

**AME obuka za obnavljanje znanja iz zrakoplovne medicine
ZAGREB, 2022**

Programski modeli nivoa izlaganja kosmičkom zračenju posada na letovima u kompaniji Air Serbia

Spec. dr med. Dejan Stojiljković, Spec. dr med. Nadežda Petrovski, Mr sci. med. Zvonko Sundrić

Galaktičko kosmičko jonizujuće zračenje (Galactic Cosmic Ionising Radiation - GCR)

Kosmičke zrake je 1911. godine otkrio austrijski fizičar Victor Hess

Glavni izvor GCR :

- Supernove („eksplodirajuće zvezde“)
- Poremećaji u sunčevoj atmosferi (solarne oluje ili izbacivanje koronalne mase)

GCR se sastoji 98% atomskih jezgra i 2% elektrona

Reitz G. Radiation environment in the stratosphere. Radiat. Prot. Dosim. 48:3; 1993

Od jezgara, 87% su protoni (jezgra vodonika), 12% su alfa čestice (joni helijuma) i 1% su teži joni sa E do 10^{14} MeV

Goldhagen P. Overview of aircraft radiation exposure and recent ER-2 measurements. Health Physics 79(5):526-544; 2000

Galaktičko kosmičko jonizujuće zračenje (Galactic Cosmic Ionising Radiation - GCR)

Prilikom ulaska u zemljinu atmosferu, čestice se sudaraju sa jezgrima azota, kiseonika i drugih atmosferskih atoma, stvarajući dodatnu jonizaciju i stvarajući čestice zračenja.

Čestice koje ulaze u atmosferu i one koje su generisane, zajedno se nazivaju galaktičko kosmičko zračenje (GCR).



Na visinama leta komercijalnih aviona, GCR se uglavnom sastoji od **neutrona (55%), **elektrona i pozitrona (20%)**, **protona (15%)**, **fotona (5%)** i **mioni (1%)**.**

Bagshaw M, Irvine D, Davies DM. Exposure to cosmic radiation of British Airways flying crew on ultralonghaul routes. Occ Environ Med; 53: 495-498. 1996

Faktori koji doprinose nivou GCR -a

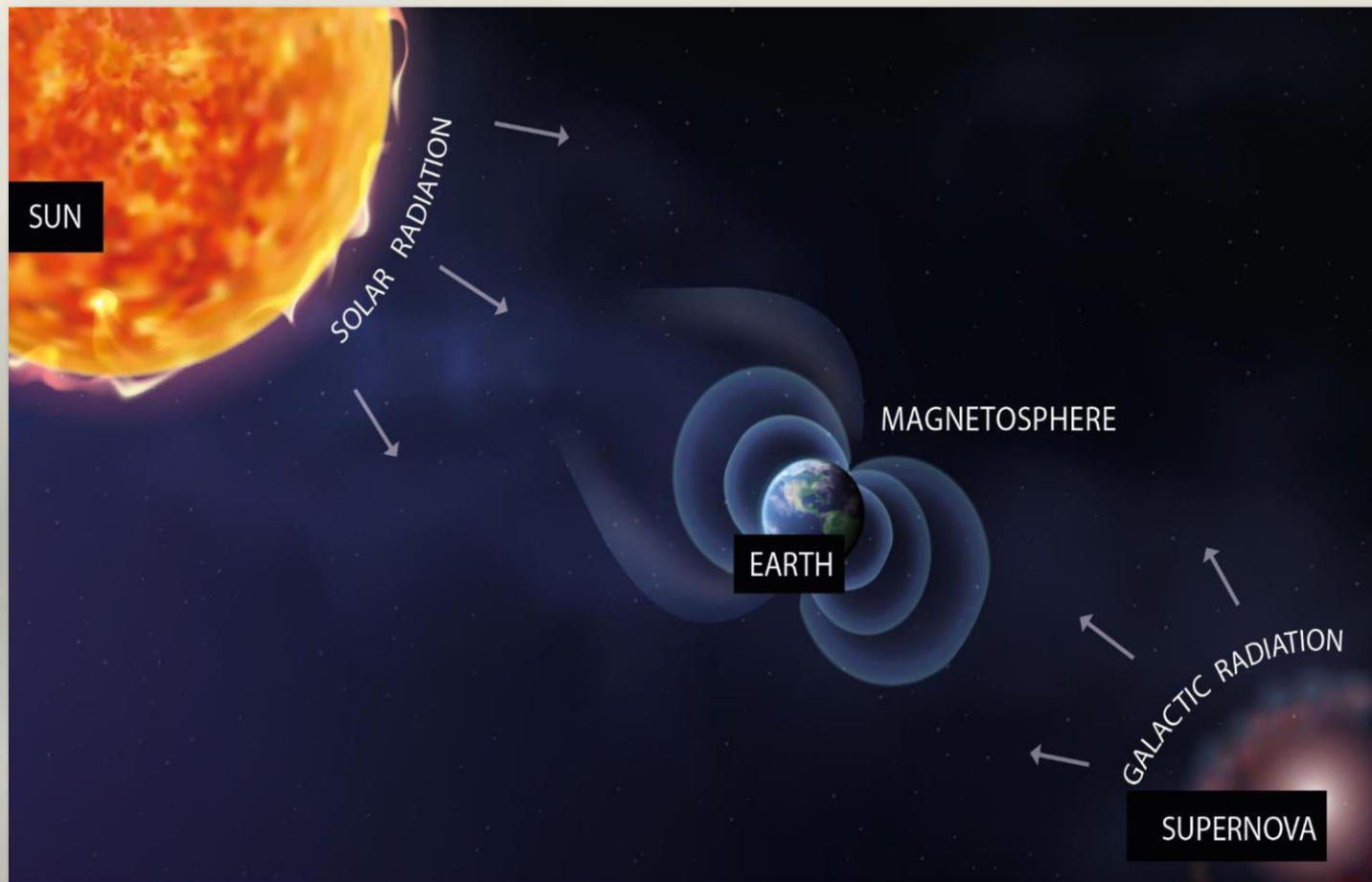
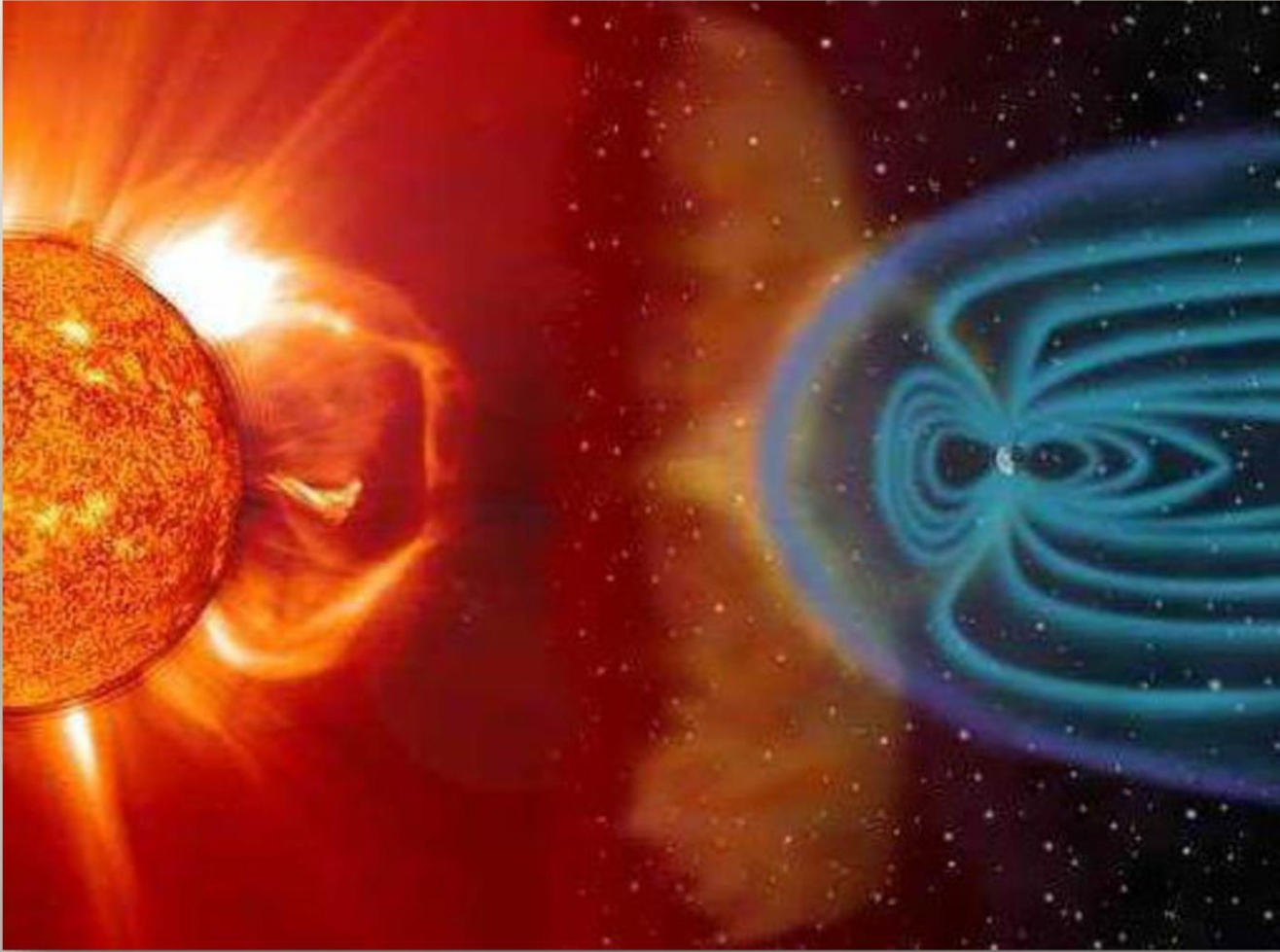


