



Sci. and Tech. note

یادداشت علمی و فنی

## ارزیابی و بررسی میزان پرتوگیری خارجی کارکنان مرکز تحقیقات هسته‌ای تهران

مسعود زواری<sup>۱\*</sup>، ماهرخ سلطانی<sup>۱</sup>، رامین سالارتاش<sup>۱</sup>، حمید کاشانی<sup>۲</sup>

۱- مرکز تحقیقات هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی ۳۴۸۶-۱۱۳۶۵، تهران - ایران

۲- معاونت اداری مالی، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی ۱۳۳۹-۱۴۱۵۵، تهران - ایران

واژه‌های کلیدی: دزیمتری فردی، پرتوکاران، شرایط کار، دز خارجی

## Evaluation of External Dose Received by Radiation Workers in Tehran Nuclear Research Center

M. Zavari<sup>1\*</sup>, M. Soltani<sup>1</sup>, R. Salartash<sup>1</sup>, H. Kashani<sup>2</sup>

1- Nuclear Research Center, AEOL, P.O. Box: 14155 -1339, Tehran - Iran

2- Official Division, AEOL, P.O. Box: 14155 -1339, Tehran - Iran

**Abstract:** External occupational reports of NRC workers are provided to health physics group by the National Protection Department. These results as preliminary data are registered to a computer program that was designed using FoxBASE and Excel software by the authors. The output data provided by this program include monthly and annual intakes dose as well as external dose of workers in each department. The results show that during 1367 to 1382, the highest value of external intake dose is on an average 1.26mSv for the Radioisotope Department and the lowest value is on an average 0.48mSv for the Nuclear Biotechnology Department. Also, we have found that the workers intake the highest dose in 1371, 1372 and 1381; and the lowest value is in 1367.

**Keywords:** personal dosimetry, radiation workers, working conditions, external dose



## ۱- مقدمه

اندازه‌گیری پرتوها و پائین نگهداشتن پرتوگیری کارکنانی که با مواد پرتوزا سر و کار دارند، یکی از اصول اساسی خط‌مشی گروه فیزیک بهداشت است که تحت عنوان فلسفه کلی ALARA (As Low As Reasonably Achievable) به معنای پرتوگیری "هر چه کمتر، موجه‌شدنی" به رسمیت شناخته شده است. در این راستا کلیه اندازه‌گیریهایی که به منظور کنترل میزان دُز مؤثر دریافتی تمام بدن، یا هر یک از اعضای مختلف بدن انجام می‌گیرد، تحت عنوان دُزیمتری فردی<sup>(۱)</sup> تعریف می‌شود [۱].

در دُزیمتری فردی، علاوه بر کنترل مقدار دُز دریافتی افراد، تشخیص پرتوگیری غیرضروری و شناخت نواحی کنترل نشده شامل چشمه‌های پرتوزای ناشناس و دور از انتظار نیز مورد توجه است [۲].

گسترش ساخت انواع چشمه‌های رادیوآکتیو مصنوعی مورد استفاده در پزشکی و صنعت سبب شده است که تعداد مراکز کار با پرتوها در سراسر جهان رو به افزایش گذاشته و پیرو آن تعدد راههای پرتوگیری کارکنان آنها، به ویژه پرتوکاران به نحو چشمگیری افزایش یابد. در نتیجه، با پیشرفت دانش و فناوری، ساخت انواع دُزیمترهای فردی مورد استفاده در مراکز مختلف کار با پرتوهای یونساز رو به گسترش است. از طرف دیگر، بر مبنای آئین‌نامه‌های کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوها (ICRP)، بر تحت پوشش قرار گرفتن کلیه پرتوکارانی که در ناحیه کنترل‌شده تردد می‌نمایند، تأکید شده است. یکی از وسایل متداول که برای ثبت پرتوگیری تمام بدن (به صورت خارجی) به کار می‌رود فیلم بیج است؛ این وسیله شامل یک قطعه فیلم به ابعاد فیلمهای مورد استفاده در دندانپزشکی است که درون یک قاب پلاستیکی قرار گرفته و دارای ابعاد  $4 \times 3$  سانتی‌متر و ضخامت  $0.2 \text{ mm}$  با چگالی سطحی  $26 \text{ mg/cm}^2$  است. دو روی این فیلم با لایه ژلاتینی حاوی دانه‌های برمور نقره پوشیده شده است. دانه‌های برمور نقره به پرتو حساس بوده و قطر این دانه‌ها میزان حساسیت آنها را مشخص می‌کند. در فیلمهای ویژه دُزیمتری، قطر این دانه‌ها در محدوده  $1-1.5 \mu\text{m}$  و ضخامت امولسیون آن  $1.5-2.0 \mu\text{m}$  است. در اثر تابش پرتوهای یونساز به فیلم، بلافاصله اثری نامرئی روی فیلم ثبت می‌شود؛ این تصویر نامرئی را طی

