

BIOLOŠKI EFEKTI JONIZUJUĆIH ZRAČENJA I ZAŠTITA

1. Biološki efekti

2. Rizik i procena rizika

3. Generalni principi zaštite od zračenja

4. Veličine uvedene za potrebe zaštite od zračenja

5. Granice doza

6. Zakonska regulativa

7. Evropske direktive

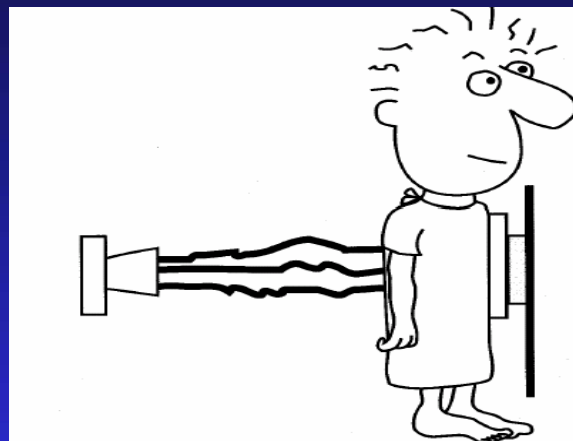
8. Incident/akcident

IZLAGANJE JONIZUJUĆEM ZRAČENJU

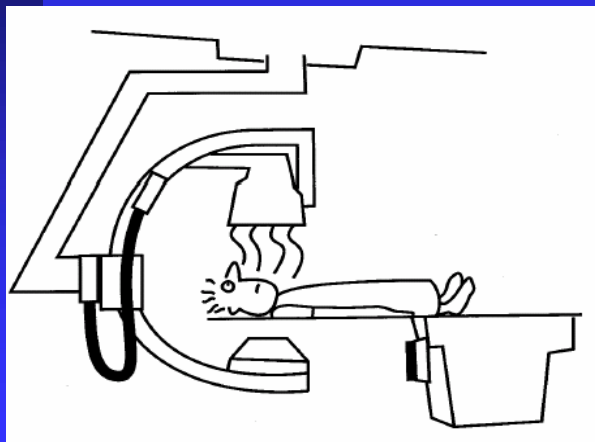
1) Hronično izlaganje celog tela niskim dozama



2) Akutno izlaganje delova tela niskim dozama



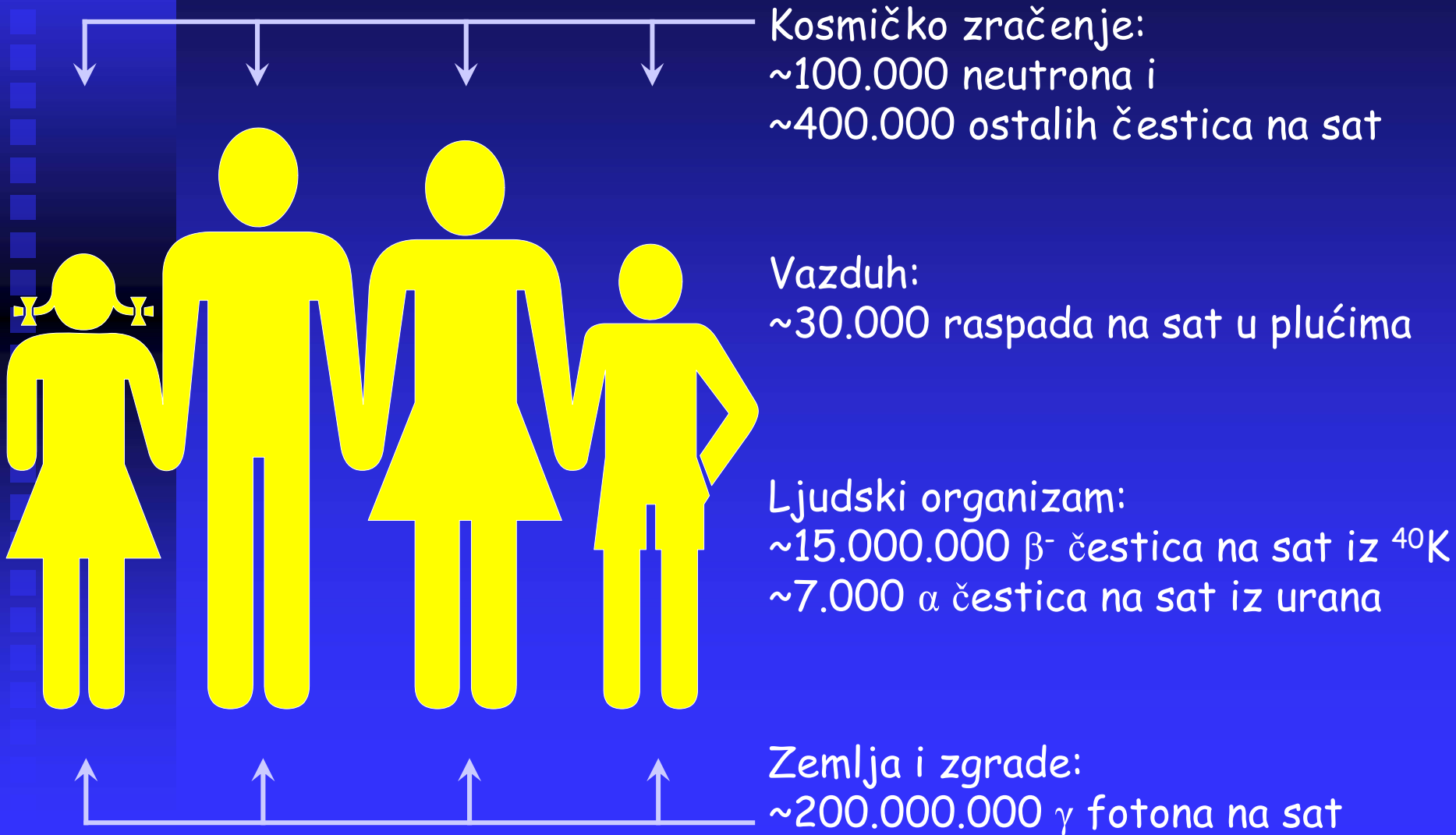
3) Akutno izlaganje delova tela visokim dozama