Image: L. Han/IAEA

- Magnetno polje Sunca
-solarni ciklus-
- Magnetno polje Zemlje
-geografska širina-
- Zemljina atmosfera
-nadmorska visina-

Faktori koji doprinose nivou GCR –a

-Solarni cilus-



- Menja smer približno svakih 11 godina
- Na „solarnom minimumu“, postoji nekoliko „pega“ – relativno je slabo, dok na „solarnom maksimumu“, postoji mnogo sunčevih „pega – relativno jako
- Kada je solarno magnetno polje jače, putanje električno naelektrisanih jona se dalje odbijaju i manje GCR-a stiže do zemlje
- **Tako solarni maksimum uzrokuje minimum zračenja i obrnuto, solarni minimum je vreme maksimalnog zračenja sa odnosom GCR od 1,2 do 2,0**

Image: NASA:

https://www.nasa.gov/connect/chat/solar_chat.html

Bartlett DT. Cosmic radiation fields at aircraft altitudes and their measurement. Proceedings of the Royal Aeronautical Society symposium on in-flight cosmic radiation. London. 6 February 1997

Faktori koji doprinose nivou GCR –a

-Geografska širina-

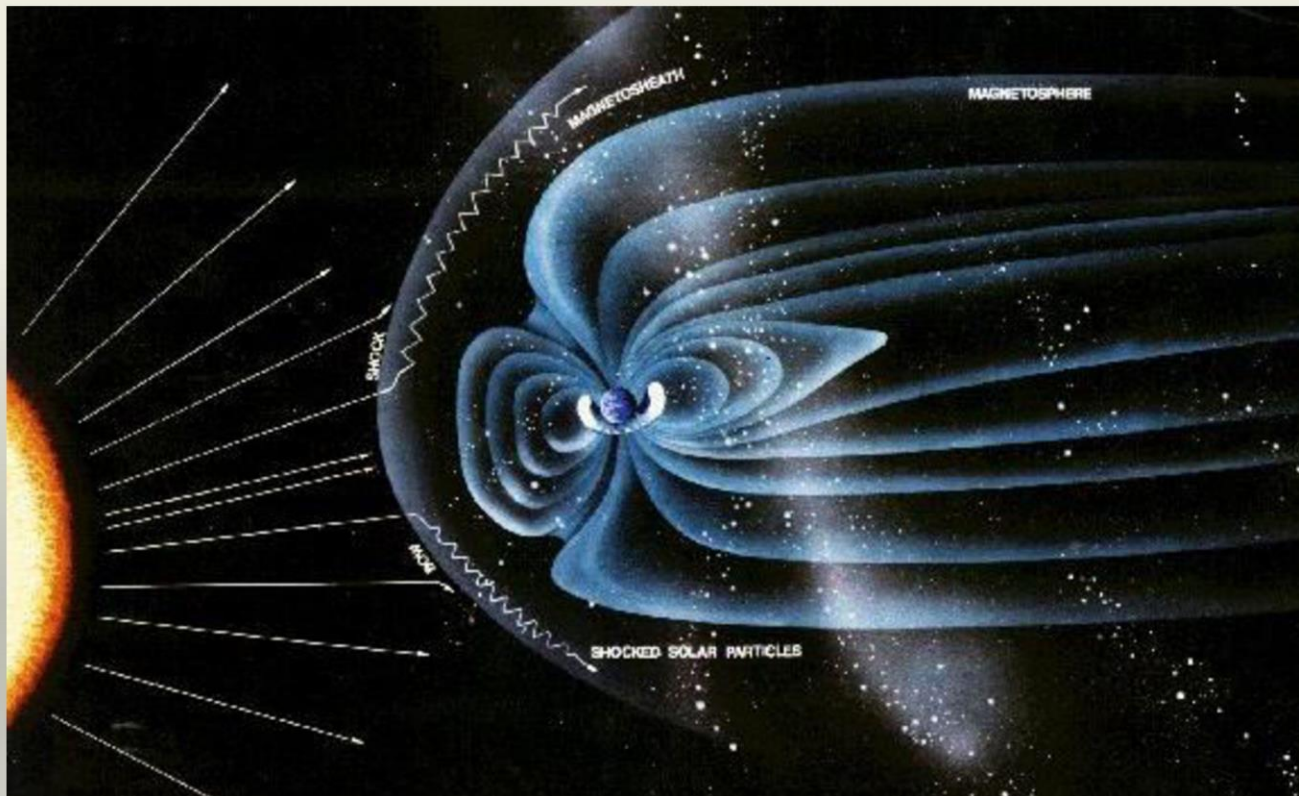


Image:<http://astroprofspace.com/archives/1608>

- Blizu ekvatora, gde geomagnetno polje je gotovo paralelno sa zemljinom površinom, vertikalno upadne čestice čiji je impuls po jedinici naelektrisanja (magnetna rigidnost) manja od oko 15 GV, reflektuje se nazad u svemir
- U blizini magnetnih polova, gde je geomagnetno polje skoro vertikalno, vertikalno upadne čestice ulaze pod uglom od blizu nula stepeni, omogućavajući maksimalnom broju primarnih kosmičkih zraka da dospeju u atmosferu