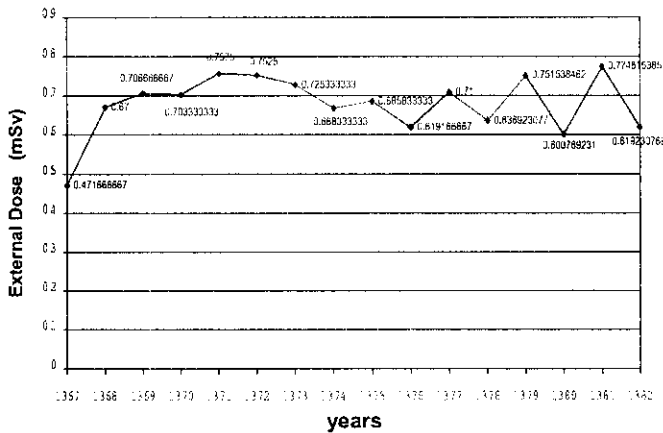
فرایندهای ظهور و ثبوت در تاریکخانه ظاهر می‌نمایند. مدت استفاده پرتوکاران از فیلم ۲ ماه است که پس از دریافت فیلمهای نوبت جدید از واحد سرویس دُزیمتری فیلم بیج امور حفاظت در برابر اشعه، بلافاصله فیلمهای نوبت قدیم به همراه فیلم کنترل هر بخش و فرم گزارش به واحد سرویس دُزیمتری برای ظهور ارسال می‌شود [۳ تا ۶].

بر اساس توصیه‌های بین‌المللی، زمان نگهداری اطلاعات پرتوگیری کارکنان حداکثر تا سن ۷۵ سالگی و یا سی سال پس از خاتمه کار با پرتو می‌باشد [۷].

نویسندگان این مقاله، به منظور درج و نگهداری نتایج حاصل از دُزیمتری فردی پرتوکاران مرکز تحقیقات هسته‌ای، اقدام به تهیه نرم‌افزاری کرده‌اند که قادر است به راحتی در کوتاهترین زمان ممکن، نتایج دُز خارجی دریافتی ماهانه، سالیانه و میانگین دُز دریافتی خارجی کارکنان هر بخش را در دسترس قرار دهد.

## ۲- قابلیت‌های نرم‌افزار طراحی شده

۱. ورود اطلاعات پرسنل هر بخش به نرم‌افزار
۲. بازدید اطلاعات هر شخص در هر بخش
۳. بازدید اطلاعات هر بخش و نفرات آن
۴. گردآوری نتایج برای هر بخش در ماهها و سالهای مورد نظر
۵. گردآوری نتایج برای هر شخص در هر بخش در ماهها و سالهای مورد نظر
۶. جمع‌بندی نتایج اشخاص
۷. اصلاح اطلاعات در فایل اصلی
۸. اصلاح خود به خود نتایج بلافاصله پس از اصلاح اطلاعات
۹. گزارش دُزیمتری خارجی شخص طی کار در بخشهای مختلف در تمام مدت خدمت
۱۰. گزارش دُزیمتری خارجی شخص طی کار در بخشهای مختلف در ماههای مورد درخواست
۱۱. گزارش دُزیمتری خارجی بخش یا گروه بصورت کلی
۱۲. گزارش دُزیمتری خارجی بخش یا گروه طی ماههای مورد درخواست
۱۳. گزارش دُزیمتری خارجی شخص بطور کلی در بخش یا گروههای جداگانه



