

Sveučilište u Zagrebu  
Filozofski fakultet  
Odsjek za povijest

**JUGOSLAVENSKI NUKLEARNI PROGRAM**

Diplomski rad

Damjan Kovačić

Mentor: dr. sc. Tvrтко Jakovina

Zagreb, rujan 2014.

*Sadržaj:*

<b>UVOD</b> .....	<b>2</b>
<b>ATOMSKO DOBA</b> .....	<b>4</b>
Općenito o <i>nuklearnom</i> .....	4
Razvoj teorijske, praktične i primjenjive nuklearne znanosti u svijetu.....	6
Uvjeti za pokretanje nuklearnog programa .....	10
<b>JUGOSLAVENSKI PROGRAM, 1947. – 1966.</b> .....	<b>11</b>
Osnivanje znanstvenih instituta .....	12
Znanstveni rad prvih deset godina .....	14
Osnivanje Instituta za istraživanje nuklearnih sirovina.....	18
Prekid nuklearnog programa 1966. godine.....	24
<b>PITANJE ATOMSKE BOMBE</b> .....	<b>27</b>
<b>REZULTATI PROGRAMA DO RASPADA JUGOSLAVIJE</b> .....	<b>36</b>
Obnova nuklearnog programa .....	36
Nuklearna elektrana Krško .....	38
Žirovski vrh .....	40
Nuklearna ostavština u 21. stoljeću.....	41
<b>ZAKLJUČAK</b> .....	<b>42</b>
<b>BIBLIOGRAFIJA</b> .....	<b>46</b>
<b>SAŽETAK</b> .....	<b>50</b>
<b>PRILOZI</b> .....	<b>51</b>

## UVOD

Zadnjih godina u Hrvatskoj rijetko nailazimo na vijesti vezane za nuklearna pitanja. Prestankom Hladnog rata iz svijesti javnosti odstranjen je osjećaj straha koji je sa sobom nosila stvarna mogućnost nuklearnog sukoba između država. Time je ujedno zatvoreno poglavlje fasciniranosti tom tehnologijom, koje je trajalo polovicu stoljeća. Iznimke su trenuci velikih nesreća, kada se mediji vraćaju nuklearnim pitanjima, što smo imali priliku posvjedočiti nakon katastrofalne nesreće u japanskoj Fukušimi. U trenutku početka pisanja ovog teksta Japan je, na kratko, postao u potpunosti "nuclear free", ugasio je sve svoje brojne reaktore zbog sigurnosnih mjera. Upravo se temama ekologije u slučaju nesreće bavi većina rasprava vezanih za nuklearne reaktore i istraživanja radioaktivnosti. U zadnjih nekoliko godina Njemačka je u potpunosti odustala od dobivanja energije iz nuklearnih izvora, dok svjetski prvaci u proizvodnji megavata pomoću reaktora, Francuska, Sjedinjene Države i Rusija konstanto preispituju isplativost dugoročnih ulaganja. U Hrvatskoj se govorilo nešto više o nuklearnoj energiji dok se nisu raščistili odnosi između Slovenije i Hrvatske po pitanju jedine bivše jugoslavenske nuklearne elektrane Krško. Upravo iz tih razloga kada sam se počeo baviti ovim istraživanjem naišao sam na nerazumijevanje ljudi oko sebe, uključujući i nekoliko kolega povjesničara koji su napola u šali pomislili da se bavim istraživanjem "jugoslavenskog svemirskog programa". Možemo reći da mi je takav manjak poznavanja makar osnovnih elemenata što zapravo znači nuklearni program, kako dolazi do nuklearne lančane reakcije i što se događa s nevjerojatno velikim brojem razornih bojnih glava koje su još uvijek aktivno u vojskama svijeta (i čija bi razorna snaga bila dovoljna da Zemlju učini nekoliko puta nenastanjivom) bila motivacija za istraživanjem tajanstvenog nuklearnog programa u koji smo se sami upustili odmah po završetku Drugog svjetskog rata.

Ovaj rad bavit će se događajima koji su uslijedili nakon odluke o pokretanju nuklearnog programa u Jugoslaviji, analizirat će koliko je truda uloženo između raznih aspekata razvoja nuklearnih teorijskih i praktičnih znanosti, potraga za radioaktivnim materijalima i eksploatacija nalazišta, sustavima zaštite od zračenja te vojnim pristupom programu. Rad je podijeljen u četiri poglavlja i zaključak: općim uvodom u nuklearni program koji pokriva osnovne pojmove koji se koriste i radi kratki pregled razvoja nuklearne znanosti; programom u Jugoslaviji podijeljenim na dvije faze, od kraja Drugog svjetskog rata do 1966. te od 1974. do raspada države i poglavljem koje se bavi pitanjem atomske bombe u prvoj fazi programa. Za istraživanje su korišteni službeni zapisi razvoja programa, dokumenti iz arhiva znanstvenih

instituta, memoari i sjećanja sudionika, izvještaji vanjskih stručnjaka koji su promatrali učinke i posljedice programa te suvremene novinske reportaže. Zbog osjetljivog pitanja vojnog aspekta programa, taj dio je najmanje istražen jer dokumenti nisu dostupni ili su ranije uništeni te se moramo oslanjati na svjedočanstva ljudi koji su radili na programu. Zaključak uzima u obzir sve iznesene informacije i donosi sud o "uspješnosti" samog programa, pokušavajući što jasnije razumjeti motivacije, porive, iskoristivost potencijala i pitanje grandioznosti u tim godinama kada je pitanje nuklearne znanosti i atomistike bilo izraženo na potpuno drugačijoj razini, zbog čega pedesete godine prošlog stoljeća s razlogom možemo nazvati – atomsko doba.

## ATOMSKO DOBA

Za razumijevanje tema kojima se ovaj rad bavi potrebno je napraviti kratki pregled osnovnih pojmova, reakcija i kratke povijesti razvoja nuklearnih znanosti u svijetu. U radu se pojavljuju pojmovi koji mogu biti sinonimi, ali istovremeno imati različito značenje, primjerice razlika između atomskog i nuklearnog oružja te pojava nekoliko danas zastarjelih pojmova poput "atomistike" – kada je bilo moguće zadržani su izrazi koji su se koristili u vrijeme pisanja tekstova korištenih u istraživanju, kako bi lakše bilo objasniti citate i kako bi se izbjeglo nepotrebno moderniziranje tadašnjeg govora na današnji standard.

### Općenito o nuklearnom

Jezgra atoma, nukleus, koja se sastoji od protona i neutrona, sadrži relativno veliku energiju. Oslobođanje te energije temeljni je princip rada s nuklearnom energijom. Naziv "atom" dodijeljen je u 19. stoljeću, od grčke riječi "nedjeljiv" – upravo jer se tada atom smatrao najmanjom nedjeljivom česticom. Nuklearna fisija je proces prilikom kojeg se jezgra atoma dijeli na dva ili više dijelova i najčešće se postiže bombardiranjem jezgre atoma neutronima. Drugi način postizanja fisije je pomoću naelektriziranih čestica, koje je potrebno ubrzati u akceleratorima čestica. Bitno je napomenuti da se prilikom cijepanja atoma oslobađaju dva ili više neutrona, pri čemu se ti neutroni mogu upotrijebiti kako bi stvarali novu fisiju; proces koji zovemo nuklearna lančana reakcija. U kontroliranim uvjetima, uz materijal koji usporava neutrone na potrebnu brzinu da bi ponovno došlo do fisije (moderator), lančana reakcija može se održavati određeno vrijeme. U teoriji, uz beskonačno mnogo nuklearnog goriva (fisijskog materijala), nuklearna lančana reakcija trajala bi beskonačno; upravo zato se količina goriva potrebna za odvijanje lančane reakcije unutar reaktora naziva kritična masa. Kada koristimo izraz "dostizanje stanja kritičnosti" nuklearnog reaktora, označavamo trenutak kada je količina fisijskog materijala dovoljna za održavanje neprekinute lančane reakcije.<sup>1</sup> Dva najčešća tipa nuklearnog goriva su izotop uranija 235 te izotop plutonija 239 (izotopi atomske mase 235 i 239, kasnije u tekstu  $U^{235}$  i  $Pu^{239}$ ). Element plutonij sintetički je stvoren element i dobiva se cijepanjem izotopa uranija 238 pomoću neutrona.

---

<sup>1</sup>Ivanović Dragiša; Vučić Vlastimir. *Atomska i nuklearna fizika*, str. 266. - 270

Rezultat fisije je oslobađanje vrlo visokih energija i ta činjenica je osnova korištenja nuklearne energije u civilne i vojne svrhe. Razlikujemo kontroliranu fisiju i nekontroliranu. Ako se apsorbiraju neutroni i gama zrake nakon procesa fisije, njihova energija pretvara se u toplotnu, koja se može preusmjeriti - što je proces kojim se koriste nuklearne elektrane. Nuklearna oružja također koriste energiju stvorenu prilikom fisije: direktno, što je bio slučaj u prvim atomskim bombama, kada se razorna sila dobivala nekontroliranom eksplozijom nastalom od fisije i indirektno, kada se koristi za poticanje nuklearne fuzije. Do fuzije dolazi prilikom izlaganja ogromnoj temperaturi; termonuklearni uređaj koristi toplinu nastalu prilikom fisije atoma kako bi pokrenuo nuklearnu fuziju materijala izloženog temperaturi. Takva, složenija oružja nazivamo termonuklearna ili kako je ranije bio slučaj hidrogenska (zbog korištenja vodika prilikom fuzije). Proces nuklearne fuzije, spajanja dvije jezgre atoma u jednu prilikom koje se otpušta velika količina energije je osnovni proces koji se odvija u Suncu. U slučaju termonuklearnog oružja radi se o manjoj fizijskoj bombi i određenoj količini materijala – fuzijskog goriva, koje se sastoji od dva izotopa vodika, deuterija i tricija. Teoretski, snaga termonuklearnog oružja ovisi o količini fuzijskog goriva i nije ograničena. Za primjer možemo navesti dva testiranja termonuklearnih bombi:

1. Prilikom američkog testnog detoniranja "Castle Bravo" 1954. godine došlo je do nepredvidivih rezultata zbog pogrešno izračunatih svojstva materijala fuzijskog goriva – izotop litija za koji se mislilo da je inertan, sudjelovao je u fuziji te je eksplozija bila trostruko jača od predviđene.<sup>2</sup>
2. Najjača bomba detonirana u povijesti, sovjetska "Car bomba", 1961. godine postigla je eksploziju snage ekvivalenta 50 megatona TNT-a. Prvotni nacrt bio je zamišljen za snagu bližu 100 megatona, ali je količina fuzijskog goriva prepolovljena, čime je automatski umanjena razorna snaga.<sup>3</sup>

Mogućnost korištenja procesa fuzije u proizvodnji električne energije još uvijek se nalazi u eksperimentalnoj fazi. Pokretanje međunarodnog eksperimentalnog reaktora odgođeno je do 2016. godine i budućnost projekta je neizvjesna.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup><http://nuclearweaponarchive.org/Usa/Tests/Castle.html>, citirano 29.07.2014.

<sup>3</sup><http://nuclearweaponarchive.org/Russia/TsarBomba.html>, citirano 29.07.2014.

<sup>4</sup>Više o projektima ITER i EFDA na: <http://www.efda.org/efda/activities/>

## Razvoj teorijske, praktične i primjenjive nuklearne znanosti u svijetu

Istraživanja koje su krajem 19. stoljeća obavili supružnici Curie postavila su temelj za razdoblje istraživanja procesa koji se odvijaju u atomskim jezgrama i njihova međudjelovanja. Za otkriće spontanog raspada atomskih jezgara 1896. godine, zapravo procesa radioaktivnosti, francuski znanstvenici Marija Sklodowska-Curie, Pierre Curie i Henri Becquerel dobili su Nobelovu nagradu iz fizike 1903. godine.<sup>5</sup> Atomske jezgre spontano emitiraju zračenja, koja su podijeljena na alfa, beta i gama zračenje. Proces prelaska atomskih jezgara iz jedne u drugu prilikom alfa i beta zračenja naziva se *nuklearna transmutacija*. 1911. godine Ernest Rutherford proučava prolaz alfa zraka kroz listiće zlata pri čemu izlaže teoriju o konstrukciji atoma koji se sastoji od jezgre i određenog broja elektrona; tzv. *Rutherfordov model atoma*. Upravo Rutherfordov rad smatramo početkom moderne nuklearne fizike, znanosti koja se bavi proučavanjem strukture atomske jezgre i procesima koji se odvijaju u nj o j.<sup>6</sup> 1913. godine Niels Bohr nadopunjuje teoriju konstrukcije atoma svojim *Bohrovim modelom atoma*, "planetarni model" jer kretanje elektrona oko jezgre atoma uspoređuje sa Sunčevim sustavom. Četiri godine kasnije, 1917. Rutherford uspješno izvodi prvu umjetnu nuklearnu transmutaciju što predstavlja prvi dokazani primjer nuklearne reakcije.