Faktori koji doprinose nivou GCR –a

-Nadmorska visina-

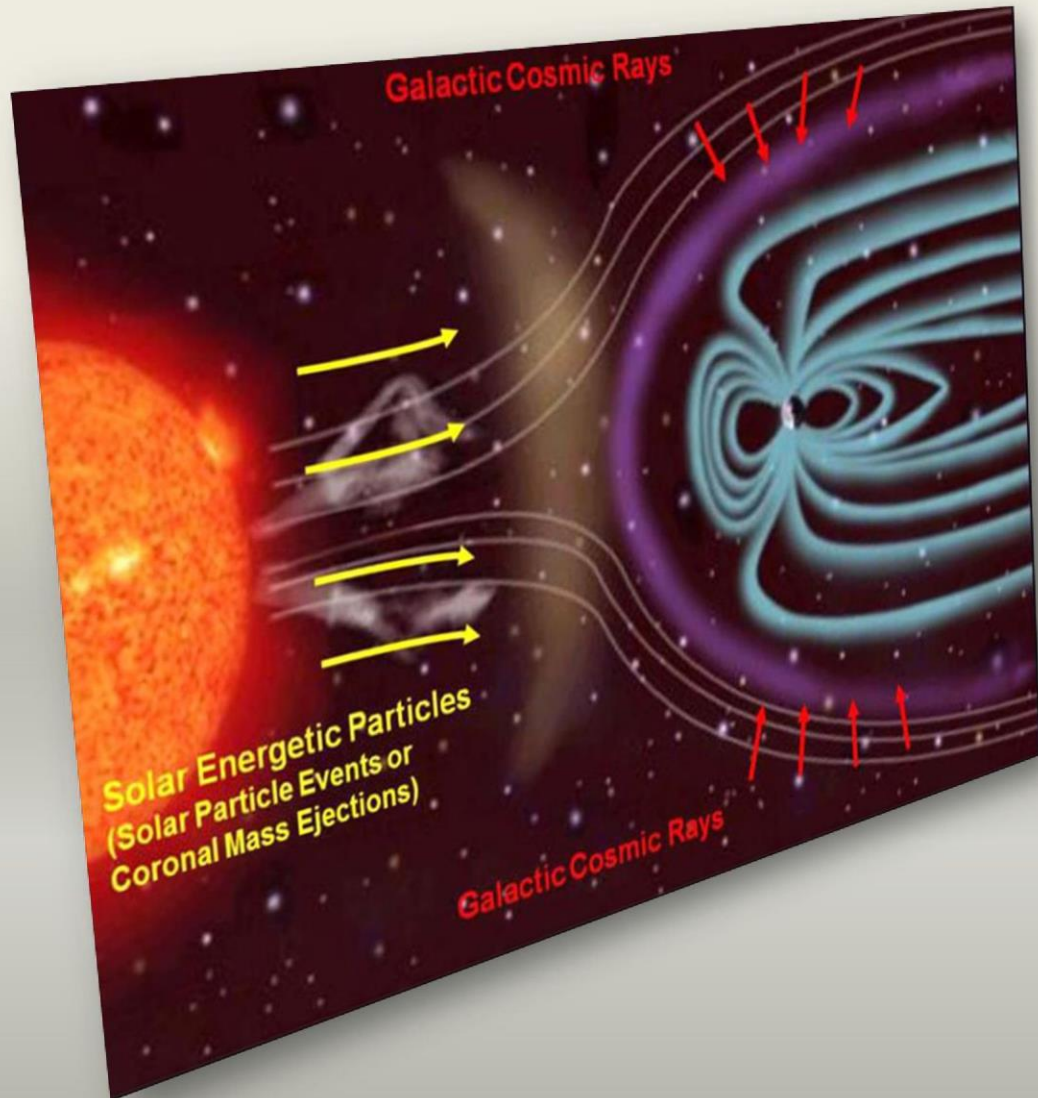


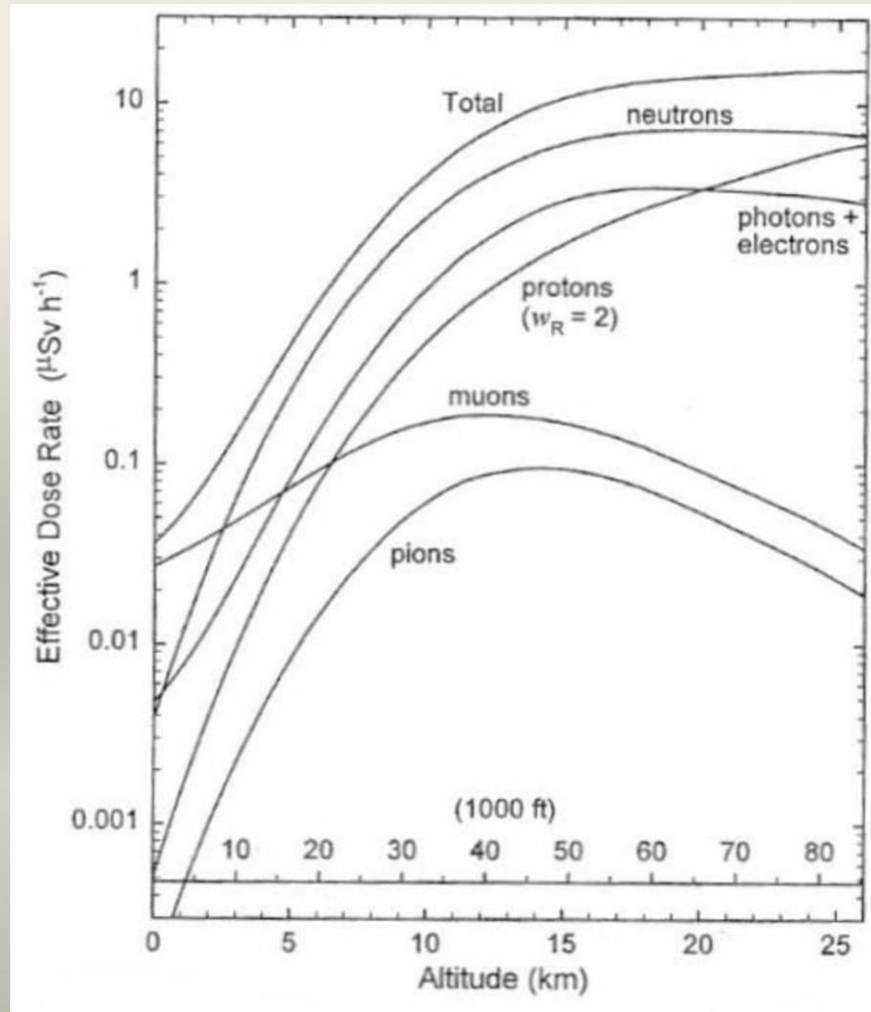
Image: NASA/JPL-Caltech/SwRI -
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/jpeg/PIA16938.jpg>

- Život na zemlji je od GCR zaštićen atmosferom.
- Masena debljina vazduha iznad date nadmorske visine - atmosferska dubina, i proporcionalan je pritisku vazduha u toj tački. Ova zaštita se smanjuje približno eksponencijalno sa povećanjem nadmorske visine.
- Naelektrisane čestice kosmičkog zračenja gube energiju pri prodiranju kroz atmosferu jonizacijom atoma i molekula vazduha (oslobađajući elektrone).

