosimetri kerää jatkuvasti annosta, ja se voidaan ohjelmoida hälyttämään esimerkiksi, kun dosimetri ylittää tietyn kiinteän annosrajan tai tietyn ajan kuluessa siitä, kun laite on aktivoitu mittaustilaan. Myös suoraan kohdistuva suuri annosnopeus aiheuttaa hälytyksen ja näin varoittaa henkilöä korkeasta annosnopeudesta. Elektronisen työdosimetrin käyttö on pakollista Olkiluodon ydinvoimalaitoksien valvotuilla alueilla. DMC 2000S:n ja sen lukijan avulla voidaan hoitaa henkilöannoksien tiedonsiirto automaattisesti Eldos- järjestelmään.

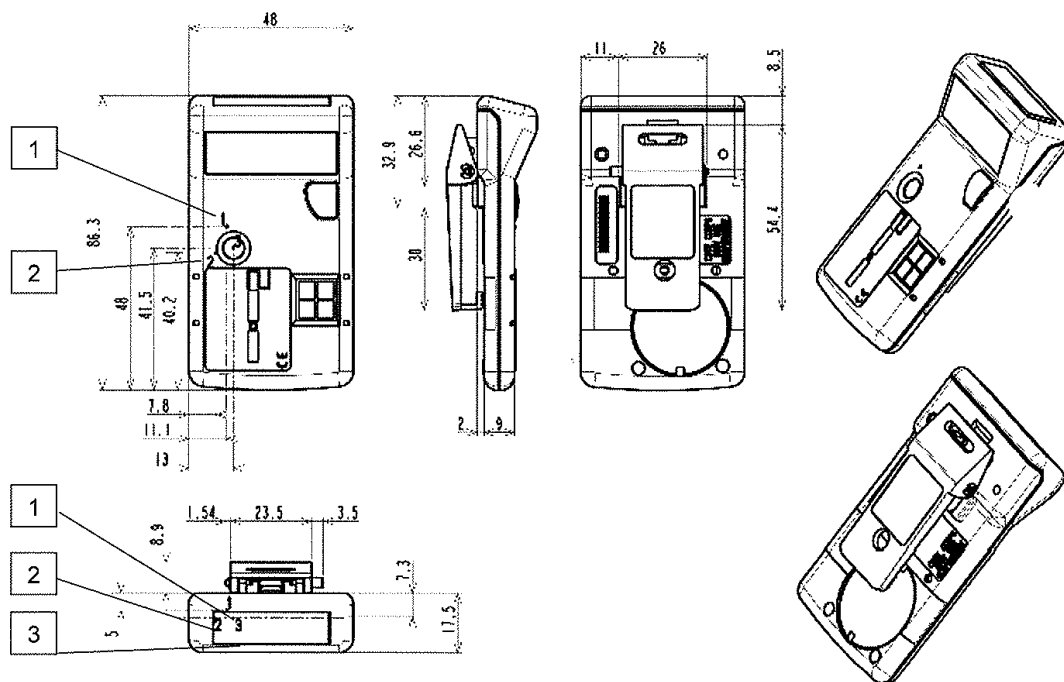


Kuva 19. DMC 2000S /10/

## 5.2 Tekniset tiedot



Kuva 20. DMC 2000S:n etupuoli /9/



Kuva 21. Putkien (antureiden) 1,2 ja 3 osoitukset /9/

DMC 2000S:n fyysiset ominaisuudet ovat

- näyttöyksiköt: mSv (millisievert),  $\mu$ Sv (mikrosievert) tai mrem (millirem)
- annos: 1  $\mu$ Sv...10 Sv (0.1 mrem...10 rem)
- annosnopeus: näyttämä 0.01 mSv/h - 10 Sv/h tai 0.001 mSv/h - 10 Sv/h.

DMC 2000S:n sähköiset ominaisuudet:

- Akun kesto noin 1 vuosi, jos dosimetri on normaalikäytössä 8h/pvä.

DMC 2000S:n mekaaniset ominaisuudet ovat

- mitat: 87 x 48 x 28 mm (3.4 x 1.9 x 1.1 in) kiinnikkeellä
- paino patterin kanssa: <56 g (1.9 oz)
- vaihdettavissa oleva kiinnike.

DMC 2000S:n ympäristöominaisuudet ovat

- käyttölämpötila-alue: -10...50 °C (14 °F...122 °F)

- varastointi: -30 °C...71 °C (-22 °F...160 °F)
- isku-, värinä- ja putoamissuojattu
- vesitiivis: suojausluokka IP67. /9/

### 5.2.1 DMC 2000S -dosimetrin toiminta ja käyttö TVO:lla

DMC 2000S-dosimetri näyttää annoksen, annosnopeuden ja ohjelmoidut hälytykset. Dosimetriä käyttöönottaessa tarvitsee mittari asettaa mittaustilaan. Tämä toimenpide tehdään esim. LDM 3000 -lukijan avulla. TVO:lla valvotulle alueelle mentäessä elektroninen dosimetri otetaan aina mukaan. Dosimetri otetaan käyttöön omalla henkilökortilla (kulkuluvalla), koska tämän avulla saadaan dosimetrin keräämä annostieto kohdistettua tietyille henkilöille. Valvotulta alueelta poistuessa luetaan dosimetri ulos, jolloin LDM 3000 lukija asettaa sen "stand by"- tilaan ja siirtää mittarin keräämät tiedot automaattisesti Eldos-järjestelmään.

### 5.2.2 DMC 2000S-toimintakoe

DMC 2000S dosimetreiden toimintakoea tehtäessä ensimmäiseksi tarvitsee dosimetreihin ajaa oikeat asetukset Dosimass- tai DMC USer ohjelman avulla. Asetusten asettaminen onnistuu parhaiten Multiple configurations -toiminnon kautta. Dosimetrit yhdistetään tietokoneeseen USB-lukijan avulla. Ohjelmassa tehdyt asetukset asetetaan dosimetriin käyttämällä mittari USB- lukijalla. Kun asetukset on ajettu dosimetreille, voidaan ne asettaa säteilytyskaruselliin niille tarkoitetuille paikoille. Dosimetrit asetellaan karuselliin putken (anturin) puoleinen sivu lähteeseen päin. Kun kaikki mittarit on asetettu karuselliin, niin voidaan aloittaa säteilytys, joka kestää noin 65 minuuttia. Toimintakokeen jälkeen ensiksi tarkastetaan annoshälytysrajan toimivuus, eli kuunnellaan, että hälytysääni toimii ja näytössä lukee teksti Dose Alarm. Tämän jälkeen testataan vielä annosnopeushälytyksen toimivuus toimintakoeradon lähteen avulla. Asetetaan muutama dosimetri kerrallaan mittarin kuljetusvaunun päälle ja ajetaan vaunu etäisyydelle, jossa annosnopeus on hieman yli 3 mSv/h. Näin saadaan tarkistettua, että annosnopeushälytys toimii ja näytöllä näkyy varoitusteksti "RateAlarm". /9/

### 5.3 LDM 220 -dosimettilukija (USB-liitäntä)

Normaalitilassa lukija toimii tietokoneen alaisuudessa. Se vastaanottaa käskyt tietokoneelta ja suorittaa ne vaatimusten mukaan. Lukija on yhteydessä Dosimass- tai DMC User -ohjelmaan, jonka avulla dosimetrin eri toimintoja säädetään. Toimintoihin kuuluu dosimetrin asetusten lukeminen ja asettaminen. Lukija siirtää luetut tiedot tietokoneelle Dosimass-ohjelmaan ja toisinpäin. Tietoa siirrettäessä lukija ilmaisee tilansa valmis / kiireinen (Ready / Busy). Lukijassa on kokonaisuudessaan kolme led-valoa, jotka on nimetty *POWER*, *STATUS* ja *ACCESS*. Näitä valoja tulkitsemalla saadaan selville lukijan tila ja senhetkinen toiminta. /9/

#### 5.3.1 LDM 220 -dosimettilukijan toiminta ja käyttö

Toiminta lähtee siitä, että lukija on yhdistetty USB-kaapelilla tietokoneeseen ja Dosimass- tai DMC User -ohjelma on auki. Asetusten asettaminen ja tietojen siirtäminen aloitetaan asettamalla dosimetri lukijan eteen. Lukija tunnistaa dosimetrin, ja tämän jälkeen voi tehdä asetusten muutoksia ohjelman avulla tai hakea valmiita tietoja dosimetristä. Tiedonsiirto onnistuu molempiin suuntiin eli dosimetritä tietokoneelle ja toisinpäin. Pääasiassa käyttö perustuu dosimetrin asetusten asettamiseen ja käyttö- sekä taukotilan aktivoimiseen. /9/



Kuva 22. Dosimetrin USB-lukija /10/

#### 5.4 LDM 3000 sisään- ja uloskirjautumislukija

LDM 3000 -lukijan kokoonpano koostuu 15 " LCD-näytöstä, dosimetrilukijasta, henkilökortinlukijasta ja näppäimistöstä. Lukija tallioi dosimetricien tietoja ja siirtää ne järjestelmään. Lukija myös vastaanottaa ja prosessoi järjestelmältä tullutta tietoa. TVO:lla Olkiluodossa LDM 3000 -lukijoilla ei tehdä suoria muutoksia dosimetricien asetuksiin vaan suoritetaan pelkästään sisään- ja uloskirjautuminen.

##### 5.4.1 LDM 3000 -lukijan toiminta ja käyttö

TVO:lla lukijan käyttö perustuu pääasiassa elektronisen dosimetrin sisään- ja uloskirjautumiseen. Aina valvotulle alueelle mentäessä täytyy elektroninen dosimetri kirjata sisään ja töiden loputtua pois lähtiessä kirjata se ulos. Lukija toimii niin, että henkilö asettaa dosimetrin lukijaan sille kuuluvalla paikalla ja odottaa, että tämä havaitsee dosimetrin. Tämän jälkeen lukija pyytää esittämään henkilökortin sille tarkoitetulle henkilökortinlukijalle, jotta tiedetään, kuka dosimetrin ottaa käyttöön. Seuraavaksi pitää näppäillä työkoodi, jonka avulla voidaan havainnollistaa tuleva työalue laitoksella. Työkoodin jälkeen lukija ilmoittaa onnistuneesta sisään kirjautumisesta ja esittää näytöllä dosimetriin asennetun annosrajan. Tämän jälkeen dosimetri on valmiina käyttöön. Dosimetrin ominaisuuksiin kuuluu asetetut hälytysrajat ja annosnopeushälytys. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi jos dosimetriin on kokonaisannosrajaksi asetettu 300  $\mu\text{Sv}$ , niin tämän määrän tullessa täyteen mittari hälyttää. Annosrajan täytyttyä henkilö ei saa otettua uutta dosimetriä saman päivän aikana käyttöön, ellei annosrajaa muuteta käsin. Tämä on erinomainen asia turvallisuuden kannalta.





Kuva 23. LDM 3000-lukija /10/

### 5.5 LDM 320 -lukija

Tämä lukija on ohjelmoitu toimimaan yhdessä tietokoneelle asennettujen ohjelmien ehdoilla, se pystyy "keskustelemaan" DMC 2000- ja DMC 3000 -mittareiden kanssa. Lukija LDM 320 antaa mahdollisuuden myös DMC 3000 (DMC 2000S:n seuraaja) mittarin konfigurointiin. Suosittelin tämän lukijan käyttöönottoa toimintakokeita varten. Sen avulla voidaan lukea uudempaa dosimetrimallia tulevaisuudessa. Samalla sitä oppisi käyttämään paremmin ja näkisi sen toiminnan edelliseen lukijaan verrattuna.

Yleisperitaate sama kuin muilla lukijoilla. Tässäkin on kolme led-valoa, jotka ilmaisevat käytönhetkisen tilan.