Veliki korak naprijed za nuklearnu fiziku napravljen je 1932. godine kada James Chadwick otkriva postojanje neutrona u atomskoj jezgri. Iste godine izgrađen je prvi akcelerator čestica u Cambridgeu pomoću kojeg John Cockcroft i Ernest Walton stvaraju mogućnost laboratorijskog istraživanja nuklearnih reakcija. 1933. mađarski fizičar Leo Szilard iznosi teoriju nuklearne lančane reakcije, održivog procesa kojim se kontrolirano može otpustiti velika količina energije; čime će se detaljno baviti talijanski fizičar Enrico Fermi. Proučavanjima iz 1937. godine koje su vršili timovi Irene Joliot-Curie<sup>7</sup> s kojom je radio jugoslavenski kemičar Pavao Savić, istraživala se radioaktivnost drugih elemenata – aktinija i lantana te eksperimentima vezanim za nuklearnu fisiju. 1938. godine tim predvođen kemičarima Ottom Hahnom i Fritzom Strassmanom bavi se radioaktivnošću i kemijskom

---

<sup>5</sup>Antoine Henri Becquerel nije radio na istraživanjima zajedno sa supružnicima Curie, već se paralelno bavio istraživanjem svojstva rentgenskih zrak. Nobelova nagrada iz fizike 1903. godine podijeljena je između troje znanstvenika; ½ Becquerelu, ¼ Curie i ¼ Sklodowska-Curie. Vidi:

[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1903/becquerel-bio.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/becquerel-bio.html) i

[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1903/marie-curie-facts.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/marie-curie-facts.html), citirano 15.07.2014.

<sup>6</sup>*Opća enciklopedija jugoslavenskog leksikografskog zavoda*, sv. 4, str. 98.-99.

<sup>7</sup>Kćerka Marije Sklodowske-Curie

reakcijama radija i barija; što u suradnji s Nielsom Bohrom i Lisom Meitner dovodi do konačnog otkrića procesa nuklearne fisije. Nuklearnu fisiju kao teoriju razvili su ranije Bohr i Wheeler kada su eksperimentalno potvrdili raspad izotopa  $U^{235}$ , atoma koji će se ubuduće koristiti kao glavni izvor goriva za pokretanje i održavanje procesa nuklearne lančane reakcije. Vrhunac ovih istraživanja postiže se pokretanjem prvog umjetnog nuklearnog reaktora u povijesti, "Chicago-Pile 1" koji je dosegnuo stanje kritičnosti u prosincu 1942. godine u prostorijama Sveučilišta Chicago u Sjedinjenim Američkim Državama. Drugi svjetski rat bjesnio je već tri godine i prvi umjetni reaktor pokrenut je u sklopu "Projekta Manhattan". Pokretanje reaktora Chicago-Pile 1 predvodio je Enrico Fermi, koji je 1939. godine na konferenciji Američkog fizikalnog društva u Washingtonu iznio mogućnost održive fisijske reakcije; pretpostavka koja je brzo potvrđena, ali zadržana u tajnosti zbog moguće vojne zlouporabe.<sup>8</sup>

Korištenje nuklearnih reakcija u energetici i izradi eksploziva teoretski se razmatralo od početka 20. stoljeća, uz veliku dozu skepticizma. Ernest Rutherford bio je čvrsto uvjeren kako je praktički neizvedivo iskoristiti moguću dobivenu energiju; navodno je Szilard iznio teoriju lančane reakcije upravo kao odgovor Rutherfordovim tvrdnjama da "svi koji pričaju o praktičnoj koristi nuklearne energije pričaju obične gluposti".<sup>9</sup> Velikani fizike poput Alberta Einsteina i Roberta Oppenheimera nisu uopće razmatrali korištenje održive nuklearne lančane reakcije sve do kraja tridesetih godina kada su ih kolege upoznale s novim otkrićima. Upravo zbog Einsteinove slave, pristupili su mu Szilard i fizičar Eugene Wigner s molbom da proba utjecati na američke i belgijske političare kako bi se zbog političke napetosti i prijetnje od rata, moglo unaprijed osigurati sirovine i novčana sredstva potrebna za daljnja istraživanja.<sup>10</sup> Iz te komunikacije pojavilo se poznato pismo Einsteina američkom predsjedniku Franklinu Rooseveltu u kolovozu 1939. godine, u kojemu moli predsjednika da razmotri opsežnija istraživanja teme i osiguranju potrebnih sirovina, navodeći mogućnost izrade bombi nevjerojatne snage.<sup>11</sup> Einstein je poput Szilarda pobjegao pred rastućom snagom nacističkog režima u Europi i bio je itekako svjestan opasnosti koje su vrebale ako se ova nova otkrića iskoriste u ratne svrhe. Ironično je kako je upravo to pismo bilo jedno od prvih pokretača američkog napora izrade atomske bombe, iako će biti potrebno otprilike tri godine do

---

<sup>8</sup> „Razvoj nuklearne energije“ *Tehnička enciklopedija jugoslavenskog leksikografskog zavoda*, str. 438.

<sup>9</sup> De Groot, Gerrard. *The Bomb*, str 11.

<sup>10</sup> Albert Einstein je nakon bijega iz Njemačke živio kratko u Belgiji gdje je stekao poznanstva unutar belgijanske kraljevske obitelji; Belgija je bila europska zemlja s najvećim zalihama rude uranita, iz nalazišta u tadašnjem Belgijskom Kongu. De Groot, Gerrard. *The Bomb*., str. 21-23.

<sup>11</sup> Einsteinova pisma upućenu Rooseveltu mogu se naći na: <http://hypertextbook.com/eworld/einstein.shtml>, citirano 18.07.2014.



pokretanja tajnog projekta koji će izroditi prvu bombu. Znanstvenici koji su se bavili nuklearnom fizikom u Europi također su bili svjesni opasnosti. Strah je išao toliko daleko da je Otto Hahn, inače veliki protivnik nacističkog režima, izjavio kako će radije počiniti samoubojstvo nego sudjelovati u izradi bombe - pogotovo nakon osnivanja "Uranvereina" u rujnu 1939., što označava početak planiranja izrade atomske bombe od strane njemačke vojske.<sup>12</sup> Nakon američke objave rata Japanu i Njemačkoj, Roosevelt daje zeleno svjetlo projektu izrade američke atomske bombe i u kolovozu 1942. godine pokreće se "Projekt Manhattan"

Projekt Manhattan trajao je četiri godine, na vrhuncu je u sklopu projekta radilo preko 120 tisuća radnika i naposljetku je koštao oko 2 milijarde dolara.<sup>13</sup> Postrojenja koja su se bavila istraživanjima i tehničkom izradom nalazila su se diljem teritorije Sjedinjenim Država, s glavnim znanstvenim kompleksom "Los Alamos" izgrađenim u Nevadi. Rezultat su bile četiri atomske bombe, od kojih su tri detonirane: "Trinity" testna eksplozija 16. srpnja 1945., napadi na Hirošimu, 6. kolovoza 1945. i na Nagasaki, 9. kolovoza 1945. godine. Četvrta bomba bila je izgrađena, ali nije detonirana zbog kapitulacije Japana 15. kolovoza 1945. Bitno je napomenuti kako se radilo o dva različita modela bombi, svaka sa svojim manama i prednostima. "Little Boy", oružje upotrijebljeno u Hirošimi, bila je fisijska bomba koja je kritičnost postigla naglim spajanjem potkritičnih dijelova, koristeći isključivo uranij. "Fat Man", oružje bačeno na Nagasaki, bila je implozijska fisijska bomba gdje su se potkritični dijelovi spajali detoniranjem klasičnog eksploziva unutar bombe i za materijal je korišten plutonij.<sup>14</sup> Projektanti su htjeli isprobati obje teorije postizanja nuklearne reakcije u s vrhu eksplozije kako bi bili sigurni da će jedna od njih uspjeti.<sup>15</sup> Za obogaćivanje uranija i izradu plutonija korištene su tri različite metode, ponovno zbog eksperimentalne prirode projekta.

Nakon završetka rata otkriveno je kako njemačka istraživanja na polju nuklearne fizike, iako obećavajuća u teoriji, u izvedbi nisu dosegla ni približnu razinu američkog projekta. Pronađen je jedan model eksperimentalnog reaktora koji nikad nije postigao stanje kritičnosti.

---

<sup>12</sup>De Groot, Gerrad. *The Bomb*, str 21.

<sup>13</sup>Vrijednost dolara iz 1945., računajući inflaciju, vrijednost projekta u današnjim dolarima bila bi nešto ispod 30 milijardi američkih dolara. Za više podataka o Projektu Manhattan:  
<http://www.brookings.edu/about/projects/archive/nucweapons/manhattan>;  
<http://blog.nuclearsecrecy.com/>; citirano 10.07.2014.

<sup>14</sup>Vidi PRILOG 1

<sup>15</sup>Zbog nevjerovatne brzine razvoja relativno nepoznatog polja fizike i vrlo eksperimentalne prirode projekta, konstruktori bombe nisu znali razinu efikasnosti niti snagu eksplozije dok prva bombe nije detonirana. Znanstvenici su se međusobno kladili s ogromnim razlikama u brojkama koliko će snažna biti prva eksplozija, dok je američka vojska ima pripremljene različite verzije objava za tisak u slučaju nesreće; uključujući i verziju u kojoj su svi sudionici testa „Trinity“ izgubili život. v: De Groot, Gerrard. *The Bomb*, str. 63.

Unatoč velikom trudu za očuvanje tajnosti radova u sklopu Projekta Manhattan, sovjetska obavještajna mašinerija uspješno je došla do velikog broja informacija, uključujući i nacrt za plutonijsku bombu. Sovjetski nuklearni program počeo je već 1943. ali tek je nakon atomskog napada na Japan gurnut u veću brzinu: već u kolovozu 1945. odlučeno je iskoristiti sustav gulaga kako bi se omogućila sva sredstva potrebna za ubrzani razvojni program, a u siječnju 1946. Staljin osobno daje ovlasti nad projektom fizičaru Igoru V. Kurčatovu, uz napomenu da se nigdje ne mora štedjeti te kako je brzina izvršenja projekta najbitnija.<sup>16</sup> U prosincu 1946., četiri godine nakon Chicago Pile-1, prvi sovjetski nuklearni reaktor postigao je stanje kritičnosti. Dana 29. kolovoza 1949. detonirana je prva sovjetska atomska bomba.<sup>17</sup>

Početak pedesetih godina dvadesetog stoljeća označava veliki iskorak u korištenju nuklearne energije u mirnodobne i civilne svrhe. Dok u pozadini počinje utrka u naoružanju koja će trajati desetljećima, koja će omogućiti i razvoj termonuklearnog oružja koje uz fisiju koriste i proces nuklearne fuzije; pokrenuti su prvi eksperimentalni reaktori s ciljem dobivanja električne energije. 1951. počeo je s radom prvi američki eksperimentalni reaktor EBR-1, tri godine kasnije pokrenuta je prva sovjetska eksperimentalna elektrana APS-1. Točno deset godina nakon prve ratne detonacije atomskog oružja, 8. – 20. kolovoza 1955. održana je "Konferencija o m iroljubivoj upotrebi atomske energije" u Ženevi. Na konferenciji je sudjelovala i skupina jugoslavenskih znanstvenika, većinom iz beogradskog instituta uključujući Pavla Savića i Milorada Ristića, koja je izložila 11 znanstvenih radova.<sup>18</sup> Sudjelovanje na konferenciji popraćeno je u jugoslavenskoj javnosti - u svibnju 1955., u zagrebačkom Vjesniku, najavljen je odlazak u Ženevu.<sup>19</sup> Upravo na toj konferenciji iznesene su informacije i tehnološka saznanja do tad držana u tajnosti od strane nuklearnih sila; što daje poticaj ostalim zemljama za pokretanje nuklearnih programa. Prva komercijalna nuklearna elektrana, Calder Hall u Velikoj Britaniji pokrenuta je u kolovozu 1956. godine.<sup>20</sup>

---

<sup>16</sup>Zubok, Vladislav; Pleshakov, Constantine. *Inside the Kremlin's Cold war*, str. 44.

