

Černobil na Škofjeloškem in deset let po njem

Prispevek posvečam inovatorju Petru Zajcu (1944 – 1996).

“TOMAŽ, TVOJA VRATA SO PONORELA!”

ali 29. in 30. april 1986 na RUŽV

Tudi tisto sredo, 30. aprila leta 1986, smo delavci Geološkega sektorja RUŽV kot vedno, čakali že pred šesto uro na Tončkino kavo in na operaterja Cveta Kajina. Cveto se je vrnil nekoliko pozneje kot običajno, v rokah pa je imel za dober meter papirja iz tiskalnika, kar je bilo nenavadno. Vsako jutro je moral pred jutranjim delovnim posvetom prinesiti izpisane podatke o izvoženi izkopnini druge in tretje rudarske izmene iz avtomatske merilne postaje RV-3. Operater Cveto iz Žirov, sicer rojen Belokranjec, je bil skrben, zanesljiv, miren in nekonflikten sodelavec, kot nalašč za dobivanje in obdelavo tistih podatkov, o katerih se po rudnikih običajno pripravajo: namreč koliko in kakšno rudo so rudarji nakopali. Vidno vznemirjen je razgrnil pred nami papir, na katerem smo navajeni številke običajnega izpisa, opazili, da so natisnjene vrednosti zelo visoke in da je nekaj hudo narobe. Na vprašanje, ali je preveril pomožni merilnik za rudo v jamskih kamionih, v takoimenovanih radiometričnih vratih RV-2, ki so stala v neposredni bližini, še bliže izhodu iz jame, je odgovoril, da so tudi tam odčitane vrednosti približno petkrat višje kot običajno. Zadrega se nismo mogli znebiti s standardnim stavkom: “*Tomaž, tvoja vrata so ponorela*”. To smo uporabili namreč vedno, kadar so bile težave z novo merilno napravo, ki so se je nekateri branili, drugi pa počasi navajali. To tokrat ni vžgalo, saj je njen projektant nedavno tega zapustil firmo, pa vedeli smo tudi, da so tokrat vrata v redu. Prvi hip nismo niti pomislili

na Černobil, čeprav smo zanj že slišali, saj so nam iz Ljubljane zagotavljali, da morebitnega radioaktivnega onesnaženja v Sloveniji še nekaj časa ni pričakovati. Po kratkem premoru ob buljenju na papir je padla beseda Černobil. Zdi se mi, da je bil to naš geofizik, geolog Jure Bernik – Kisovčev iz Škofje Loke, takratni vodja oddelka za geofiziko. Pred odhodom v službo je na Radiu Ljubljana poslušal poročila, ki so govorila, da so na Švedskem izmerili povišano radioaktivnost, ki je prihajala iz Černobila. S francoskim merilnikom, scintilometrom SPP 2NF, ki smo ga običajno uporabljali za prospekcijske in rutinske terenske meritve, smo zunaj stavbe izmerili močno povečano radioaktivnost. Enako je bilo s številnimi drugimi instrumenti, ki so "ponoreli" takoj, ko smo stopili iz stavbe. Tokrat smo bili prepričani: dobili smo "rusko darilo", kot je se je o tem slikovito izrazil Jure. Jure je hotel domov nemudoma poklicati ženo, ki je bila tik pred porodom, da bi ji svetoval, naj se ne zadržuje zunaj. Vendar zaman! Telefoni za zunanje zveze so bili blokirani. Z geofizikom sva opravila kontrolne meritve, nato pa smo svoje ugotovitve nemudoma sporočili direktorju RUŽV Dušanu Pensi iz Podlubnika. Pobaral nas je, ali smo preverili, da ni kaj narobe pri nas, na rudniku. Ko smo mu zagotovili, da je bila opravljena interna strokovna kontrola, je novico posredoval v Ljubljano. Kmalu nas je poklical nazaj in rekel, da so mu iz Ljubljane sporočili, da je vse v redu, da radioaktivnosti pri nas še ni. Rekel je tudi, naj pogledamo, da ni "eksploziral" rudnik ali pa je kaj narobe s hidrometalurško jalovino na Borštu. Koliko je bilo v tem šale ali pa posredovane sugestije, nisem nikoli preverjal. Čez dobre pol ure nas je direktor znova poklical in povedal, da so mu iz Ljubljane potrdili močno radioaktivno onesnaženje tal. Černobil je bil tu! Dvakrat dnevno smo morali na Republiški štab za civilno zaščito javljati podatke z naše merilne postaje.

RADIOAKTIVNOST

Lastnost nekaterih atomov, da jedra spontano razpadejo. Pri tem nastajajo nova jedra in sproščena energija. Celoten proces spremlja ena ali več vrst radioaktivnega sevanja (alfa, beta, gama).

Za 14. mednarodno razstavo mineralov in fosilov v Trziču, 17. in 18. maja 1986, katere pokrovitelj je bil ravno RUŽV, smo že pripravili strokovno informacijo za obiskovalce o ugotovljeni černobilski radioaktivnosti na RUŽV, ki smo jo hkrati posredovali tudi obiskovalcem majskega sejma Tehnika za okolje na Gospodarskem razstavišču v Ljubljani. Naslednji mesec je bilo v Škofji Loki 2. jugoslovansko posvetovanje o jedrskih surovinah, na katerem smo podrobno poročali o dogodku in merilni postaji sami¹. Oglejmo si, kaj je bilo med drugim v tem prispevku!

"Scintilacijski detektorji radiometričnih vrat, ki merijo jakost sevanja gama, so zaznali povišano radioaktivno ozadje v torek, 29. 4. 1986, ob 22.00, to je četrti dan po nesreči v Černobilu. Število impulzov v 30 sekundah, kolikor traja posamezna meritev, se je od normalnih 6.000 povišalo na 24.879 ali za faktor 4. Povišanje se je pojavilo med zelo močno nevihto. Maksimalno povišano radioaktivno ozadje smo zabeležili naslednji dan (30. 4. 1986) ob 13.00 – 30.483 imp/30 sek ali za faktor 5 glede na normalno stanje. Jakost sevanja



Radiometrična vrata RV-3 z dvema bočnima in z enim visečim detektorjem; v ozadju glavni izvozni rov P-11 na Rudniku urana Žirovski vrh. (foto T. Lunder)

gama je bila približno $120 \mu\text{R/h}$ ($8,6 \text{ pC/kgs}$). Že 1. maja se je radiacija začela zniževati. Konstantno upadanje smo zabeležili tudi v vseh naslednjih dneh. Čez prvomajske praznike smo podatke o stopnji radiacije dvakrat dnevno posredovali na Republiški center za obveščanje v Ljubljano. "Toliko o dogodku samem. In kakšna so bila ta radiometrična vrata? To je bilo avtomatizirano merilno mesto pri glavnem jamskem izhodu rova P-11 na koti 505 m, kjer se je vsak kamion z jamsko izkopnino ustavil. Šofer je odtipkal svojo kodo, kodo kamiona in delovišča, elektronska tehtnica je posredovala bruto težo, trije, s svincem močno kolimirani scintilacijski detektorji so izmerili aktivnost gama v tovoru. Izmerjena aktivnost gama je bilo merilo za koncentracijo, vsebnost urana v rudi. Po tridesetih sekundah se je prižgala ena od štirih luči semaforja, pač glede na količino urana v rudi. Šofer je nato odpeljal jalovino, revno rudo, "navadno" rudo ali bogato rudo na ustrezno mesto na deponiji. Podatki so se sprotno izpisovali na kaseto, ki smo jo vsako jutro obdelali v računskem centru za bilanco rude in oksida za minule tri delovne izmene. Vzporedno so se podatki izpisali na papirni trak.

RADIOAKTIVNO OZADJE

Operativni nivo radioaktivnega sevanja, ki ga upoštevamo pri meritvah. Lahko se spreminja: na različnih merilnih mestih zaradi različne količine radioaktivnih elementov v okolju, ali pa na istem mestu, kadar umetno spreminjamo prvotno naravno radioaktivnost.

NEKAJ O RADIOMETRIJI NA RUŽV OZIROMA NA ŠKOFJELOŠKEM

Za boljše razumevanje dogodkov izpred desetih let ter meritev in podatkov o naravni in umetni radioaktivnosti pred černobilskim dogodkom, med njim in po njem, je dobro, da si na kratko ogledamo specifično dejavnost na RUŽV, to je radiometrijo. To se mi zdi še toliko pomembnejše, saj je bila uporabna rudniška radiometrija v sedemdesetih in osemdesetih letih na RUŽV, torej na Škofjeloškem, tehnološko na svetovni ravni.