4) Akutno izlaganje celog tela visokim dozama



Jonizujuće zračenje od kojeg se ne možemo zaštititi



Dr. Abram Petkau (1972.): NE POSTOJI DOZA ZRAČENJA KOJA JE POTPUNO BEZBEDNA PETKAU EFEKAT

NULTA DOZA NE POSTOJI PA NE POSTOJI NI NULTA VEROVATNOĆA NASTANKA RADIJACIONE ŠTETE

Jonizujuće zračenje deluje na tkiva na ćelijskom nivou kidanjem hemijskih veza i menjanjem strukture molekula.

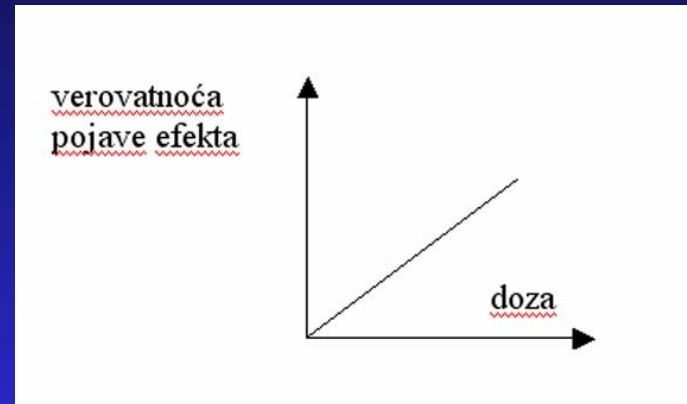
Faktori koji determinišu biološke efekte:

- Jačina doze
- Ukupna primljena doza
- Energija zračenja
- Površina tela izložena zračenju
- Radiosenzitivnost ćelije
- Individualna radiosenzitivnost

EFEKTI IZLAGANJA ZRAČENJU

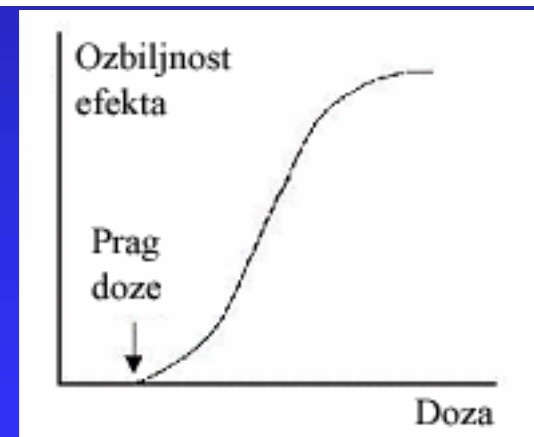
Stohastički

karcinomi,
genetske promene budućih generacija



Deterministički

eritem kože, trajni ili privremeni
sterilitet i katarakta



ICRP 60 (1990): { SOMATSKI: stohastički ili deterministički
HEREDITARNI (nasledni): stohastički

Efekat zračenja na ćeliju

Kao rezultat ozračivanja ćelija može da:

- 1) **Prođe bez ozleda** (sačuvana reproduktivna sposobnost)
- 2) **Sama se reparira:** (oštećenje ćelije nema efekta na organizam)
- 3) **Mutira** (uticaj na genetsko kodiranje ili DNK)
- 4) **umre** (letalne ozlede, gubitak reproduktivne sposobnosti)

Rezime: Šta zračenje može
da izazove?