<sup>17</sup>DeGroot, Gerrard. *The Bomb*, str. 144-147.

<sup>18</sup>"Učešće naučnika iz Jugoslavije na Ženevskoj konferenciji 1955.", Internet stranica Instituta Boris Kidrič, <https://www.vin.bg.ac.rs/index.php/sr/lib-digitalni-repozitorijum/lib-digitalni-repozitorijum-2012>, citirano 12.8.2014.

<sup>19</sup>"Spominju se "Nekoliko jugoslavenskih referata..." i "...jedna zagrepčanka s referatom iz primjenjivosti radioaktivnih izotopa", Vjesnik, 01.05.1955.

<sup>20</sup>„Razvoj nuklearne energije“ *Tehnička enciklopedija jugoslavenskog leksikografskog zavoda*, str. 439.

## Uvjeti za pokretanje nuklearnog programa

Ovisno o konačnom cilju nuklearnog programa koji pokreće agencija ili država, potrebno je razumjeti koja je razina tehničkog znanja, opreme i sirovina potrebna kako bi se program pokrenuo i u zadanom vremenskom periodu postigao rezultate.

Prilikom usporedbe kapaciteta i ostvarenog rezultata do navedenog datuma, Međunarodna agencija za atomsku energiju definirala je u izvještaju objavljenom 1987. godine potrebne preduvjete u državnoj infrastrukturi, koji se moraju zadovoljiti kako bi država uspješno pokrenula i održala nuklearni program s ciljem dobivanja energije: <sup>21</sup>

- Sposobnost planiranja i donošenja odluka
- Organizacijska struktura (uključujući legalne i regulatorne okvire)
- Električna mreža i struktura
- Kvalificirano osoblje
- Industrijska podrška
- Financiranje

U istom izvještaju instalirani kapacitet generiranja struje iz nuklearnih izvora u Jugoslaviji je procijenjen na 0,2% svjetskog udjela. Kao glavna prepreka daljnjem razvoju nuklearnih programa u državama u razvoju navode se nedostatak kvalificiranog ljudstva i financiranja.

Ovdje se obrađuje situacija u kojoj država zapravo namjerava implementirati nuklearnu tehnologiju kupljenu izvana, kao što se naposljetku dogodilo sa zajedničkim slovensko-hrvatskim projektom NE Krško. Za pokretanje nuklearnog programa iz "čiste nule", ovom popisu bi trebalo dodati još:

- Sustav umreženih znanstvenih institucija
- Tehnička i tehnološka opremljenost za izvođenje eksperimenata i testiranje
- Pristup dovoljnoj količini materijala koji se mogu koristiti kao nuklearno gorivo

Jugoslavija je nakon Drugog svjetskog rata krenula upravo tim redoslijedom, o čemu se govori u sljedećem poglavlju.

---

<sup>21</sup>Csik, B.J.; Schenk, Kurt. "Nuclear power in developing countries: Requirements & constraints", *IAEA Bulletin*, br. 2, 1987., str. 39

## JUGOSLAVENSKI PROGRAM, 1947. – 1966.

U svojem izlaganju u Ženevi 1955. godine, Jugoslavenska delegacija predstavila je stanje, potrebu i projekcije mogućnosti potrošnje i proizvodnje energije u Jugoslaviji u razdoblju od pedeset godina. Zaključak je bio vrlo jednostavan – unatoč neiskorištenom potencijalu zaliha ugljena i mogućnosti za razvoj hidroenergetike, Jugoslavija će do kraja stoljeća moći pokriti svega 70 posto svojih potreba za električnom energijom u civilnom i javnom sektoru.<sup>22</sup> Projekcija završava s 2000. godinom i napominje kako je vjerojatno previše "blaga" u predviđanju da će se potrebe za energijom u Jugoslaviji povećati peterostruko. Upravo takva predviđanja, bazirana na tehnologiji i raspoloživim podacima u poslijeratnoj Europi, možemo smatrati glavnim pokretačem ideje i potrebe za razvojem nuklearne tehnologije.

Drugo pitanje vezano je za atomsku bombu. Posjedovanje najrazornijeg oružja poznatog čovjeku nije samo pitanje vojne snage – ono se pretvara u pitanje prestiža, dodatno naglašava sposobnost zemlje za samostalnim djelovanjem, koliko kod to nepraktično izgledalo. Biti naoružan nuklearnim oružjem automatski pretvara zemlju u protivnika na kojeg se isplativost napada mora dodatno razmotriti, što je i smisao cijelog sustava zastrašivanja koji je održao Hladni rat do kraja dvadesetog stoljeća.<sup>23</sup> U blokovskoj podjeli svijeta i politici nesvrstanosti koju je Jugoslavija naposljetku odabrala, na mnogim poljima tražilo se lokalno rješenje. Mogućnost samoodrživosti, pogotovo kada se radi o strahovito bitnom pitanju energetike, bila je glavna vodilja smjera razvoja nuklearnog programa, koja svoj početak ima u godinama neposredno nakon završetka rata, kada se donosi odluka za pokretanje teorijskog istraživanja nuklearne fizike u novim institutima i centrima znanosti u Jugoslaviji.

---

<sup>22</sup>Blažek i sur. "Requirements and possibilities of production of energy in Yugoslavia", u: *Proceedings of the International conference on the peaceful uses of atomic energy*, sv. 1, United Nations: New York, 1956., str. 118-120.

<sup>23</sup>Situaciju kada zemlja posjeduje ograničenu količinu tog oružja koje bi se praktički moglo vrlo ograničeno iskoristiti mogli bismo usporediti sa scenom u kojem osoba s oružjem za koje se zna da ima samo jedan pucanj uspijeva držati skupinu ljudi dalje od sebe – možda se radi o samo jednom metku, ali nitko ne želi biti ta jedna žrtva.

## Osnivanje znanstvenih instituta

### Institut za nuklearne nauke Boris Kidrič

Prvi od tri planski izgrađena instituta u svrhu unaprjeđivanja znanja i vještina vezanih uz nuklearnu energiju bio je današnji Institut za nuklearne nauke "Vinča", smješten nedaleko Beograda. Odluka o izgradnji znanstvenoistraživačkog centra donesena je 1947. godine i ubrzo se krenulo u izgradnju lokacije buduće ustanove.<sup>24</sup> Institut je osnovan 1948. pod idejom "Instituta za fiziku", za osnivača i upravitelja odabran je Pavao Savić koji je u to vrijeme bio u Moskvi na radu kod Pjotra L. Kapice.<sup>25</sup> Savić se temeljito prihvatio osnivanja nove ustanove koja je dobila službeni naziv "Institut za ispitivanje strukturne materije" jer je bila predviđena izgradnja laboratorija za fiziku, kemiju i biologiju. Od početka mu se pridružio Robert Walen, nizozemski fizičar s kojim je radio u laboratoriju Curie. 1953. godine ustanova je preimenovana u "Institut za nuklearne nauke Boris Kidrič" u čast nedavno preminulom Kidriču.<sup>26</sup> Za izgradnju instituta odabrana je lokacija pored sela Vinča, 14 kilometara udaljena od Beograda. Slobodan Nakićenović napominje kako je lokacija namjerno odabrana izvan glavnog grada jer se u njemu "od samog početka predviđao rad s većim radioaktivnostima"<sup>27</sup> te je u slučaju ikakve nezgode bilo poželjno biti na lokaciji udaljenoj od većeg centra populacije. U korist lokaciji išla je i blizina Dunava koji se mogao koristiti višestruko, od zaliha vode potrebne za rad, hlađenja opreme, transporta i komunikacije do moguće opskrbe instituta električnom energijom (instalacijom hidrogeneratora). Osoblje instituta počelo se okupljati prije nego što je dovršena fizička izgradnja novih zgrada – skupljala se potrebna znanstvena dokumentacija te se s radom započelo prvo u prostorijama i laboratorijima beogradskog sveučilišta, koji su se postepeno premještali u Vinču. Tamo su redom uređivani i

---

<sup>24</sup>Nakićenović, Slobodan. *Nuklearna energija u Jugoslaviji*. Beograd: Export press, 1960., str. 17

<sup>25</sup>Pavao Savić radio je s kasnijim Nobelovim laureatom Kapicom i s Aleksandrom J. Šalnikovom u "Institutu za fizikalne probleme" radeći na polju problema najnižih temperatura, v: Internet stranica Instituta za nuklearne nauke Vinča, url: <http://www.vin.bg.ac.rs/index.php/sr/o-institutu/istorija>, citirano 18.9.2013.; intervju sa Savićem u: Stuparić, Darko. *Revolucionari i bez funkcija*, str. 166.

<sup>26</sup>Boris Kidrič bio je kemičar i aktivno je sudjelovao u radu KP-a prije, za vrijeme i nakon Drugog svjetskog rata. Bio je predsjednik Planske komisije i Privrednog savjeta FNRJ i kasnije član Politbira CK KP Jugoslavije. Postao je prvi predsjednik Komisije za pomoć u naučnim istraživanjima koja je nadgledala rad na području nuklearne energije. Umro je 1953. godine. v: Kidrič, Boris. u: *Opća enciklopedija jugoslavenskog leksikografskog zavoda*, sv. 4, 3. izd., Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod, 1978., str. 359.

<sup>27</sup>Nakićenović, Slobodan. *Nuklearna energija u Jugoslaviji*., str. 17

otpočinjali s radom Laboratorij za fiziku, Laboratorij za fizikalnu kemiju, Laboratorij za biologiju i Laboratorij za elektrotehniku.<sup>28</sup>

### **Institut Jožef Stefan**

Godinu dana nakon osnutka Instituta u Vinči, 1948. osnovan je znanstveni institut u Ljubljani. 1952. godine dobiva ime Institut Jožef Stefan, prema poznatom slovenskom fizičaru iz 19. stoljeća.<sup>29</sup> Kao i u slučaju beogradskog instituta, početak rada odvijao se na drugim lokacijama po Ljubljani, prvenstveno u prostorijama Sveučilišta, do 1952. godine kada biva smješten u namjenski izgrađenu zgradu u tadašnje predgrađe Ljubljane.<sup>30</sup> Radilo se samo o jednoj dvokatnici ali u neposrednom susjedstvu izgrađene su zgrade i osnovano je nekoliko drugih instituta, koji će znanstveno međusobno surađivati: Kemijski institut, Elektronski institut i Tehnološki institut.<sup>31</sup> Danas je to znanstveno središte Ljubljane jer se u blizini nalaze i Geodetski institut, Fakultet za elektrotehniku, Fakultet računarstva i informatike te Veterinarski fakultet. Od početka je bio zamišljen eksperimentalni dio Instituta te Odjeljenje za eksperimentalni rad dobiva svoju zgradu uz glavnu zgradu, koje se koristilo za istraživački program Instituta ali i studenata drugih fakulteta Sveučilišta u Ljubljani. Za prvog upravitelja odabran je slovenski fizičar Anton Peterlin.

### **Institut Ruđer Bošković**

Posljednji od tri instituta, zagrebački Institut Ruđer Bošković, osnovan je 1950. godine i nazvan je u čast najpoznatijeg hrvatskog fizičara iz 18. stoljeća.<sup>32</sup> Za upravitelja je odabran hrvatski fizičar Ivan Supek koji je pokrenuo Institut s prvotnom namjerom teorijskog rada i istraživanja u suradnji sa Sveučilištem u Zagrebu, čime je postignuta suradnja novih instituta s tri najveća sveučilišta u Jugoslaviji. Institut je lociran na brdu iznad centra Zagreba, u blizini

---

<sup>28</sup>Nakićenović, Slobodan. *Nuklearna energija u Jugoslaviji.*, str. 20

<sup>29</sup>Jožef Stefan bio je fizičar koji je živio i radio u Beču od 1835. do 1893. godine, njegov rad na zračenjima teoretski je postavio Boltzmann te je danas u fizici poznat kao "Stefan-Boltzmannov zakon", v: Stefan, Jožef, u: *Opća enciklopedija jugoslavenskog leksikografskog zavoda*, sv. 7, str 668.