Pri raziskavah in pridobivanju uranove rude uporabljamo različne radiometrične instrumente, ki izkoriščajo radioaktivno lastnost uranove rude. Na RUŽV smo uporabljali čez osemdeset (80!) različnih merilnikov in indikatorjev sevanja in več kot sto (100!) različnih sond z Geiger-Müllerjevimi in scintilacijskimi detektorji različnih oblik in dimenzij. Do konca sedemdesetih let smo na Žirovskem vrhu uporabljali skoraj izključno uvoženo radiometrično opremo. Zaradi visoke cene, težav z uvozom in vzdrževanjem ter predvsem zaradi težkih jamskih razmer, še posebno zaradi stoo odstotne vlage, smo začeli sami razvijati in proizvajati radiometrično opremo. Začeli so jo uporabljati tudi zunaj RUŽV, na primer Geološki zavod Ljubljana, Rudnik živega srebra Idrija, mladi raziskovalci po Sloveniji in številni posamezniki. S temi domačimi instrumenti smo merili tudi v

Elektronik Peter Zajc na geofizikalnem poligonu RUŽV, na levi strani slike iz leta 1981, namešča sondo, z vgrajenim Geiger-Müllerjevo cevjo za merjenje uranove rude v minskih vrtninah, na kalibracijsko lato. Oba delavca nosita zaščitna svinčena predpasnika, eden od njiju, M. Milosavljevič, takratni geofizik, nosi tudi prav tako predpisana zaščitna očala s svinčeni stekli. Za mesečno umerjanje merilnikov smo uporabljali radijsko iglo z zelo trdim virom gama sevanja. 1,06 mg Ra v srajčki iz iridija pomeni 3.922 razpadov v sekundi!, oziroma $3,92 \times 10^7$ Bq, kar ustreza hitrosti doze gama sevanja na kontaktu 890.400 μ R/h. Zato smo jemali iglo iz svinčenega kontejnerja in z njo rokovali dosledno s posebnimi kleščami dolgimi 0,75 metra.
(Foto: Tomaž Lunder)



Zasavskih premogovnikih, v Kanižarici, v Mežici in v Labinu na Hrvaškem. Nekaj merilnikov UMGS s priborom je kupil Geološki zavod Skopje. Dogodki po Černobilu, še posebno sprejeti moratorij o gradnji jedrskih elektrarn pri nas, pa so povzročili manjše zanimanje za našo radiometrično opremo, ki je bila uvoženi konkurenčna po kakovosti in ceni².

O vlogi in pomenu radiometrične opreme na RUŽV in njihovi kakovosti govori tudi 12 registriranih inovacij s tega področja na RUŽV med leti 1981 in 1989³, dve občinski priznanji inovator leta in jugoslovansko priznanje RAST – YU 83, ki jih je prejel za svoje razvojno delo Peter Zajc iz Žirov.

Od te, za RUŽV tako pomembne specialnosti izdvajamo en del, to so posebne radiometrične naprave, ki so služile za kvantitativno vrednotenje uranove rude v gibanju. Te naprave smo imenovali radiometrična vrata, ker je ruda pri meritvah pač šla skozi. Ta vrata so bila sploh eden pomembnejših objektov na RUŽV. Kot sestavni del bodoče tehnologije pridobivanja uranove rude na RUŽV jih je v sedemdesetih letih predvidel že rudarski inženir Zvonimir Jamšek, ki se je nastanil v Gorenji vasi in kasneje v Škofji Loki⁴. Bil je začetnik slovenske rudniške radiometrije, kvantitativnega vrednotenja uranove rude in računalništva na RUŽV. Sama vrata je nato konstruiral inženir elektronike Tomaž Lunder iz Škofje Loke. RV-3 so bila razvita v sodelovanju z IJS, Inštitutom Jožef Stefan iz Ljubljane. Avtorji so zanje leta 1985 prejeli nagrado Sklada Borisa Kidriča za poseben tehnični dosežek. V obratovanju so od leta 1985, uporabljajo se še vedno na RŽV med zapiranjem rudnika.

Prva radiometrična vrata, **RV-1**, je postavil IJS že leta 1971 za potrebe Geološkega zavoda iz Ljubljane pri geološko–rudarskih raziskavah uranove rude. Postavljena so bila med izhodom rova P-10 in pilotno radiometrično separacijo na najnižji rudniški ploščadi z nadmorsko višino 430 m. Prirejena so bila za merjenje koncentracije urana v uranovi rudi v rudarskih vozičkih 0,8 m³, ki so se takrat uporabljali pri jamskih delih. Imela so dva bočna scintilacijska kristala velikosti 1" x 1" (angleški palec, cola), analogni, kazalčni instrument in signalizacijske luči za rez rude pri 300 gU/t in za vrednost 900 gU/t.

Druga, ročno vodena radiometrična vrata, **RV-2**, sta Zvonimir Jamšek in Tomaž Lunder konstruirala leta 1981 za potrebe poskusnega odkopavanja. Imela so en viseč scintilacijski detektor 1,5" x 1,5" na jeklenem ogrodju za merjenje vsebnosti urana v rudi v 11-tonskih jamskih tovornjakih. Digitalni števec impulzov MOUNT SOPRIS je imel integracijsko konstanto 30 sek. Sprva so bila vrata nameščena na izhodu rova P-9 na najvišjem rudniškem obzorju 580 m, pozneje pa pred glavno izvozno progo P-11 na koti 505 m, kjer so služila kot rezervno in kontrolno merilno mesto. S temi vrati smo tudi dobili osnovne podatke, še posebno za tako imenovano radioaktivno ozadje, kar smo uporabili pozneje za konstrukcijo naslednjih vrat⁵. Ugotovili smo namreč, da se naravno sevanje povečuje, kadar v bližini odlagamo uranovo rudo. Pri večletnem okopavanju in prevažanju se je ruda po malem tudi razstresala. Radioaktivnost okolja pri vratih je vplivala na natančnost meritev zato je bilo treba te spremembe občasno evidentirati kot spremembo radioaktivnega ozadja in to upoštevati pri računanju vsebnosti urana v rudi.

Tretja, avtomatsko vodena radiometrična vrata, **RV-3**, "naša černobilska", smo že

omenili. Spreminjanje radioaktivnega ozadja je upoštevano avtomatično z odčitavanjem in zapisom vsako uro. Ravno ta operacija je omogočila detekcijo črnobilске radioaktivnosti. Vrata so sestavljena iz štirih sklopov: mostne elektronske tehtnice nosilnosti 30 ton, zunanjega vpisnega mesta v posebni niši, napajalnega in računalniškega dela v samostojnem zabojniku in semaforja. Zaradi treh visoko resolucijskih in avtomatsko stabiliziranih detektorjev 3,5" x 3,5", izredno dobre geometrije meritev petih različnih vrst jamskih tovrnjakov z upoštevanjem njihove naloženosti, upoštevanjem radioaktivnega ozadja in temperature ter domišljenim algoritmom so bile kvantitativne meritve rude natančne in zanesljive. Izdelana so bila leta 1985 v sodelovanju z IJS in firmo Vaga iz Beograda. Lahko rečemo, da so bila RV-3 hrbenica bilance rovne rude in celotne masne bilance na RUŽV.

Leta 1988 so bila narejena avtomatična radiometrična vrata v drobilnici, RVD. Idejne rešitve in tehnologijo zanje sva izdelala A. Pavel Florjančič in Jurij Bernik, oba iz Škofje Loke. Pri projektiranju je sodeloval tudi Peter Zajc. Izdelali so jih v IBE, Investicijskemu biroju Elektroprojekt iz Ljubljane. Zaradi premikajoče se zdrobljene rude na traku in visokega radioaktivnega ozadja ter pomembnosti doziranja rude v predelovalni obrat so bile tehnološke zahteve projekta visoke, umerjanje in testiranje naprave pa zahtevni.

Radioaktivnost se je merila s scintilacijskim števcem SCINTREX GSP – 4 s 360 cm³ velikim detektorjem, ki je bil kolimiran s svinčeno opeko debeline 5 cm, teža pa z elektronsko tračno tehtnico ITT 20, LIBELA. Računalnik v komandni sobi drobilnice je vsako uro na trimestnem prikazovalniku pred bunkerjem drobilnice posredoval številčno kombinacijo, po kateri je voznik nakladalca v pravem razmerju polnil bunker z rudo treh različnih kakovosti z deponije drobilnice. S tem smo dosegli enakomernejši vložek v predelovalni obrat in boljši izkoristek uranove rude. Ves postopek je bil avtomatiziran, sprotni podatki izpisani na tiskalniku, v računalniškem centru RUŽV pa so dodatno obdelovali podatke za redno spremljanje proizvodnje⁶.

Leta 1989, neposredno pred koncem proizvodnje v RUŽV, so bila izdelana še prototipna radiometrična vrata v jami, RVJ-1, ki sta jih zasnovala Peter Zajc in Jurij Bernik, v teoretičnih podlagah pa je sodelovala geologinja Tadeja Krmelj – Šubic, doma iz Hotovlje pri Poljanah nad Škofjo Loko. Opravljala je dela geofizika v Sektorju za razvoj in kontrolo kvalitete. Vrata so bila namenjena selektivnejšemu nalaganju odstreljene rude v tovrnjake na deloviščih in s tem zmanjševanju razredčenja rovne rude⁷.