Smrt

Kancer

Opekotine

Kataraktu

Neplodnost

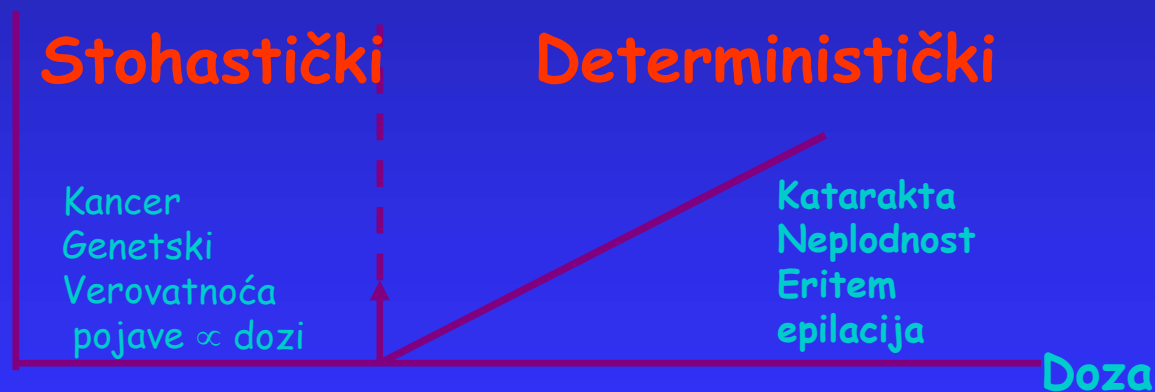
Genetske efekte

EFEKTI DEJSTVA JONIZUJUĆEG ZRAČENJA - Rezime

Deterministički: smrt, opekotine, katarakta,
neplodnost

Stohastički: kancer, genetski efekti

Efekat



500 mSv katarakta

150 mSv privremeni sterilitet

2500 mSv za jajnike, trajni

SOMATSKI EFEKTI

Javljaju se na ozračenoj osobi;

Utiču na somatske (nereproduktivne ćelije)

Efekti oštećenja mogu biti:

Rani: Radijaciona bolest (radijaciona povreda)

Kasni: Kancer

HEREDITARNI EFEKTI

Javljaju se na potomstvu ozračene osobe, od prve sledeće generacije (30)

Rizik od ozbiljnih hereditarnih efekata:

U prve dve generacije 1 % / 1 Sv ako je bilo ko od roditelja bio ozračen pre začeća

Genetički efekti se javljaju kod:

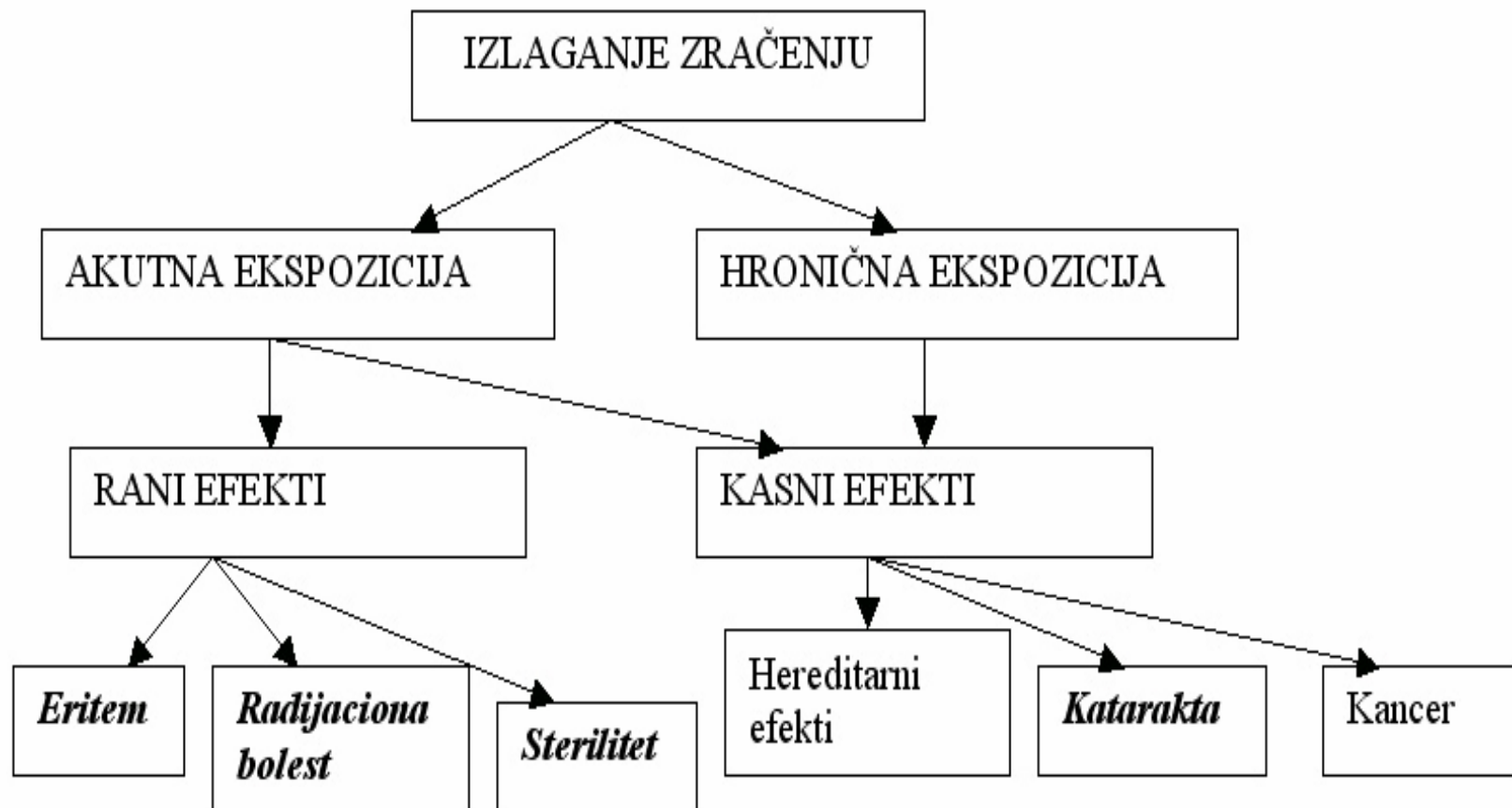
Oštećenja jajne ćelije u ovarijumu,

Oštećenja ćelija koje formiraju spermatozoide,

Mutacije genetskog materijala..