<sup>30</sup>Službena internet stranica Instituta, <http://www.ijs.si/ijsw/Zgodovina>, citirano 21.07.2014.

<sup>31</sup>Nakićenović, Slobodan. *Nuklearna energija u Jugoslaviji.*, str. 29

<sup>32</sup>Ruđer Josip Bošković bavio se fizikom, astronomijom, matematikom i filozofijom; njegov rad prepoznat je u razvoju svjetske znanosti jer je imao utjecaja na rad kasnijih fizičara poput Thomson-Kelvina i Faradaya; dok ga je F. Nietzsche uspoređivao s Kopernikom. Živio je i radio u razdoblju od 1711. do 1787. godine, v: Bošković, Ruđer, u: *Opća enciklopedija jugoslavenskog leksikografskog zavoda*, sv. 1, str 637.

groblja Mirogoj, na lokaciji je izgrađeno više namjenskih zgrada čija je izgradnja trajala osam godina. Ivan Supek zabilježio je kako je prvotna lokacija Instituta trebala biti na zagrebačkim Šestinama, na lokaciji stradalog dvorca Kulmer, ali da se ipak radilo o previše udaljenoj lokaciji od centra grada. Zato je odabrana sadašnja lokacija koju je u to vrijeme držala vojska, pri čemu je pomogao tadašnji savezni ministar obrane general Ivan Gošnjak.<sup>33</sup> Naposljetku je odlučeno da se na Institutu odvija i eksperimentalni rad i redom su otpočinjali sa radom Laboratorij za fiziku, Laboratorij za kemiju i Laboratorij za biokemiju.<sup>34</sup>

### **Znanstveni rad prvih deset godina**

Osnivanjem instituta dediceranih za rad na poljima nuklearne fizike, kemije, biokemije i elektrotehnike ostvareni su temelji za istraživački rad koji je zatim trebalo nadopuniti i obogatiti s još tri važna segmenta: omogućiti priliv educiranih i motiviranih znanstvenika, uspješno umrežiti i organizirati zajednički rad te tehnički opremiti institute kako bi teorijski rad mogao biti praćen eksperimentalnim dokazima.

Povezivanjem instituta sa sveučilištima u Jugoslaviji, ali i međunarodnom suradnjom stvara se baza znanstvenika koji prelaze s raznih fakulteta ili se vraćaju u Jugoslaviju kako bi ovdje nastavili svoj znanstveni rad. Ostvaruju se kontakti sa stranim sveučilištima i centrima istraživanja; Stevan Dedijer koji je radio u Vinči na prijelazu iz 40-ih u 50-te godine prošlog stoljeća kontaktirao je institute Harwell u Velikoj Britaniji i Heisenbergov institut u Njemačkoj, Centar za nuklearna istraživanja u Francuskoj, Nuklearni centar Kjaller u Norveškoj i Nuklearni istraživački centar u Švedskoj.<sup>35</sup> Zatim je izaslanstvo sva tri instituta u Jugoslaviji krenulo na mini-turneju po Europi: upravitelji sva tri instituta Peterlin, Savić i Supek, skupa s Dedijerom na tom su proputovanju ostvarili niz kontakata, od koj ih su direktno najkorisniji bili oni u Skandinaviji. Dogovoreno je slanje studenata iz Beograda u Švedsku i Norvešku te je dogovorena suradnja sa švedskim znanstvenicima o međusobnom slanju uzoraka rude i analiziranju sastava uranija u njima. Europski znanstvenici uzvratit će posjetima, uključujući Nielsa Bohra i norveškog astrofizičara Gunnara Randersa, koji je sudjelovao u gradnji reaktora u Norveškoj. Nakon Randersovog posjeta 1952. godine, fizičar

---

<sup>33</sup>Supek, Ivan. *Na prekretnici milenija*, str. 108.

<sup>34</sup>Nakićenović, Slobodan. *Nuklearna energija u Jugoslaviji.*, str. 35.; v: *Institut Ruđer Bošković Zagreb 1950-1970.*

<sup>35</sup>Dedijer, Stevan. *Špijun kojeg smo voljeli: Autobiografija*, str. 184.

Dragoslav Popović odlazi na dvije godine u norveški Kjaller. Suradnja s Norveškom postaje izražena i tijekom pedesetih godina kada nekoliko jugoslavenskih znanstvenika odlazi na gostovanja u Norvešku, s kojom Vinča surađuje i u nabavci teške vode koja služi kao moderator.<sup>36</sup>

Jugoslavija je primljena 1952. u članstvo Europskog vijeća za nuklearna istraživanja (CERN)<sup>37</sup> te će kao zemlja osnivač sudjelovati u izgradnji najpoznatijeg svjetskog laboratorija za nuklearnu fiziku dvije godine kasnije. Uz već spomenuto sudjelovanje na prvoj Međunarodnoj konferenciji o miroljubivoj upotrebi atomske energije 1955., jugoslavenski znanstvenici su u pedesetim godinama obavili preko 1400 studijska putovanja i sudjelovanja na međunarodnim znanstvenim skupovima na temu nuklearne energije.<sup>38</sup>

Formiranje prvog Instituta u Beogradu nadgledala je Uprava za koordinaciju rada naučnih instituta, osnovana u ožujku 1948. godine. Nakon odluke o formiranju još dva instituta, za organizaciju i koordinaciju bilo je potrebno formirati veće tijelo, s potrebnim ovlastima i financiranjem te je u kolovozu 1952. godine osnovana Komisija za pomoć u naučnim istraživanjima.<sup>39</sup> Nakon početka međunarodne suradnje i prvih većih nabavki opreme, Komisija je reorganizirana i podignuta na saveznu razinu – u ožujku 1955. formira se Savezna komisija za nuklearnu energiju (u kasnijem tekstu SAKNE) kao centralno tijelo koje će nadgledati sav razvoj i istraživanja na polju nuklearne fizike i nuklearne energije. Novi instituti su do tog trenutka bili u sklopu akademija znanosti svojih republika, osnivanjem Savezne komisije preskače se stepenica donošenja odluka i instituti se direktno financiraju preko plana i programa koje donosi SAKNE.<sup>40</sup> Za članove komisije odabrano je pet saveznih ministara (uključujući ministre obrane i financija), upravitelji tri instituta: Peterlin, Savić i Supek; dok je za predsjedajućeg odabran tadašnji ministar unutarnjih poslova Aleksandar Ranković. Upravo imenovanje Rankovića, koji je ujedno bio i šef tajne policije, kao predsjedavajućeg podignuti će najviše sumnje u kojem smjeru ide jugoslavenski nuklearni program, ali o tome više u poglavlju "Pitanje atomske bombe".

Opremanje potrebnom tehnologijom obavljalo se na dva načina, kao i opremanje i oporavak ostatka države u poslijeratnim uvjetima: kupnjom instrumenata u inozemstvu ili, kada se trošak pokazao preveliki, izradom vlastitih uređaja.

---

<sup>36</sup>Potter, William C.; Miljanić, Đuro; Šlaus, Ivo. "Tito's nuclear legacy", str. 65.

<sup>37</sup>Supek, Ivan. *Na prekretnici milenija*, str. 115.

<sup>38</sup>Nakićenović, Slobodan. *Nuklearna energija u Jugoslaviji.*, str. 99.

<sup>39</sup>Isto, str. 105.

<sup>40</sup>vidi PRILOG 2



Tako se u Vinči krenulo s izgradnjom posebne zgrade za smještaj Cockroft Walton akceleratora čestica, snage 1,5 MeV koji je kupljen 1951. godine i koji je pokrenut 1952. godine. Istovremeno je dizajniran i izgrađen manji akcelerator snage 200 KeV. U Institutu "Jožef Stefan", u svrhu istraživanja materijala i nuklearnih procesa odlučili su se za kupnju betatrona snage 30 MeV, 1952. godine. Odlučeno je kako sva tri instituta trebaju imati akcelerator čestica, ali različitih tipova, u Ljubljani se krenulo s izgradnjom elektrostatičkog generatora Van de Graaff, snage 2,5 MeV, koji je bio prvi veći akcelerator dizajniran i izgrađen potpuno u Jugoslaviji. Iste godine pokrenuto je planiranje izgradnje ciklotrona snage 16 MeV u Zagrebu, projekt koji će trajati od 1952. do 1959. godine, što je za sobom povuklo formiranje i organizaciju pomoćnih laboratorija kako bi se u potpunosti iskoristile mogućnosti novog akceleratora čestica.<sup>41</sup> Uz njih, za sva tri instituta izgrađeno je i kupljeno do 1960. još dodatnih dvanaest uređaja, od betaspektrometara i spektrometara, preko Wilsonovih komora do elektronskih mikroskopa.<sup>42</sup>

Kako se istraživanje koje u konačnici vodi do rada na reaktorima ne može vršiti bez rada na nuklearnim reaktorima raznih snaga, o pitanju izgradnje ili nabave prvog reaktora u Jugoslaviji počelo vrlo rano voditi polemike. Dedijer je u Vinči bio pod dojmom kako zapravo nitko prisutan nema dovoljna znanja o radu reaktora kako bi se upuštalo u komplicirani zahvat izgradnje vlastitog reaktora.<sup>43</sup> Ivan Supek već je na prvom sastanku Savezne komisije iznio prigovore prevelikog ulaganja u nuklearnu energiju uz argumente kako ta tehnologija nije sigurna, kako Jugoslavija nema rješenja za odlaganje nuklearnog otpada te da se nuklearna energetika može "preokrenuti u vojnu primjenu".<sup>44</sup> Pavao Savić, želeći istaknuti važnost nuklearnog programa, poslužio se Lenjinovom izrekom "Sovjetska moć + elektrifikacija cijele zemlje = komunizam" koju je prekovao u "socijalistička vlast + nuklearna energije = komunizam".<sup>45</sup>

Do tog trenutka, međunarodna pomoć u tehnologiji postepeno je rasla, nakon primanja u CERN, 1953. otpočinje američki program "Atoms for peace" koji će značajno pomoći suradnji Jugoslavije i Sjedinjenih Država na polju nuklearne energetike. Ipak, najveću praktičnu pomoć nudi Sovjetski Savez koji otvoreno pristaje na ispomoć prilikom dizajniranja i izgradnje prvih školskih reaktora te slanju nuklearnog goriva.

---

<sup>41</sup>Nakićenović, Slobodan. *Nuklearna energija u Jugoslaviji.*, str. 20. – 40.

<sup>42</sup>Potpuni popis opreme donosi Nakićenović u svojem opisu "Današnje stanje u oblasti istraživanja" iz 1960. godine, u: *Nuklearna energija u Jugoslaviji*, str. 41.

<sup>43</sup>Dedijer, Stevan. *Špijun kojeg smo voljeli: Autobiografija*, str. 182.

<sup>44</sup>Supek, Ivan. *Na prekretnici milenija*, str. 113.

<sup>45</sup>Isto.

Tako je započeo najveći poduhvat - gradnja prvog nuklearnog reaktora u Jugoslaviji, za čiju lokaciju je odabran Institut u Beogradu. Nazvan je "Nulti reaktor" jer se radilo o pokusnom uređaju koji je bio predviđen za rad s malim veličinama energije. Projekt je završen u travnju 1958. godine, dijelovi su gotovo u cijelosti izgrađeni u radionicama Instituta u Vinči, dok su gorivo i potrebni materijal za rad reaktora, uranij i teška voda, nabavljeni od Sovjetskog Saveza. Uz ceremoniju na kojoj je sudjelovao Josip Broz Tito pušten je 17. svibnja 1958. u pogon prvi nuklearni reaktor u Institutu "Boris Kidrič". Prije nego je prvi pokusni reaktor pušten u pogon, krenulo se s planiranjem izgradnje i većeg, istraživačkog reaktora maksimalne snage od 6,5 do 10 MW, također u suradnji sa Sovjetskim Savezom. Izgradnja velikog reaktora u Vinči trajala je do 1959. godine uz aktivnu suradnju sovjetskih stručnjaka, iako su ponovno određeni dijelovi izgrađeni u Jugoslaviji, u izradi kojih je sudjelovalo četrnaest različitih poduzeća.