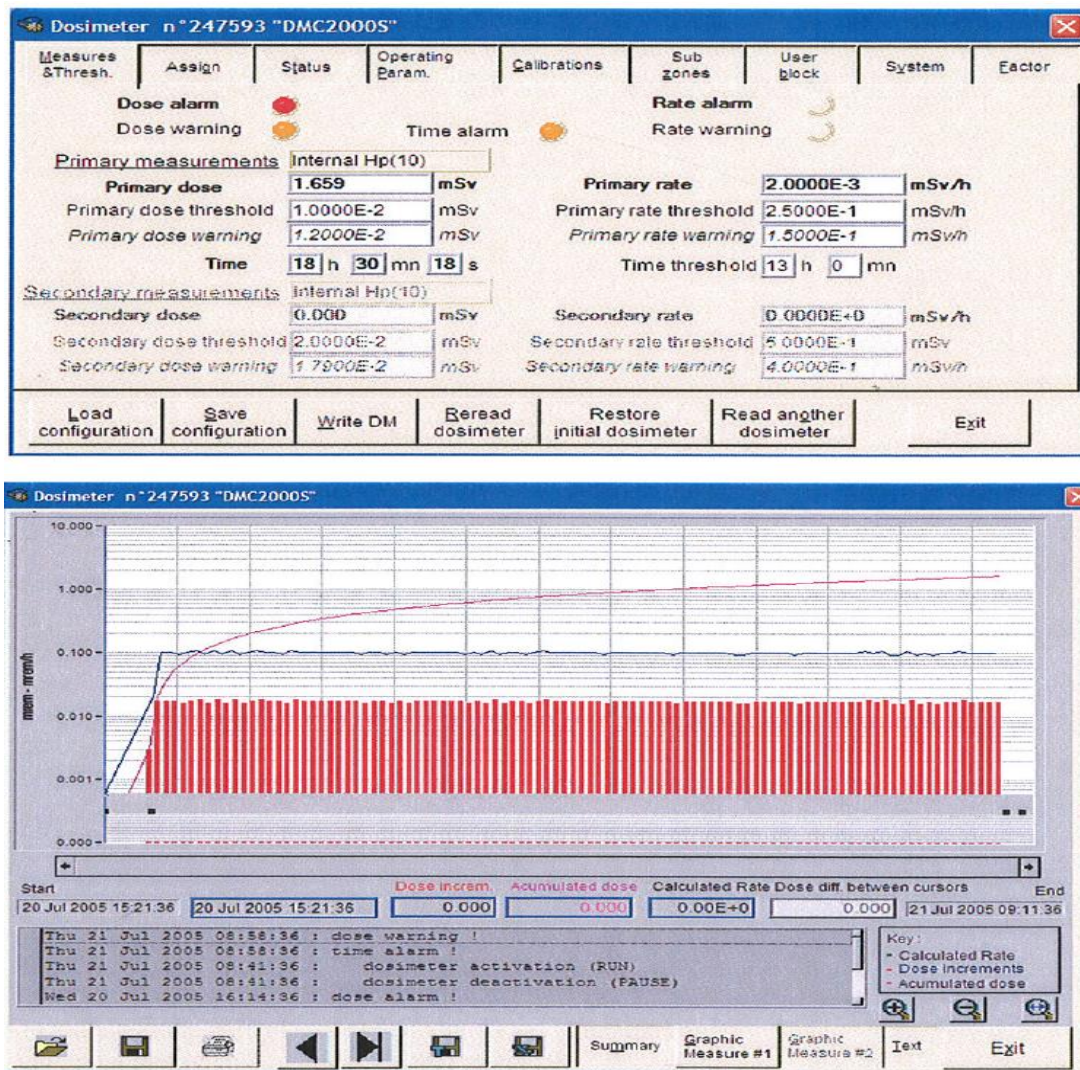


Kuva 24. LDM 320 –lukija /10/

## 5.6 DOSIMASS-järjestelmä

DOSIMASS-järjestelmän ominaisuuksia ovat

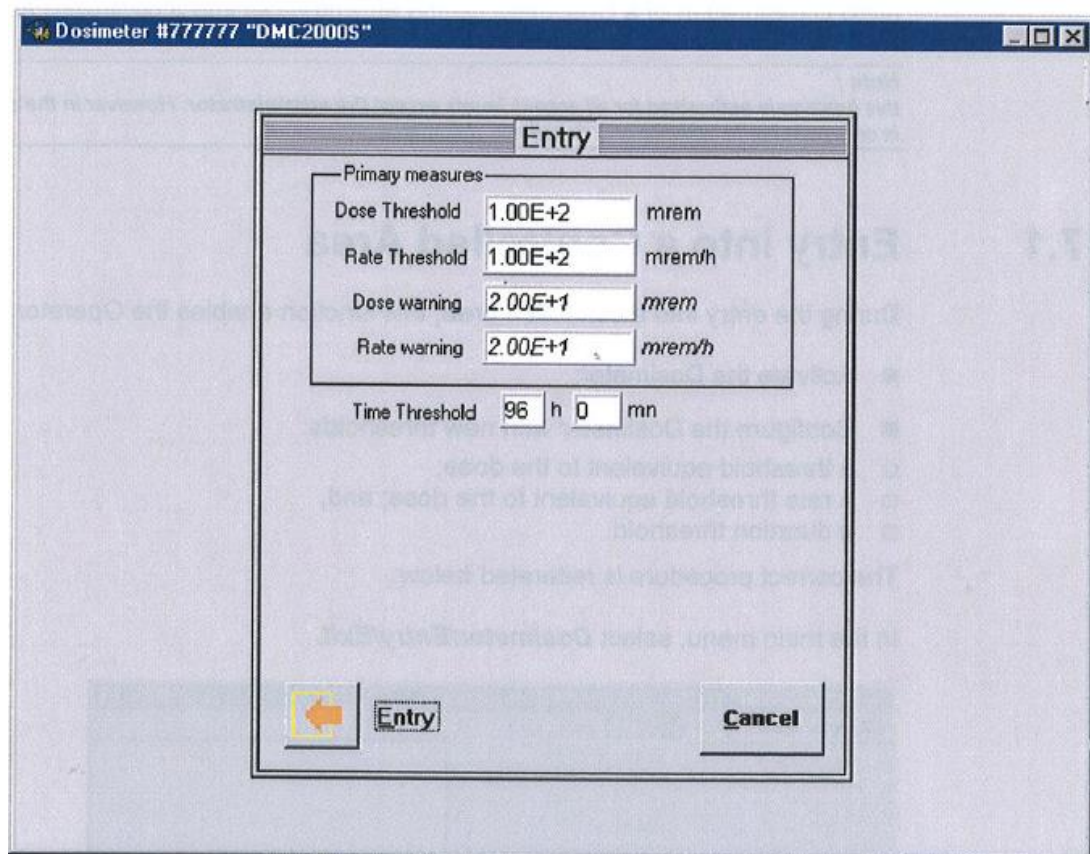
- dosimetriä muokkaaminen
- tapauskohtainen tulkitseminen
- tiedonhallinta
- standardi PC-toimintaohjelma
- dosimetrin tietojen ja kokoonpanon lukeminen
- yksittäiset ja ryhmäkohtaiset säätömahdollisuudet
- yksittäisen sekä ryhmän histogrammin lukeminen
- kokoonpanon ja histogrammin tietojen tallentaminen.



Kuva 25. DOSIMASS-ohjelmaesimerkki /10/

### 5.6.1 DOSIMASS-järjestelmän toiminta ja käyttö

DOSIMASS- ja DMC User -ohjelmat ovat koko dosimetritoiminnan aivot. Kaikki uusimmat lukijat ja dosimetrit pystyvät olemaan yhteydessä DOSIMASS-ohjelman kanssa. Ohjelman avulla tehdään halutut asetukset dosimetreille. Sillä pystytään myös purkamaan dosimetrissä olevat tiedot ja tutkimaan niitä. Säätomahdollisuudet ovat todella laajat, joten niitä kaikkia ei voi tässä erikseen luetella. Pääasiassa DOSIMASS-ohjelmaa käytetään oikeiden kalibrointisäätöjen saamiseksi ja haluttujen hälytysrajojen asettamiseksi. Tietysti myös ohjelman avulla rajataan mittarin ulkoiset säätomahdollisuudet ja näyttämä. Alla olevassa kuvassa on esimerkki hälytysrajojen asettamisesta. Kuvassa säteilyn ilmaisemisen yksikkönä on mrem (millirem).



Kuva 26. DOSIMASS-ohjelmaesimerkki /10/

## 5.7 DMC User SW

DMC User -ohjelmaa käytetään samalla periaatteella kuin Dosimass:ia, mutta se pystyy myös toimimaan yhdessä uudempien DMC 3000 -mittareiden kanssa. Tämän ohjelman hankkiminen oli myös tulevaisuutta ajatellen hyvä asia. Tulee vielä aika, jolloin vanhimmat elektroniset dosimetrit (ns. RADit) poistetaan käytöstä ja siirrytään kokonaan uudempiin mittareihin. Tässä kohtaa tuleekin kyseeseen, ostetaanko kokonaan uusinta mallia vai vieläkö halutaan DMC 2000S -mittareita. DMC User tukee 11:ta erilaista dosimetrimallia ja kolmea erilaista lukijaa. Se toimii Windows 7- ja XP-käyttöjärjestelmillä.

DMC Userin käyttöominaisuudet ovat

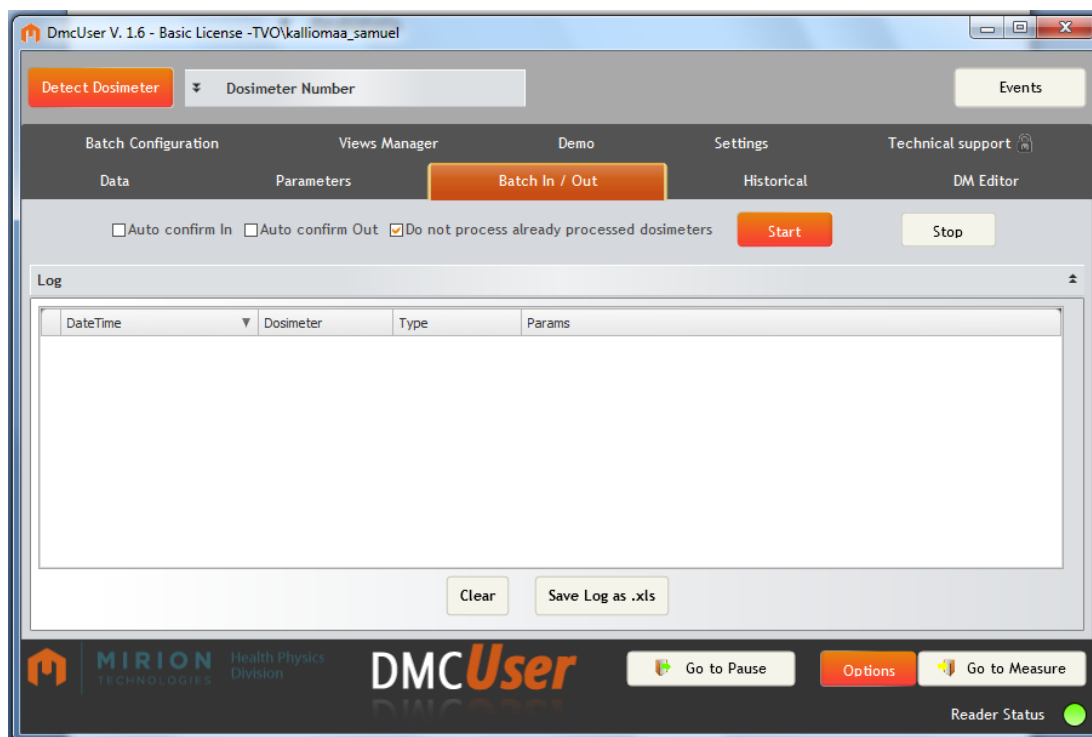
- dosimetrin muokkaaminen
- eräprosessointi

- tietojen ja parametrien hallinta
- tapauskohtainen tulkinta
- datahistoria.