IZLAGANJE ZRAČENJU

Deterministički efekti su prikazani *bold-italik*



Prosečni godišnji ekvivalent doze za stanovništvo

Izvor doze	Doza (mSv)
Kosmičko zračenje	0,26
Prirodni radionuklidi u zemlji	0,29
Radon u zatvorenim prostorijama	2,00
^{40}K i ^{14}C u organizmu	0,40
Radioaktivne padavine	0,01
UKUPNO	2,96
Prosečan pušač	2,80
UKUPNO PUŠAČI	5,76



ZAŠTITA OD ZRAČENJA

Korist mora biti najmanje jednaka ili veća od štete



Šteta je oblast delatnosti zaštite od zračenja,
ali je *korist* stvar poslovne politike

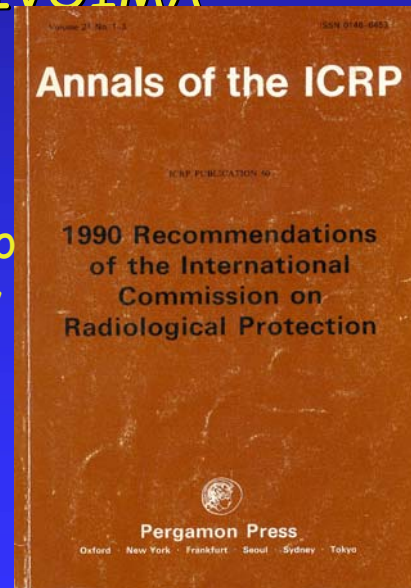
PREDMET ZAŠTITE OD ZRAČENJA

- PREVENCIJA determinističkih efekata
- LIMITIRANJE verovatnoće nastanka stohastičkih efekata
- POTREBA ZA ZAŠTITOM POSTOJI NA SVIM NIVOIMA DOZA

Živimo sa
3 mSv/g

smrtonosno
4000 mSv

Da li postoji sigurna tačka,
ako ne kako se nositi sa problemom?



Opšti principi zaštite od zračenja

ALARA

As Low As Reasonably Achievable

Svi mogući napori treba da budu usmereni:

- da izlaganje jonizujućem zračenju bude što je moguće više ispod dozvoljene granice doze
- da se uzimaju u obzir tehnološki status i druga socio-ekonomska razmatranja
- da se uvek procenjuje dobrobit od proizvodnje i primene zračenja

Uspeh ALARA programa je u direktnoj vezi sa potpunim razumevanjem i praćenjem politike i procedura u zaštiti od zračenja