Ubrzo su doneseni planovi o gradnji školskog reaktora za potrebe ljubljanskog instituta. U razdoblju od 1958. do 1960., nakon posjeta Sjedinjenim Državama, odlučeno je da se od Amerikanaca nabavi školski reaktor maksimalne snage 100 KW. Ugovor o instalaciji reaktora i obuci osoblja potpisan je 1961. godine. Reaktor tipa "TRIGA" smješten je u za to posebno izgrađenom centru u Podgorici nedaleko Ljubljane i počeo je s radom 1966. godine.<sup>46</sup> Sjedinjene Države su se obvezale za isporuku goriva za školski reaktor, pod kontrolom IAEA dogovorena je isporuka 764 g rama  $U^{235}$  do kraja 1968. godine. Dogovor je uključivao i moguću godišnju isporuku radioaktivnog materijala u s vrhu medicinskih istraživanje, vrijednosti do 50 000 dolara.<sup>47</sup>

15. listopada 1958. godine dolazi do nesretnog slučaja prilikom rada na Nultom reaktoru. Prilikom redovitog pokretanja slučajno je pušteno previše teške vode u spremište reaktora čime je dosegnuto stanje kritičnosti bez da je osoblje koje je radilo na eksperimentu to primijetilo. Kasnijom analizom ustanovilo se kako sigurnosni sustavi nisu očitavali prelazak dopuštene radijacije u reaktoru i prostoriji, iako je vanjski mjerni sustav (lociran na krovu, 500 metara udaljen od reaktora) koji se koristio za mjerenje radijacije u zraku očitao povećanu aktivnost gama zraka u razdoblju od deset minuta. Osoblje je shvatilo što se događa tek kada su mogli namirisati ozon u prostoriji – kada su shvatili što je uzrok te ionizacije zraka ručno su prekinuli reakciju pomoću kadmijevih šipki, ali svih šest istraživača u

---

<sup>46</sup>Službena internet stranica Instituta, <http://www.ijs.si/ijsw/Zgodovina>, citirano 21.07.2014.

<sup>47</sup>"The texts of the instruments connected with the Agency's assistance to Yugoslavia in establishing a research reactor project", IAEA INFCIRC/32/Add.2, 28.08.1968., str. 2-3

prostoriji bilo je izloženo povećanom zračenju gama zraka više od sedam minuta. Drugi dan prebačeni su u specijaliziranu bolnicu u sastavu fondacije "Curie" u Parizu gdje im je izmjerena izloženost radijaciji 50 posto većoj od smrtonosne<sup>48</sup> te im je pružen eksperimentalni tretman transplantacije moždane srži – prvi put izveden u povijesti.<sup>49</sup> Uz njih, ozračeno je još dvoje suradnika u Vinči, ali zbog manje opasnosti, zadržani su na liječenju u Beogradu. Jedan od istraživača poslanih na liječenje u Pariz, student nuklearne fizike Života Vranić umro je nekoliko tjedana kasnije od komplikacija dišnog i probavnog sustava koje su bile posljedice trovanja zračenjem.<sup>50</sup>

Nesreća se itekako odrazila na ustroj upravnog tijela nuklearnog programa – 1958. godine dolazi do ka drovskih promjena u vodstvu sva tri instituta. Nije se radilo samo o smjeni upravitelja već su stariji članovi u potpunosti uklonjeni s funkcija unutar instituta. Pavla Savića, koji je u Vinči bio upravitelj u razdoblju do 1949., a od tada na drugim funkcijama unutar Instituta, sada je u potpunosti zamijenio Milorad Ristić, dok u Beogradu radi same nesreće biva smijenjen i tadašnji upravitelj Vojko Pavičić. Antona Peterlina u Ljubljani zamjenjuje Lucijan Šinkovec, a Supeka u Zagrebu Toma Bosanac.

### **Osnivanje Instituta za istraživanje nuklearnih sirovina**

Nakon formiranja SAKNE, pod njenim nadzorom osnovan je Savezni geološki zavod, koji će imati zadatak istraživanja nuklearnih sirovina. Bilo je potrebno ustanoviti ima li i u kojim količinama dostupnim sirovina za izradu nuklearnog goriva u Jugoslaviji. Do osnivanja Zavoda 1955. nije obavljena nijedna prospekcija terena s tim ciljem i trebalo je krenuti od samog početka. Upravo zato geološka služba u prvih deset godina nakon rata prolazi kroz nekoliko reorganizacija. Istovremeno se odvija proces modernizacije kojim postaju dostupne metode avionske prospekcije i radiometrije pomoću Geiger-Millerovih brojača te se otvaraju mineraloški laboratoriji u s vrhu analiziranja prikupljenih uzoraka i geološko rudarska odjeljenja koja će vršiti prikupljanje uzoraka u cijeloj Jugoslaviji.<sup>51</sup> Ustanova konačno dobiva

---

<sup>48</sup>Pešić, Milan. "Review of Accident Analyses of RB Experimental Reactor", *Nuclear technology and Radiation protection*, 18., br.1, 2003., str. 5.

<sup>49</sup>Database of radiological incidents and related events:

<http://www.johnstonsarchive.net/nuclear/radevents/1958YUG1.html>, citirano 22.07.2014.

<sup>50</sup>Savić, Pavle. "Sur l'accident avec le reacteur de puissance zero du 15 octobre 1958", *Bulletin of the Institute of Nuclear Sciences "Boris Kidrich"*, br. 9, str. 1

<sup>51</sup>Nakićenović, Slobodan. *Nuklearna energija u Jugoslaviji.*, str. 63. – 65.

naziv "Institut za istraživanje nuklearnih sirovina" i do 1960. godine ozbiljno se prihvaća zadatak pronalaska izvora uranita. Potraga se prvotno obavlja u već postojećim rudnicima ugljena i me tala, zatim po muljevima koje nanose rijeke, kako bi se našli tragovi radioaktivnosti. 1950. godine pokrenuta je izrada domaćeg uređaja za detekciju radijacije, naziva "Durmitor" jer je bilo poteškoća s nabavljanjem većeg broja Geigerovih brojača iz inozemstva. Uređaj je bio uspješan te je pokrenuta masovna proizvodnja pod nazivom "Lovac", kojih je do 1960. godine proizvedeno pet tisuća aparata.<sup>52</sup> U razdoblju od 1947. do 1960. obavljena je prospekcija nad 33 000 kvadratnih kilometara, pronađeno je više slučajeva radioaktivnosti koji su mogli ukazivati na ležišta uranita. Iako su pronađene indikacije ležišta sirovina u svim republikama, najviše pažnje pridano je mogućem ležištu na Staroj Planini oko 70 kilometara udaljenom od Niša, gdje je izgrađeno postrojenje za ekstrakciju rude iz granitnih naslaga planine. Kapacitet ekstrakcije i obrade rude bio je predviđen na 23 – 50 tona na dan.

Za uspješni rad nuklearnih postrojenja bilo je potrebno organizirati ekstrakciju i nabavu dodatnih materijala, uz već naveden uranit koji bi služio kao nuklearno gorivo. Nakićenović navodi potrebu za mogućnost prerade berilija, cirkonija, litija te iznimnu važnost proizvodnje grafita za reaktore.<sup>53</sup>

Od 1955. radilo se na unapređenju znanja i tehnika potrebnih za zaštitu od zračenja. Vršena je kontrola radnih mjesta na postrojenjima koji imaju doticaja s radioaktivnim materijalom – rudnici, industrijska postrojenja, medicinske ustanove i znanstveni instituti. Nakon četiri godine, 1959. bio je predložen zakon o zaštiti od ionizirajućeg zračenja, za kojim se pojavila potreba nakon pokretanja reaktora u Vinči i pogotovo nakon nesreće koja se dogodila godinu dana ranije. Povodom stavljanja zakona na razmatranje pred Saveznu narodnu skupštinu u travnju 1959. godine Aleksandar Ranković održao je govor kojim izlaže dosadašnji rad na polju nuklearne energije i iznosi buduće planove, kako ih sam naziva "perspektive razvoja".

U izlaganju napominje kako "Jugoslavija spada među zemlje koje su već stvorile uslove za razvoj nuklearne energije"<sup>54</sup> te najavljuje petogodišnji plan razvoja koji bi do 1965. godine

---

<sup>52</sup>Nakićenović, Slobodan. *Nuklearna energija u Jugoslaviji*, str. 69

<sup>53</sup>Isto, str. 130.; Grafit se koristi kao moderator, pri čemu je efikasnije sredstvo od korištenja teške vode. Stevan Dedijer je potvrdio svoje procjene da Jugoslavija nije mogla samostalno izgraditi nuklearni reaktor koji koristi grafit nakon što je saznao da nemamo dovoljno grafita za opskrbu Tvornice olovaka Zagreb, a kamoli za moderator u reaktoru, vidi: Dedijer, Stevan. *Špijun kojeg smo voljeli*, str. 183.

<sup>54</sup>Nakićenović, Slobodan. *Nuklearna energija u Jugoslaviji.*, str. 109. – 114.

trebao "izgraditi visokospecijalizirani kadar kako bi se osiguralo pristizanje razvijenijih zemalja u poljima nuklearnog istraživanja i nuklearne energije".

Ovdje se napominje otvorena suradnja s velikim silama u razvoju nuklearnog programa, što se jasno potvrđuje u predloženom "Planu razvoja" tri godine kasnije, 1962. čije je predlaganje dovelo do novo g nemira u maloj nuklearnoj zajednici unutar Jugoslavije. Punim nazivom "Plan razvoja nuklearne energije u Jugoslaviji u periodu od 1961. do 1965. godine", radi se upravo o petogodišnjem planu kojeg je Ranković najavio u Skupštini 1959. godine. Planom se najavljuju dva bitna poteza: Izgradnju velikog reaktora snage do 300 MW u razdoblju 1965. – 1969. godine i prerada potrošenog nuklearnog goriva u cilju izdvajanja plutonija, za što predviđaju ekstrakciju plutonija kapaciteta 2 do 10 tona godišnje.<sup>55</sup> Ivan Supek, kao predsjedajući znanstvenog savjeta SAKNE glasno se usprotivio "Planu razvoja", vidjevši u ekstrakciji plutonija pokušaj izgradnje nuklearnog goriva u vojne svrhe. Nakon te sjednice, Supek daje ostavku na svoju poziciju u Savezu za nuklearnu energiju. Vladimir Knapp, znanstvenik kojeg je Supek malo prije napuštanja SAKNE predložio za člana, izložio je činjenice i kontradikcije u predloženom i kasnije usvojenom planu iz 1962., na temelju kojih se i bazirala kritika Supeka i njegovog tima iz Instituta Ruđer Bošković:

- Predložena vrsta reaktora koristila se 50-ih godina u vojne svrhe u Velikoj Britaniji dok je šezdesetih godina napuštena kao energetska reaktor zbog pojave naprednijih reaktora. Također, Plan razvoja malo se bavi popratnom tehnologijom, izgradnjom sustava termoelektrične konverzije kojom bi se tako jaki reaktor mogao iskoristiti za dobivanje energije. Ovako je zaista u prvi plan postavljeno dobivanje plutonija, čije bi recikliranje, također predloženo, stvorilo samo niz novih problema.<sup>56</sup>

Predloženi reaktor trebao se bazirati na planu nacrtu identičnog reaktora koji se gradio u Černobilu u Sovjetskom Savezu, za koji Supek piše kako ne zna da li ga je Moskva poklonila ili su ga naše službe jednostavno ukrale. Naveo je nesreću iz 1958. kao primjer nestručnosti i opasnosti od velikog reaktora, što se pretvorilo u svađu i vrijeđanja na osobnoj osnovi usred sjednice SAKNE.<sup>57</sup> Iako je Plan prihvaćen nakon Supekove ostavke, odluka o odustajanju od

---

<sup>55</sup>Ulomci iz "Plana razvoja", u: Knapp, Vladimir. "Jugobomba – što je istina? Prilog raspravi.", *Međunarodne studije*, br 3/4, 2012., str. 137.-138.

<sup>56</sup>Knapp, Vladimir. "Jugobomba – što je istina? Prilog raspravi.", str. 137.-138.