### 5.7.1 Batch In/Out feature

Batch In/Out feature on toiminto jonka avulla mittareiden tietoja ja asetuksia muutetaan. Seuraavaksi esitellään erilaisia toimintamahdollisuuksia:

- Dosimetrin tilan (Dosimeter state) muuttaminen mittausta-tilasta (measurement mode) keskeytys-tilaan (pause mode) ja toisinpäin.
- Visuaalinen- ja käsittely-raportointi. Koko prosessia pystyy tarkkailemaan seuraamalla ohjelman visuaalisia- ja käsittelytietoja.
- Käsittelyn kohteena oleva dosimetri voi olla keskeytys- tai mittaustilassa.

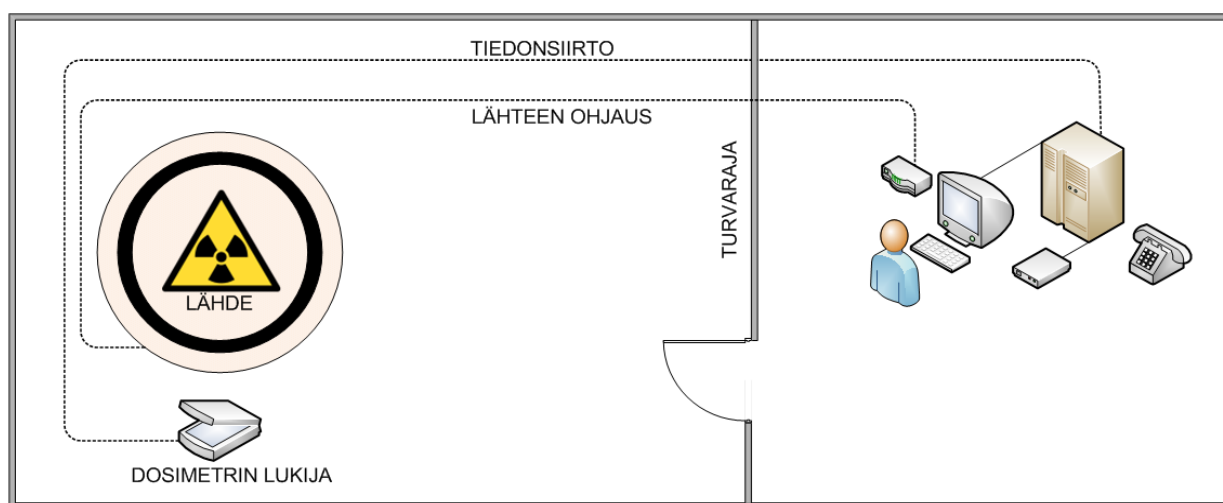


Kuva 27. Batch In/Out -toiminto

## 6 DMC 2000S TOIMINTAKOETULOSTEN TIEDONSIIRTO

### 6.1 Toimintakoetulosten tallennus

Tarkoituksena oli selvittää keino, jonka avulla minimoidaan toimintakoetulosten manuaalinen tallennustyö. Tiedonsiirto järjestetään dosimetrilukijan avulla. Lukija siirtää testattujen mittareiden tiedot DMC User -ohjelmaan. Siirron jälkeen dosimetrien tiedot ovat nähtävillä tietokoneella ja ohjelma antaa mahdollisuuden tallentaa tiedot tiettyyn muotoon tarpeen vaatiessa.



Kuva 28. Esimerkki lukijan sijoittamisesta

### 6.2 Vaihtoehtojen tarkastelu

Vaihtoehtoina oli kaksi erilaista ratkaisua. Ensimmäisenä tutkin, miten tiedonsiirto DMC Userin ja MITKOn välille saataisiin toimivaksi kokonaisuudeksi. Tässä pysyttäisiin samassa vanhassa järjestelmässä ja dosimetrien kaikki tiedot pysyisivät MITKOssa.

Toisena vaihtoehtona mietin, voisiko tallentaa dosimetrien tiedot suoraan DMC User -ohjelmaan eikä niitä siirrettäisi MITKOon. Tällä vältyttäisiin DMC Userin ja MITKOn väliseltä yhteydeltä, mikä tuottaisi lisää töitä.

### 6.2.1 Ongelmakohdat

Ensimmäisen vaihtoehdon huonot puolet:

- ohjelmien erilaisuus
- lisäkustannukset
- enemmän tekijöitä, enemmän ongelmia (välikädet).

Ensimmäisen vaihtoehdon hyvät puolet:

- Tiedot olisivat tutussa järjestelmässä.
- MITKO pysyy automaattisesti ajan tasalla kalibroitilanteesta.
- Vikatila- ja huoltoraportit ovat näkyvissä.

Toisen vaihtoehdon huonot puolet:

- Uusi ohjelma vaatii opettelua.
- Tietojen näkymä on ohjelmassa rajallinen.
- Ohjelman muodostaminen halutuksi kokonaisuudeksi on vaikeaa.

Toisen vaihtoehdon hyvät puolet:

- Tiedonsiirto hoituu ilman välikäsiä.
- Dosimetrien asetusten muuttaminen hoituu samalla ohjelmalla.
- Tarkempi tulkinta itse mittareista.

### 6.2.2 Vaihtoehdon ratkaiseminen

Kysyin mittalaittevalvonnan työntekijöiltä heidän omia mielipiteitään asiasta. Halusin saada tietää, kumpi vaihtoehto on heidän mielestään parempi. Vastausten perusteella työntekijät halusivat, että toimintakoetulokset pysyisivät edelleen MITKOssa. Syynä oli toimintakoetarpeen aikataulutuksen mukana pysyminen ja vika- sekä virhetietojen mahdollinen kirjaaminen samaan järjestelmään. MITKOssa näkyy esimerkiksi vikaantuneiden mittareiden huoltotarve ja vikaantumisen syy. Järjestelmästä tulevat ilmi myös mittarit, jotka eivät läpäisseet toimintakoetta esim. vajaan annoskertymän tai vaikka vikaantuneen näytön takia. Tietojen tallentaminen mittalaitteikortistoon (MITKO) oli siis selvästi paras vaihtoehto. Tähän ratkaisuun päädyttiin ja tästä

eteenpäin aloin selvittää tämän työosuuden vaiheita ja tehdä suunnitelmaa työn toteuttamiseksi.

### 6.2.3 Selvittäminen

Aloin selvittää asiaa ottamalla yhteyttä MITKO:n suunnittelijaan Petri Hakosaloon (ATK Hakosalo). Kyselin häneltä mahdollisuutta, miten ja missä muodossa toimintakoetulokset voitaisiin siirtää MITKOn niin, että välttyttäisiin manuaaliselta tietojen kirjaamiselta. Tuli ilmi, että jos tulokset saadaan tallennettua käytössä olevan ohjelman avulla sopivaan muotoon, niin valmis tiedosto tuloksista voidaan siirtää MITKOon ja purkaa siellä automaattisesti haluttuun järjestykseen.

Seuraavaksi otin yhteyttä Jorma Koskelaiseen (Mirion) DOSIMASS-ohjelman takia. Selvisi että saatavilla on uudempi ohjelma DMC User, joka on DOSIMASS:n seuraaja. DMC Userissa on "Batch In/Out" -toiminto, jonka avulla toimintakoetiedot saadaan tallennettua suoraan Excel-tiedostoon.

## 7 TOIMINTAKOKEEN MUUTOSTYÖ SELVITYS

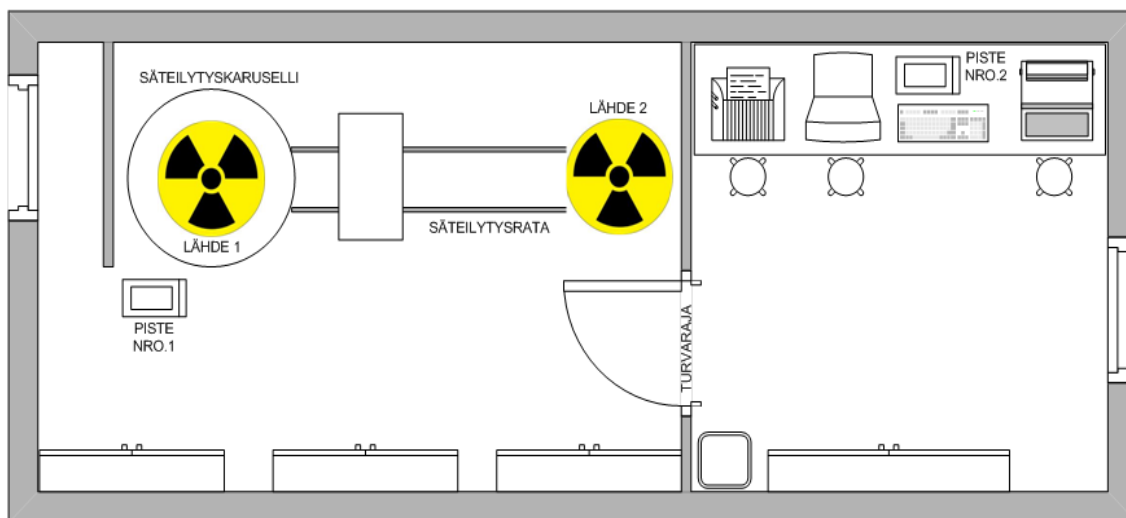
### 7.1 MITKOn toimintaperiaate

MITKO on Access (relaatiotietokantaohjelma) pohjaan perustuva tietokantaohjelma. Access ohjelma pystyy toimimaan yhdessä muiden Microsoftin ohjelmien kanssa. Esimerkiksi Microsoft Excel -taulukon tiedot voidaan tuoda Microsoft Access:iin, ja sen ansiosta niitä voidaan tarkastella oikeassa lomake- tai raporttimuodossa. Tämä mahdollistaa toimintakoetulosten purkamisen MITKOon, koska DMC User -ohjelmassa tulokset voidaan tallentaa Excel -tiedostoon. /14/