Ni odveč, če pri opisovanju razvoja radiometrične opreme na koncu omenimo še samosvojega, a pronicljivega elektronika, Borisa Volka, sedaj obrtnika in podjetnika iz Škofje Loke, še posebej zato, ker je bil njegov instrument DIME – diferenčni merilnik, domiselna in koristna naprava. V jami je DIME služil kot "ekran", merilnik, uporaben za natančno ugotavljanje meje orudenja predvsem v odkopih z bogato rudo, zunaj pa se je uporabljal za celo vrsto kabinetnih meritev, še posebej v razvojne namene. Zaradi prislovičnega zamujanja je Boris zamudil tudi z vlogo za priznanje in s tem zapravlil nagrado za to inovacijo.

RADIOAKTIVNOST V OKOLJU NA ŠKOFJELOŠKEM PRED ČERNOBILOM IN PO NJEM

Viri zemeljskega radioaktivnega sevanja so predvsem naravni izotopi U 238, Th 232 in K 40. Njihova količina v kamninah in zemljinah je odvisna od mineralne sestave kamnin in preperin. Na splošno velja, da je več urana in s tem višja radioaktivnost v kamninah z več glinenci, recimo v granitih, v glinastih skrilavcih, v glinah in v premogih. V Sloveniji je vsebnost urana v tleh skoraj trikrat večja od svetovnega povprečja in znaša 3,3 ppm, pri čemer izstopa idrijsko-škofjeloško ozemlje, kjer je uran vezan predvsem v permo-karbonskih kremenovih klastitih. Naravna radioaktivnost škofjeloškega ozemlja je nekaj nad slovenskim povprečjem. Večina podatkov o naravni radioaktivnosti pri raziskavah jedrskih surovin v Sloveniji je bila narejena z gama spektrometrijo. Zato se v praksi, še posebno v geologiji, za kvantitativno vrednotenje radioaktivnosti kamnin oziroma tal uporablja tako imenovana jakost ekspozicijske doze v $\mu\text{R}/\text{h}$. Če je skupna jakost ekspozicijske doze sevanja gama pri kaliju, uranu in toriju za vso Slovenijo $6,5 \mu\text{R}/\text{h}$, velja za idrijsko-škofjeloško ozemlje $7,5 \mu\text{R}/\text{h}^8$.

NARAVNO SEVANJE

Sevanje v človekovem naravnem okolju, vključno s kozmičnimi žarki in sevanjem naravnih radioaktivnih elementov, tako zunaj kot znotraj človeškega telesa in drugih živih bitij.

Pred štirimi leti je bila narejena raziskovalna naloga Radon v bivalnem okolju v občini Škofja Loka⁹, iz katere lahko razberemo vsebnost urana in radioaktivnost nekaterih kamnin na škofjeloškem ozemlju.

Vrsta kamnine, ki nastopa na škofjeloškem ozemlju	Vsebnost urana ppm	"Radioaktivnost" Jakost ekspozicijske doze ionizirajočega sevanja (gama) v $\mu\text{R}/\text{h}$	
karbonski skrilavec		5 do 17	maks. 25
permski sivi peščenjak	1 do 6	10 do 16	
permski rdeči peščenjak *	1 do 3	6 do 10	
triasni apnec in dolomit	2,5	5 do 7	
psevdoziljski skladi			maks. 30
triasne predornine		4	9 do 11
tufozna serija		15 do 20	maks. 30

* Radioaktivnost v rdečih peščenjakih, ki grade večino Žirovskega vrha je, kljub nižji vsebnosti urana v njih, dovolj visoka zaradi povišane vsebnosti torija.

ENOTA "ppm" (part per milion):
ena milijoninka, mg/g, $1/1,000,000$, 1×10^{-6}

Najmanj "radioaktivni" so mezozojski karbonati, kot sta apnenec in dolomit, na katerih je večji del postavljena srednjeveška Škofja Loka, iz njega so zgrajeni Lubnik, Križna gora, Ratitovec, Sorica, Blegoš in Polhograjsko hribovje. Višje vrednosti imajo karbonski konglomerati v Hrastniku, grōdenski konglomerati, peščenjaki in skrilavci, ki se pojavljajo v Selški dolini na Sv. Tomažu, na Sv. Valentinu, nadalje grōdenski klastiti v Poljanski dolini, pa v Breznici, v Bodovljah, na Sv. Ožboltu in predvsem na Žirovskem vrhu. Omenjene paleozojske kamnine zavzemajo na škofjeloškem ozemlju skoraj polovico vseh površin. Na nekaterih mestih dosega koncentracije urana v sivi grōdenski formaciji več sto, na posameznih mestih celo čez tisoč ppm. Tu niti ne bi omenjali posameznih "vročih točk" z rudo na območju RUŽV, ko je urana lahko tudi 50.000 gU/t ali 5 %. Mogoče je prav da omenimo povečano "naravno" radioaktivnost na primer v dolini Račeve nad Žirmi ali ponekod na Gabrški gori in morda še kje, kjer so svoj čas navozili jamsko jalovino za potrebe cest in so mednje zašli posamezni kosi uranove rude. Od psevdoziljskih skladov omenimo morda še zaliloški strešni skrilavec in triasne predornine ter piroklastične kamnine tufozne serije, ki dosežejo 30 $\mu\text{R}/\text{h}$.

EKSPozICIJSKA DOZA

Količina elektrenine, ki jo povzroči ionizirajoče sevanje v določeni masi. Meri se v kulonih (coulomb) na kg, (C/kg). Stara enota je rentgen (röntgen, R). V geologiji se uporablja izpeljanka, to je

JAKOST (HITROST) EKSPozICIJSKE DOZE

(R/h). Velja razmerje: $1\text{mR}/\text{h} = 7,2 \times 10^{-14} \text{ C}/\text{kgs}$.

Škofjeloško povprečje naravnega radioaktivnega sevanja, s privzeto vrednostjo 7,5 $\mu\text{R}/\text{h}$ zemeljskega in 3 $\mu\text{R}/\text{h}$ pribitka kozmičnega sevanja, za obdobje pred černobilsko nesrečo znaša zaokroženo 11 $\mu\text{R}/\text{h}$. Kot smo omenili, je ta naravna radioaktivnost odvisna predvsem od geološke zgradbe in delno od nadmorske višine. Rečne terase Veštrskega polja, Visokega, Virška in od sotočja obeh Sor proti Sori imajo zaradi prodnikov kamnin z višjo vsebnostjo urana lahko ponekod še nekoliko višje vrednosti.

NESREČA V ČERNOBILU

Deset let je minilo od černobilske jedrske nesreče, nesreče, ki je imela resne radiološke in zdravstvene posledice predvsem za ljudi v Ukrajini, Belorusiji in Rusiji. Ta nesreča je močno vplivala na odnos ljudi do jedrske energije po vsem svetu. Postali smo pozorni, dostikrat celo nezaupljivi do nedavno vseodrešujočih tehničnih in družbenih rešitev. Sam sem vedno bolj prepričan, da bomo o nekaterih pomembnih dogodkih govorili: to se je zgodilo pred Černobilom, to pa je bilo po njem. Kakor koli že, prav je, da se tega dogodka spomnimo, ne nazadnje tudi zato, ker smo ravno na Škofjeloškem, prvi v Sloveniji¹⁰ pa tudi v takratni Jugoslaviji, zabeležili in izmerili černobilsko kontaminacijo pri nas in tudi posredovali informacijo o njej v javnost. Poglejmo, kaj se je tedaj zgodilo v Černobilu, kaj

se je dogajalo v tem času pri nas v Sloveniji in na Loškem. Kakšne so bile ugotovljene posledice Černobila leta 1986 in kakšne so danes deset let pozneje? Smo se ob tej neprijetni izkušnji morda kaj naučili?