<sup>57</sup>Supek, Ivan. *Na prekretnici milenija*, str. 116.

projekta morala je doći "iz najvišeg izvora", od Tita osobno, što je prenio Dragoslav Popović 2009. u intervjuu američkom povjesničaru Hymansu.<sup>58</sup>

### **Zaluđenost svijeta nuklearnom energijom – prezentiranje nuklearne energije u javnosti**

Kao i svaki put kada se bavimo proučavanjem povijesti, moramo problematiku probati razumjeti na način kako je bila suvremeno doživljavanja. Početkom pedesetih godina, pojmovi "nuklearna energija", "radijacija" i zapravo bilo što s nuklearnim ili a tomskim predznakom predstavljalo je fenomen kojim je bio zaluđen cijeli svijet. Tek su se otkrivale mogućnosti, prednosti i mane direktnog korištenja nuklearnih procesa, neke od ideja iz aspekta današnjice izgledaju smiješne, možemo ih nazvati i znanstvenofantastično naivnima.

U Sjedinjenim Državama, zemlji koja je nesumnjivo najviše napredovala u razvoju nuklearne znanosti, vladalo je ozračje kako je nuklearna energija novi izvor neograničene energije. Tek su krajem pedesetih godina uzimane u obzir studije koje su proučavale nezdravi učinak izloženosti radijacije i ustanovljeni problemi koji nastaju radioaktivnim padalinama. Smatralo se kako se atomske bombe mogu koristiti u graditeljstvu za pomicanje velikih količina zemlje odjednom (npr. za kopanje kanala), minijaturizacija nuklearnih reaktora trebala je omogućiti brodovima, vlakovima i avionima izvor neprekidnog goriva... U Jugoslaviji atmosfera je bila slična, što zbog prenošenja zamisli sa zapada, što od teorija domaćih znanstvenika. Prilikom osnivanja Savezne komisije za nuklearnu energiju u Jugoslaviji, Aleksandar Ranković nazvao je to "svjetskom atomskom groznicom".<sup>59</sup> Domaći visokopozicionirani političari u nekoliko su navrata upoznavali javnost s postojanjem i napretkom jugoslavenskog nuklearnog programa. U već spomenutom intervjuu povodom osnivanja SAKNE, Ranković naznačuje kako je:

"Zadatak komisije da im omogući daljnji rad (trina institutima koji se bave nuklearnom znanosti) i time daljnji razvitak nuklearnim istraživanja u zemlji" te "Proizvodnja nuklearnih

---

<sup>58</sup>Hymans, Jacques. "Proliferation Implications of Civil Nuclear Cooperation: Theory and a Case Study of Tito's Yugoslavia", str. 98.;

<sup>59</sup>Intervju s Aleksandrom Rankovićem, *Vjesnik*, 03.04.1955.

sirovina je za SAKNE najaktuelniji zadatak. Utvrđene su dovoljne rezerve za korištenje nuklearne energije u proizvodne svrhe".<sup>60</sup>

Postavlja se pitanje je li Ranković ovakvim izjavama samo htio dati na veličini osnivanju komisije i prikazati situaciju u pozitivnom svjetlu ili je zaista i sam bio ponesen tom "groznicom", jer 1955. godine se tek počinje s radom na eksploataciji ruda uranita, za koje će se ustanoviti da su itekako preoptimistično procijenjene. Kasnije u tekstu citira i Tita:

"Mi smatramo da bi bilo katastrofalno za sve plodove ljudskog roda kada bi se ta ogromna snaga upotrebila kao sredstvo razaranja i uništenja".

Tito se prije toga, u travnju 1954. obratio Saveznoj narodnoj skupštini i objasnio početak i namjere jugoslavenskog nuklearnog programa. Iako je govor nosio temu "Vanjska politika FNRJ", Tito opisuje osnivanje instituta zaduženih za nuklearna istraživanja kao uvod za aktivnu politiku koegzistencije koju Jugoslavija namjerava provoditi. Upravo tad izgovara rečenicu koju će Ranković ponoviti novinarima 1955., nadovezujući se: "Mi smo za upotrebu nuklearne energije samo u mirnodopske svrhe, uz efikasnu međunarodnu kontrolu, koja će spriječiti zloupotrebu te velike naučne tekovine bilo od koje strane."<sup>61</sup> Smatra kako je Jugoslavija u mogućnosti počinjanja rada na proizvodnji nuklearne energije, vlastitim sredstvima i vještinom te da nuklearna energija neće biti monopol velikih sila.

Titov prvi posjet Institutu u Vinči bio je popraćen opsežnom reportažom u *Vjesniku* od 19.04.1955. Članak navodi kako su Tito i rukovodioci (Kardelj i Ranković) posjetili Vinču, gdje su ih dočekali ministar obrane Gošnjak, predsjednik odbora za privredu Savezne narodne skupštine Milentije Popović i predstavnici Instituta, Pavao Savić i Vojko Pavičić (direktor instituta u tom trenu). Titovo obraćanje bilo je iznimno pozitivno i motivacijski orijentirano, hvali znanstvenike na učinjenom radu i navodi kako se sada "nalaze pred završetkom prve faze i imaju temelj na kome mogu dalje graditi", očekujući početak pravih istraživanja koja vode prema praktičnom iskorištavanju nuklearne energije u privredi. Kraj govora u Vinči upućen je cijeloj javnosti:

"Mi imamo sirovine, imamo mlade poletne kadrove i zašto ne bismo to iskoristili? Danas velike zemlje rade punom parom da obezbijede sebi nadmoćnost nad drugim zemljama. Ali, ne radi se o tome da se nadmoćnost obezbijedi pomoću atomske bombe. Doći će vrijeme kad

---

<sup>60</sup>Intervju s Aleksandrom Rankovićem, *Vjesnik*, 03.04.1955.

<sup>61</sup>*Tito, govori i članci*, sv. 10, str. 110.

će se zemlje takmičiti koja će imati više fabrika na atomski pogon – i zemlje koje ne budu radile tako zaostaće i biće u kolonijalnom položaju."<sup>62</sup>

Domaći mediji vrlo su često pisali o temi atomistike te se pregledom Vjesnika iz 1955. i 1956. svakih nekoliko brojeva može se pronaći članak vezan uz posljedice zračenja,<sup>63</sup> realnim perspektivama korištenja nuklearne energije – navodeći ideje o pokretanju vlakova na nuklearni pogon,<sup>64</sup> korištenje nuklearne energije u poljoprivredi<sup>65</sup> i "atomska zračenje bilja".<sup>66</sup>

Naravno i u atmosferi hladnog rata koja je vladala, tema nuklearnog oružja bila je česta tema, tako *Nedeljne informativne novosti* kroz cijelu 1958. često pišu o relevantnim temama. Od reportaže o stanju u Bundeswehru (vojsci Zapadne Njemačke) i pitanja koje se proteže kroz njemački parlament, treba li dopustiti američke rakete na tlu Zapadne Njemačke ili čak naoružati vlastitu vojsku n-oružjem,<sup>67</sup> preko reportaže "Atomi i savjest" o njemačkim znanstvenicima koji su se protivili izgradnji nuklearnog oružja<sup>68</sup> do vijesti o samoubojstvu matematičara Donalda Flandersa koji je radio na projektu Manhattan, a nakon rata bio prozivan i sumnjičen za špijunažu i odavanje tajni nuklearne tehnologije.<sup>69</sup>

Kao zanimljivost možemo navesti dokumentarni film "Atom zrači", koji je u potpunosti snimljen u Institutu za nuklearne nauke "Boris Kidrič", redatelja Božidara Rančića. Snimljen kako bi širu javnost upoznao s radom Vinče i općenito pokazao napredak u razvoju nuklearne tehnologije u Jugoslaviji. U filmu se opisuje osnivanje tri instituta u Beogradu, Ljubljani i Zagrebu i općenito se objašnjava o atomima, značenje izotopa U<sup>235</sup>, načinu kako se mjeri zračenje; uz pokazivanje opreme u Vinči, gdje u prvi plan ulazi veliki Cockroft Walton akcelerator. "Atomska groznica" odjekuje tijekom cijelog filma jer se dio materijala bavi upotrebom nuklearne tehnologije u agrikulturi, na primjer mogućnost konzerviranja hrane zračenjem, tema koje je i u Vjesniku bila jako popularna 1956. godine; zatim propulzije vlakova, brodova i aviona pomoću reaktora. Napominje se kako će se "(nuklearna tehnologija) u našoj zemlji koristiti isključivo u industriji" uz dvije fraze na kraju

---

<sup>62</sup>Tito, govori i članci, sv. 10, str. 145. – 146.

<sup>63</sup>Vjesnik, 23.04.1955.

<sup>64</sup>Isto, 01.04.1956.

<sup>65</sup>Isto, 15.04.1956.

<sup>66</sup>Isto, 19.04.1956.

<sup>67</sup>Nedeljne informativne novosti, 08.06.1958.

<sup>68</sup>Isto, 15.06.1958.

<sup>69</sup>Isto, 06.07.1958.



dokumentarca: "U Jugoslaviji atom zrači za dobro čovjeka" i "Činjenica da smo daleko od ubistvenih bombi čini nas ponosnim".<sup>70</sup>

Sličnom rečenicom završava i reportaža novinara D. Žlendera objavljena u Vjesniku u svibnju 1956., kada za kraj opisa beogradskog instituta piše:

"Napustio sam Vinču, napustio sam nevidljivi svijet i ljude koji ga strpljivo istražuju. Ali sjećanje na taj prvi susret ostat će neizbrisivo, kao i plemenito djelo koje se ovdje stvara."<sup>71</sup>

### **Prekid nuklearnog programa 1966. godine**

1966. godina je ključna za nuklearni program, koja označava njegovo početno usporavanje pa čak i privremeno gašenje. Direktno je povezana s događajima koji su uslijedili nakon Brijunskog plenuma u kolovozu 1966. Ostavkom Aleksandra Rankovića, nuklearni program gubi svojeg glavnog zaštitnika i nakon 1966. budžet za istraživanja na poljima nuklearne fizike i tehnike biva prepolovljen.<sup>72</sup> Iste godine prestaje eksploatacija rude na Staroj Planini, tri godine od puštanja u pogon rudnika u Kalni. Dobiveni materijal nije nikako mogao opravdati ogromna sredstva uložena u taj lokalitet. Od predviđenih 23-50 tona rude dnevno, iz Kalne je sveukupno dobiveno oko 900 kilograma koncentrata uranijevog dioksida i oko pola tone metalnog uranija.<sup>73</sup> Iako je navedeno kako je za istraživačke potrebe taj materijal dovoljan, koncentriranje ljudi i sredstava na toj lokaciji pokazalo se nepotrebnim jer su na račun gradnje postrojenja na Kalni ignorirani ostali lokaliteti u Jugoslaviji. Pogotovo lokalitet u Sloveniji, na kojem su ispitivanja tla pokazala veći koncentrat i pogodnije tlo za eksploataciju od Stare Planine. Nedugo nakon gašenja rudnika u Kalni počinju opsežnija ispitivanja tla na nalazištu kod Žirovskog vrha (financirana od ljubljanskog Geološkog instituta) u zapadnoj Sloveniji, iako odluka o financiranju rudnika dolazi tek kroz deset godina.

Do 1960. godine na prospekciju i iskapanje nuklearnih sirovina potrošeno je malo više od 11,8 milijardi dinara, od čega 2,6 milijarde za "Poduzeće br. 3", kodno ime koje se koristilo za

---

<sup>70</sup> *Atom zrači*, r: Božidar Rančić, Tesla film Beograd, 1956. Kopija filma nalazi se u Filmoteci Državnog arhiva u Zagrebu, projekciju su mi omogućili u ožujku 2013.

<sup>71</sup> *Vjesnik*, 01.05.1956.

<sup>72</sup> Hymans, Jacques. "Proliferation Implications of Civil Nuclear Cooperation", str. 98.