## 7.2 LDM 220 -lukijoiden mahdollinen sijoittaminen

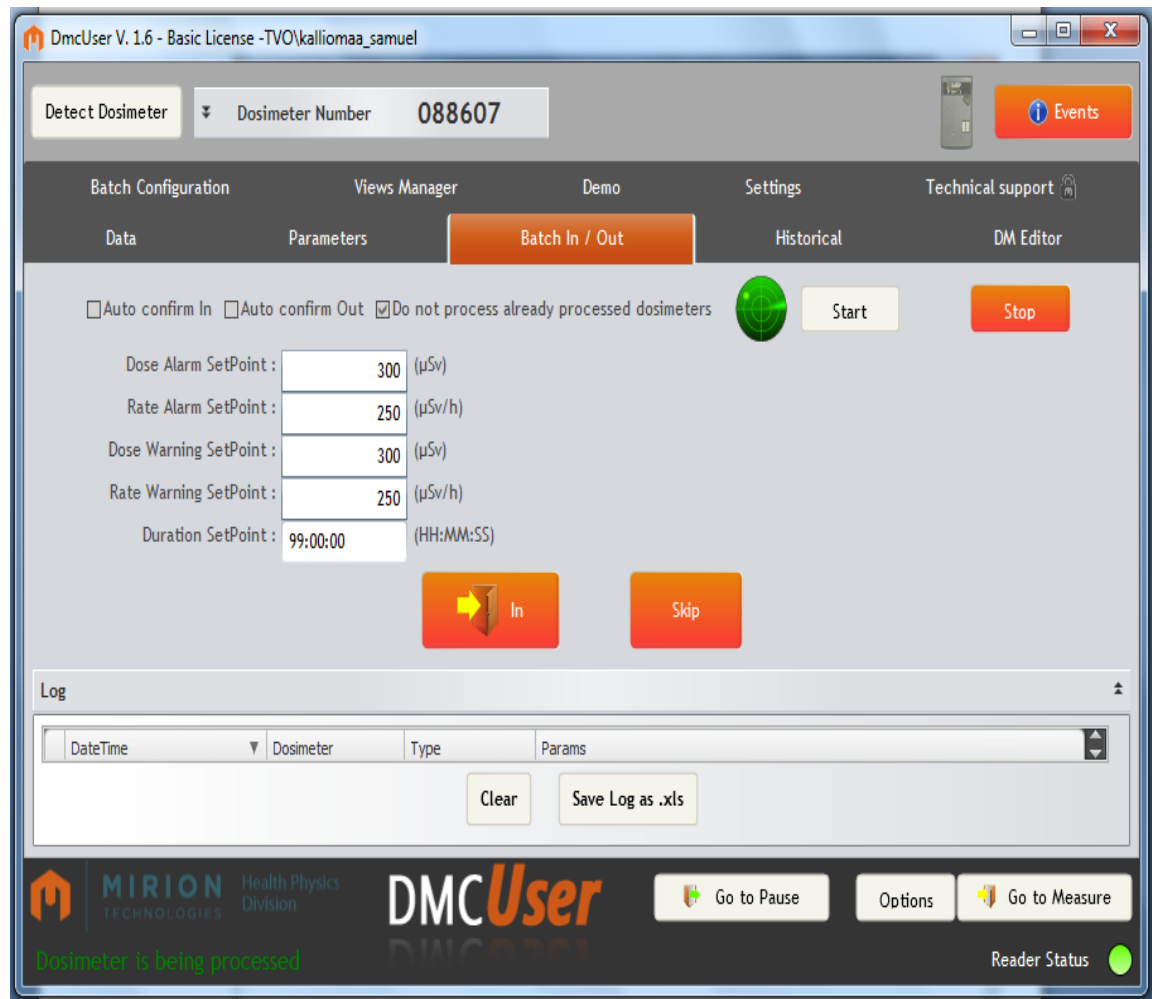
Toimintakohuoneessa olevaan kannettavaan- tai pöytätietokoneeseen on asennettu DMC User -ohjelma. Dosimetrien luentapiste voi sijaita esimerkiksi säteilytyskarusellin vieressä tai turva-aidan toisella puolella olevalla työpöydällä. Kannettavan tietokoneen voi asettaa säteilytyskarusellin läheisyyteen ja liittää lukija LDM-220 suoraan kannettavaan. Toisena vaihtoehtona on kaapelin vetäminen turva-aidan toisella puolella olevasta tietokoneesta säteilytyskarusellin viereen asetettuun lukijaan. Kolmantena vaihtoehtona on elektronisten dosimetrien siirtäminen turva-aidan toiselle puolelle toimintakokeen jälkeen ja suorittaa tiedonsiirto pöytäkoneen avulla.



Kuva 29. LDM 220 sijoittamispisteet

Kuvassa 29 on merkittyinä vaihtoehtoiset paikat lukijalle toimintakohuolassa (tämä kuva on malliesimerkki). Lukijan sijainti riippuu siitä, missä dosimetrien toimintakokeiden jälkeinen tietojen tallennus halutaan toteuttaa. Pääasia on, että lukija on yhdistettävissä tietokoneeseen, joka sisältää tarvittavan ohjelman.

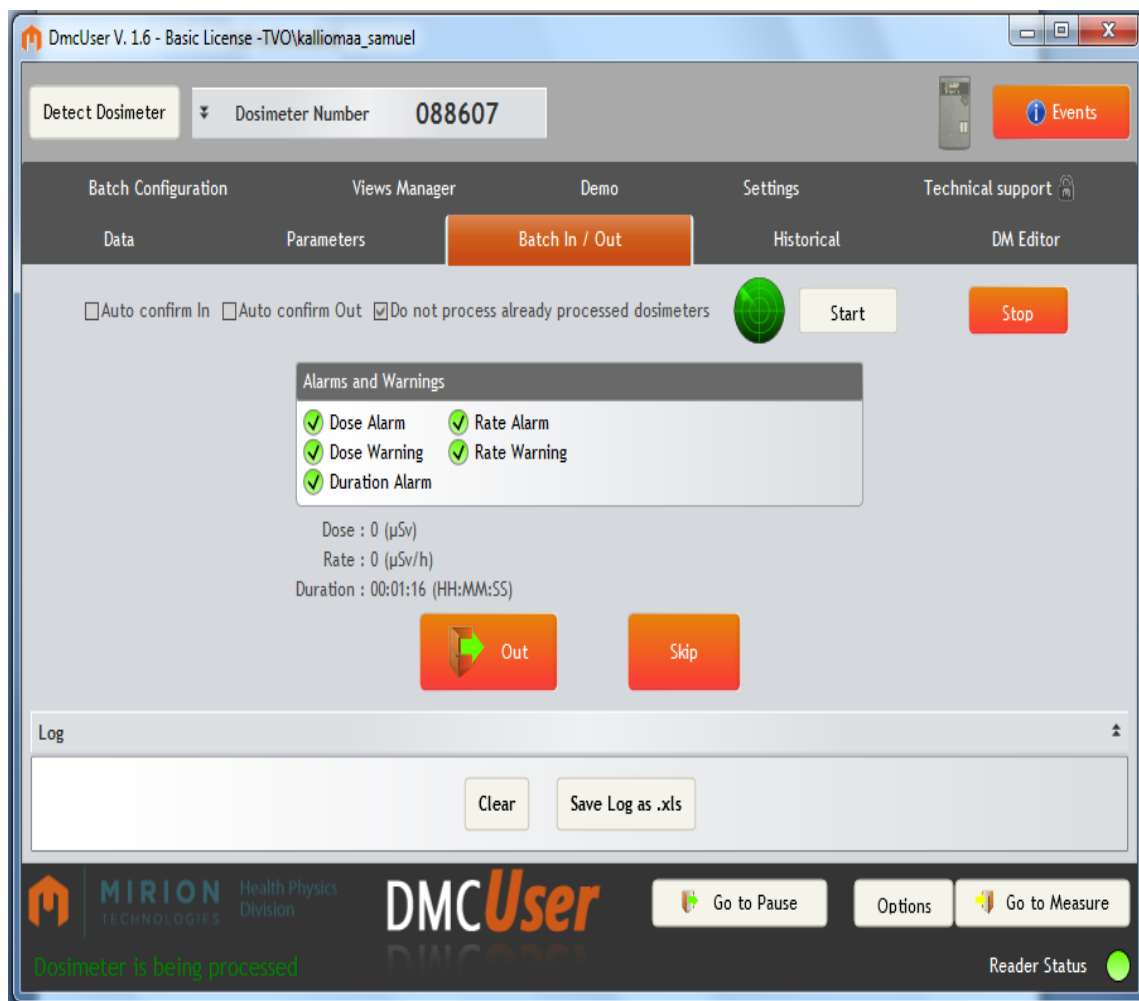
### 7.3 DMC-User ja toimintakoe



Kuva 30. Batch In/Out toiminto DMC Userissa

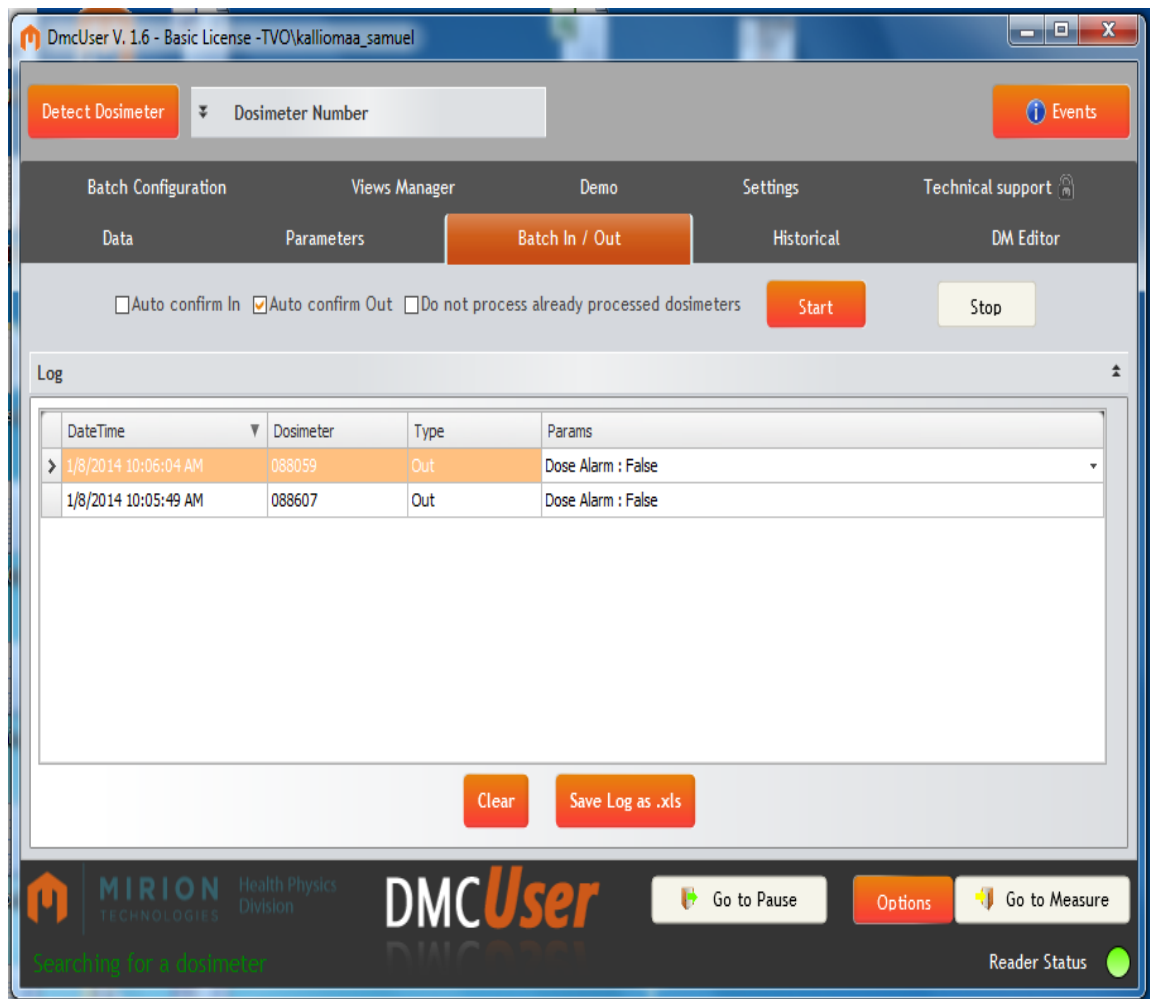
Kuvassa 30 on näkymä "Batch In/Out" -toiminnosta. Tässä kohtaa dosimetri on yhdistetty ohjelmaan lukijan avulla. Tämä vaihe on mittarin käyttöönotto eli dosimetrin siirtäminen "In-tilaan" (mittaustila). Ennen mittaustilaan siirtämistä voidaan mittarin asetuksia muuttaa oman tarpeen mukaan, esimerkiksi vaadittavat rajat toimintakoetta varten. Kuvasta näkee, että annosrajojen muuttaminen on tehty vaivattomaksi.