26. aprila 1986 ob 1.23 je prišlo na četrtem reaktorju ukrajinske jedrske elektrarne v Černobilu do hude nesreče. Neposredni povod za nesrečo so bili zavestno kršenje predpisanih postopkov in napake operaterjev reaktorja med funkcionalnim preizkušanjem novega vzbujevalnika na turbogeneratorju. Vzrok nesreče je posledica nevarne zasnove samega reaktorja in napačno vodenje elektrarne ¹¹. V čem je nevarnost zasnove vodno hlajenega in z grafitom moderiranega reaktorja velike moči, tu ne bi razlagali. Vendar je prav, da vemo, da je bil ta tip reaktorja skonstruiran v vojaške namene. V njem so pridobivali plutonij za atomske bombe. Reaktor s tako zasnovo je britanska vlada na primer zavrnila že leta 1947, konkretni sovjetski tip RBMK, kakršen je bil černobilski, pa leta 1976 ¹². Eksplozija je nastala zaradi visoke temperature. Pri tej nejedrski, torej klasični fizikalno-kemijski eksploziji, je dvignilo 2000 tonski betonski reaktorski pokrov, streho reaktorske stavbe pa odpihnilo. Ob sami eksploziji so bili v neposredno okolico in na sosedne stavbe izvršeni trdni ostanki jedrskega goriva in grafita, hkrati pa so se sprostili v atmosfero predvsem bolj "lahki" radionuklidi, kot so žlahtni plini, jod in nekaj cezija. Drugi veliki izpust med sedmim in desetim dnevom, ki je bil posledica visoke temperature pri taljenju sredice reaktorja, pa je vseboval predvsem cezij in telur in druge manj hlapljive elemente, kot so cerij, cirkonij, aktinidi, barij, stroncij in drugi cepljivi produkti. Po desetem dnevu, ko so na reaktor zmetali približno 5000 ton bora, svinca, dolomita, peska in ilovice, je izpust drastično padel. (Borov karbid kot dober absorber nevtronov preprečuje verižno jedrsko reakcijo, s svincem se omogoči boljša toplotna prevodnost in s tem tudi hlajenje, hkrati pa je dober jedrski ščit, iz dolomita se ob visoki temperaturi izloča ogljikov dioksid, ki gasi požar. S peskom in glino so zapolnjevali praznine, ki so potencialna žarišča nadaljnega gorenja.) Radioaktivni izpust v atmosfero je vseboval pline, aerosole in drobne delce goriva. Iz reaktorja so se popolno sprostili plini, kot sta kripton in ksenon. Od celotne količine joda v sredici ga je izšlo 50 do 60 %. Trdnih delcev kot telur in cezij, vezanih na aerosole, se je sprostilo 20 do 60 %, če navedemo najpomembnejše radionuklide. Ocenjujejo, da se je od skupno nekaj manj kot 200 ton goriva v reaktorju med nesrečo sprostilo v okolje okoli 3,5 % materiala iz reaktorske sredice, torej nekako 6 ton ¹³.

AKTIVNOST RADIOAKTIVNEGA VIRA

se meri v številu razpadov v časovni enoti. Enota 1 bekerel (Bq) pomeni en razpad na sekundo. Stara enota je kiri (curie, Ci). Velja razmerje: $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$.

RAZPOLOVNI ČAS

je čas, v katerem razpade polovica prvotnih radioaktivnih jeder.

OCENA RADIOAKTIVNEGA IZPUSTA

IZ 4. BLOKA JEDRSKE ELEKTRARNE V ČERNOBILU *

Radioizotop	Vsebnost reaktorske sredice pred nesrečo 26. aprila 1986		Delež sredice v izpustu med nesrečo	
	Razpolovni čas	Aktivnost 10 ¹⁵ Bq	Delež (%)	Aktivnost 10 ¹⁵ Bq
³³ Xe	5,3 dneva	6.500	100	6.500
¹³¹ I	8,0 dni	3.200	50 – 60	ca. 1.760
¹³⁴ Cs	2,0 leti	180	20 – 40	ca. 54
¹³⁷ Cs	30,0 let	280	20 – 40	ca. 85
¹³² Te	78,0 ur	2.700	25 – 60	ca. 1150
⁸⁹ Sr	52,0 dni	2.300	4 – 6	ca. 115
⁹⁰ Sr	28,0 let	200	4 – 6	ca. 10
¹⁴⁰ Ba	12,8 dneva	4.800	4 – 6	ca. 240
⁹⁵ Zr	1,4 ure	5.600	3,5	196
⁹⁹ Mo	67,0 ur	4.800	> 3,5	> 168
¹⁰³ Ru	39,6 dneva	4.800	> 3,5	> 168
¹⁰⁶ Ru	1,0 leto	2.100	> 3,5	> 73
¹⁴¹ Ce	33,0 dni	5.600	3,5	196
¹⁴⁴ Ce	285,0 dni	3.300	3,5	ca. 116
²³⁹ Np	2,4 dneva	27.000	3,5	ca. 95
²³⁸ Pu	86,0 let	1	3,5	0,035
²³⁹ Pu	24.400 let	0,85	3,5	0,03
²⁴⁰ Pu	6.580,0 let	1,2	3,5	0,042
²⁴¹ Pu	13,2 leti	170	3,5	ca. 6
²⁴² Cm	163,0 dni	26	3,5	ca. 0,9

* Privzeto po *Tschernobyl. Antworten auf 21 Fragen. Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung, Köln, 1986*

Ukrajinski jedrski fizik Vladimir Černoušenko, ki je vodil ekipo delavcev pri graditvi sarkofaga okoli uničenega četrtega bloka črnobilske elektrarne, ocenjuje, da je bila količina večja. Vsekakor je bila dosežena aktivnost izpusta izredno velika, saj je preseгла 11 x 10¹⁸ razpadov v sekundi. Pri tem je prav, da opozorimo na aktivnost radioaktivnega onesnaženja atmosfere med preiskovanjem jedrskega orožja pred podpisom sporazuma o delni prepovedi jedrskih poskusov leta 1963, ki je bila približno dvajsetkrat večja kot med črnobilsko jedrsko nesrečo. Resda pa noben od njih ni naenkrat poslal v okolje toliko radioaktivnih snovi, še posebno pa ne joda in cezija.

Zaradi visoke temperature se je oblak s sproščenimi radioaktivnimi snovmi dvignil dva kilometra visoko. Prvih deset dni nesreče so se meteorološke razmere pogosto menjavale,

26. april 86



2. maj 86



28. april 86



4. maj 86



30. april 86



6. maj 86



Credit: ARAC

Gibanje radioaktivnega černobilskega oblaka nad Evropo

kar je vplivalo na smer razširjanja izpusta.

Težji delci, predvsem tisti, ki so izvirali iz goriva, so se usedli znotraj 100-kilometrskega pasu okoli reaktorja. Drobne delce pa je veter zanesel daleč, kjer so se usedali predvsem zaradi spiranja z dežjem. Radioaktivni oblak se je v začetku usmeril od mesta nesreče proti severozahodu, kjer so ga prvi z detektorji zaznali v švedski jedrski elektrarni Forsmark v jutranjih urah 26. aprila. Veter je nato spremenil smer proti zahodu oziroma jugozahodu in jugu ter raznesel černobilsko radioaktivnost po vsej Evropi oziroma po vsej severni hemisferi. Kljub relativni oddaljenosti od Černobila (približno 1.500 km) je v noči med 29. in 30. aprilom radioaktivne padavine z dežjem prineslo tudi k nam.

S černobilsko nesrečo se je človeštvo globalno prvič zavestno soočilo z jedrsko nevarnostjo. Tragični primer Hirošime in Nagasakija je pač pripadal že nekemu daljnemu, vojnemu času, ko je bilo vse možno in dovoljeno. Poznejši jedrski poskusi, predvsem v petdesetih in šestdesetih letih, so bili sprejeti kot sestavni del in nujnost hladne vojne. Filmi, kot je bil *Dan potem*, in nekatere akcije posameznikov ali skupin so bili razumljeni bolj kot eksotika kot pa neka realna možnost in resno opozorilo. Černobil je zato presenetil vse. Pa ne samo nepoučene, tudi strokovnjake, predvsem iz tistih državnih ustanov, ki naj bi ob takih primerih premišljeno, pravilno in predvsem hitro ukrepale. K vsej zmedi so precej prispevala tudi sredstva javnega obveščanja, ki so bila sprva do nesreče dokaj brezbrizna, pozneje so povzročala pri ljudeh pogosto pretiran strah, še zlasti nezaupanje, praviloma zaradi svoje naravnosti k senzacionalnosti in tudi zaradi neprofesionalnosti. Posledica tega je bil marsikje, tudi pri nas, tako imenovani embargo na informacije o nesreči, katerega posledice so bile preje slabe kot dobre.

Omenimo samo glavne "grehe", ki so bili storjeni v okolici Černobila. Ljudem so nesrečo dolgo časa prikrivali, zlasti pa njen obseg in pomen. Evakuacija 47.000 ljudi iz bližnjega mesta Pripjat se je začela šele po štiriindvajsetih urah. (Do 6. maja so izselili še 90.000 prebivalcev z območja trideset kilometrov okoli elektrarne.) Niso razdeljevali jodovih tablet. Žleze ščitnice izpostavljenih prebivalcev so se zasitile z radioaktivnim jodom, ki se je sprostil med nesrečo. Še posebno so bili pri tem prizateti otroci. Da ne omenjamo "likvidatorjev", ki so prihajali v neposredni stik z izvrženim jedrskim gorivom iz sredice in številnih "prostovoljnih" gasilcev, ki so bili brez ustrezne varnostne opreme. Velika večina jih ni bila niti seznanjena z nevarnostmi dela in možnimi posledicami.