شکل ۱- نمودار میانگین مجموع دُز خارجی دریافتی کل کارکنان مرکز تحقیقات هسته‌ای طی سالهای ۱۳۸۲-۱۳۶۷.

پرتوگیری کارکنان آن به حداقل رسیده است، ضمن آنکه این نوع فعالیت رآکتور باعث شده است که بخشها و گروههای مرتبط با آن نیز تا حدودی فعالیت کمتری داشته باشند و پرتوگیری کارکنان آن بخشها و گروهها نیز کمتر گردد.

با شروع فعالیت زمانبندی شده رآکتور از سال ۶۸، که به صورت چند روز در هفته در ساعات اداری بوده، میانگین دُز خارجی کارکنان روبه افزایش گذاشته است. این روند با افزایش ساعات کار رآکتور بصورت ۱۲ روز در ماه رشد محسوس تری دارد، ضمن آنکه از اواخر سال ۷۱ تا اواسط سال ۷۲، بدلیل تعویض میله‌های سوخت رآکتور، پرتوگیری کارکنان گروه کارگردانی رآکتور بیشتر بود و این افزایش در سال ۷۲ به اوج خود رسید، زیرا کارکنان کارگردانی رآکتور و گروه فیزیک بهداشت، در این مورد کار زیادی انجام دادند. در سال ۷۳ در این روند تا حدودی کاهش مشاهده می‌شود. این امر به دلیل پایان یافتن آزمایشهای گروه جابربن حیان، بکارگیری روشهای صحیح کاستن پرتوگیری هنگام ترخیص نمونه (نمونه‌برداری)، کشیدن دیوار بتونی در اتاق پمپهای رآکتور، کاستن دفعات شستشوی بیم تیوبها، استفاده بهینه از سیستمهای ریبیت، طراحی ظروف جدید نمونه‌برداری و استفاده از سیستم نیمه اتوماتیک ترخیص نمونه می‌باشد. در این مورد تأثیر جایگزین شدن سوختهای جدید با سوختهای قبلی را که بدلالی همچون نشت باعث پرتوگیری کارکنان می‌شد، نیز نباید نادیده گرفت.

در این سال، با توجه به نمودار شماره ۲، هر چند میزان پرتوگیری کارکنان بخش رادیوایزوتوپ افزایش نسبی داشته

۱۴. گزارش دُزیمتری خارجی شخص بطور کلی در بخش یا گروههای جداگانه طی ماههای مورد درخواست
۱۵. میانگین دُز خارجی دریافتی شخص طی کار در بخشهای مختلف در تمام مدت خدمت
۱۶. میانگین دُز خارجی دریافتی شخص طی کار در بخشهای مختلف در ماههای مورد درخواست
۱۷. میانگین دُز خارجی دریافتی بخش یا گروه بصورت کلی
۱۸. میانگین دُز خارجی دریافتی بخش یا گروه طی ماههای مورد درخواست
۱۹. میانگین دُز خارجی دریافتی شخص بطور کلی در بخش یا گروههای جداگانه
۲۰. میانگین دُز خارجی دریافتی شخص بطور کلی در بخش یا گروههای جداگانه طی ماههای مورد درخواست
۲۱. گزارش مجموع دُز خارجی دریافتی بصورت سالانه
۲۲. گزارش میزان پرتوگیری خارجی یک فرد طی چند سال کار برای ارائه به سازمانهای خارج از کشور بصورت فرم خاص
۲۳. امکان چاپ گزارشهای مختلف با چاپگر