Annosrajaesimerkkejä ovat annoskertymähälytyksen ohjearvo, annosnopeushälytyksen ohjearvo, annoskertymävaroituksen ohjearvo, annosnopeusvaroituksen ohjearvo, ajan ohjearvo.



Kuva 31. Batch In/Out toiminto DMC Userissa

Kuvassa 31 on näkymä "Batch In/Out" -toiminnosta. Myös tässä kohdassa dosimetri on yhdistetty ohjelmaan lukijan avulla. Tämä vaihe on mittarin ulosluenta eli siirretään mittari "Out-tilaan" (lepotila). Ulosluennan jälkeen mittari poistuu mittaustilasta ja jää niin sanottuun Pause-tilaan. Annosrajat on kuitattu hyväksytysti (vihreä ympyrä, jonka sisällä on musta V), koska annosta ei ole kertynyt.



Kuva 32. Batch In/Out toiminto DMC Userissa

Kuvassa 32 on esimerkki "Auto confirm Out" -toiminnosta. Aina ulosluennan jälkeen mittareiden tiedot kertyvät kuvan mukaisesti lokiin. Ei ole väliä, käyttäkö automaattista ulosluentaa vai siirtääkö mittarit "Out-tilaan" yksitellen. Molemmissa tilanteissa annostiedot jäävät lokiin.

Käyttämällä "Auto confirm Out" -toimintoa pystyy nopeuttamaan toimintakokeen jälkeistä ulosluentaa. Riittää, kun asettaa toiminnon käyttöön ja painaa "Start" painiketta. Tästä eteenpäin mittareita voi lukea ulos asettamalla niitä peräjälkeen lukijalle ja annostiedot kerääntyvät lokiin.

Kun kaikki tarvittavat mittarit on luettu "ulos", tämän jälkeen tulee tallennusvaihe. Lokin alareunassa näkyy vaihtoehto "Save Log as .xls", jonka avulla tallennus suoritetaan. Mittareiden annostiedot tallentuvat Excel-tiedostoon.

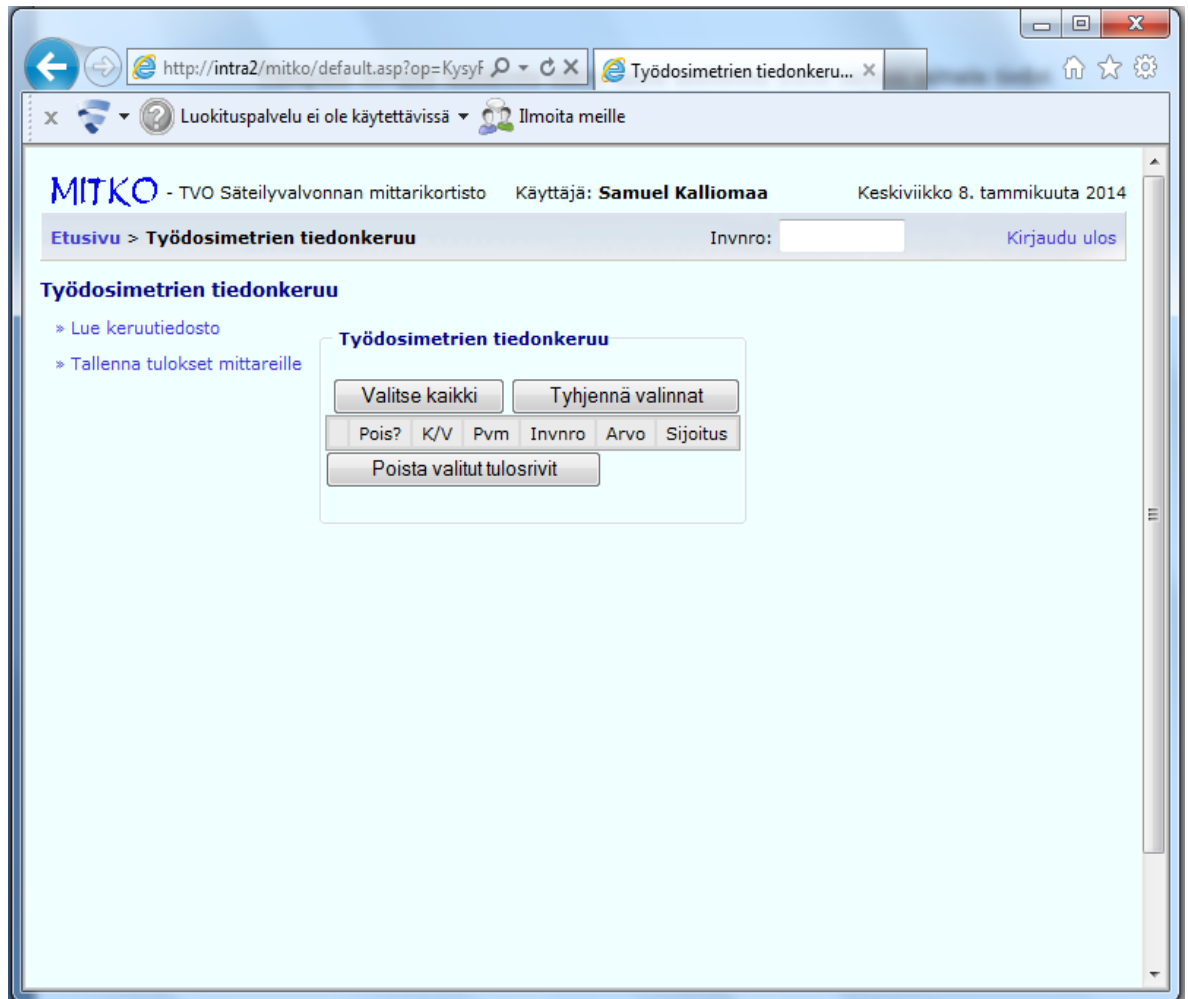
Taulukko 4. Excel-tiedostomalli

DateTime	Dosimeter	Type	Params
3.9.2013 12:39	691694	Out	Dose Alarm : False Rate Alarm : False Dose Warning : False Rate Warning : False Duration Alarm : False  Dose : 0 Rate : 0 Duration : 00:03:22  Dose Unit : (mSv) Rate Unit : (mSv/h) Duration Unit : (HH:MM:SS)

Taulukosta 4 näkyy, missä muodossa Excel näyttää mittarin tiedot. Esille tulevat, mittausajan parametrit, toimintatilamuutos (In tai Out), dosimetrin numero ja päiväys.

Tiedot, jotka halutaan siirtää MITKOon, ovat toimintakoe päivämäärä, dosimetrin numero ja annoskertymä. Nämä tiedot riittävät siihen, että toimintakoetaulukko pysyy ajan tasalla. Päivämäärän avulla pystyy tarkastamaan tarkan toimintakoe-aikataulun. Dosimetrin tehdasperäinen numero on verrattavissa TVO:n itse antamaan inventointinumeroon. Annoskertymästä selviää, osuiko dosimetri toimintakokeen sallimiin rajoihin.

MITKO:ssa on myös toiminto, joka siirtää virheellisten mittareiden tiedot "ei läpäisyt toimintakoetta" listalle. Tämä perustuu annoskertymän tarkkailuun. On tietty skaala, johon annoskertymän täytyy osua. Jos näin ei käy, niin mittari on epäkunnossa, eikä sitä voi käyttää. Vikaantuneen mittarin käyttö sisältää turvallisuusriskin.



Kuva 33. Työdosimetrien tiedonkeruu

Kuvassa 33 näkyy MITKOn työdosimetrien tiedonkeruu -välilehti. DMC User -ohjelmassa tallennettu Excel-tiedosto puretaan tämän avulla mittalaitetekortistoon. Tiedosto purkautuu automaattisesti ja vertaa tehtaan alkuperäistä mittarinumeroa TVO:n antamaan inventointinumeroon. Tämän avulla riittää, että tallennetussa Excel-tiedostossa ei esiinny kuin alkuperäinen mittarinumero, koska se on verrattavissa suoraan TVO:n omaan inventointinumeroon.

## 8 TULEVAISUUDEN SUUNNITELMA

### 8.1 Selvitys

Aikaisemmissa kappaleissa esitelty toimintakoemuutos on vain yksi kehitysaskel, kun katsotaan asian kokonaisuutta. Suunniteltu automaattinen annostietojen tallennus nopeuttaa toimintakokeen jälkeistä kirjaamista. Se myös vähentää toimintakokeen jälkeistä työmäärää. Muutos on siis kaikin puolin oiva kehitys ja tuo toimintakokeen lähemmäs nykypäivää.

Tulevaisuutta ajatellen mahdollisuuksia säteilytyskarusellin kehittämiseen on paljon. Täytyy silti miettiä mitkä ratkaisut olisivat järkeviä esimerkiksi kun mietitään uusimisesta aiheutuvia kustannuksia, työmäärää ja tulevan säteilytyskarusellin käyttäjäläheisyyttä.

Tämän hetkisen toiminnassa olevan säteilytyskarusellin rakensi alihankkija yritys viishanke Oy 1980-luvulla. Kun ko. hanketta on mietitty, niin on varmasti ollut ilmi selvää, että säteilytyskarusellin työ ja suunnittelu toteutetaan osaavan alihankkijan kautta. Tämä yritys oli huippuvaihtoehto, koska se sijaitsi lähellä ja työntekijöillä oli tarvittava kokemus ja ammattitaito. Samaa yritystä on käytetty paljon muihinkin vastaaviin projekteihin. Tuohon aikaan mittarivaihtoehtoja ei ollut paljoa ja karuselli piti saada juuri tietynlaiseksi käytössä oleville mittareille. Tämä on myös yksi syy, miksi säteilytyskaruselli oli hyvä toteuttaa alihankkijan avulla.

Nyt tilanne on muuttunut ja mittareiden valmistajilla on paljon hyviä vaihtoehtoja suorittaa toimintakokeita, jotka eivät vaadi isoja muutostöitä, eivätkä suuria tiloja. Valmistajien omat kalibrointilaitteet toimivat automaattisesti yhteydessä tietokoneiden ohjelmien sekä muiden liitettävien laitteiden kanssa.

## 8.2 Vaihtoehtojen vertailu

Nykyaikana tämän tyyppisessä tilanteessa kannattaa ottaa kaikki hyöty irti kehittyneestä tekniikasta. Vanha säteilytyskaruselli on ollut toimiva kokonaisuus tähän päivään asti, mutta laitteet ja mittarit ovat kehittyneet, ja säteilytyskarusellista halutaan nykyaikainen modernilaite, niin se vaatii kehittämistä.

Alihankkijan avulla valmistettava toimintakoe- ja kalibrointijärjestelmä ei ole paras vaihtoehto. Käytössä on suurimmaksi osaksi yhden valmistajan mittareita, jotka toimivat yhdessä saman valmistajan tietokoneohjelmien kanssa. Saatavilla on valmispaketti yhdeltä valmistajalta jonka kokonaisuus on yhteensopiva. Vielä tulevaisuudessa kun vanhat mittarit poistuvat käytöstä ja tilalle tulee uusia DMC 2000S -mittareita, ei ole enää tarvetta suorittaa toimintakoetta vanhoille mittareille. Lisäksi valmisjärjestelmä ei vaadi projektisuunnittelua, rakennustöitä, itse suunniteltuja ohjausjärjestelmiä eikä jatkuvaa päivittämistä. Järjestelmä tilataan ja otetaan käyttöön. Se sisältää valmiiksi kaiken tarpeellisen esimerkiksi säteilylähteen, tietokoneohjelman ja automaattisen tallennuksen. Ei tarvitse kuin asetella dosimetrit laitteeseen ja suorittaa tietokoneohjattu -toimintakoe.