ČERNOBILSKA NESREČA V SLOVENIJI

Prvo novico o nesreči v jedrski elektrarni v Černobilu je naši javnosti sporočil Radio Ljubljana v jutranjih poročilih v torek, 29. aprila 1986. Novica je tisto dopoldne imela vsaj dva odziva. Opravljene so bile dodatne kontrolne meritve, ki so pokazale, da pri nas še ni prišlo do povečane radioaktivnosti v okolju. Sklican pa je bil tudi koordinativni sestanek predstavnikov Komisije za jedrsko varnost, Republiškega štaba za civilno zaščito, Ekološkega laboratorija z mobilno enoto, Hidrometeorološkega zavoda in še nekaterih

drugih institucij oziroma upravnih organov. Dogovorjeno je bilo, da morebitne akcije zaščite prebivalstva in dobrin vodijo za to pristojni republiški strokovni in operativni organi, radiološke ekipe in merilni sistemi Ekološkega laboratorija pa naj bodo pripravljeni. (Navedeno iz knjižice, ki sta jo izdali Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije in Društvo Slovenije za varstvo pred sevanji v Ljubljani ob desetletnici nesreče v Černobilu.) Kljub dobro zamišljeni akciji ni teklo vse tako, kot bi moralo. Zato se je zgodilo, da je bila prva detektirana in ugotovljena povečana radioaktivnost v naravi pri nas zabeležena naslednji dan, kot je znano, v takratnem Rudniku urana Žirovski vrh, torej tam, kjer za to nismo bili niti poklicani niti zaproseni. Kljub temu da smo iz RUŽV sporočili v Ljubljano o povečani radioaktivnosti v Žirovskem vrhu že zgodaj zjutraj, je bila naša javnost obveščena šele ob radijskih poročilih ob 15.30! Naši sosedje Avstrijci so obveščali ljudi po radiu že vse od jutra in vse dopoldne! V času med 30. aprilom in 19. majem so Izvršni svet Skupščine SR Slovenije, Republiški štab civilne zaščite ter drugi republiški komiteji in upravni organi sprejeli vrsto preventivnih ukrepov in priporočil prebivalstvu. Škoda, da ni bilo že prvi dan hkrati z objavo o nesreči javljeno, naj ljudje žlebove kapnic odmaknejo, naj vrtno zelenjavo zaščitijo pred dežjem, naj nekaj časa po dežju ne pasejo živine, naj lovci uvedejo splošni lovopust, predvsem pa naj bodo ljudje, zlasti otroci, čim več v zaprtih prostorih. S tem bi storili največ, kar je bilo takrat mogoče storiti. V opravičilo naj povemo, da ni bilo dosti bolje niti v Nemčiji, niti v Franciji, niti v Veliki Britaniji, drugod pa verjetno tudi ne. Res pa je, da so drugod začetni spodrseljaj poskušali čimpreje omiliti; tako je npr. v takratni zahodni Nemčiji zvezna ministrica za mladino, družino in zdravje, prof. dr. Rita Sussmuth, že v juniju posredovala javnosti zelo nazorno brošuro z odgovori na 21 vprašanj na temo z naslovom "Po Černobilu"¹⁴, enako je storilo s 45 strani debelo brošurico tudi bavarsko ministrstvo za razvoj podeželja in za vprašanja okolja, kjer so pokazali tudi majsko onesnaženje mleka z jodom 131, tal s cezijem 137 in cezijem 134, ter višino prejetih doz po posameznih krajih v mSv/h¹⁵.

ABSORBIRANA DOZA

Kadar ionizirajoče sevanje prodira skozi snov, ji preda del svoje energije. Absorbirana količina energije ionizirajočega sevanja na enoto mase nekega materiala se imenuje absorbirana doza. Merska enota zanjo je grej (gray, Gy). Stara enota je rad. $\text{J/kg} = 1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$.

EKVIVALENTNA DOZA

Absorbirana doza, ovrednotena še z možnostjo povzročitve škode. Merska enota je sivert (sievert, Sv). En sivert ustreza 1 J/g. Stara enota je bila rem ($1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$).

EFEKTIVNA EKVIVALENTNA DOZA

Ekvivalentna doza, ovrednotena še z dovzetnostjo raznih tkiv za poškodbe.

Černobilski oblak nad nami



Po izračunih švedskega meteorološkega in hidrološkega inštituta o gibanju radioaktivnega oblaka bi pripadal radioaktivni used černobilske nesreče, izmerjen in zabeležen 29. aprila 1986 ob 22. uri na RUŽV, izpustu goruče reaktorske sredice iz jutranjih ur v nedeljo, 27. aprila 1986.

----- meja oblaka na višini 1500 m

----- meja oblaka na višini 750 m

Vir: WHO ICP / CEH 129

Velik del srednje in zahodne Evrope je imel tiste zadnje aprilske dni leta 1986 kar dvakratno smolo. Dosegel nas je vzhodni ciklon, kar je sicer redek meteorološki pojav pa še padavine so bile takrat obilne in intenzivne. Ker je radioaktivno onesnaženje iz atmosfere sorazmerno s količino radioaktivnih delcev v oblaku in intenzivnostjo padavin, je bila radioaktivnost zaradi černobilske nesreče po različnih krajih Slovenije kar različna. Po izračunih švedskega inštituta za meteorologijo in hidrologijo¹⁶ o gibanju radioaktivnega černobilskega oblaka lahko sklepamo, da so radioaktivne substance, ki jih je iz oblaka izpral dež 29. aprila 1986 zvečer nad Žirovskim vrhom, pripadale izpustu iz reaktorja v nedeljo zjutraj 27. aprila.

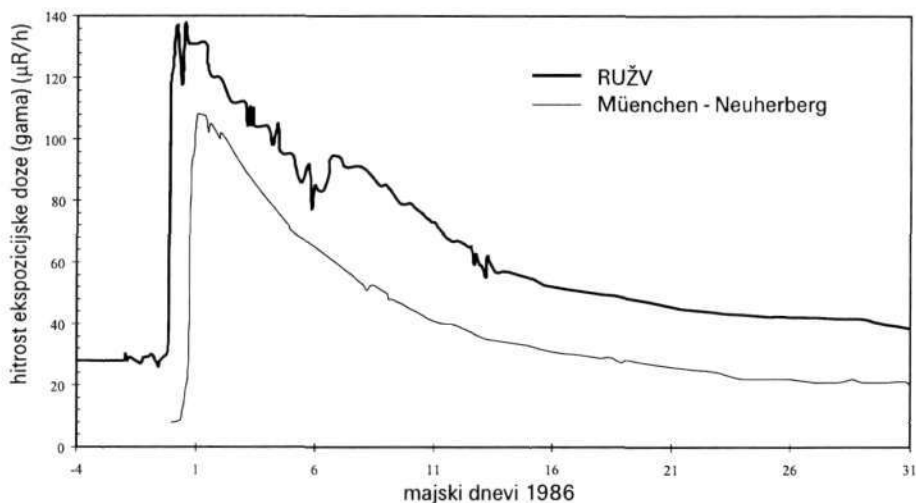
V začetku je bila tako na Žirovskem vrhu kot drugod po Sloveniji, kjer je takrat padal dež, "velika izbira" radioaktivnih produktov iz poškodovanega ukrajinskega reaktorja. Za izpostavljenost sevanju je bil v prvih dneh najpomembnejši element jod, predvsem za otroke, pozneje predvsem cezij, manj pa stroncij, ki je sicer najpomembnejši onesnaževalec ob atomskih eksplozijah.

V prvomajskih praznikih so bile ugotovljene visoke vrednosti J 131 na tleh. Nekaj dni pozneje je bila ocenjena maksimalna koncentracija J 131 v mleku 7.800 Bq/l¹⁷. Ker je razpolovna doba J 131 relativno kratka, 8 dni, je bilo zato potrebno mleko živali, ki so se takrat pasle, predelati v sir in mleko v prahu, katerima je radioaktivnost zaradi joda pozneje padla na normalo, saj je v nekaj mesecih popolno razpadel. Samo mleko teh živali pa se v tem času ni smelo uživati. Iz istih razlogov je bilo priporočeno požeti in zavreči zelenjavo, vodo iz kapnic pa izčrpati.