### ۳- بحث و نتیجه گیری

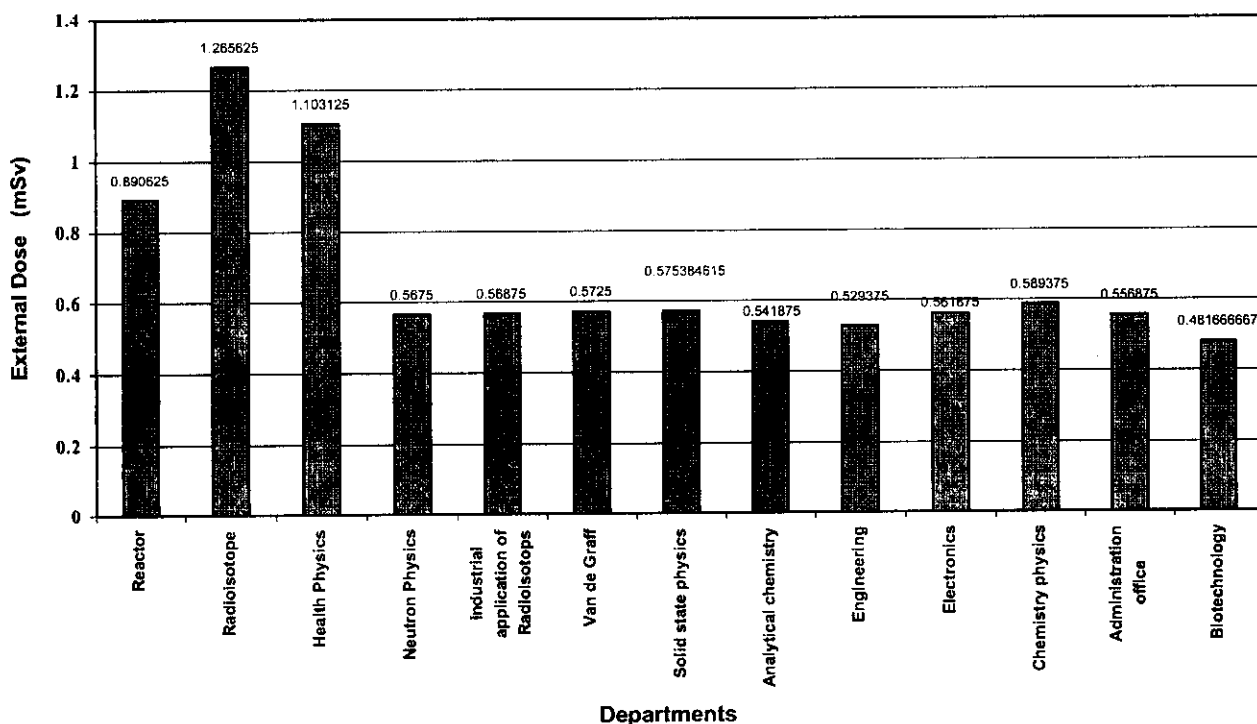
با استفاده از این نرم افزار و تعبیر و تفسیر نتایج حاصل از آن، می‌توان به سهولت و سریع به سوابق پرتوگیری خارجی کارکنان مرکز تحقیقات هسته‌ای دسترسی پیدا کرد. همچنین بر حسب نوع فعالیت کار با مواد پرتوزا و چگونگی پرتوگیری، آنها را تعبیر و تفسیر نمود. نمودارهای ۱، ۲ و ۳ نتایج دُز خارجی دریافتی کارکنان مرکز طی سالهای ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۲ را نشان می‌دهد. این نمودارها از اطلاعات مربوط به این نرم‌افزار استخراج شده‌اند. لازم به ذکر است که این نتایج بر اساس میانگین مجموع دُز خارجی دریافتی طی یکسال می‌باشند.