Selvitin, mitä kaikkia erilaisia kalibrointijärjestelmiä Mirion Technologies -yritykseltä on saatavilla. Vaihtoehtoja oli robottisoluun perustuvasta järjestelmästä lyijylinnaan. Robotin avulla toimiva järjestelmä olisi hieno, mutta kustannukset ovat todella suuret ja dosimetricien toimintakoe tehdään vain kerran vuodessa, joten niin iso investointi ei olisi järkevää. Etsin muita vaihtoehtoja, ja Mirionin verkkosivuilta löytyi laite nimeltään IRD 2000. Kyselin laitejärjestelmästä, ja se on käytössä joissain muissakin ydinvoimaloissa.

Suurella todennäköisyydellä tulevaisuudessa käytössä on suurimmaksi osaksi DMC 2000S ja DMC 3000 -mittareita. Tämä IRD 2000 -järjestelmä soveltuu juuri näiden dosimetricien toimintakokeen suorittamiseen ja muutaman muunkin. Se on nykyaikainen ja suurimmaksi osaksi automaattinen järjestelmä. Tällä voitaisiin kehittää kaikkia toimintakokeeseen liittyviä osapuolia.



### 8.3 IRD 2000 -järjestelmä

IRD 2000 on kehitelty sellaisia organisaatioita varten, joilla on käytössään merkittävä määrä dosimetrejä (annosmittari). Se pystyy tarkastamaan 3-6 kpl dosimetrejä kerralla ja yhden tunnin aikana se voi suorittaa 60-90 kpl tarkistuksia.

IRD 2000:n perustiedot:

- annosmittarin tarkistus lähteellä tai uudelleen kalibrointi
- automaattinen tehokkuuden laskenta (efektiivisyys)
- käsiohjaukset rajoittuvat annosmittarien lisäämiseen ja poistamiseen
- tietokannan täysi jäljitettävyys (datahistoria)
- käytössä  $^{137}\text{Cs}$  (cesium) lähde, joka on suojattu ja suojan ulkoinen säteily on hyvin alhainen
- mahdollista käyttää kahta säteilyttäjä yhdessä PC:ssä. /15/



Kuva 34. IRD 2000 järjestelmä /15/

### 8.3.1 IRD 2000 osakokoonpano

- yksi tai kaksi säteilytysmoduulia/PC
- yksi lukija, ja se on liitäntäyksikköasiassa
- käyttöohjelmana annostietokäyttöjärjestelmä (Dosical software)
- liitäntäkaapelit
- tietokone
- tulostin (valinnainen). /15/

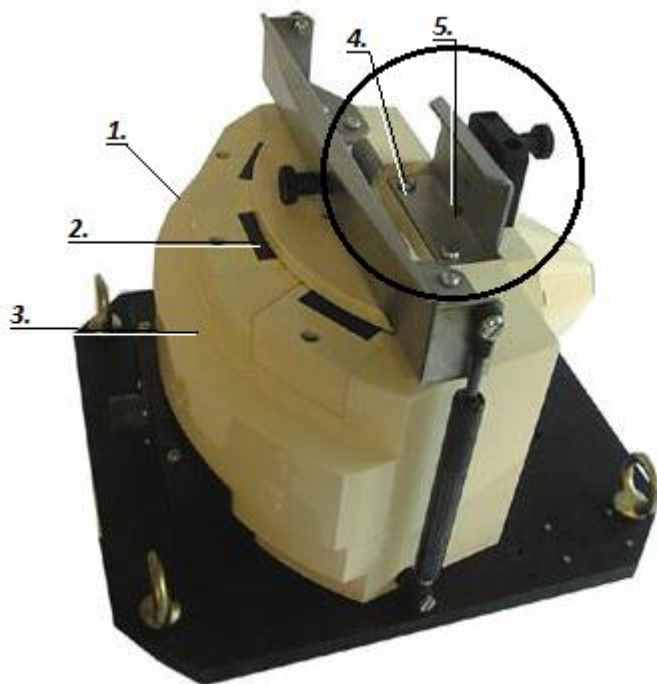
## 8.4 Kuvaus IRD 2000:n komponenteista

### 8.4.1 Säteilytysmoduuli

Moduuli on mekaaninen osuus, jonka on tarkoitus asettaa annosmittari säteilylähdettä vastapäätä, säteilykeilan kohdistamista varten.

Pääasiassa säteilytysmoduuli sisältää: siinä on seuraavat osat,

- säteilysuoja, joka on valmistettu 5 cm:n paksuisesta lyijystä. Se suojaa, joka suuntaan, kun "luukku" muodostaa säteilykeilan.
- Lähdekuljetin, joka on suunniteltu päälähdettä varten.
- Lähdeversiot: **Standardiversio**, jossa vakituinen pysyvä lähde on Cesium 137 (370 MBq) ja **sotilaallinen versio**, liikuteltava lähde, joka on suunniteltu sotilas (military) käyttöön.
- Liikuteltava alusta kolmelle dosimetrille.
- Suojalevy joka estää säteilytyskeilan, "luukun" ollessa auki asennossa.
- Lukkiutuva läpiluukku, jonka avulla säteilykeilan paikallistaminen onnistuu ja sen voi asettaa kolmeen eri asentoon. /15/



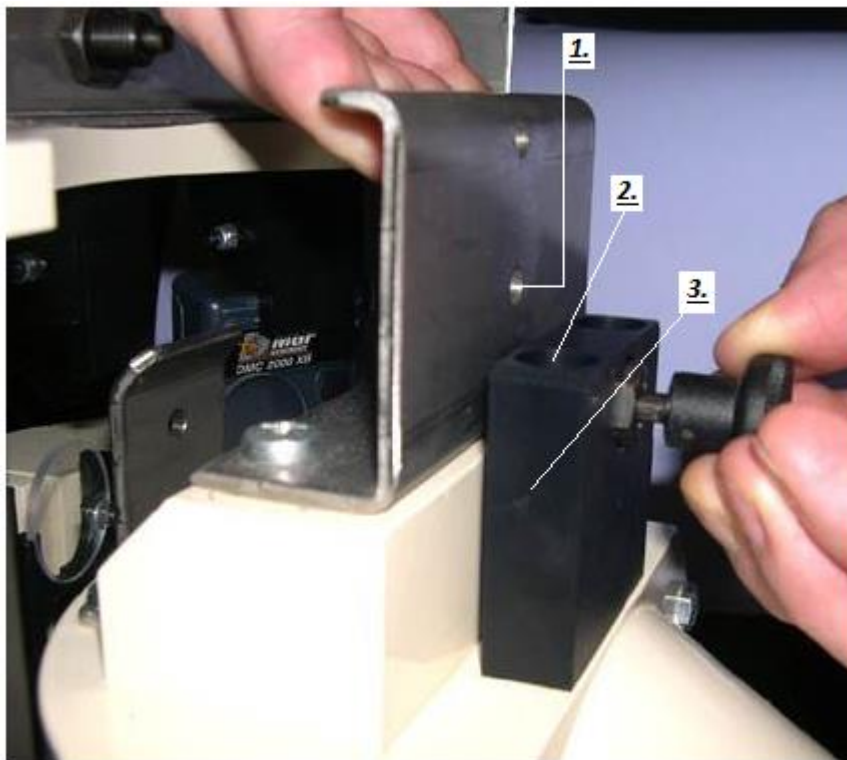
Kuva 35. IRD 2000, näkymä sivulta /15/

Taulukko 5. Kuvan 35 komponenttien osoitus

1.	Liikuteltava alusta
2.	Käsilukitus
3.	Alustan lukitusasento
4.	Sulkija kiinni -asennossa
5.	Sulkijan asennon käsittely

Kuvassa 35 on osoitettu erilaisten järjestelmään kuuluvien komponenttien sijoitus ja käyttötarkoitus. Liikuteltavan alustan ansiosta dosimetrit on mahdollista nostaa ylös esille. Dosimetrilokeroissa on oma tasku dosimetrejä varten. Numero kolme osoittaa miten dosimetrialusta on lukittuna alas. Kuvassa sulkija on kiinni asennossa kiinnitettyinä "asentolevyyn". Levyn avulla määritellään säteilylähteen suojaläpän asento.

/15/

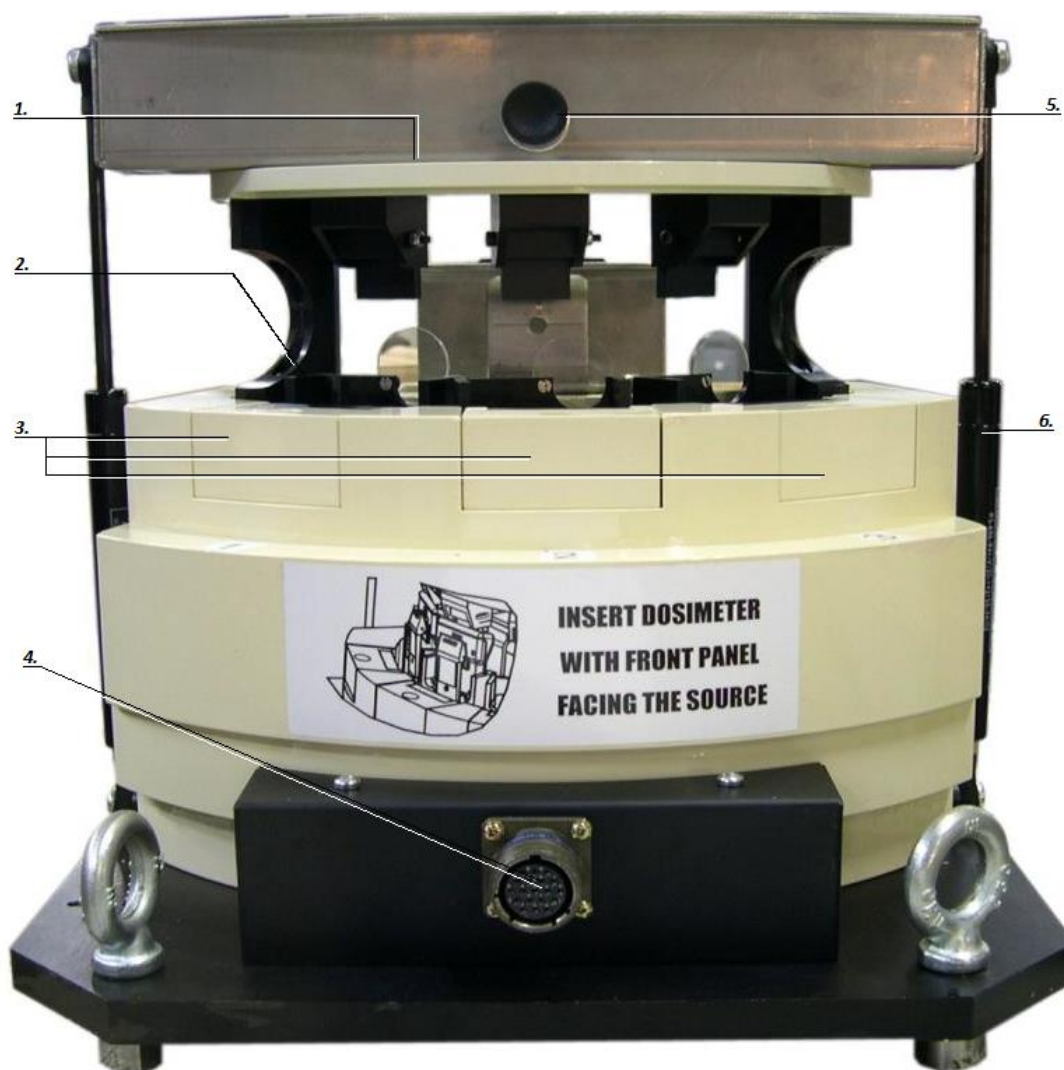


Kuva 36. Luukun suljin (shutter) /15/

Taulukko 6. Luukun eri asennot

1.	Luukun sulkeminen
2.	Toissijainen lähde (koteloituna sulkijan sisälle)
3.	Luukku auki, päälähde käytössä

Kuvassa 36 on osoitettu sulkijan eri asentoja. Numero 1 osoittaa sulkijan kiinnitys reiän, kun sulkija on tässä kohdassa, niin lähteen suoja luukku on kiinni. Numero kaksi osoittaa toissijaisen lähteen sijoituksen. Numero kolme osoittaa, että kun sulkija on alhaalla, niin säteilylähteen luukku on auki ja päälähde on käytössä. /15/