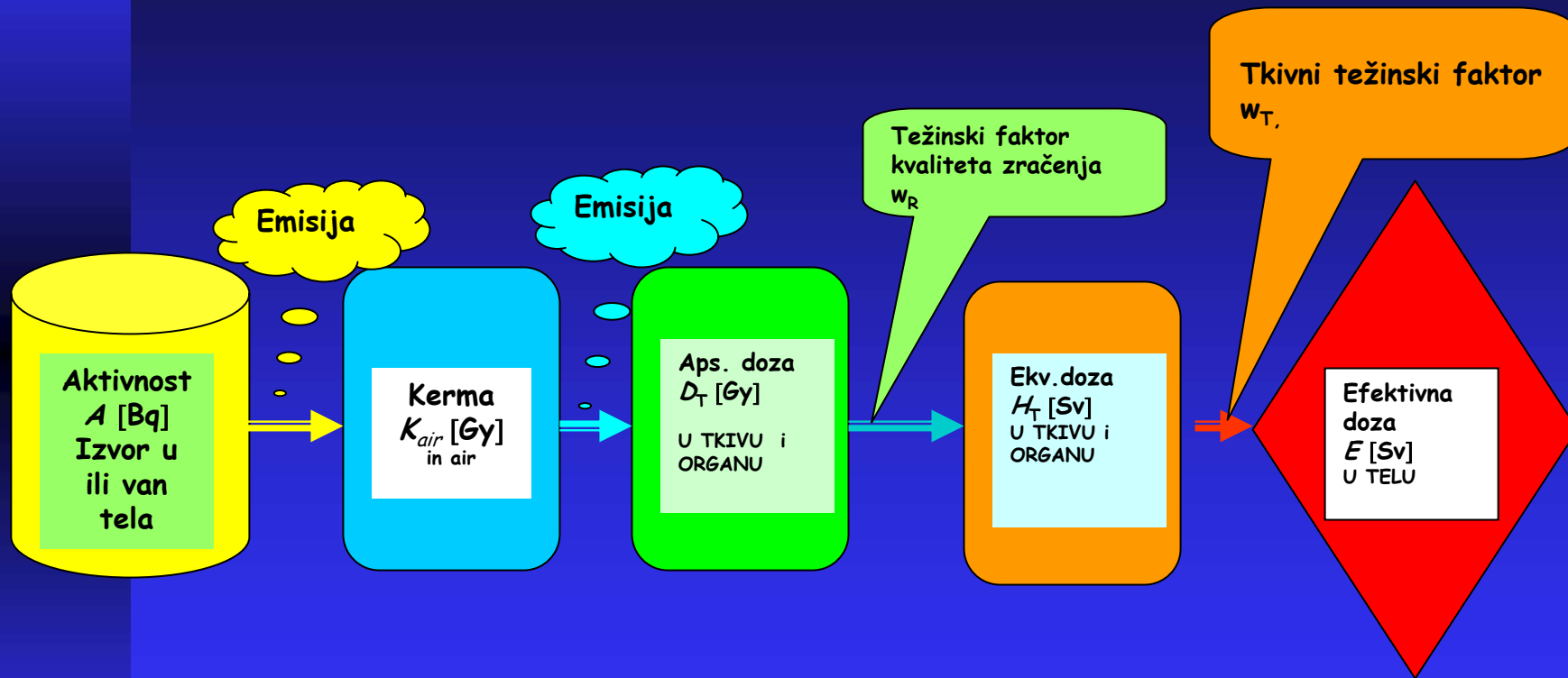
Komenatar na ALARA princip

- L ... šta je niska doza?
- R Šta je razumno ? Bazira se na proceni odnosa koristi i štete, zavisi i od ekonomskih i kulturoloških uslova

**NOVI PRISTUP: RAZVIJANJE KULTURE
ZAŠTITE (Edukacija, edukacija,
edukacija.....)**

OD IZVORA ZRAČENJA DO TELA

OD AKTIVNOSTI DO EFEKTIVNE DOZE



Aktivnost

Broj radioaktivnih raspada u jedinici vremena

SI jedinica: Bekerel (Becquerel)

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$$

KERMA

Akronim za: **K**inetic **E**nergy **R**elaxed per unit **MA**ss

Opisuje samo prenos energije ne vodeći računa šta se događa posle tog transfera

Nestohastička veličina primenljiva na indirektno jonizujuće zračenje (f, n)

$$K = \frac{d\bar{E}_{tr}}{dm} .$$

VELIČINA KOJA MOŽE DA SE MERI

Jedinica: Džul po kilogramu [J/kg]

Specijalni naziv: gray (Gy).

1 Gy = 1 J/kg = 1 m²·s⁻²

CEMA

Akronim: **C**onverted **E**nergy per unit **MA**ss

Nestohastička fizička veličina primenjljiva za direktno jonizujuće zračenje (naelektrisane čestice, e, p)

$$C = dE_c / dm$$

dE_c - energija koju naelektrisana čestica izgubi u sudarima u materijalu mase dm

Jedinica: Džul po kilogramu [J/kg]

Specijalni naziv: gray (Gy),

1 Gy = 1 J/kg

Apsorbovana doza (D)

Za razliku od kerme koja se definiše za vazduh, D se definiše za sve materijale

$$D = E/m$$

$$D = \frac{d\bar{\varepsilon}}{dm} \quad (\text{Unit : J/kg or Gy})$$

ICRU

$d\bar{\varepsilon}$ -srednja energija predata materiji
Mase dm

D se MOŽE meriti i realizovati etalonom

SI jedinica: Gray (Gy)

Ekvivalent doze (H_T) (Ekvivalentna doza)

Uzima u obzir biološke efekte različitih kvaliteta zračenja

Radijacioni težinski (W_R) 1-20

Usrednjena vrednost apsorbovane doze u tkivu (D)

$$H_T = W_R \times D$$

U mešovitom polju: $H_T = \sum_R W_R D_{T,R}$

SI jedinica: Sievert (Sv)

Veličine izvedene iz ekvivalentne doze

Lična dubinska ekvivalentna doza $H_p(10)$: Ekvivalentna doza u mekom tkivu na dubini od 10 mm ispod određene tačke na telu.

Lična površinska ekvivalentna doza $H_p(0,07)$: Ekvivalentna doza u mekom tkivu na dubini od 0,07 mm ispod određene tačke na telu

Ambijentna ekvivalentna doza $H^*(10)$: Ekvivalentna doza u tački polja zračenja u ICRU sferi na dubini 10 mm.

ICRU sfera: Sfera prečnika 30 cm gustine 1 g/cm^3
Sastav: 76,2 % O + 11,1 % C + 10,1 % H + 2,6 % N
(sastav ekvivalentan mekom tkivu).

Efektivna doza (E)

Parametar koji se odnosi na rizik, uzima u obzir relativnu *radioosetljivost* svakog organa i tkiva:

Zbir proizvoda ekvivalentne doze, H_T , u tkivu ili organu T i tkivnog težinskog faktora, w_T , po svim izloženim tkivima/organima tela, a u zavisnosti od kvaliteta zračenja R izražava se:

$$E = \sum_T w_T H_T = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R}$$

$D_{T,R}$ =apsorbovana doza jonizujućeg zračenja kvaliteta R u tkivu T

H_T =ekvivalentna doza tkiva ili organa T

w_T =tkivni težinski faktor za tkivo ili organ T

w_R =radijacioni težinski faktor za kvalitet zračenja R

Merna jedinica: Sivert (Sv): 1 Sv = 1 J/kg

Tkivni težinski faktor (w_T)

Bezdimenzionalni faktor: uzima u obzir različite osetljivosti pojedinih organa i tkiva na indukciju stohastičkih efekata dejstva jonizujućih zračenja (koristi se u zaštiti od zračenja)

$$\sum w_T = 1$$

<u>Tkivo ili organ</u>	<u>w_T</u>
Jajnici ili semenici (gonade)	0,20
Crvena kostna srž, debelo crevo, pluća	0,12
Mokraćna bešika, dojke, jetra, štitna žlezda jednjak	0,05
Koža, kosti	0,01
Ostalo (nadbubrežne žlezde, mozak, ekstratorokalna regija, tanko crevo, bubrezi, mišićno tkivo, pankreas, slezina, timus i materica)	0,05