Blettner M, Zeeb H, Auvinen A, et al. Mortality from cancer and other causes among male cockpit crew in Europe. Int J

Faktori koji doprinose nivou GCR –a

-Nadmorska visina-



Bagshaw M. Cosmic radiation in commercial aviation, Travel Medicine and Infectious Disease 6(3):125-7

GCR raste sa nadmorskom visinom za približno 15% za svako povećanje za oko 2.000 ft

Na atmosferskoj dubini od 58 g/cm² (65.000 feet-a, 19,8 km):

- primarni fluks protona se ↓ na 1/2 upadnog fluksa
- fluks alfa čestica (helijumov jon) ↓ na 1/4
- fluks teških jona na oko ↓ 3%

Ukupna efektivna doza **na 30.000 ft približno 90 puta veća u odnosu na nivo mora** i povećava se za faktor 2 između 30.000 feet-a i 40.000 feet-a, a za drugi faktor 2 između 40.000 feet-a i 65.000 feet-a.

Goldhagen P. Overview of aircraft radiation exposure and recent ER-2 measurements. Health Physics 79(5):526-544; 2000

Merenje doza kosmičkog zračenja

- Astronauti
- Putnici u svemiru
 - Richard Bransonm, Virgin Galactic Holdings Inc, 11. jul 2021. godine,
 - Jeff Bezos, Blue Origin, 20. jul 2021. godine,
 - Jared Isaacman, SpaceX, 15. septembar 2021. godine

Izloženi su jonizujućem zračenju koje se po intezitetu i kvalitetu razlikuje od izloženosti letačkih i kabinskih posada i putnika

Primljene doze kosmičkog zračenja

Apsorbovana doza (ΔE koju zračenje predaje Δm)



Ekvivalentna doza (H) (apsorbovana doza korigovana za različit radijaciono težinski faktorom (različit LET))



Efektivna doza (EF) - Sva tkiva misu jednako radiosenzitivna, te je uveden pojam koja povezuje ekvivalentnu

Efektivna doza nije direktno merljiva, te na isti način kakao se lični ekvivalent doze koristi za procenu efektivne doze zračenja radnika, ambijentalni dozni ekvivalent kosmičkog zračenja može se koristiti za izračunavanje efektivne doze kosmičkog zračenja.

Srednje ambijentalne ekvivalentne doze za operacije na severnoj hemisferi:

- Concorde: 12 -15 μSv na sat
- Na dugim relacijama: 4-5 μSv na sat
- Na kratkim relacijama: 1-3 μSv na sat

Godišnja doza kosmičkog zračenja posade vazduhoplova je relativno nizak nivo izloženosti, pri čemu maksimum ne može biti veći od 2 ili 3 puta na godišnjem nivou od izloženosti zračenju na nivou tla

Zdravstveni rizici od kosmičkog zračenja

Biološki efekti zračenja klasifikuju se kao stohastički ili nestohastički:

- U stohastičkom efektu, verovatnoća da će se efekat pojaviti je u funkciji doze, bez praga (npr. rak ili genetsko oštećenje), a može nastati usled oštećenja jedne ćelije.
- Za nestohastički efekat, verovatnoća da će se efekat pojaviti je u funkciji doze, a može postojati i prag (npr. eritem kože ili razvoj katarakte).

Studije

Veću incidencu pojave malignoma - Zeeb H, Blettner M, Langner I, et al. Mortality from cancer and other causes among airline cabin attendants in Europe: A collaborative study in eight countries. Am J Epidemiol; 158: 35-46. 2003

Profesionalni faktori rizika imali ograničen uticaj na nalaze pojave malignoma

28.000 članova letačkog osoblja sa 547.564 osoba-godina - Blettner M, Zeeb H, Auvinen A, et al. Mortality from cancer and other causes among male cockpit crew in Europe. Int J Cancer: 106: 946-952. 2003

10.211 pilota sa 177.000 osoba-godina - Pukkala E, Aspholm R, Auvinen A, et al. Cancer incidence among 10,211 airline pilots: a Nordic study. Aviat Space Environ Med; 74(7): 699-706. 2003

Mortalitet i morbiditet od svih karcinoma bio blago smanjen kod članova kabinskih posada

44.000 sa 655.000 osoba-godina praćenja - Zeeb H, Blettner M, Langner I, et al. Mortality from cancer and other causes among airline cabin attendants in Europe: A collaborative study in eight countries. Am J Epidemiol; 158: 35-46. 2003

Merenje doza kosmičkog zračenja

- Preporuke ICRP-a (International Commission on Radiological Protection) iz 1991. zahtevaju da se izloženost kosmičkom zračenju članova letaćkih posada treba proceniti i zabeležiti.
Lantos P, Fuller N, Bottollier-Depois JF. Methods for estimating radiation doses received by commercial aircrew. Aviat Space Environ Med; 74(7): 746-752. 2003
- Concorde je leteo na nadmorskoj visini od oko 18 km (59 000 ft).
- Concorde je bio jedini komercijalni avion opremljen radijacijom dozimetrima. Troškovi za instalaciju, kalibraciju i održavanje takve opreme kod podzvučnih aviona nije opravdana.
Preston FS. Eight years of Concorde operations: medical aspects. J R Soc Med; 78: 193. 1985
- Uvođenje aviona kao što su Boeing 747, Boeing 777, Boeing 787 Dreamliner , zatim Airbus A330 i A340, A350, dovelo je do razvoja dugih letova (ultra-long-haul flights) do 18 sati sa potencijalom za još duže vreme leta.