Kuva 37. Säteilyttäjä edestä (dosimetrien alusta ylhäällä) /15/

Taulukko 7. Kuvan 37 komponenttien osoitus

1.	Liikuteltava alusta (ylös ja alas)
2.	Dosimetrien alusta
3.	Antennikotelot
4.	IRD:n liitin
5.	Paikallistamiskiila
6.	Ilmajousi

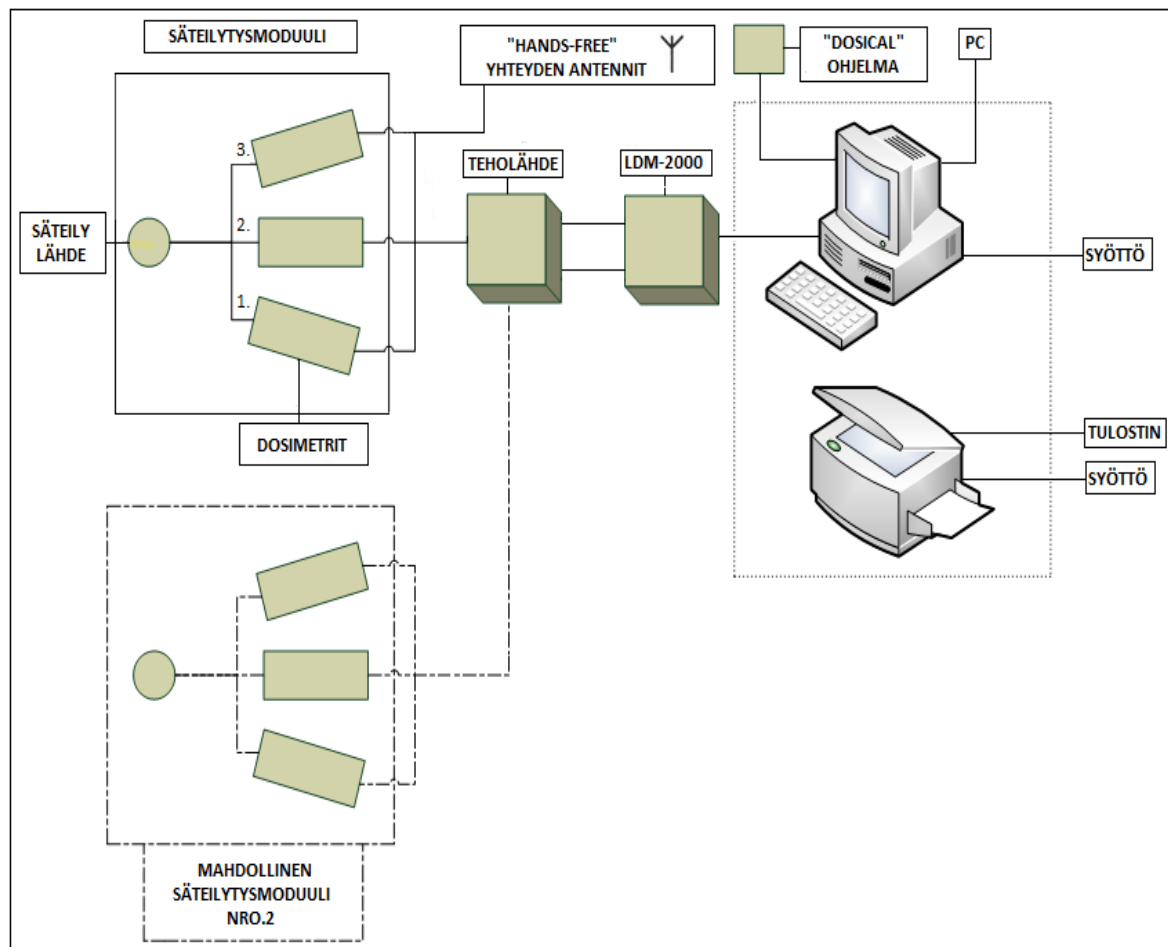


Kuva 38. Näkymä takaa (dosimetrien alusta ylhäällä) /15/

Taulukko 8. Kuvan 38 komponenttien osoitus

1.	Vakituinen lähde paikka
2.	Nosto silmukat

Kuvassa 38 on osoitettu päälähteen vakituinen paikka ja IRD 2000 -järjestelmän nostosilmukat. Päälähde on ns. kiinteä, ja sille ei ole kuin yksi mahdollinen paikka järjestelmässä. Nostosilmukoiden avulla järjestelmää voi liikuttaa paikasta toiseen. Päälähteen antama suora annosnopeus on noin 3 mSv/h. /15/



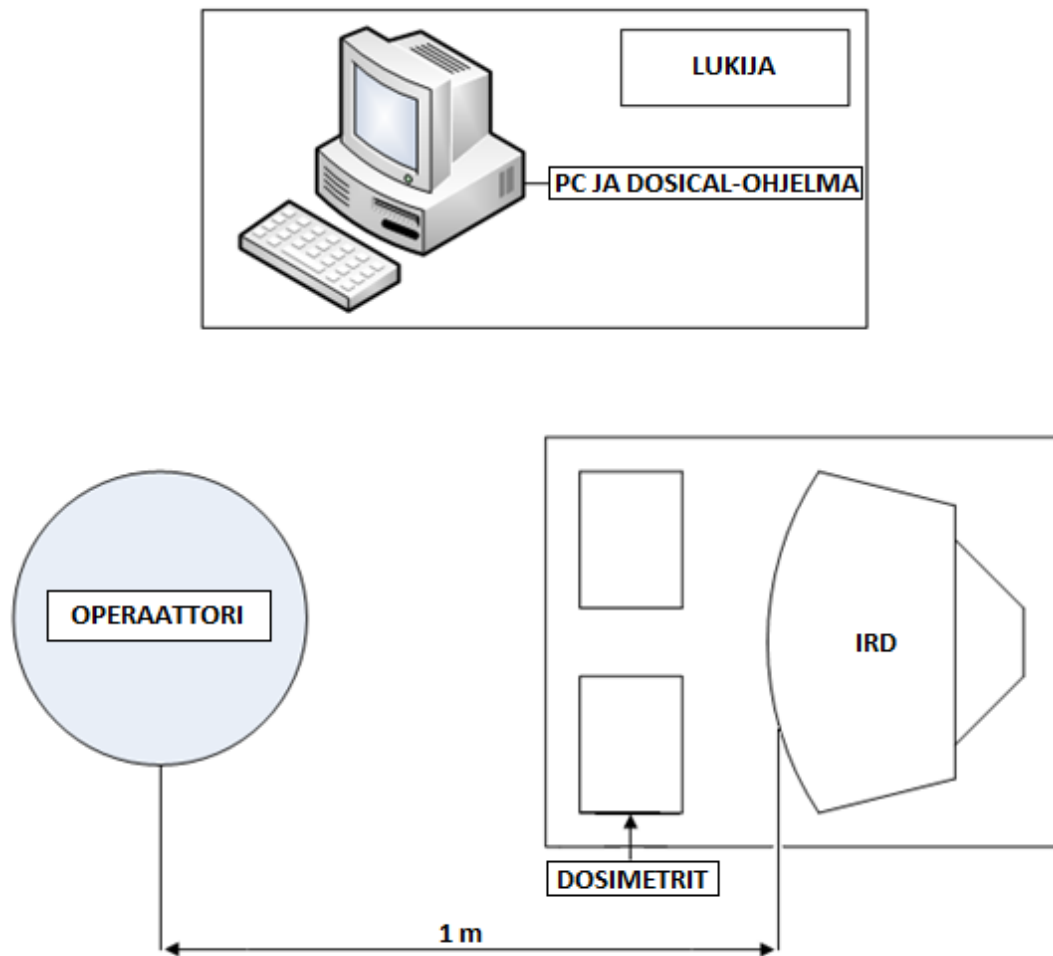
Kuva 39. IRD-2000 Käyttökaavio

Kuvassa 39 näkyy IRD-2000-järjestelmän käyttökaavio. Kuvasta selviää komponenttien sijoitukset ja niiden liitännät. Kuvan vasemmassa alareunassa näkyvän "mahdollinen" säteilytysmoduulin voi vaihtoehtoisesti ottaa käyttöön saman PC:n alaisuudessa kuvan yläreunassa olevan "perus" säteilytysmoduulin kanssa.

Jos käytetään kahta säteilytysmoduulia samaan aikaan, pystyy dosimetrejä tarkastamaan samassa ajassa kaksinkertaisen määrän.

Laitteiden järjestys:





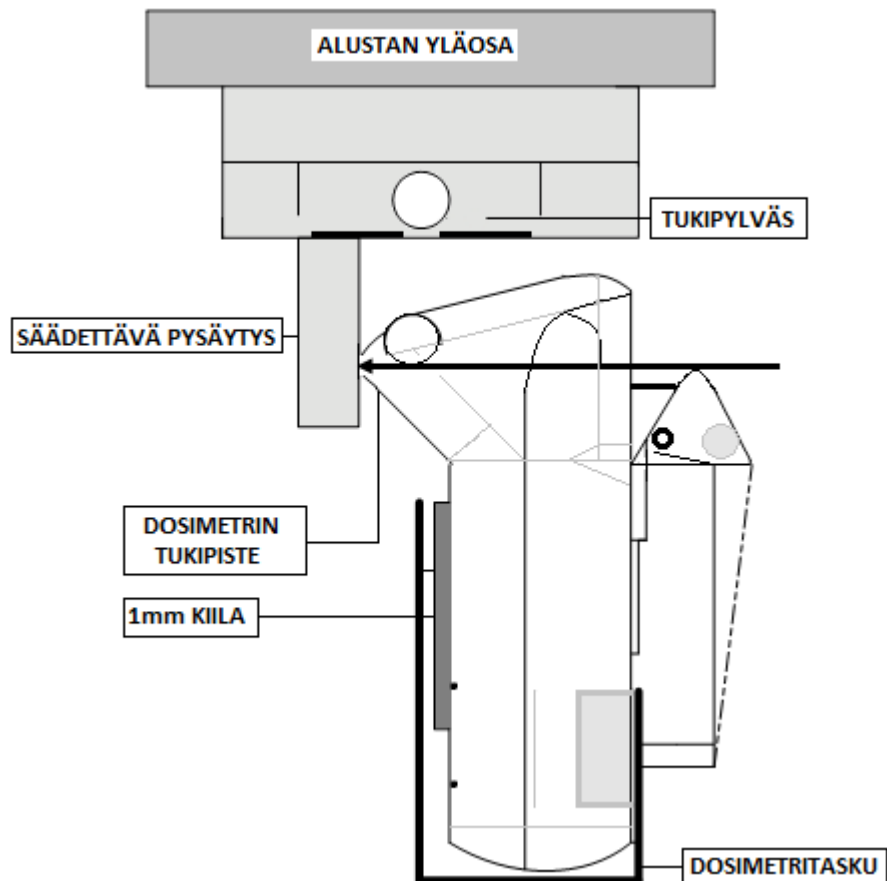
Kuva 40. Malli käyttöönottilanteesta

Kuvassa 40 on esitetty IRD 2000 -järjestelmän käyttöönottilanne. On tärkeää, että järjestelmään kuuluvat laitteet asetetaan oikeaan ja ergonomiseen järjestykseen. Ennen käyttöönottoa, ja laitteiden kytkemistä on hyvä tarkastaa, että kaikki tarvittavat laitteet ovat käytettävissä.