Efektivna doza se **NE MOŽE MERITI**, ali se
MOŽE PROCENITI

SI jedinica: Sievert (Sv)

Veličine izvedene iz efektivne doze

Kolektivna efektivna doza(S)

Ukupna doza zračenja kojoj je izložena populacija

$$S = \sum_i E_i \cdot N_i$$

E_i :srednja efektivna doza u i-toj podgrupi populacije

N_i : broj pojedinaca u i-toj podgrupi

Jedinica: čovek-sivert (man.Sv)

Vezana efektivna doza $E_{50}(t)$

Efektivna doza akumulirana u periodu od 50 godina od jednokratnog unošenja radionuklida u telo

GRANICE DOZA

Operacionalne granice koje se definišu preko efektivne i ekvivalentne doze

Granica efektivne doze: ZBIR spoljašnjeg i očekivanog unutrašnjeg izlaganja u definisanom vremenskom periodu

Za profesionalno izložena lica: 20 mSv godišnje
(prosečna vrednost za period od 5 uzastopnih godina, i maksimalna godišnja od 50 mSv)

Za stanovništvo: 1 mSv godišnje

Godišnje granice ekv. doze za pojedine organe

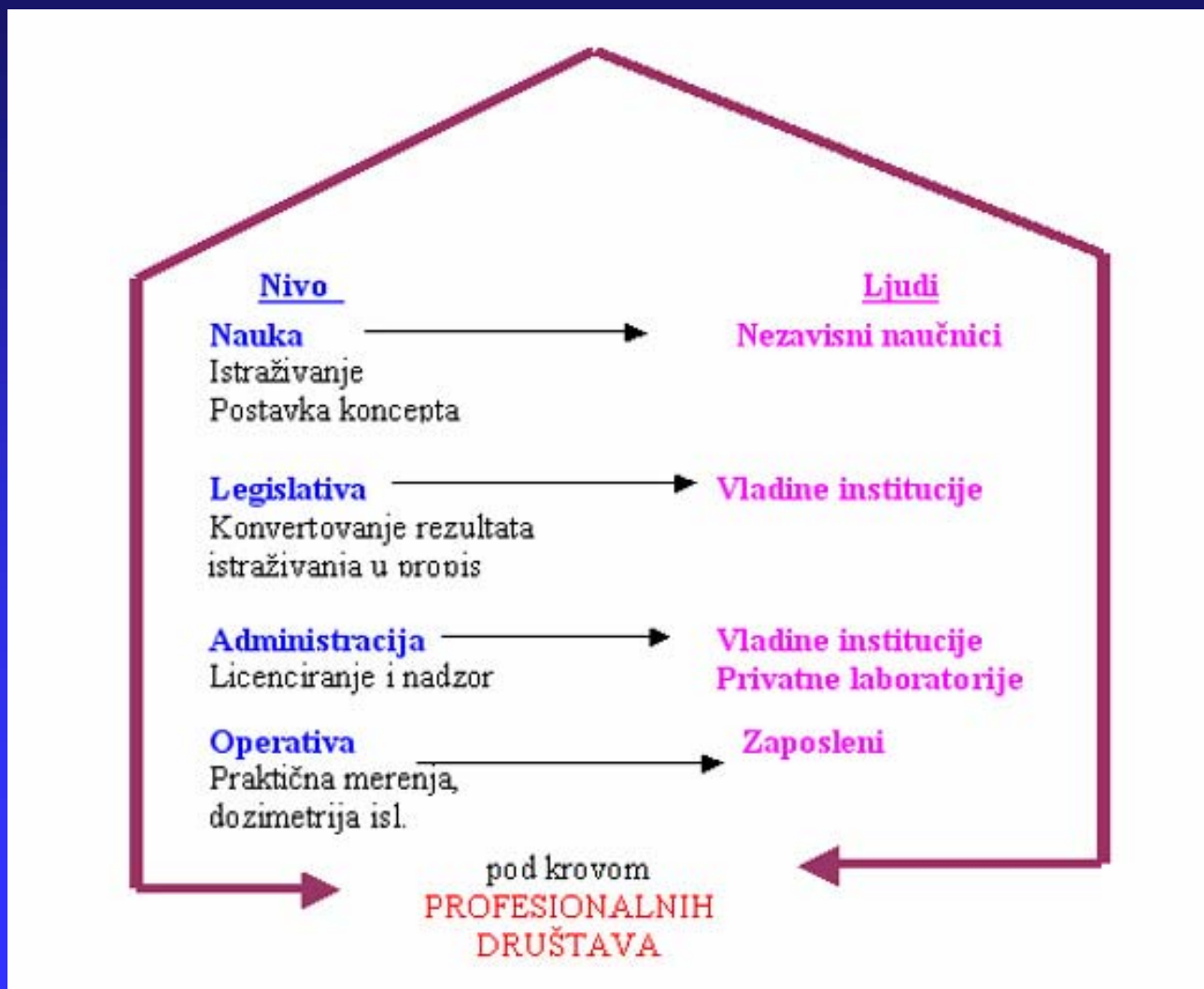
Organ	Profesionalci	Stanovništvo
Očno sočivo	150 mSv	15 mSv
Koža (1 cm ²)	500 mSv	50 mSv
Delovi ekstremiteta (šaka, podlaktice, stopala i gležnjevi)	500 mSv	