Merenje doza kosmičkog zračenja

- GCR može se meriti aktivno ili pasivno. Mnogi detektori tačno mere samo jednu vrstu zračenja i obično samo za ograničen raspon energije
- Aktivna dozimetrija može biti zasnovana na Geiger-Mullerovim brojačima (gama zračenje), brojači bor trifluorida (neutroni)
- Pasivna, kao Termoluminiscentni dozimetri (TLD) reaguju na X i gama zračenje, a manje na naelektrisanje čestice (elektroni, protoni, mioni itd.). Osetljivost je niska, te bi se morali nositi nekoliko puta po sektorima kako bi značajni podaci postali dostupni.
- Logistički troškovi izdavanja, praćenja i obrade više hiljada bedževa unutar poslovanja komercijalnih avioprevoznika nisu prihvatljivi

Merenje doza kosmičkog zračenja

- Najčešće korišćeni program je CARI-6, koji je razvila američka Savezna agencija za civilno vazduhoplovstvo (Federal Aviation Administration - FAA) transportnom kodu LUIN –a
- CARI-6 program je potvrđen merenjima u letu preporučen od strane međunarodnih organizacija EURADOS Working Group, kao i FAA
- Utvrđeno je da su tačni sa greškom od oko 7% do 20%.

EURADOS Working Group 11, Eurados Report 1996-01. The radiation exposure and monitoring of aircrew. European Commission Publication: Radiation Protection 85. Luxembourg, EC. 1996

Wilson JW, Nealy JE, Cucinotta FA, Shinn JL, Hajnal F, Reginatto M, Goldhagen P. Radiation safety aspects of commercial high-speed flight transportation. Springfield, VA: National Technical Information Service; NASA Technical Paper 3524; 1995

Ovi računarski programi omogućavaju aviokompanijama da u skladu sa preporukama ICRP-a prate izloženost zračenju.

Merenje doza kosmičkog zračenja

- Verzija CARI-6 je slobodno dostupna interaktivno na Internetu, a takođe dostupna za preuzimanje je napredna verzija, koja omogućava korisniku da skladištiti i obrađuje više letova i izračunati doze prema specifičnim lokacijama koje definiše korisnik u atmosferi.

Drugi programski modeli

- EPCARD, razvijen je od Evropske komisije. Ovo se zasniva na transportnom kodu FLUKA.
- Program SIEVERT (Systeme d'Information et d'Evaluation par Vol de l'Exposition au Raonnement cosmique dans les Transport aeriens) je razvijen odFransuskih civilnih vazduhoplovnih vlasti (French Aviation Administration - DGAC)
- Kanadski program poznat je kao PCAIRE.

CILJEVI ISTRAŽIVANJA

- Utvrditi da li članovi posada, obzirom na veličinu flote u broj letova i broj radnih sati, imaju nivo izlaganja veći od 1mSv godišnje, što bih ih svrstalo u profesionalno izložena lica jonizujućim zračenjima u skladu sa Pravilniku o granicama izlaganja jonizujućim zračenjima i merenjima radi procene nivoa izlaganja jonizujućim zračenjima
- Izvršiti procenu i poređenje programskog modela sa merenjima dobijenim preko termoluminescentnih dozimetara koje je sprovela ovlašćena institucije za merenja procene nivoa izlaganja jonizujućim zračenjima profesionalno izloženih lica, pacijenata i stanovništva.

MATERIJAL I METODE

Opšte prihvaćen pristup u proceni izlaganja posada na komercijalnim letovima je da se prvo proceni efektivna doza koristeći se programskim modelima

O'Brien K. LUIN, a code for the calculation of cosmic ray propagation in the atmosphere. EML-338. New York: Environmental Measures Laboratory, 1978

Lantos P, Fuller N, Bottollier-Depois JF. Methods for estimating radiation doses received by commercial aircrew. Aviat Space Environ Med; 74(7): 746-752. 2003

Lewis BJ, Bennett LG, Green AR, McCall MJ, et al. Galactic and solar radiation exposure to aircrew during a solar cycle. Radiat Prot Dosim; 102(3): 207-27 2002

MATERIJAL I METODE

Opšte prihvaćen pristup u proceni izlaganja posada na komercijalnim letovima je da se prvo proceni efektivna doza koristeći se programskim modelima

O'Brien K. LUIN, a code for the calculation of cosmic ray propagation in the atmosphere. EML-338. New York: Environmental Measures Laboratory, 1978

Lantos P, Fuller N, Bottollier-Depois JF. Methods for estimating radiation doses received by commercial aircrew. Aviat Space Environ Med; 74(7): 746-752. 2003

Lewis BJ, Bennett LG, Green AR, McCall MJ, et al. Galactic and solar radiation exposure to aircrew during a solar cycle. Radiat Prot Dosim; 102(3): 207-27 2002

MATERIJAL I METODE

Programski modeli

- Retrospektivna studija
- Vreme: godina poslednjeg solarnog maksimuma (2014.), i godina poslednjeg solarnog minimuma (2019.)
- Analizirani su:
 - Letovi ka 26 evropske destinacije (letovi do 3,5 sata)
 - Let ka Aerodromu JFK, New York, USA, (longhoul flight)
- Ispitanici: 50 članova letačkog i kabinskog osoblja
- Vazduhoplovi: 19

MATERIJAL I METODE

Programski modeli

- Kompjuterski program CARI-6 razvijen u FAA-u (Federal Aviation Administration)
- CARI - 6 je **potvrđen merenjima u letu**
- Peporučen od strane međunarodnih organizacija EURADOS-a, kao i FAA-a
- Program CARI-6 koristi kodove LUIN99 i LUIN2000 koji se koriste za generisanje baza podataka na koje se poziva CARI-6 (doze zračenja, fluks čestica i heliocentrične potencijale).
- Ovi kodovi su **opsežno testirani u odnosu na merenja.**

- EURADOS Working Group 11, Eurados Report 1996-01. The radiation exposure and monitoring of aircrew. European Commission Publication: Radiation Protection 85. Luxembourg, EC. 1996
- L. Lindborg, D. T. Bartlett, P. Beck, I. R. McAulay, K. Schnuer, Exposure of Aircraft Crew, EURADOS Report 2004, ISBN 92-894-8448-9
- CARI-6 software http://www.faa.gov/data_research/research/ed_humanfacs/aeromedical/radiobiology/cari6. Web application: <http://jag.cami.jccbi.gov/cariprofile.asp>;

MATERIJAL I METODE

Programski modeli

- Odstupanja od najkraćeg puta do 300 kilometara imaju vrlo mali uticaj na dozu leta.
- Pri proračunima se može uzeti pretpostavka da se posada jednako izlaže kosmičkom zračenju pri odlasku i povratku na istoj liniji leta. Iako ovo u praksi nije slučaj, mala su odstupanja u planiranju rute, tako daje ova aproksimacija opravdana.