Laitteet ovat

- PC (Dosical ohjelma)
- säteilytysmoduuli
- LDM2000 lukija
- jakorasia
- tulostin
- liityntä- ja syöttökaapelit
- on myös hyvä tarkistaa, että työtilassa on saatavilla 230 V:n virransyöttö laitteita varten. /15/





Kuva 41. Dosimetrin asento alustassa

Dosimetri tulee asettaa alustan koteloon aina samalla tavalla. Asento on tärkeä, koska IRD 2000 -järjestelmä on suunniteltu toimimaan tietyllä tavalla. Dosimetrin kohdistus säteilylähteeseen pitää olla oikea, jotta testaus ja kalibrointi onnistuisi.



Kuva 42. DMC 2000S -dosimetrin etu- ja takapuoli /10/

## 8.5 Kalibrointi

On mahdollista päättää, suorittaako kalibroinnin manuaalisesti vai tietokoneen avulla automaattisesti. Kalibroinnissa on kaksi eri säteilylähdevaihtoehtoa.

### 8.5.1 Manuaalinen kalibrointi (Manual Calibration)

**Manual Calibration**

**Calibration Data :**

Operator

Module #  Source Location  Type

Source #  CS 137  Decay Period  Years

Type of dosimeter

**Calibration Values :**

	Position 1	Position 2	Position 3	
Calibration On	<input type="text" value="1/26/2012"/>			
Calculated Reference Rate	<input type="text" value="310"/>	<input type="text" value="320"/>	<input type="text" value="300"/>	mrem/h
Calibration Result	<input type="text" value="Valid"/>	<input type="text" value="Valid"/>	<input type="text" value="Valid"/>	

**Results Approval :**

Approver  Approval

Comments

**Save**

**Close**

Kuva 43. Manuaalinen kalibrointinäyttö

"Calibration Data" (kalibrointitiedot-osio)

- Source Location (lähteen sijainti): Päätetään käytettävä lähde.
- The dose equivalent measurement (annosekvivalentti mittaus): Hp tai Hs
- The Source (Lähde): Valinta sarjanumeron avulla.
- Type of dosimeter: Dosimetrimallin valinta.

#### "Calibration values" (Kalibrointi-arvot)

- Calculated Reference Rate: Laskettu viitearvo nopeudelle.
- Calibration Result, Valid or Invalid: Kalibrointitulokset kelvollinen tai epäkelpo.

#### "Results Approval" (Tulosten hyväksyntä)

- Approver: Hyväksyntä/Vahvistus (Passed: läpäisty , Failed: hylätty).
- Comments: Vapaa tekstikenttä kommentteja varten.

#### Commands (Komennot)

- "Save": Tallenna manuaalisen kalibroinnin tulokset tietokantaan.
- "Close": Poistu manuaalisesta kalibrointitoiminnosta. /15/

### 8.5.2 Tietokoneohjattu kalibrointi (Computerized Calibration)

Tämä toiminto mahdollistaa nopeimman ja parhaimman kalibrointituloksen. Kaikki tiedot, jotka syntyvät kalibroinnin aikana, tallentuvat automaattisesti ohjelman tietokantaan. Jos kalibrointi-asetuksista puuttuu pakollisia tietoja, niin ohjelma ei suostu aloittamaan kalibrointia.

Toimintaprosessi menee seuraavasti:

- Valitse käytettävä lähde, dosimetrityyppi ja suure, eli aseta oikeat asetukset kalibrointia varten.
- Valitse kolme käsiteltävää dosimetria.
- Aseta käsiteltävät dosimetrit niille tarkoitetuille paikoille.
- Ennen aloittamista katso, että järjestelmä on tunnistanut kaikki dosimetrit ja yhteys on onnistunut.
- Tämän jälkeen asetetaan kalibrointi käyntiin vaikuttamalla "Start" of the "Calibration with Reference Dosimeters" -painiketta.
- Kalibroinnin jälkeen tuloksia voidaan tarkastella ohjelman tietokannasta. /15/

Calibration Details

Calibration Details :

Position : 1  2  3  Current Rate 0.284 cGy/h

Dosimeter #	Response / Abs Ref	Measure #	Response / Current Standard	Response Corrected	Source Rate Recalculated
157794	1.04	1	1.06	1.02	0.291
157794	1.04	2	1.03	0.99	0.282
157794	1.04	3	1.03	0.99	0.282
158714	1.09	1	1.10	1.01	0.286
158714	1.09	2	1.08	0.99	0.282
158714	1.09	3	1.08	0.99	0.282
159113	1.06	1	1.10	1.04	0.294
159113	1.06	2	1.05	0.99	0.281
159113	1.06	3	1.06	1	0.285

Min 0.281 cGy/h

Max 0.294 cGy/h

Mean 0.285 cGy/h

Std Dev 1.59 %

Validity Valid

Print

OK

Kuva 44. Näkymä kalibroituja mittareiden tiedoista

## 9 LOPPUYHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön aiheena oli nykyaikaistaa DMC 2000S -dosimetriä toimintakoejärjestelyä. Suunnitelma sai alkunsa TVO:n toimintakoehuoneen kehityssuunnitelmasta. Tarkoituksena oli uusia käytössä olleita säteilymittareiden toimintakoeopisteitä. Tämän ansiosta sain opinnäytetyöaiheekseni DMC 2000S -dosimetriä toimintakokeen kehittämisen. Opinnäytetyön aikana tutustuin erilaisten annosmittareiden konfigurointiohjelmien testaukseen ja käyttöönottoon. Myös TVO:n omat järjestelmät tulivat tutuiksi.

Työn aloittaminen sujui hyvin, koska olen ollut muutamana vuonna kesätöissä mitalaitevalvonnassa ja säteilysuojelijaoksessa. Tämä edisti sitä, että työssä käytettävät mittarit ja laitteet olivat minulle entuudestaan tuttuja. Työn alussa suurin osa ajasta meni tarvittavan dosimetriä konfigurointiohjelman odottamisessa. Myöhemmin ongelmia tuli ohjelman käyttöönotossa. Kun näistä ongelmista selvittiin, niin ohjelman testaus toimintakoeradalla sujui hyvin. Asiaa auttoi aikaisempi kokemus saman val-

mistajan laitteiden ja tietokoneohjelmien kanssa. Säteilytyskarusellin lähteen ohjaus ja dosimetriensäteilytys sujui myös ongelmitta aikaisempien tehtyjen toimintakokeiden ansiosta. Työn yhtenä haasteena oli selvittää, miten konfigurointiohjelma DMC Userin ja TVOn oman mittalaitteikortiston (MITKOn) välinen tiedonsiirto saadaan toimivaksi. Tämän jälkeen työ oli pääosin DMC User -konfigurointiohjelman testaamista DMC 2000S -dosimetriensäteilytyskarusellin kanssa.

Tulevaisuuden suunnitelmaa tehdessäni selvitin Mirionilta, mitä erilaisia mahdollisuuksia heillä olisi tarjota nykyaikana elektronisten dosimetriensäteilytyskarusellin toimintakokeen kehittämiseksi. Tarjolla oli IRD 2000 -kalibrointijärjestelmä, joka toimisi kokonaisuudessaan tietokoneohjatuksi. Selvitin järjestelmän toimintaperiaatteen ja käyttömahdollisuudet.

Työn tuloksena saatiin parannettua toimintakokeen jälkeistä manuaalista tallennustyötä, eli nopeutettiin ja helpotettiin ennen käytössä ollutta järjestelyä. Tämä muutos lyhentää toimintakokeeseen käytettyä aikaa. Suurempia muutoksia ei ollut vielä mahdollista tehdä alkuperäisen säteilytyskarusellin takia. Suunnittelin myös vaihtoehdon, miten säteilytyskarusellin uusiminen kannattaisi tulevaisuudessa toteuttaa. Opinnäytetyön tavoitteet täyttyivät itse työn sekä siihen käytetyn ajan suhteen.

Oma ammatillinen osaamiseni kehittyi jatkuvasti työn ohella ja vastaan tuli paljon uutta asiaa. Työ sisälsi tutkimus- ja suunnittelutyötä sekä erilaisten ohjelmien käyttöönotto- ja testaustoimenpiteitä. Työn suorittamista auttoi mukava ja asiallinen työympäristö TVO:ssa.

## LÄHTEET

/1/ Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut. Viitattu 2.7.2013.

<http://tvo.fi/TVO%20lyhyesti>

/2/ Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut. Viitattu 2.7.2013.

<http://tvo.fi/voimalaitokset>

/3/ Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut. Viitattu 2.7.2013.

<http://tvo.fi/TVOnHistoria>

/4/ Wallenius, K. Laitostuntemus. Sähköinen dokumentti. TVO:n koulutusmateriaali. Viitattu 2.7.2013.

/5/ Teollisuuden Voima Oyj:n verkon sisäiset www-sivut.Olkinet. Viitattu 2.7.2013.

<http://olkinet/olkinet/palvelut/talous/Pages/default.aspx>

/6/ Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut. Viitattu 2.7.2013

<http://tvo.fi/Yhtiötietoja>

/7/ Teollisuuden Voima Oyj:n verkon sisäiset www-sivut. Olkinet. Viitattu 2.7.2013.

<http://olkinet/haku/Results.aspx?k=KA>

/8/ Nikkanen, T. Kalibrointiradan ja Karusellin laadunvarmistus. Käytön tuki. Laadittu 7.11.2011 Sähköinen dokumentti. Viitattu 3.7.2013.

/9/ RADOS Technology Oy. Dosimetry System User's Training for OLKILUOTO 1 & 2. Teollisuuden Voima Oyj koulutusmateriaali. Viitattu 3.7.2013.

/10/ Mirion Technologies www-sivut. Viitattu 3.7.2013.

[https://www.mirion.com/en/products/product\\_detail.php?id=4&ln=ED](https://www.mirion.com/en/products/product_detail.php?id=4&ln=ED)

/11/ Nikkanen, T. Mappi. Aktiivisuusmittauskalustoa. Muut laitteet. Työselitys. 08.03.1993. TVO:n oma materiaali. Viitattu 4.7.2013.

/12/ TVO:n oma materiaali. Mappi. Luku 4. Aktiivisuusmittauskalustoa. Muut laitteet. RAD-80 dosimetrien kalibrointipöytä. VIISHANKE OY. Viitattu 4.7.2013.

/13/ TVO:n oma materiaali. 8.3.1993. Mappi. Luku 5. Aktiivisuusmittauskalustoa. Muut laitteet. Kalibrointirata. VIISHANKE OY. Viitattu 4.7.2013.

/14/ Wikipedia www-sivut. Viitattu 18.12.2013.

[http://fi.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Access](http://fi.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Access)

/15/ Mirion Technology. IRD 2000 DosiCal N Version User's Manual. Tilattu maa-  
hantuojalta PDF-versiona. Viitattu 7.2.2014

/16/ Wikipedia www-sivut. Viitattu 12.2.2013.

[http://fi.wikipedia.org/wiki/Radioaktiivinen\\_s%C3%A4teily](http://fi.wikipedia.org/wiki/Radioaktiivinen_s%C3%A4teily)