نمودار ۱ دُز خارجی کارکنان بخشهای مختلف مرکز تحقیقات هسته‌ای را به تفکیک سال نشان می‌دهد. بطوری که در این نمودار دیده می‌شود کمترین دُز خارجی در سال ۶۷ به مقدار ۰/۴۷ میلی‌سیورت بصورت میانگین دُز خارجی کل کارکنان مرکز تحقیقات هسته‌ای بوده است. در این سال با توجه به جنگ تحمیلی، رآکتور مرکز بصورت مقطعی فعالیت داشته و مقدار

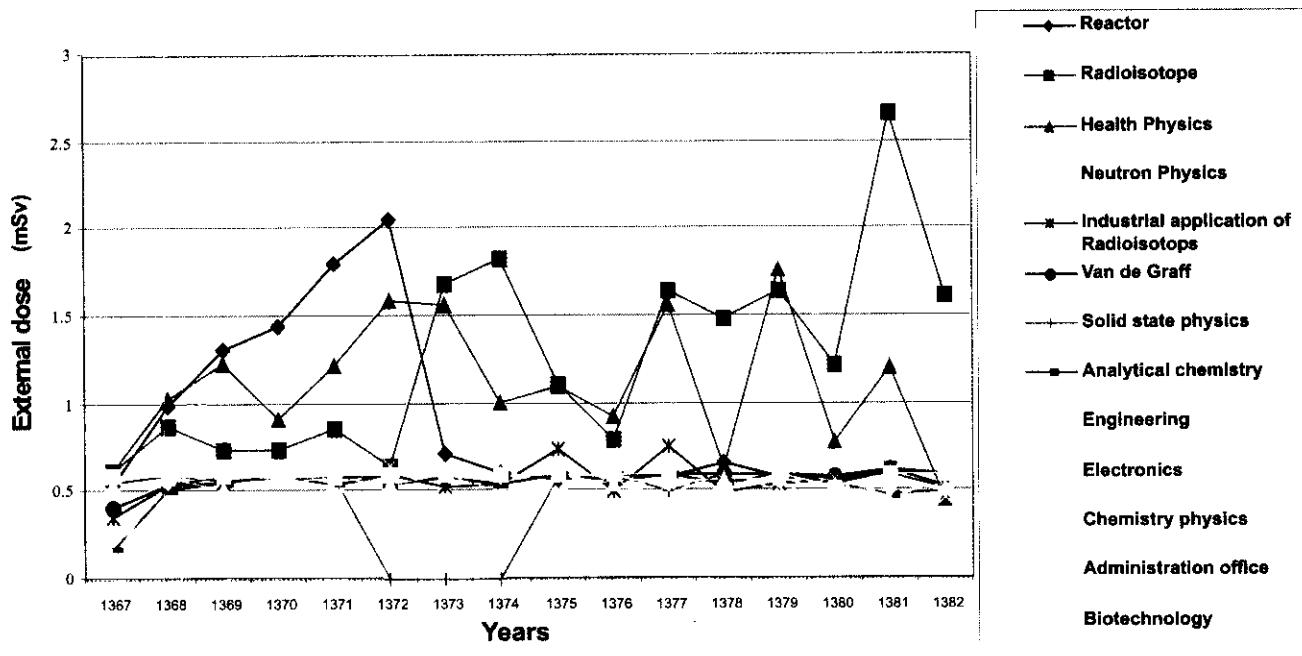


است ولی به دلیل کاهش میزان پرتوگیری کارکنان بخش رآکتور، کاهش پرتوگیری نسبی مشهودتر است. بطوری که مشاهده می‌شود، از سال ۷۳ به بعد متوسط پرتوگیری کارکنان رآکتور روند ثابتی داشته و تغییر محسوسی نکرده است. در این مدت رآکتور بصورت ۱۴ روز در ماه، با قدرت بین ۳ تا ۴ مگاوات فعالیت داشته است. نمونه‌های رادیوآکتیو تولید شده عمدتاً شامل  $^{60}\text{Co}$ ،  $^{32}\text{S}$ ،  $^{191}\text{Ir}$ ،  $^{130}\text{Te}$ ، همچنین فیلترهای هوا بوده‌اند. از سال ۷۳ تغییرات پرتوگیری کارکنان مرکز بیشتر به دلیل تغییر در پرتوگیری پرسنل بخشهای رادیوایزوتوپ و فیزیک بهداشت بوده و همانطوری که در نمودار ۳ مشهود است، پرتوگیری سایر بخشها و همچنین رآکتور نوسانات زیادی ندارد. در این سال به دلیل افزایش تولید  $^{131}\text{I}$  به میزان ۳ کوری در آزمایشگاه رادیوایزوتوپ، پرتوگیری کارکنان نیز افزایش یافت. این روند تا سال ۷۴ ادامه داشته تا اینکه در سالهای ۷۵ و ۷۶ کاهش مشهودی در آن مورد دیده شده است که عمدتاً به سبب اقدامات حفاظتی است که به پیشنهاد فیزیک بهداشت و انجام برخی فعالیتها همچون محدود نمودن پرسنل در انجام کارها، کنترل نشت آکتیویته از قسمتهای مختلف سلولها، کشیدن دیوار سربی اطراف محل نگهداری کانتینرها، تصحیح فشار منفی بین سلول و محوطه آزمایشگاه ید رادیوایزوتوپ، تعویض