Lantos P, Fuller N, Bottollier-Depois JF. Methods for estimating radiation doses received by commercial aircrew. Aviat Space Environ Med; 74(7): 746-752. 2003

Bagshaw M. Cosmic radiation measurements in airline service. Radiat. Prot. Dosim.; 86(4): 33-33. 1999

MATERIJAL I METODE

Programski modeli

Za izračunavanje doze efektivne doze GCR-a, program uzmima u obzir sledeće podatke i parametre:

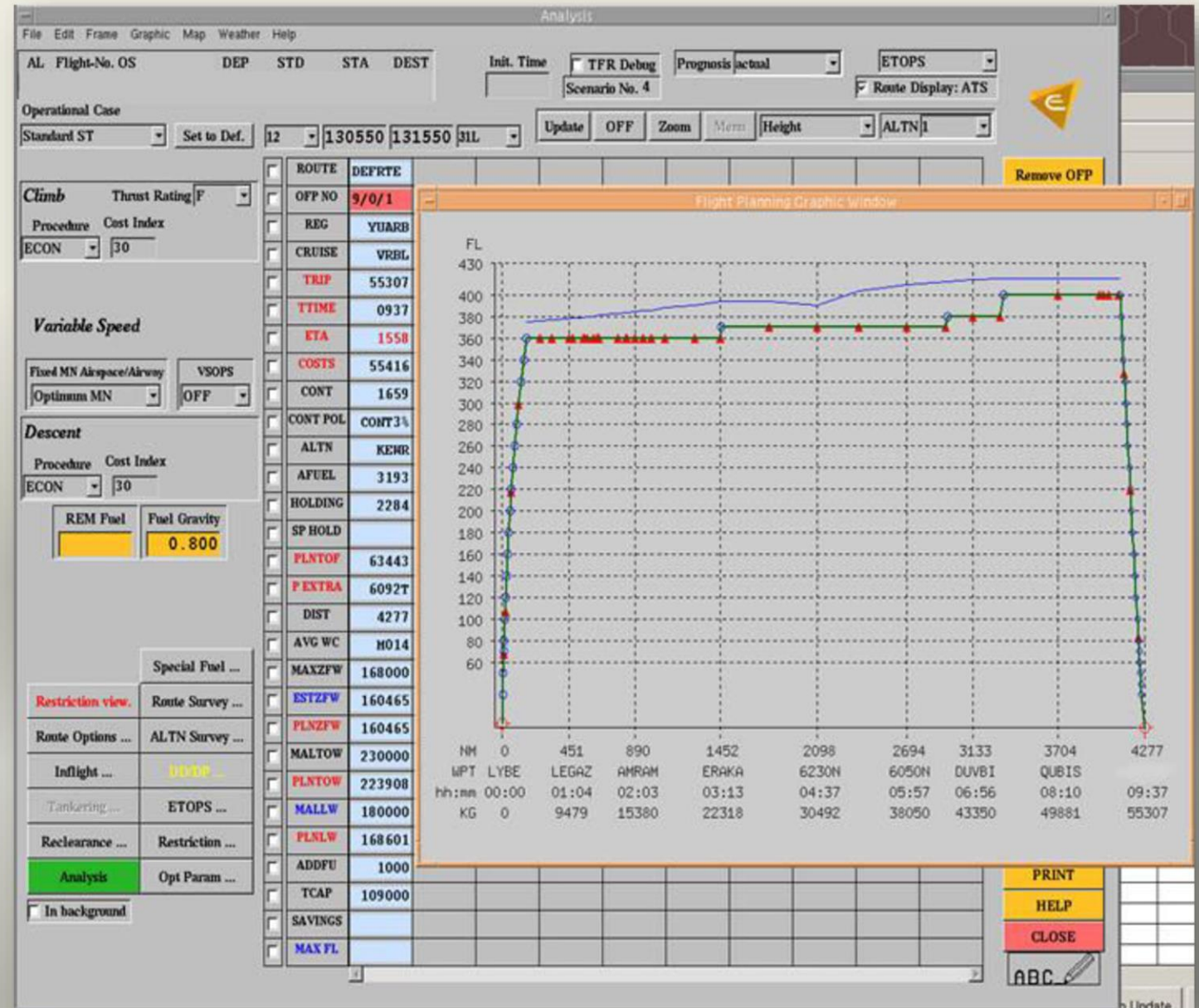
- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• geografske koordinate polaznih i odredišnih aerodroma• datum i vreme leta ili prosečna izloženost za određenu godinu• vreme postizanja potrebne visine (TOC - time of climb)• vremena provedenog na određenoj visini leta• vreme do sletanja (time of descent – TOD). | <ul style="list-style-type: none">• najkraću putanju rute• zemljino magnetsko polje• heliocentrični potencijal, za izračunavanje solarne aktivnosti• kvalitet polja zračenja kroz koje leti vazduhoplov• geografska dužina i širina svih tačaka putanje vazduhoplova |
|---|--|

MATERIJAL I METODE

Programski modeli

Iz programa LIDO (Lido Flight algorithm), od ovlašćenih lica Air Serbia zaduženih za planiranje letova (Flight Planing), dobijeni su parametri za letove:

- Vreme poletanja i vreme sletanja – trajanje leta
- Vreme postizanja potrebne visine (TOC - time of climb)
- Vremena provedenog na određenoj visini leta
- Vreme do sletanja (time of descent – TOD)



MATERIJAL I METODE

Merenja termoluminescentnim dozimetrima

- Za procenu i poređenje sa merenjima dobijenim preko TLD-a , uzet je Izveštaj Br.: 532-01-00753-2018-02 Javnog preduzeća Nuklearni objekti Srbije, koje ima Rešenje o ovlašćenju za merenja procene nivoa izlaganja jonizjućim zračenjima profesionalno izloženih lica, pacijenata i stanovništva, Agencije za zaštitu od jonizujućeg zračenja i nuklearku sigurnost Srbije.
- Izveštaj se je odnosio na deset destinacija i na deset članova posada.
- Analizirani su:
 - Letovi ka 9 evropske destinacije (letovi do 3,5 sata)
 - Let ka Aerodromu JFK, New York, USA, (longhoul flight)
 - Prirodni fon zračenja na zemlji

MATERIJAL I METODE

Merenja termoluminescentnim dozimetrima

Sprovedena su merenja ambijentalnih ($N^*(10)$) i ličnih ($NP(10)$) ekvivalenata doze, na određenim letovima i za određene članove posada.

Merenja su sprovedena termoluminescentnim (TL) dozimetrima u periodu od 15.03.2017. do 16.04.2017. godine.

Za potrebe merenja korišćeni su termoluminescentni (TL) dozimetri LiF:Mg,Ti (materijal: litijum-fluorid dopiran magnezijumom i titanijumom), tipa MTS-n.

Isključenja	Broj ispitanika/objekata merenja
Prolazak kroz aerodromske kontrole putnika i prtljaga	1 ispitanik
Prijavljeni gubitak TLD-a	1 ispitanik
Rotacija vazduhoplova na destinaciju koja nije predmet posmatranja	2 vazduhoplova