<sup>73</sup> Koch, Andrew. "Yugoslavia's Nuclear Legacy: Should We Worry", str. 124.

nalazište Kalna.<sup>74</sup> Ovu brojku treba uvećati za troškove izgradnje i operacije na Staroj planini od 1960.-1966. koji se procjenjuju na dodatnih 4 milijarde dinara.<sup>75</sup>

Kada usporedimo te brojke s troškovima osnivanja znanstvenih instituta i njihovo opremanje instrumentima, pokušaj eksploatacije nuklearnih sirovina koštao je polovinu uloženih sredstava nuklearnog programa. Do 1960. godine, izgradnja beogradskog instituta koštala je 12,9 milijardi dinara; zagrebački institut odnio je 4,3 milijarde dok je za slovenski institut izdvojeno 2,7 milijardi dinara. Ivan Supek požalio se kako je na nuklearni program u pedesetim godinama odlazila polovica budžeta predviđena za znanost – iako ne raspoložemo popisom svih izdvojenih sredstava, izjava nije daleko od istine. Potraživanja Saveta za nauku i kulturu vlade FNRJ za 1950. godinu iznosila su ukupno 208 300 000 dinara, od čega je 168 milijuna predviđeno za građevinske radove, a 3,8 milijuna za istraživanja.<sup>76</sup> Troškovi Instituta u Vinči za 1950. godinu iznosili su 101,8 milijuna dinara; Instituta Ruđer Bošković 161,6 milijuna dinara. Za usporedbu, troškovi zagrebačkog Prirodoslovno-matematičkog fakulteta iznosili su 25 milijuna dinara 1951. i popeli se na 60 milijuna dinara 1954. godine.<sup>77</sup> Troškovi samo zagrebačkog instituta bili su gotovo 80 milijuna dinara 1951. godine i popeli se na 353,9 milijuna 1954. godine.

Do 1966. već je veliki broj znanstvenika koji su počeli rad na nuklearnom programu napustilo svoje funkcije, a često i samu Jugoslaviju. Prije "čistke" koja je uslijedila nakon beogradske nesreće, Stevan Dedijer napustio je program nedugo nakon što njegov brat, Vladimir Dedijer 1954. biva optužen u procesu zajedno s Milovanom Đilasom. 1959. godine Anton Peterlin napušta Jugoslaviju i odlazi raditi u Njemačku, dok Ivan Supek daje ostavku na poziciji u SAKNE 1962. godine. Dva bitna znanstvenika, Dragoslav Popović i Slobodan Nakićenović napuštaju Jugoslaviju 1961. i 1964. godine zbog rada u Međunarodnoj agenciji za atomsku energiju (IEAE). Nakon raspuštanja SAKNE 1966. godine i rezanja budžeta, ali i popuštanja restrikcija na rad u inozemstvu, iz Jugoslavije počinje dotad nezabilježen odljev mozgova, koji se odrazio i među nuklearnim znanstvenicima. Provedene reforme 1966. omogućuju jugoslavenskim građanima lakše dobivanje putovnica a istovremeno na svim gospodarskim

---

<sup>74</sup>Svi troškovi znanstvenih instituta u ovom poglavlju, ako nije navedeno drugačije: Nakićenović, Slobodan. *Nuclear energy in Yugoslavia*; Englesko izdanje Nakićenovićeve knjige je korišteno za financijske izvještaje jer je dopunjeno informacijama kojih nema u originalu

<sup>75</sup>Naknadni troškovi procijenjeni su pregledom dosadašnjih ulaganja i sličnih operacija u svijetu, korišten je neobjavljeni rukopis Jacquesa Hymansa: *Neither Duck nor Chicken: Yugoslavia's Botched Nuclear Program*, str. 28., email komunikacija s Hymansom u ožujku 2013.

<sup>76</sup>Ministarstvo za nauku i kulturu NRH, 1951-1952, HR-HDA-1083-1

<sup>77</sup>Isto; Savjet za prosvjetu nauku i kulturu NRH 1951-1956, HR HDA 1095

poljima dolazi do gubitaka radnih mjesta.<sup>78</sup> Pretpostavlja se odlazak 1384 znanstvenika iz zemlje u razdoblju od 1968. do 1973. Hymans navodi izvještaj francuske delegacije koja je posjetila Vinču 1968. godine i ustanovila da "manje od dvadeset posto navedenog kadra" zapravo radi u samom Institutu.<sup>79</sup> Dolazi i do preustroja unutar istraživačkih instituta, tako da se 1968. Vinča dijeli na manje cjeline i laboratorije, koji se nastavljaju baviti nuklearnim temama, ali u smanjenom opsegu.<sup>80</sup>

Ovako financijski i stručno prepolovljen nuklearni program biva ugašen na period od šest godina, o čemu će biti govora u posljednjem poglavlju.

---

<sup>78</sup>Za primjer možemo uzeti broj izdanih putovnica u Zagrebu između 1964. i 1967. godine – nakon 1966. godine dolazi do godišnjeg povećanja izdanih putnih dokumenata većih od 300 posto. Vidi: Goldstein, Ivo. *Hrvatska 1918. – 2008*, str. 509.

<sup>79</sup>Hymans, Jacques. "Proliferation Implications of Civil Nuclear Cooperation", str. 98.

<sup>80</sup>Na službenoj stranici Instituta se kao razlog preustroja navodi "ukidanje nuklearnog programa 1968.", v: <http://www.vin.bg.ac.rs/index.php/sr/o-institutu/organizacija>, citirano 17.08.2014.

## PITANJE ATOMSKE BOMBE

Činjenica je da su tehnologije nuklearnog reaktora i atomske bombe sustavno povezane; zahtijevaju jednako tehničko predznanje i podudaraju se u potrebnim materijalima, u prvom redu nuklearnom gorivu. Zato se uvijek postavlja pitanje hoće li se zemlja koja pokreće nuklearni program okrenuti i tom aspektu nuklearne tehnologije? Najvažniji odgovora na to pitanje je – motivacija.

Jugoslavenski nuklearni program pokrenut je vrlo brzo po završetku Drugog svjetskog rata, u vrijeme još neriješenih političkih sporova oko teritorija i opredijeljenosti.

Prvo spominjanje jugoslavenske atomske bombe u javnosti počinje u jesen 1949. godine, kada je general Peko Dapčević 20. rujna inozemnim novinarima izjavio kako "ne bi žalio imati atomsku bombu u s vojem posjedu".<sup>81</sup> Ova izjava došla je usred zagrijane atmosfere, u trenutku općih priprema za vojni napad Sovjetskog Saveza na Jugoslaviju, šest dana prije nego je Edvard Kardelj držao govor na Općoj skupštini Ujedinjenih naroda u kojem je pozvao na miroljubivu koegzistenciju i političku suradnju "velikih" i "malih". U Jugoslaviji su se privodili kraju veliki manevri na području Šumadije, dok se bilježilo vojno gomilanje sovjetskih trupa u Mađarskoj i njihovo manevriranje kroz Čehoslovačku prema jugu.<sup>82</sup> Budući da je u to vrijeme već krenuo rad prva dva nuklearna instituta u Beogradu i Ljubljani, izjava generala Dapčevića primljena je i kao upozorenje da se Jugoslavija aktivno upustila u proces izrade vlastitog nuklearnog oružja.

Danas znamo da su pripreme sovjetskog napada na Jugoslaviju bile stvarne i u tu napetu jesen 1949. godine, osjećaj neizbježnog sukoba i paranoja koja je vladala u vodećim krugovima Jugoslavije itekako je mogao utjecati na odluke. Sukob s Njemačkom završio je prije četiri godine i zemlja nije bila demobilizirana do kraja, što je, po američkim izvještajima iz tog doba, ostavljalo Jugoslaviji na raspolaganju 32 vojne divizije. Jugoslavenska Vojna enciklopedija navodi kako je na kraju Drugog svjetskog rata JNA imala oko 800 000 vojnika, da bi se 1945. brojno stanje povećano na milijun ljudi pod oružjem. 1947. uslijedila je

---

<sup>81</sup>Bekić, Darko. *Jugoslavija u hladnom ratu. Odnosi s velikim silama 1949.-1955.*, str. 84.

<sup>82</sup>Isto, str. 81.-85.

demobilizacija na 400 000 ljudi u 26 divizija Kopnene vojske, 5 divizija Ratnog vazduhoplovstva i 15 samostalnih brigada.<sup>83</sup>

Izvještaj američkog State Departmenta iz 12. rujna 1949., u kojem analiziraju situaciju i mogući sukob koji će uslijediti, donosi četiri moguća scenarija razvoja situacije: direktni sovjetski napad na Jugoslaviju, napad sovjetskih satelita bez izravne pomoći Crvene armije, gerilskih i terorističkih operacija unutar Jugoslavije i nastavljanje političkog i ekonomskog pritiska s ciljem pokretanja unutrašnje pobune. Druga mogućnost, napad susjednih država bez uplitanja sovjetske vojske smatran je neizvediv jer je u tom trenutku jugoslavenska vojska smatrana "jačom od kombiniranih snaga Albanije, Bugarske, Mađarske i Rumunjske".<sup>84</sup> Zato se očekivao puni angažman Sovjetskog saveza, koji je svega par tjedana prije izlaganja situacije pred Generalnom skupštinom testirao svoju prvu atomsku bombu. Naravno da govora o korištenju nuklearnog oružja nije bilo, ali se u takvoj situaciji rađa mentalitet utrke u naoružanju i potreba za zastrašivanjem protivnika.

Stevan Dedijer u svojim memoarima opisuje susret s jugoslavenskom delegacijom u rujnu 1949. godine i preporučuje izjavu Milovana Đilasa: "Staljin okuplja divizije oko nas u Austriji, Mađarskoj, Rumunjskoj, Bugarskoj i Albaniji. Pritisak na nas sve je veći, (...) moramo smisliti način da udarimo i uzvratimo, sve dok na kraju ne odustane".<sup>85</sup> U danima koju su uslijedili, Jugoslavija je izabrana u Vijeće sigurnosti i sukob sa Sovjetskim savezom je iznesen pred Generalnu skupštinu. Prije povratka delegacije u Jugoslaviju, Dedijeru je pristupio Veljko Mićunović i poručio mu kako "žele da se Dedijer vrati kući i fizici", što je potvrdio Edvard Kardelj u telefonskom pozivu, kako im je "potreban za nuklearne napore".<sup>86</sup> Ubrzo nakon toga, Dedijer napušta New York i dobiva poziciju u institutu u Vinči, gdje od početka dolazi u sukob s Pavlom Savićem, koji ga vjerojatno smatra špijunom Politbiroa. Savić nije bio daleko od istine, što Dedijer sam priznaje u svojim tekstovima. Dedijer opisuje kako ga je Kardelj poslao u Vinču zbog navodnog Savićevog obećanja da su u stanju napraviti nuklearno oružje koje ne bi djelovalo pomoću fisije uranija već "jednog srednjeg elementa uz cink" – Dedijerov zadatak bio je procijeniti stanje u Vinči i postoji li zaista mogućnost ostvarenja tog plana. U svojim memoarima citira Kardelja:

---

<sup>83</sup>Vojna enciklopedija., sv. 4, 1972., str. 140.

<sup>84</sup>Isto, str. 98.-99.

<sup>85</sup>Dedijer, Stevan. *Špijun kojeg smo voljeli: Autobiografija*, str. 176.

<sup>86</sup>Isto.

"Tvoj je posao, Stevo, da nam pomogneš da dobijemo tu bombu, da otkriješ što Savić radi, zašto odgađa. Moramo imati tu bombu."<sup>87</sup>

Kao potvrdu ovakvih Savićevih planova možemo uzeti Supekov razgovor s Lavoslavom Ružičkom koji je u posjeti Jugoslaviji svratio i do Zagreba gdje Supeku otkriva da ga je Tito "pitao može li Pavle Savić napraviti atomsku bombu".<sup>88</sup>

Početak aktivnosti na polju nuklearnog programa privukao je pažnju i američkih obavještajnih službi. Dokument koji je američka CIA deklasificirala 2001. godine donosi izvještaj iz siječnja 1953., neimenovanog američkog znanstvenika koji opisuje svoj posjet institutu u Vinči. U izvještaju se opisuje znanstvena i tehnička aktivnost instituta, opremljenost knjižnice te sposobnost i motivacija znanstvenika. U razgovoru s Dedijerom, tada aktivnim upraviteljem instituta, navodi kako se ne bave problemima nuklearne fisije, ali da ima spomena o reaktorima.<sup>89</sup> Andrew Koch u svojem pregledu jugoslavenskih nuklearnih ambicija iz 1997., spominje izvještaj američkog vojnog atašea iz Grčke koji u siječnju 1954. godine javlja da je Jugoslavija aktivno otpočela s programom izrade atomske bombe.<sup>90</sup>

Ivan Supek i Stevan Dedijer jedine su osobe koje su otvoreno pisale o tim slučajevima i to stanovito vrijeme nakon što su napustili svoje funkcije u Jugoslaviji. Između njih dvojice dolazi do sukoba nakon objavljivanja iscrpne reportaže Nedeljnih informativnih novosti iz 1971. godine koje se bave jugoslavenskim nuklearnim projektom i mogućnosti stvaranja nuklearnog oružja, u kojem se međusobno optužuju. Ipak, glasine oko mogućeg rada na nuklearnom oružju nisu bile shvaćene olako u Moskvi i zabilježen je slučaj jednog asistenta Tehničkog fakulteta u Beogradu kojeg je 1949. vrbovala sovjetska tajna služba zbog informiranja o "svemu vezano za primjenu atomske energije u vojnoj tehnici".<sup>91</sup>

Veliku prašinu u javnosti dignula je spomenuta reportaža iz Nedeljnih informativnih novosti (NIN) koja je u seriji od tri članka objavljenim 4., 11. i 18. srpnja 1971. godine istraživala je li postojao plan izrade nuklearnog oružja. Autor Stane Stanić, slovenski novinar zaposlen u Beogradu, intervjuirao je značajan broj ljudi koji su od pedesetih sudjelovali u radu SAKNE;

---

<sup>87</sup>Dedijer, Stevan. *Špijun kojeg smo voljeli: Autobiografija*, str. 176.