سینکهای آزمایشگاهها و موارد مشابه صورت گرفته است. تغییراتی که در طی سالهای بعد ملاحظه می‌شوند بدلیل تغییر در تولید رادیودارو نیز می‌باشد که بالطبع در پرتوگیری کارکنان نیز مؤثر است. در ضمن، عدم رعایت برخی از موارد که ممکن است توسط تعدادی از کارکنان صورت گیرد، باعث بالا رفتن یا پایین آمدن میزان پرتوگیری می‌شود که بهرحال اجتناب ناپذیر است. در سال ۸۱ که میزان پرتوگیری بالاترین حد خود را داشته است به دلیل افزایش تولید  $^{192}\text{Ir}$ ، خرابی سیستم دستگاه جوش مربوطه، وارد کردن پلیتهای خارج از استاندارد طراحی کار آزمایشگاه و انجام تعمیرات توسط پرسنل آزمایشگاه  $^{192}\text{Ir}$  می‌باشد. در سال ۸۲ بدلیل مرتفع نمودن اکثر خرابی سیستمهای آزمایشگاه  $^{192}\text{Ir}$  و وارد کردن پلیتهای مناسب جهت کار در آزمایشگاه، پرتوگیری بطور نسبی تا حد زیادی کاهش یافته است. لازم به ذکر است که چون گروه فیزیک حالت جامد طی سالهای ۷۲ تا ۷۴ به مرکز تحقیقات لیزر منتقل شد از اینرو داده‌های مربوط به دز خارجی آن در اطلاعات مربوط به مرکز تحقیقات هسته‌ای وارد نشده است و نمودار حاصل طی این سالها فاقد داده می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه بخش بیوتکنولوژی هسته‌ای از سال ۱۳۷۷ تشکیل شده نمودار مربوطه از آن سال به بعد ترسیم گردیده است.



شکل ۲- نمودار میانگین مجموع دز خارجی دریافتی کارکنان بخشهای مختلف مرکز تحقیقات هسته‌ای طی سالهای ۱۳۸۲-۱۳۷۷.



شکل ۳- نمودار میانگین مجموع دز خارجی دریافتی بخشها و گروههای مرکز تحقیقات هسته‌ای طی سالهای ۱۳۶۷-۱۳۸۲.

سال به بعد است. بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین میزان پرتوگیری مربوط به افراد سه گروه رادیوایزوتوپ، فیزیک بهداشت و رآکتور می‌باشد. تغییر در نوع نمونه‌های پرتو دیده و نوع سیستم کاری در کاهش پرتوگیری خارجی گروه‌های رآکتور و فیزیک بهداشت تأثیر زیادی داشته و در سالهایی که اقدامات حفاظتی توسط گروه فیزیک بهداشت اعمال شده میزان پرتوگیری خارجی نیز کاهش یافته است.