Efektivna doza kao rezultat nekih delatnosti

- Prosečan let avionom: 0,05 mSv
- Prosečan rentgenski snimak: 3 mSv
- PET pregled sa FDG: 10 mSv
- Prosečan pregled CT skenerom: 18 mSv
- **Dozvoljena godišnja doza za profesionalno izložena lica: 20 mSv**
- Pregled tiroidne žlezde sa ^{131}J : 280 mSv (samo tiroidna žlezda)
- Terapija kancera tiroidne žlezde sa ^{131}J : 180 Sv (samo tiroidna žlezda)

1. Biološki efekti
2. Rizik i procena rizika
3. Generalni principi zaštite od zračenja
4. Veličine uvedene za potrebe zaštite od zračenja
5. Granice doza
6. Zakonska regulativa
7. Međunarodna regulativa
8. Incident/akcident

Nosioci zaštite od zračenja



Zakonska regulativa Srbije

Zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja SRJ
("Službeni list SRJ", br. 46/96) **NOVI ZAKON ?**

Zakon o metrologiji
("Službeni list SCG", br. 44/2005)

Zakon o standardizaciji
("Službeni list SCG", br. 44/2005)

Zakon o akreditaciji
("Službeni list SCG", br. 44/2005)

Podzakonska regulativa

4 ODLUKE i 7 PRAVILNIKA + 4 NS

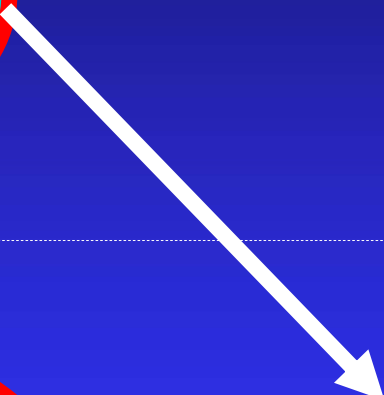
- obrazovni i zdravstveni uslovi za rad sa izvorima j.z.
- evidencije lica i izvora zračenja
- kontrola izvora zračenja
- monitoring
- uslovi za ovlašćivanje
- granice izlaganja
- uslovi prometa i korišćenja izvora zračenja
- kontaminacija i dekontaminacija
- RAO
- + 4 iz nuklearne sigurnosti

Međunarodna regulativa u zz

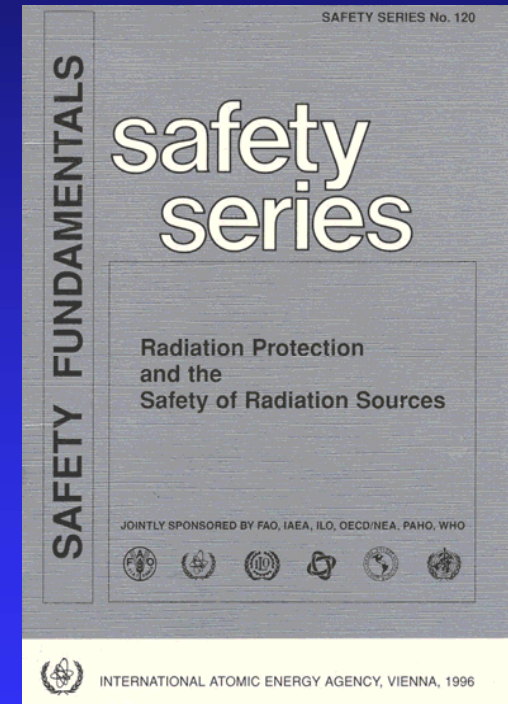
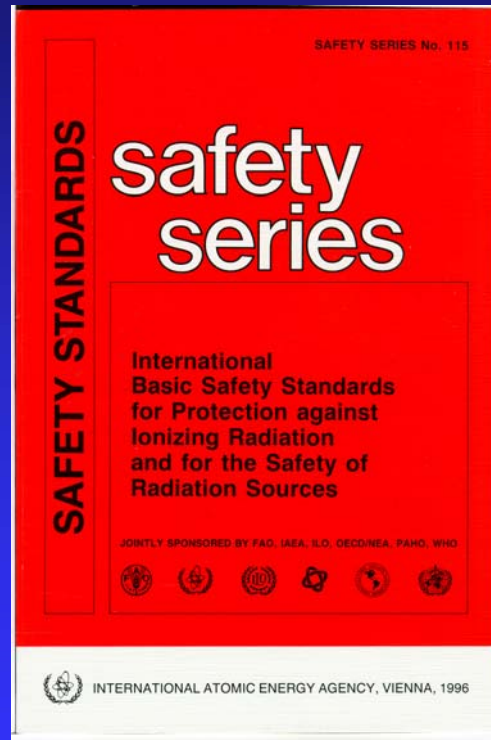
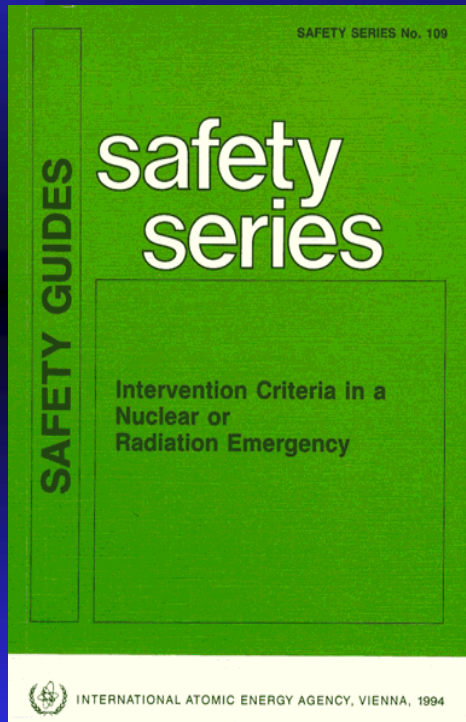
Nevladine