Drugače je s cezijem, predvsem s Cs 137, čigar razpolovna doba je 30 let. V desetih dneh po jedrski nesreči je padlo v Sloveniji 3- do 4-krat več Cs 137 na m² površine kot od vseh atomskih jedrskih eksplozij v 20 letih skupaj. Skupna depozicija Cs 137 od 1960 do 1980 je bila 5 kBq/m² po Černobilu pa kar 20 kBq/m². Ti podatki so primerljivi s tistim iz avstrijske Koroške, kjer je bila depozicija cezija 33 kBq/m², še nekoliko višja pa je bila na Zgornještajerskem in na Solnograškem (13). Ker se parkljasta divjad hrani izključno v naravi, je bila na primer v njihovem mesu specifična aktivnost Cs 137 konec meseca maja 1300 Bq/kg, pri govedini oziroma teletini pa je bila za pol nižja. Pri slednji se je zaradi zmanjšanja sveže krme že čez en mesec znižala na normalo, to je pod 5 Bq/kg, pri divjadi pa je bila še oktobra okoli 100 Bq/kg¹⁷. Zaradi slabe topnosti se cezij na neobdelanem zemljišču še danes nahaja v zgornjih nekaj centimetrih zemlje. Rastline ga zelo malo vsrkajo in zato kmetijski pridelki niso kontaminirani. Ne velja pa to za gobe, ki imajo podgobje zelo plitvo. Nekatere gobe kopičijo v sebi težke kovine in druge elemente, med katerimi je tudi cezij. Pri analizah gob v mesecu oktobru leta 1986 je bila aktivnost Cs 137 in Cs 134 pri jurčkih, turkih, sivkah, golobcah, zajčkah in štorovkah pri nas do 25 Bq/kg, enkrat višje so bile aktivnosti pri lisičkah in rumeni grivi, aktivnost obeh cezijskih izotopov za analizirane pšenične gobe in kostanjevke pa je bila kar med 800 in 1400 Bq/kg, kar je presegalo dovoljeno mejo 600 Bq/kg, ki je veljala za Evropsko skupnost. Ta lastnost, kopičenje radioaktivnih elementov, je bila znana že pred Černobilom, kar se je izkoriščalo pri geokemičnih raziskavah radioaktivnih surovin, na primer uranove rude. Pšenična goba ali ciganček in kostanjevka sta dokaj pogosti užitni gobi tudi na Škofjeloškem, posebno tam kjer rastejo na permokarbonskih klastitih, na primer na Žirovskem vrhu, na Gabrški gori, pri Sv. Andreju, Sv. Tomažu, Sv. Valentinu, v Hrastniku pa še marsikje. Škofjeloški gobarji so opozorili na povišano vsebnost cezija v cigančkih in kostanjevkah že zelo zgodaj, na svoji jesenski razstavi gob leta 1986 v Osnovni šoli Petra Kavčiča.

Kot smo že omenili, je bilo radioaktivno onesnaženje tal odvisno od količine padavin, ki so radionuklide sprale na tla. Le tako si lahko razlagamo, da je bila na primer koncentracija izotopov stroncija Sr 89/90 med 2. in 5. majem v mleku v prahu v Kobaridu 32,4/4,5 Bq/kg zaradi obilnosti padavin, v Murski Soboti pa zaradi dežnega "škropca" le 7,6/2,9 Bq/kg. Loško ozemlje in podnebne razmere na Škofjeloškem so bolj podobne tistim v Tolminu kakor onim v Murski Soboti. Tako smo bili Škofjeločani kar prilično "obdarovani" s Černobilom. V vzorcih trave je bila izmerjena specifična aktivnost sevalcev gama 15.000 Bq/m², kar ni malo za tiste, ki smo sedeli na travi med prvomajsko proslavo na Križni gori.

Pojav, porast in upadanje radioaktivnosti tal (gama), konec aprila in v maju 1986



Podatki, privrejeni po "Umweltradioaktivität und Strahlenexposition in Südbayern durch den Tschernobyl-Unfall", GSF-Bericht 16/86, München, 1986, in J. Bernik: "Radioaktivno ozadje na RUŽV v času nesreče v jedrskem reaktorju v Černobilu", Todraž, 1987

Na sliki je prikazan skok radioaktivnosti na RUŽV med dnevoma -1 in -2, kar pomeni dejansko med 29. in 30. aprilom, kot smo že omenili. Šestega in sedmega dne je prišlo z dežjem zopet do manjšega porasta, kar se povezuje z drugim izbruhom v Černobilu. Krivulji radioaktivnosti, dobljeni na RUŽV z radiometričnimi vrati RV-3, smo dodali krivuljo radioaktivnosti iz bavarskega mesteca Neuherberg v neposredni okolici Münchna. Začetek, višek in pojanje radioaktivnosti v obeh krajih se ujema, če upoštevamo bistveno višje ozadje na RUŽV. Radioaktivne padavine so prišle na Bavarsko en dan pozneje, drugi nekoliko povišan obrok radioaktivnosti 8. maja, ki pa je bil tam manjši kot pri nas, zopet en dan pozneje. Omenimo, da so bile razmere ob merjenju podobne. Pri nas se je merila radioaktivnost v višini od enega do štirih metrov nad tlemi, na Bavarskem pa dva metra nad travnatim površjem.

Kakšne so razmere na RUŽV, po novem na RŽV, kjer smo prvič ugotovili Černobil? Kakor smo že povedali, vrata RV-2 še vedno obratujejo. In z njimi še vedno upravlja Cveto Kajin, ki mi je za ta članek prijazno posodil svoj delovni dnevnik. V njem sem ugotovil, da se je število števkov (impulzov), zadnjega maja spustilo na 9.000, konec černobilskega leta je bilo 8.500, konec leta 1987 je znašalo 7.500 in se je do letos spustilo praktično na raven pred nesrečo, torej na okroglih 6.000 števkov na 30 sek.

8. maja 1986 sva s hčerko Urško merila "radioaktivnost" v našem domu v Podlubniku in okoli hiše. Vpliv Černobila v hiši ni bil posebno opazen, še posebno ne v spodnjih prostorih, ki so bili bolj zaščiteni od zunanosti. Proti strehi in proti balkonom se je

radioaktivnost povečevala. Takratna salonitna hrapava streha, ki je bila "primerna" za depozicijo, je kazala skoraj sedemkrat višjo radioaktivnost, kot je bila v kleti. Na vrtu je bila zabeležena petkrat višja vrednost kot pred Černobilom. Oktobra letošnjega leta sva merila na istih mestih. V kleti so bile vrednosti enake kot pred desetimi leti, na podstrešju, kjer sem salonitno kritino po nesreči zamenjal z gladko aluminijsko, so bile vrednosti petinpolkrat nižje kot 8. maja 1986. Klet je pozidana z betonskimi zidaki in ima betonsko ploščo, pritličje in nadstropje sta opečna, ostrešje leseno. Na vrtu s prodnim nanosom in prvotno rušo sva ugotovila skoraj šestkrat nižje vrednosti, kot so bile tiste izpred desetih let.

*Radioaktivnost (gama) na Veštrskem polju (Podlubnik 23) leta 1986 in 1996**

datum meritev	klet	pritličje	nadstropje	podstrešje	streha	vrt
8. maj 1986	7	12	15	22	45	50
2. okt. 1996	7	11	11	9	8	11

* Vrednosti v $\mu\text{R/h}$ predstavljajo oceno jakosti ekspozicijske doze sevanja gama, dobljene s scintilacijskim števcem SPP 2NF, merjeno 0,75 m nad tlemi, streha v višini 2 m.

Spominjam se lepega in toplega začetka maja 1986, ko je svet z nekajdnevno zamudo obšla novica, da se je v Černobilu pripetila hujša jedrska nesreča. Ker smo se s sodelavci na Geološkem zavodu Ljubljana tedaj še ukvarjali z raziskavami urana, smo takoj skušali izmeriti njen vpliv na našo okolico. Presenečeni smo ugotovili, da naši scintilacijski števci kažejo do trikratno povečanje skupnega sevanja gama celo v pisarni. Z meritvami na prostem pa smo ugotovili dokaj neenakomerno porazdelitev sevanja. Merjenja posušenih mlakic ob robu asfaltiranega parkirišča pred pisarnami, kamor je deževnica odnašala černobilske fisijske produkte, pa so pokazala celo do dvajsetkratno povišanje skupnega sevanja gama. Ker so naši instrumenti kazali le skupno sevanje in deleže sevanja, ki ga prispevajo kalijevi, uranovi in torijeви izotopi oziroma njihovi potomci, nismo mogli kvantitativno meriti polucije s fisijskimi produkti, ki jih je iz Černobila prinesel veter in nad našim ozemljem izpral na zemljo dež. Zaradi tega smo se skušali kolikor je tedaj bilo mogoče omejiti od dajanja izjav za javnost. Presenetljivo pa je, kako dobro so bili nam povsem neznan ljudje obveščeni o tem, da smo sposobni meriti radioaktivno sevanje. K nam so prinašali v meritve predvsem vzorce različne zelenjave in zemlje. V glavnem smo jih skušali pomiriti s ponavljanjem podatkov, ki jih je tedaj za javnost pripravljval Inštitut Jožef Stefan.

Moje osebno doživljanje nevarnosti zaradi sevanja je bilo pogojeno z naravo mojega dela. Kot bivši rudniški geolog pri RUŽV sem bil pri delu v jami izpostavljen veliko večjemu sevanju in se zato zaradi Černobila nisem preveč vznemirjal. Svoji takrat dvanajstletni hčerki pa sem le naročil, naj se ne valja po travi, in ji odsvetoval

igre z žogo. Po prihodu domov pa sem zahteval od nje, da si umije roke. Vedel sem namreč, da so radioaktivni potomci joda in cezija trdni delci, ki jih je kaj lahko dobiti na roke in od tam naprej v telo. Tam pa bi se lahko predvsem cezij in stroncij, pa čeprav v zanemarljivo majhnih količinah, po nepotrebnem akumulirala.