MATERIJAL I METODE

Merenja termoluminescentnim dozimetrima

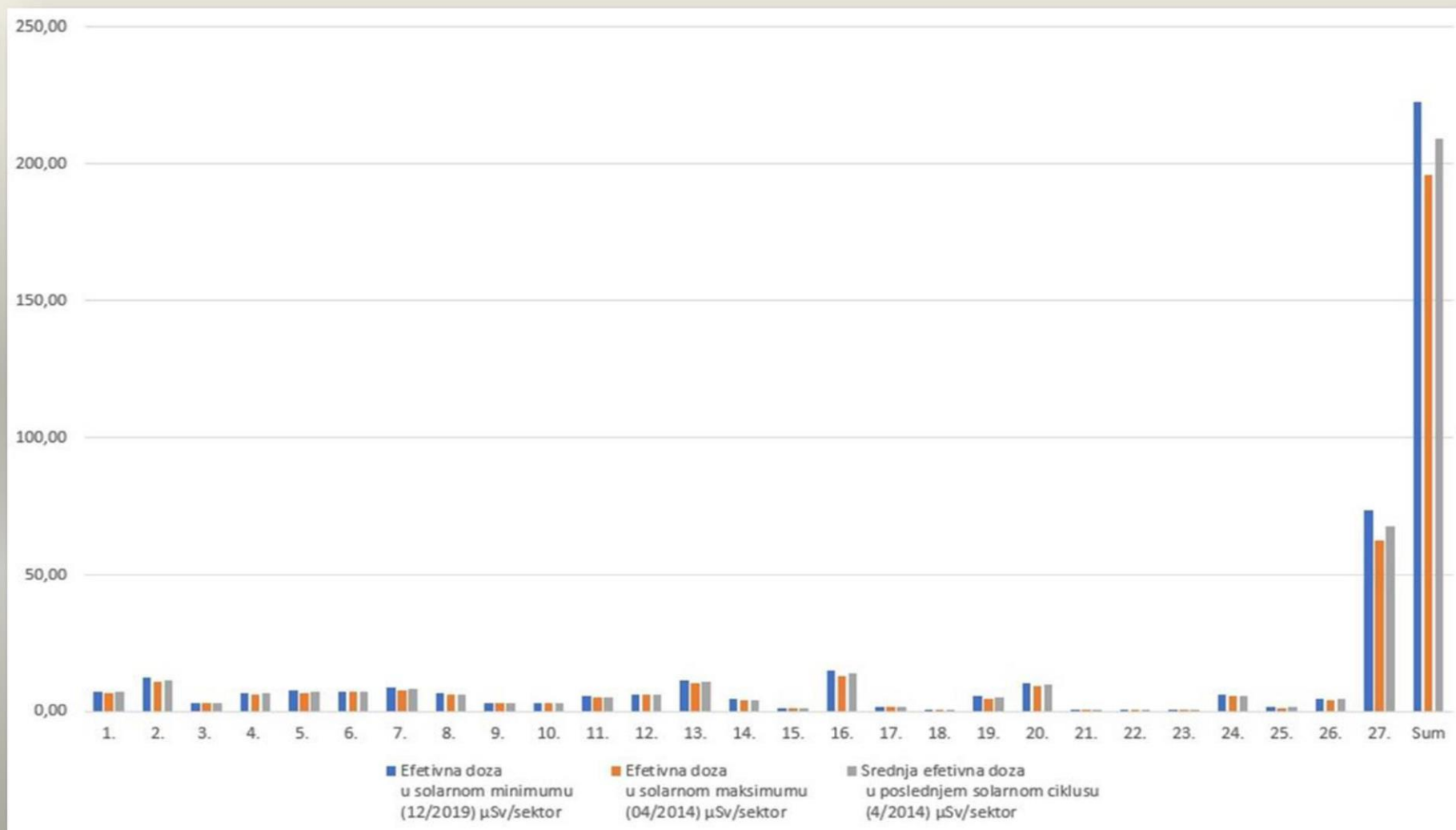
Kako su merenja rađena u pomenutom periodu mart-april 2017. godine u kom se solarna aktivnost bliži minimumu rezultati merenja upoređeni sa procenjenom efektivnom dozom u solarnom minimumu.

Tokom perioda merenja osoblje zaduženo za dozimetre je vodilo računa da dozimetri ne budu dodatno izloženi rendgenskom zračenju prilikom prolaska kroz uređaje za kontrolu prtljaga i robe.

Dozimetri za merenje **prirodnog fona**

REZULTATI

Procenjene efektivne doze na odgovarajućim letovima dobijenih proračunom u programskom paketu CARI-6 u godini sa solarnim minimumom (12/2019), solarnim maksimumom (04/2014), kao i srednja efektivna doza u posljednjem solarnom ciklusu



REZULTATI

Uporedne vrednosti za solarni minimum i solarni maksimum za ID 1-50

CREW ID	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8	ID9	ID10	ID11	ID12	ID13	ID14	ID15
EFEKTIVNA DOZA NA SOLARNOM MAKSIMUMU U μSv	1832,68	1798	1787,34	1842,14	2140,21	1681,3	1746,38	1594,58	1689,6	1646,38	1875,36	1835,36	1790,4	1820,5	1843,52
EFEKTIVNA DOZA NA SOLARNOM MINIMUMU U μSv	2099,72	2064,08	2060,24	2098,76	2143,41	1932,46	2010,4	1842,92	1949,1	1905,02	2175,24	2127,84	2084,8	2089,7	2110,18

CREW ID	ID16	ID17	ID18	ID19	ID20	ID21	ID22	ID23	ID24	ID25	ID26	ID27	ID28	ID29	ID30
EFEKTIVNA DOZA NA SOLARNOM MAKSIMUMU U μSv	1913,14	1869,84	1754,38	1940,42	1951,76	1896,58	1921,54	1882,42	1819,22	1876,04	1770,92	1885,96	1902,76	1909,32	1853,18
EFEKTIVNA DOZA NA SOLARNOM MINIMUMU U μSv	2201,46	2147,56	2012,94	2229,72	2249,64	2163,42	2199,2	2152,9	2087,78	2158,16	2020,1	2176,72	2193,68	2192,6	2112,22

CREW ID	ID31	ID32	ID33	ID34	ID35	ID36	ID37	ID38	ID39	ID40	ID41	ID42	ID43	ID44	ID45	ID46	ID47	ID48	ID49	ID50
EFEKTIVNA DOZA NA SOLARNOM MAKSIMUMU U μSv	1929,2	1769,58	1930,5	1788,94	1815,8	1914,7	1877,74	1819,52	1800,4	1837,26	1725,58	1687,14	1988,42	1864,5	1883,1	1811	1672,8	1827,42	1840,5	1858,36
EFEKTIVNA DOZA NA SOLARNOM MINIMUMU U μSv	2224,52	2024,62	2199,3	2057,02	2074,4	2186,5	2155,36	2082,26	2074	2095,02	1970,04	1946,9	2274,26	2130,9	2149,28	2084,76	1909,4	2104,58	2103,5	2132

REZULTATI

Izveštaj o ispitivanju nivoa izlaganja jonizujućim zračenjima TLD

Veličine koje se mere TL dozimetrima su lični ekvivalent doze - $H_p(10)$ i ambijentalni ekvivalent doze - $N^*(10)$

Rezultati merenja u Izveštaju su korigovani dodatno faktorom $f=1/(1-0,45)=1,82$ da bi se dobio ekvivalent doze sa uračunatim doprinosom od neutronskega zračenja (koji je oko 40% do 50% na visinama od 10 km).