Vladine



Medunarodna regulativa -IAEA



Medunarodna regulativa -IAEA

IAEA SAFETY STANDARDS SERIES

Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radiation

JOINTLY SPONSORED BY THE
INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY AND THE
INTERNATIONAL LABOUR OFFICE



SAFETY GUIDE

No. RS-G-1.3



INTERNATIONAL
ATOMIC ENERGY AGENCY
VIENNA

IAEA SAFETY STANDARDS SERIES

Occupational Radiation Protection

JOINTLY SPONSORED BY THE
INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY AND THE
INTERNATIONAL LABOUR OFFICE



SAFETY GUIDE

No. RS-G-1.1



INTERNATIONAL
ATOMIC ENERGY AGENCY
VIENNA

IAEA SAFETY STANDARDS SERIES

REGULATORY CONTROL OF RADIOACTIVE DISCHARGES TO THE ENVIRONMENT

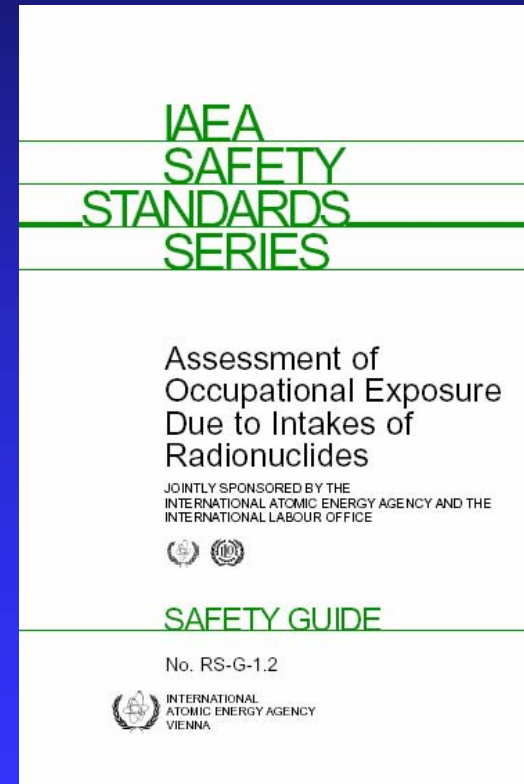
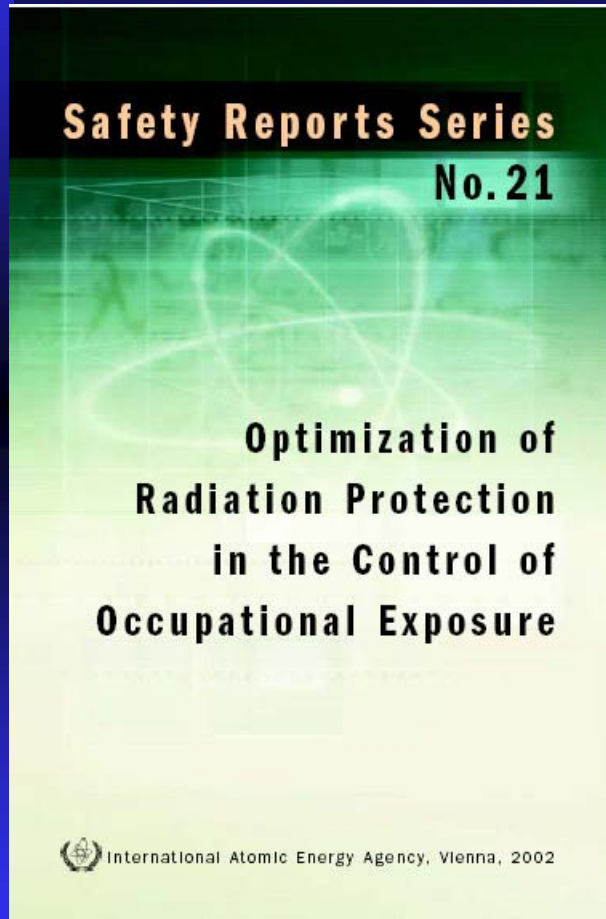
SAFETY GUIDE

No. WS-G-2.3



INTERNATIONAL
ATOMIC ENERGY AGENCY
VIENNA

Međunarodna regulativa -IAEA



Međunarodna regulativa -EU



1. **96/29/EURATOM:** Osnovni standard (OJ L-159 of 29/06/96)
2. **97/43/EURATOM:** Zaštita od jonizujućih zračenja u medicini



The International Nuclear Event Scale (INES)

User's Manual
2001 Edition



JOINTLY PREPARED BY IAEA AND OECD