Polucija iz Černobila je nekoliko vplivala tudi na potek raziskav urana. Gamasppektrometrična merjenja in prospekcijsko scintilacijskimi števci sem zaradi kontaminacije s fisijskimi produkti prestavil na pozno jesen. Do takrat je večina radioaktivnega joda že razpadla. Prispevek cezijeve izotopov k sevanju pa je bil v primerjavi z naravnim radioaktivnim sevanjem kamnin relativno majhen, tako da ni vplival na kakovost iskanja urana. Dokaz za to je najdba pojavov uranovega orudjenja v Sopotnici pod Robotnikom. Kar nekaj časa pa sem si belil glavo s pojavom majhnih, nekaj kvadratnih decimetrov velikih radioaktivnih anomalij, ki pa so se vedno pojavljale ob vznožju velikih bukovih dreves. Njihove detaljne raziskave in razkopavanja so pokazala, da je bila radioaktivnost vezana le na rušo in je že v globini nekaj centimetrov ni bilo mogoče več zaznati. Te anomalije sem si pojasnil s hipotezo, da so bili trdni fisijski produkti, ki so prišli iz Černobila, sprani z vej dreves in odloženi ob njihovih koreninah na pobočni strani. Pojav je bil omejen le na bukova drevesa. Ta imajo zelo gladko skorjo, po kateri se ob dežju vije deževnica v obliki majhnega potočka, ki ponikne v tla ob koreninah.

Seveda sem poleg svojih opažanj černobilske kontaminacije budno spremljal tudi domače in tuje informacije o nevarnostih in nenevarnostih černobilske nesreče. Menim, da je bilo podajanje teh informacij v Sloveniji po zaslugi Inštituta Jožef Stefan dobro, za moja merila in okus včasih nekoliko alarmantno, vendar korektno. Žal pa sedaj vsi skupaj ugotavljamo, da v tistem času kljub obilici meritev niso bile narejene sistematske karte kontaminacij Slovenije s fisijskimi produkti iz Černobila. Priložnost je zamujena. Upam pa, da ne bo več priložnosti za popravni izpit.

Apropos

Ko sem približno mesec dni po Černobilu delal geokemijske raziskave v Škofjeλοškem hribovju, sem pod Osolnikom našel nad sedemdeset čudovitih mavrahov. Ko sem se spraševal, jesti ali ne jesti, sem se odločil za jesti.

M. Pečnik, URSJV, Ljubljana, nov. 1996

Maksimiljan Pečnik izpod Plevne, geolog, eden prvih Ruževcevcv, je raziskoval uran po Sloveniji, Hrvaški in v Afriki. Postal je ekspert pri Združenih narodih in raziskoval jedrske surovine na Portugalskem, v Zambiji in na Madagaskarju. Na IAEA, Mednarodni agenciji za atomsko energijo na Dunaju, je delal do konca leta 1995 kot ekspert na podatkovnih bazah za uranski gorilni ciklus. Sedaj je svetovalec direktorja na Upravi Republike Slovenije za jedrsko varnost.

KAKŠNE SO POSLEDICE JEDRSKE NESREČE IZ ČERNOBILA PRI NAS

Poročilo Zavoda SR Slovenije iz leta 1987 ugotavlja, "da posledice ne bodo tako resne, kot smo morda v začetku mislili. Dodatne doze sevanja, ki jih bo prebivalstvo SR Slovenije prejelo, so 0,5 mSv/leto, kar v primerjavi z že do sedaj prejetimi dozami iz umetnih virov sevanja 2 mSv/leto, pomeni povečanje za cca 25 %." (17, stran 127). Iz primerjave povprečnih življenjskih absorbiranih doz zaradi črnobilskega radioaktivnega izpusta, ki ga je izvedla National Radiation Protection Board iz Velike Britanije, pa lahko razberemo, da smo skupaj z Grki prejeli najvišjo dozo izmed devet držav, zato je morda posledice le niso, oziroma ne bodo tako marginalne. Letne prejete doze so na primer za Anglijo 0,03 mSv, za Francijo 0,08 mSv, za Italijo 0,30 mSv in za Nemčijo 0,36 mSv (10, stran 36).

Skupna izpostavljenost ljudi, ki bivajo v neposredni okolici RUŽV, znaša 5,3 mSv na leto. Relativni delež črnobilske kontaminacije za te ljudi je bil ocenjen v letu 1987, sicer le na 1 – 2 % skupne letne doze¹⁸. Res pa je tudi, da prejmejo dvakrat višjo dozo naravnega radioaktivnega sevanja, kot velja privzeto povprečje za preostalo Slovenijo¹⁹.

In končna ugotovitev iz knjižice Černobil. Nesreča, posledice in nauki, ki je pri nas izšla ob desetletnici nesreče:

"Povprečni prebivalec Slovenije je zaradi črnobilskega sevanja prejel dozo, kakršno prejme iz naravnih virov v nekaj mesecih. Zato v prihodnosti ne bomo mogli opaziti zdravstvenih posledic te izpostavitve, saj bodo statistično neugotovljive." (10, stran 80).

Za Slovenijo velja povprečna letna naravna doza prejetega radioaktivnega sevanja 2,4 mSv. Prispevek iz zdravstvenih diagnostičnih pregledov v Sloveniji znaša za povprečnega prebivalca 3 do 5 mSv, hkrati pa strokovnjaki pravijo tudi, da prejme človek pri enem samem rentgenskem slikanju zoba nekako 30 do 50 mSv²⁰.

Mogoče pa je najpomembnejša posledica Černobila večja osveščenost in odgovornost do sebe, do drugih in do okolja.

SMO SE IZ ČERNOBILSKEGA PRIMERA KAJ NAUČILI?

Komaj kaj, sodeč po knjižici, ki je izšla v Sloveniji ob deseti obletnici črnobilske nesreče, ki smo jo citirali v začetku in na koncu našega prispevka, in ki ima osemdeset strani. V njej je lastnega, domačega teksta le pičle tri, 3! strani. Vse drugo so prevodi oziroma povzetki tujih poročil. Kakor da ne bi imeli strokovnjakov na IJS, na Zavodu za varstvo pri delu, v Jedrski elektrarni Krško, na Republiški upravi za jedrsko varnost, in verjetno še kje, strokovnjakov, ki o tem dosti vedo in so o tem tudi pisali, ne nazadnje tudi strokovnjakov, ki so delali svoj čas na Rudniku urana Žirovski vrh in so se izkazali že pred desetimi leti. K sreči vemo, da je bilo v zvezi z ugotavljanjem jedrskih onesnaženj in javljanj o tem po Černobilu v Sloveniji vendarle precej storjenega²¹. Za kratek prispevek o tem smo zaprosili fizika Staneta Arha iz Podlubnika, ki je delal svoj čas v RUŽV kot vodja varstva pred sevanji, sedaj pa je direktor Inštituta Zoran Rant v Škofji Loki.

Nadzor radioaktivnosti v okolju je postal aktualen že v času preizkušanja atomskih bomb v zraku, to je pred več kot 30 leti. Takrat je bil sprejet republiški program, ki je med drugim obsegal nadzor pitne vode, hrane, vodotokov in zraka.

Velik korak v nadzoru radioaktivnosti v okolju je bil narejen ob gradnji naše jedrske elektrarne v Krškem in odprtju rudnika urana v Žirovskem vrhu. Z namenom, da bi preprečili morebitne posledice nekontroliranega izpusta močno radioaktivnih snovi v okolje, je bil sprejet poseben program nadzora nad izpusti iz teh dveh objektov. Za potrditev zanemarljivega vpliva na okolje tudi v daljšem času obratovanja pa se izvaja še program meritev radioaktivnosti v okolici obeh objektov. Desetletne meritve potrjujejo, da je vpliv na okolico jedrske elektrarne praktično nemerljiv. Vpliv rudnika urana Žirovski vrh na okolico je bil v primerjavi z elektrarno večji, vendar nikoli ni presegal administrativno določenih mejnih vrednosti.

Ob nesreči v Černobilu je širša javnost spoznala, da se radioaktivna snov lahko razširi prek meja in lahko doseže vsako točko na zemlji. Začeli so graditi kompleksne sisteme, ki naj bi odgovorne strokovnjake čim hitreje opozorili na povečano radioaktivnost v okolju. Ukrepi za preprečevanje so učinkoviti le, če so pravočasni.