### تشکر و قدردانی

در اینجا لازم می‌دانیم از استاد محترم آقای دکتر حسین غفوریان، ریاست مرکز تحقیقات هسته‌ای بخاطر تشویق و راهنمایی‌های ارزشمندشان سپاسگزاری نمایم، همچنین از آقای دکتر مرتضی قریب رئیس محترم گروه فیزیک بهداشت و آقای دکتر فرهاد منوچهری کارشناس ارشد گروه فیزیک بهداشت بخاطر راهنمایی و کمک در تهیه این مقاله تشکر و قدردانی نمایم.

### پی‌نوشت:

1- Personal Dosimetry

### ۴- نتایج حاصل از خروجی نمودارها

با بررسی نمودارها و نتایج حاصل از این نرم افزار در طی سالهای ۶۷ تا ۸۲ می‌توان دریافت که بخشهای رادیوایزوتوپ، فیزیک بهداشت و رآکتور بیشترین مقدار پرتوگیری خارجی را داشته‌اند که در این میان بخش رادیوایزوتوپ با میانگین  $1/26$  mSv بالاترین میزان را به خود اختصاص داده است. سایر بخشها و گروهها با میانگین کل این سالها (حدود  $0/5$  mSv) تقریباً در یک سطح قرار دارند. بررسی نتایج سالانه نیز نشان می‌دهد که کمترین مقدار پرتوگیری خارجی ( $0/47$  mSv) مربوط به نیمه دوم سال ۶۷ و بیشترین مقدار مربوط به سالهای ۷۱ و ۸۱ می‌باشد. بررسی نتایج به تفکیک بخشها نیز نشان می‌دهد که در بخش رآکتور پس از شروع به کار منظم، افزایش پرتوگیری خارجی تا سال ۷۳ مشهود بود از آن پس به علت تغییر در نوع نمونه‌ها و دلایل پیش گفته، این روند کاهش یافته و تقریباً ثابت مانده است. این نتایج نشان می‌دهند که در بخش رادیوایزوتوپ، همراه با تغییر تولید، پرتوگیری هم تغییر کرده و نکته جالب توجه اینکه پرتوگیری کارکنان فیزیک بهداشت، تا حد قابل ملاحظه‌ای هماهنگ پرتوگیری کارکنان رادیوایزوتوپ و رآکتور نوسان داشته است. گروه زی‌فناوری (بیوتکنولوژی) هسته‌ای هم چون در سال ۷۷ تشکیل شده اطلاعات آن از این



## References:

1. G. Hine, G. Brounell, "Radiation dosimetry," Newyork, Academic Press, U.S.A (1961).
2. H. Francois, E.D. Gupton, R. Maushart, E. Piesch, S. Somasundaram, Z. Spurny, "Technical Reports: Personal dosimetry systems for external radiation exposures," Series Number 109, IAEA, Vienna, 8-29 (1970).
3. ز. خراسانی و د. اسماعیلی، "دزیمتری فردی (فیلم بیج) آشنایی با فیزیک بهداشت،" انتشارات نقطه (۱۳۷۷).
4. "نتایج دزیمتری فردی دو ماهانه"، امور حفاظت در برابر اشعه (۱۳۶۷-۱۳۸۲).
5. ه. سمیر، "آشنایی با فیزیک بهداشت،" ترجمه م. ا. ابوکاظمی - ه. سپهری - ع. بینش، مرکز نشر دانشگاهی (۱۳۷۱).
6. س. برهان آزاد، "سیستم دزیمتری فردی فیلم بیج،" سازمان انرژی اتمی (۱۳۶۱).
7. م. غیائی نژاد و م. کانونزی، "حفاظت در برابر اشعه (کتاب ۱)"، سازمان انرژی اتمی ایران (۱۳۷۹).