Da bi ove veličine (rezultati merenja) mogle da budu upoređene sa procenjenom efektivnom dozom potrebno je da se konvertuju iz ličnog ili ambijentalnog ekvivalenta doze u efektivnu dozu primenom odgovarajućih konverzionih faktora. Faktor konverzije ličnog i ambijentalnog ekvivalenta u efektivnu dozu i faktor konverzije ličnog ekvivalenta doze u efektivnu dozu: $f \cdot f_1 = 2,2$

REZULTATI

Rezultati izračunate **efektivne doze**
na odabranim letovima

Rezultati izračunate **efektivne doze** u
odabranih članova posada

$$\frac{[\text{Rezultati merenja}] \times [f = 1 / (1 - 0,45) = 1,82 \text{ (uračunato neutronsko zračenje)}] \times [f \cdot f_1 = 2,2 \text{ (Faktor konverzije ekvivalente u efektivnu)}]}{\text{broj letova}}$$



$$\frac{[\text{procenjena efektivna doza u } \mu\text{Sv} - \text{izračunata efektivna doza u } \mu\text{Sv}]}{\text{procenjena efektivna doza u } \mu\text{Sv}} = \text{relativno odstupanje u \%}$$

DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

Na osnovu merenja ambijentalnih ($N^*(10)$) i ličnih ($NP(10)$) ekvivalenata doze, može se zaključiti da rezultati proračunate efektivne doze na odabranim letovima kao i kod odabranih članova posada pokazuju da je odstupanje od prethodno procenjene efektivne doze prihvatljivo, uzevši u obzir njihovu mernu nesigurnost od 7% do 20%

Goldhagen P. Overview of aircraft radiation exposure and recent ER-2 measurements. Health Physics 79(5):526-544; 2000

Preston FS. Eight years of Concorde operations: medical aspects. J R Soc Med; 78: 193. 1985

Srednja vrednost svih relativnih odstupanja za ambijentalni efektivne doze na odabranim letovima je 8,44%.

Ovo praktično znači da bi se u proseku procenjene efektivne doze za ostale linije razlikovale od izračunatih merenjem TLD za oko 8,44%.

U slučaju merenja i procene lične efektivne doze, relativna odstupanja su u skoro svim slučajevima manja od oko 30%, a srednja vrednost svih relativnih odstupanja za lični ekvivalent doze je 12,6%.

Ovo praktično znači da bi u ostalim slučajevima individualnog nošenja TLD izračunata efektivna doza razlikovala od izračunate u proseku za oko 12,6%.

DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

- Izlaganje jonizujućim zračenjima posada se može proceniti na osnovu programskih modela koji uključuju podatke o letu (geografske koordinate polaznih i odredišnih aerodroma, datum i vreme leta ili prosečna izloženost za određenu godinu, TOC, TOD, vremena provedenog na određenoj visini leta)
- Može se smatrati da se vrednosti procenjenih efektivnih doza po letu dati u programskom modelu nivoa izlaganja prirodnim izvorima zračenja posada na letovima u kompaniji Air Serbia mogu uzeti u obzir prilikom daljeg planiranja procene nivoa izlaganja pojedinih članova posada

DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

Letačko i kabinsko osoblje aviokompanije Air Serbia preima Pravilniku o granicama izlaganja jonizujućim zračenjima i merenjima radi procene nivoa izlaganja jonizujućim zračenjima **predstavlja profesionalno izloženo osoblje**

Preporuke

- Potrebno je izvršiti proveru ovih procenjenih vrednosti uvođenjem većeg broj ličnih i ambijentalnih TLD radi merenja ambijentalnih ($N^*(10)$) i ličnih ($N_p(10)$) ekvivalenata doze.
- Za smanjenje efektivne doze ispod granice propisane pomenutim pravilnikom, može se preporučiti optimizacija planiranog rasporeda letenja, duži godišnji odmor i uvođenje benificiarog radnog staža za sve članove posada.

OGRANIČENJA STUDIJE

- Pri analizi rezultata merenja i poređenja sa procenjenim vrednostima nivoa izlaganja treba imati u vidu relativno kratko vreme izlaganja dozimetara (mesec dana).
- Mali broj termoluminescentnih dozimetara (65)

Poremećaji zdravlja – pilot studija

- Posmatrane su pojave promene na mladežima displazije ili hiruruško uklanjanje mladeža iz tih razloga, a na osnovu pregleda elektronskih kartona filtriranjem baze podataka interne aplikacije Medical SW 1.1
- Kao kontrolna grupa, uzeti su zaposleni na poslovima agenta zemaljske opsuluge putnika i prtljaga na aerodromu (zemaljski stjuart/stjuardesa)

Eliminisanje pridruženih faktora – isključenja iz studije

- Pozitivna lična ili porodična anamneza o melanomu
- Izloženost jonizujućem zračenju u dijagnostičke ili terpijske svrhe
- Uklanjanje nevusa iz estetskih razloga

Statističkom programu IBM® SPSS® 21 for Students. Korišćena je Hi-kvadrat test za nezavisne uzorke.

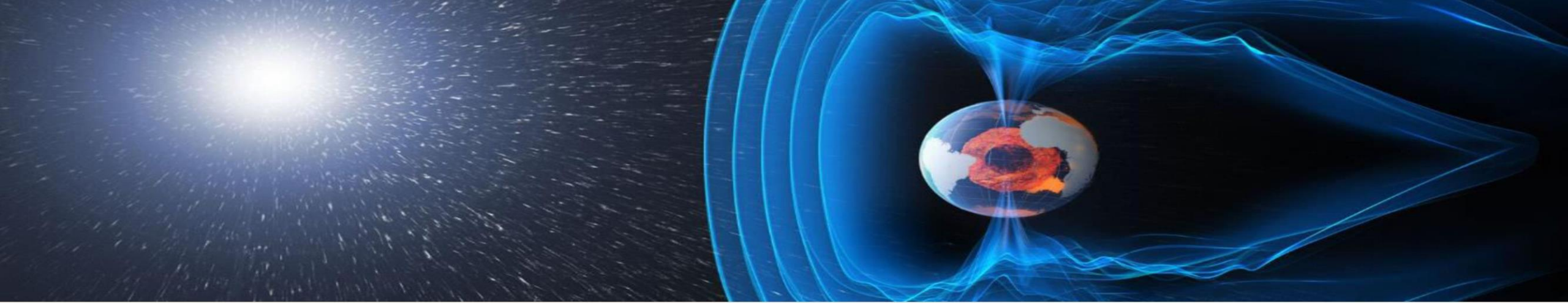
Poremećaji zdravlja – pilot studija

Distribucija zaposlenih prema radnom mestu. Karakteristike grupa.

Radno mesto	N
Kapetan vazduhoplova	5
Prvi oficir vazduhoplova	5
Vođa kabinskog osoblja	10
Kabinsko osoblje	30
Osoblje zemaljske opsulge putnika i prtljaga na aerodromu	40

Ispitanici	N	Muški pol	Ženski pol	Prosečna starost	Max	Min	Poremećaj zdravlja
Letkačko i kabinsko osoblje	50	20	30	30.33 ± 2,76	36	19	5
Osoblje zemaljske opsulge putnika i prtljaga na aerodromu	40	15	25	32.23 ± 4.51	38	20	6

Nije dobijena statistički značajna razlika u posmatranim obeležjima posmatranje (χ^2 test $p > 0.05$)



**AME obuka za obnavljanje znanja iz zrakoplovne medicine
ZAGREB, 2022**

PITANJA

Spec. dr med. Dejan Stojilković, Spec. dr med. Nadežda Petrovski, Mr sci. med. Zvonko Sundrić