Ob nesreči v Černobilu je edino detektor sevanja gama v rudniku urana Žirovski vrh kontinuirano (neprekinjeno) meril povečanje sevanja zaradi prispelih radioaktivnih snovi po zraku. Zato se je Slovenija kmalu po nesreči v Černobilu odločila, da zgradi "Radiološki opozorilni sistem Slovenije" ali na kratko ROSS. Ta sistem trenutno obsega že 40 merilnikov zunanjšega sevanja, eden od njih je tudi na Škofjeloškem, ki neprekinjeno merijo noč in dan. Od teh jih že skoraj polovica redno vsake pol ure po telefonski povezavi pošilja podatke v center ROSS. Nekaj teh podatkov pošiljamo že v Internetovo mrežo in so na razpolago vsakomur, ki obišče stran Uprave RS za jedrsko varnost. Upamo, da bodo podatki kmalu na voljo tudi v teletekstu.

Program za nadzor radioaktivnosti v okolju je danes že tako dodelan, da opazimo že vsako povečanje radioaktivnosti. Tako na primer opazujemo povečanje radioaktivnosti zaradi izpiranja radioaktivnih potomcev radona iz ozračja z dežjem ali radiografske meritve zvarov v oddaljenosti okoli sto metrov od sonde.

S. Arh, URSJV, Ljubljana, nov. 1996

Predvsem pa se ob černobilskem primeru nismo kaj prida naučili o takojšnjem obveščanju in pravočasnem ukrepanju v novonastalih kritičnih razmerah. Skoraj natančno deset let po Černobilu se je letos junija (1996, opomba avtorja) v Ljubljani "nenapovedano" pojavil ozon. Bili smo spet nekako nepripravljeni in rahlo zbegani. Še dobro, da se je letošnje kratko vroče poletje hitro nehalo.

ZA KONEC

Od vse bogate in uspešne radiometrične dejavnosti na RUŽV in na Škofjeloškem ni ostalo po desetih letih praktično nič, kot verjetno čez naslednjih deset let ne bo ostalo kaj dosti vedenja o nekem rudniku urana tam v Todražu. *Sic transit gloria mundi!* Naj pa o tem priča ta zapis, deset let po Černobilu, ki pa je bil pri nas najprej ugotovljen ravno tam v Žirovskem vrhu, v Tavčarjevi Zali. Morda še zanimivost: letos, deset let po černobilski nesreči, mineva tudi sto let, ko je Henri Becquerel (1852 – 1908), francoski fizik, leta 1896 odkril radioaktivnost. Če je Černobil res mejnik, se je z njim končalo atomsko obdobje civilizacije in se začelo informacijsko. Naj bo prijaznejše!

Viri

1. J. Bernik: Radiometrična vrata zabeležila povišano radioaktivno ozadje zaradi eksplozije v Černobilu. *VEUN*, st. 51 – 53, Škofja Loka, 1986
2. P. Zajc: Merilna tehnika pri raziskavah urana v Žirovskem vrhu. *Zbornik referatov simpozija Rezultati dosadašnjih i pravci daljih istraživanja nuklearnih sirovina*, st. 479 – 4485, SITRGMJ, Beograd, 1984
3. P. Zajc: Seznam registriranih inovacij na RUŽV. *Uranar*, 3/31, Todraž, 1990
4. F. Likar: *Glavni rudarski projekt za Rudnik urana Žirovski vrh. Splošni del*. Rudis, Trbovlje, 1981
5. J. Bernik, T. Lunder: Radiometrična vrata. *Zbornik referatov simpozija Rezultati dosadašnjih i pravci daljih istraživanja nuklearnih sirovina*, st. 486 – 487, SITRGMJ, Beograd, 1984
6. A. P. Florjančič, J. Bernik: Radiometrične meritve rovne rude v gibanju v Rudniku urana Žirovski vrh. *Zbornik referatov Posvetovanje Inženirska geofizika v gradbeništvo, rudarstvu in sorodnih dejavnostih*, SITRGMJ, Bled, 1988
7. J. Bernik: Razvoj geofizikalne opreme na RUŽV. *Uranar* 2/30, Todraž, 1990
8. M. Andjelov: Rezultati geokemičnih meritev za karto naravne radioaktivnosti Slovenije. *Geologija* 36, 223 – 248, Ljubljana 1994
9. A. P. Florjančič, M. Križman: *Radon v bivalnem okolju v občini Škofja Loka*. Raziskovalna naloga občine Škofja Loka, Škofja Loka, 1992
10. R. Martinčič in B. Pucelj: *Posledice černobilske nesreče v Sloveniji*. – A. Stritar, *Černobil: Nesreča, posledice in nauki*. DJSS, DSVS, str. 77, Ljubljana, 1996
11. V. Dimić: *Elektrika iz jedrske energije*. IJS, str. 41, Ljubljana, 1991
12. *The Chernobyl Accident Factsheets*. BNIF, London, 1995
13. *Chernobyl Ten Years On Radiological and Health Impact*. NEA, OECD, str. 27 – 36, Paris, 1996
14. Nach Tschernobyl. *Antworten auf 21 Fragen*. Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung, Köln, 1986
15. *Tschernobyl*, StMLU, München, 1986
16. *Tschernobyl*, Informationen über und nach Tschernobyl. StMLU, 2. Aufl. München, 1986
17. *Poročilo o meritvah radioaktivnosti živiljskega okolja po jedrski nesreči v Černobilu*. ZVDSRS, Ljubljana, marec 1987
18. M. Križman: Radioaktivnost v življenjskem okolju Rudnika urana Žirovski vrh in izpostavljenost prebivalstva v letu 1987. *Uranar* 2/21, Todraž, 1988
19. A. P. Florjančič, M. Križman: Uran – pojavljanje, pridobivanje v RUŽV in vpliv na okolje. *Zbornik 3. posvetovanje Onesnaževanje in varstvo okolja*, st. 49 – 53, ZTIL, Ljubljana, 1992
20. A. Hebrang, F. Petrović: *Radijacija i zaštita u medicinskoj diagnostici*. *Medicinska knjiga*, Zagreb, 1987
21. S. Arh: *Early Warning Network in Slovenia*. 3rd Regional Meeting Nuclear Energy in Central Europe, DJSS, Portorož, 1996

Kratice

BNIF	British Nuclear Industry Forum
DJSS	Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije
DSVS	Društvo Slovenije za varstvo pred sevanji
GSF	Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München
IAEA	International Atomic Energy Agency
NEA	Nuclear Energy Agency
OECD	Organisation for Economic Co-Operation and Development
RUŽV	Rudnik urana Žirovski vrh
SITRGMJ	Savez inženjera i tehničara rudarske, geološke i metalurške struke Jugoslavije.
StMLU	Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
URSJV	Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost
VEUN	Vrednotenje in eksploatacija uranskih nahajališč, zbornik referatov 2. jugoslovanskega posvetovanja o jedrskih surovinah, ki je bil v Škofji Loki 19., 20. in 21. junija 1986
RBMK	Vodno hlajeni reaktor z grafitnim moderatorjem (sovjetska oznaka)
ZTIL	Zavod za tehnično izobraževanje Ljubljana

ZUSAMENFASSUNG*Tschernobyl in Škofja Loka und zehn Jahre danach*

Der Autor des Beitrags, dipl. Geologieingenieur, hat mehr als zwanzig Jahre an Forschungen, Grundung und Produktion im Uranerzbergwerk Žirovski vrh in der Nähe von Škofja Loka gearbeitet. Im Beitrag stellt er eine hochentwickelte Radiometrietechnik dar, die weitgehend das Resultat der eigenen Entwicklung war. An einem von den automatischen Meßgeräten, die zur Evidenz von Quantität und Qualität des Uranerzes dienten, wurde im Bergwerk Žirovski vrh im April 1986 die radioaktive Verseuchung, verursacht durch die Tschernobyl-Katastrophe, registriert. Am 29. April 1986 um 22.00 Uhr ist der Wert der Gammarradioaktivität im Bereich des Uranerzbergwerkes um fünfmal angestiegen. Der Vergleich ähnlicher Messungen in Bayern zeigt, daß die radioaktive Wolke die deutsche Grenze in Bayern einen Tag später passiert hat. Höhere absolute Radioaktivitätswerte im Bergwerk Žirovski vrh sind die Folge der Tatsache, daß die Radioaktivität in diesem Bereich wesentlich höher ist als in Bayern. Die durchschnittliche Radioaktivität in Slowenien ist wesentlich niedriger und vergleichbar mit der in Bayern, als im Bereich des Uranerzbergwerkes. Im Beitrag werden auch die Folgen der Luft-, Boden- und Nahrungsketteverschmutzung durch Jod, Cäsium und andere Verursacher in Slowenien dargestellt. Im Mai 1986 und im Oktober 1996 wurde in einer bestimmten Wohnung in Škofja Loka Gammarradioaktivität gemessen und verglichen. Aufgrund technischer und Organisationslösungen im Uranerzbergwerk in Žirovski vrh im Jahr 1986 wurde in Slowenien in folgenden Jahren ein Netz automatischer Meßgeräte entwickelt. Die Meßdaten werden laufend dem Zentrum in Ljubljana vermittelt.