<sup>88</sup>Supek, Ivan. *Na prekretnici milenija*, str. 106.; Supek ovdje krivo navodi ime slavnog nobelovca, napisavši Vatroslav Ružička, dok je cijeli spomen događaja naveden očito kao potkopavanje Savićevih sposobnosti jer zaključuje kako "ni Tito nije imao puno povjerenja u Vinču".

<sup>89</sup>*Vinca nuclear science institute*, Yugoslavia, Doc No/ESDN: 0000683124, URL: <http://www.foia.cia.gov/>; iako je ime znanstvenika cenzurirano, Dedijer ga oslovljava kao "prvog Amerikanca koji je posjetio Vinču". Uz ovaj dokument, arhiv CIA ima zabilježeno još dva dokumenta na temu Vinče koji nisu dostupni.

<sup>90</sup>Koch, Andrew. "Yugoslavia's Nuclear Legacy: Should We Worry", *Nonproliferation Review*, Spring/Summer 1997., str. 123.

<sup>91</sup>Bekić, Darko. *Jugoslavija u hladnom ratu. Odnosi s velikim silama 1949.-1955.*, str. 686.

cijeli slučaj izbio je u prvi plan zbog Dedijerovog intervjua NIN-u mjesec dana ranije na koji je Ivan Supek oštro reagirao pismom. U broju od 13. lipnja 1971. Dedijer navodi:

"Najpre da kažem da smo mi hteli izgraditi atomsku bombu... Ali, pre svega ne smemo da zaboravimo da nisu nuklearnu politiku gradili i sprovodili samo političari i administratori nego i naučnici i to na prvom mestu Pavle Savić, Ivo Supek pa i ja od 1949. do moje ostavke 1953. godine."<sup>92</sup>

Ivana Supeka, dugogodišnjeg protivnika nuklearnog programa u cijelosti, iznimno je zasmetalo "prozivanje njegovog imena" te je odgovorio uredništvu pismom u kojemu, između ostalog, navodi kako "mu se podmeće" da je sa Savićem bio kreator nuklearne politike i Rankovićev savjetnik. Ponavlja kako se od početka protivio izdašnjem ulaganju u atomistiku te kako se on bavio samo kvantnim elementima fizike; napominje da Institut Ruđera Boškovića nikad nije pokušao graditi reaktor. Izjava s Rankovićem ga jako smeta i ponavlja kako je 1940. isključen iz Komunističke partije u koju se nikad nije vratio te zbog toga nije imao pristup povjerljivim centrima.<sup>93</sup>

Članak u kojem je objavljeno Supekovo pismo nosi naziv "Naša A-bomba ili mašta?" i počinje ulomkom iz "Druge revolucije", Supekovog romana objavljenog u "Encyclopedia moderna", 2., 3./4. br., 1967. godine. Stanić postavlja pitanje je li glavni akter zapravo Supek, a cijela radnja bavi se jugoslavenskim planom izrade bombe? Supek u svojim pisanjima potvrđuje da je pokušavao metaforizirati i umjetnički opisati događaje kojima je prisustvovao kroz svoja dramska djela, budući da bi bio cenzuriran u slučaju izravnijeg javnog istupa.

Staniću je odmah sumnjivo što osoba poput Aleksandra Rankovića radi na vrhu Savezne komisije za nuklearnu energiju, ako Jugoslavija ima samo mirnodopskih planova vezanih uz atomsku energiju, na što mu odgovaraju nekadašnji sekretar SAKNE, inženjer Slobodan Nakićenović i bivši savezni ministar financija Svetozar Vukmanović-Tempo, također bivši član SAKNE. Nakićenović daje pragmatični razlog Rankovićevog imenovanja: zbog "ugleda nauke ali i nepodnošljivih svađa", aludirajući kako bi autoritet Rankovića mogao smiriti česte animozitete među znanstvenicima i inženjerima; Vukmanović-Tempo izjavljuje: "Ja sam predložio Rankovića na čelo Komisije. Smatrao sam da tamo treba da bude on zbog položaja koji je imao."<sup>94</sup> Na izravno pitanje o nuklearnom oružju, Vukmanović-Tempo odlučno

---

<sup>92</sup>*Nedeljne informativne novosti*, 13.06.1971.

<sup>93</sup>"Naša A-bomba ili mašta?", *Nedeljne informativne novosti*, 04.07.1971.; Supek, Ivan. *Krivovjernik na ljevici*, str. 175.-177.

<sup>94</sup>"Naša A-bomba ili mašta?", *Nedeljne informativne novosti*, 04.07.1971.

odgovara riječima: "Nikada, razumiješ, na atomsku bombu ni pomislili nijesmo. Nikada zato nije bilo ni riječi o tome." Pavao Savić cijelo pitanje komentira samo dvostrukim: "Koješta."<sup>95</sup>

Reportaža se nastavlja člankom "Što je istina o našoj A-bombi?", koji donosi presjek financiranja znanosti do 1961. godine. U tom izvješću 80 posto ukupnog jugoslavenskog ulaganja u znanost u deset godina otišla je u financiranje nuklearnog programa, bilo institutima u Beogradu, Ljubljani i Zagrebu, Zavodu za nuklearne sirovine te "Preduzeću broj 3" u Kalni na obroncima Stare planine, gdje se iskapao uranit do sredine šezdesetih godina.<sup>96</sup> Spominje se i nabavka famoznog reaktora, tzv. "Kineskog slona"<sup>97</sup> oko kojeg se dogodio sukob 1962. godine. Avdo Humo, predsjednik SAKNE u razdoblju 1958. - 1967. objašnjava nabavku "kineskog reaktora" za potrebe izučavanja kadrova reaktorskoj tehnici – na taj način se moglo povezati svoje institute sa privredom.

Iz spomenutog reaktora, komentirajući drugu stavku iz "Plana razvoja", moglo se dobiti materijala samo za jednu bombu nakon deset godina, na što Humo komentira: "Za šta bi nam bila potrebna ta jedna bomba?" Naziva ju "bombom bez kofera" jer Jugoslavija u tom trenu (a ni 1971. godine) nije posjedovala ni raketu ni zračnu flotu koja ju je mogla isporučiti te zaključuje – "Izgradnja naše A-bombe ili problemi u vezi s tim nisu nikada postavljeni." Do 1971. nije postignuto povezivanje privrede i nuklearne energetike, a rudnik u Kalni Humo ispravno objašnjava izjavom kako nuklearno gorivo nije potrebno samo za izgradnju bombe već i za eksperimente.<sup>98</sup>

Fraza koju je upotrijebio Humo, "bomba bez kofera", vrlo dobro naglašuje najveću prepreku koju je JNA imala u pitanju s atomskom bombom – način uporabe iste. Osnovna filozofija strategije zastrašivanja protivnika nije posjedovanje nuklearnog oružja već mogućnost i odlučnost uporabe istog. Stansfield Turner, bivši upravitelj CIA-e, u svojoj knjizi "Caging the nuclear genie" tu činjenicu opisuje kao "aksiom konvencionalnog ratovanja prema kojem je zastrašivanje funkcija posjedovanja vojne snage i volje uporabe te snage".<sup>99</sup> Jugoslavija nije ni u jednom trenutku krenula u izradu ili nabavku nosača potrebnog za isporučiti bombu.

---

<sup>95</sup>"Naša A-bomba ili mašta?", *Nedeljne informativne novosti*, 04.07.1971.

<sup>96</sup>"Što je istina o našoj A-bombi?", *Nedeljne informativne novosti*, 11.07.1971.

<sup>97</sup>"Kineski" jer je prvotno bio namijenjen Kini, "slon" zbog svojih dimenzija.

<sup>98</sup>"Što je istina o našoj A-bombi?", *Nedeljne informativne novosti*, 11.07.1971.

<sup>99</sup>Turner, Stanfield. *Caging the nuclear genie*, str. 60



General Ivan Gošnjak, bivši sekretar obrane i dugogodišnji član SAKNE objašnjava Staniću da nije bilo kapaciteta za izgradnju niti jedne bombe, niti za izgradnju rakete-nosača.<sup>100</sup>

General Zlatko Rendulić, bivši načelnik Vazduhoplovnotehničkog instituta Žarkovo i pomoćnik načelnika Generalštaba JNA u svojim memoarima osvrnuo se na rad u vojnoj komisiji (ne navodi godinu kada je komisija počela ali navodi kako 1973. godine više nije postojala), kojoj je zaključak bio da bi cijena razvoja taktičke nuklearne bombe (jačine snage 20 kilotona) iznosio do dva godišnja proračuna JNA. Glavno pitanje je bilo kako bi se to oružje moglo iskoristiti, raketa nosač ili mlazni bombarder morali bi se kupiti u inozemstvu, od Sovjetskog saveza.<sup>101</sup>

Prva osoba koja u intervjuima sa Stanićem potvrđuje da je čula rasprave o nuklearnom oružju bio je Anton Peterlin, prvi upravitelj i osnivač Instituta Jožef Stefan. Njegovim riječima, dvaput je posumnjao na ideju izgradnje bombe. 1952. godine na sastanku u Ljubljani između Kidriča, Vukmanovića, Savića, Dedijera, Nakićenovića i njega, dogovarali su o nabavci i izgradnji reaktora u Jugoslaviji, u "Beogradu na grafit, u Ljubljani na tešku vodu" (kao moderator) – iz razgovora je Peterlin sumnjao da Savić želi nabaviti reaktor koji može proizvoditi materijal za bombu. Drugi put, "na nekom zvaničnom prijemu" kada je tvrdio da nisu u stanju ostvariti cilj izgradnje bombe.<sup>102</sup>

General Ivan Gošnjak javno je u intervjuima, istupom na sastanku SAKNE i privatno Ivanu Supeku dao do znanja da JNA uopće nije zainteresirana za posjedovanje atomske bombe. Staniću je za NIN izjavio kako "u nas u Jugoslaviji nije nikad postojao plan za izgradnju atomske bombe", objasnivši detaljnije:

"Mi u Jugoslaviji smo ponekad grandomani, no na tako nešto nitko ozbiljno nije pomišljao. (...) Sasvim je izvesno da su pojedinci vodili intezivne razgovore što se može a što ne, a da je bilo i takvih koji su maštali o izgradnji naše atomske bombe."<sup>103</sup>

U intervjuu za knjigu Darka Stuparića iz 1975. kada ga je autor upitao upravo za naslove iz NINA jasno naglašuje:

---

<sup>100</sup>"Istina atomskog rašomona", *Nedeljne informativne novosti*, 18.07.1971.

<sup>101</sup>Rendulić, Zlatko. *General AVNOJske Jugoslavije*, str 368.-369.; Rendulić izričito napominje kako su svi izvještaji komisije sustavno uništeni nakon završetka rada.

<sup>102</sup>"Što je istina o našoj A-bombi?", *Nedeljne informativne novosti*, 11.07.1971.

<sup>103</sup>Isto.

"Bio sam oko 15 godina član naše državne nuklearne komisije. Na dnevni red nuklearne komisije pitanje proizvodnje naše A-bombe nikada nije postavljeno. Nikada. Naprotiv, ja sam u nuklearnoj komisiji izjavio da naša armije nije zainteresirana za nuklearnu bombu. Doduše, bilo je prethodno nekih šaputanja koja su mogla biti povod drugu Supeku, pa sam zato i istupio u komisiji želeći ukloniti sve takve nesporazume."<sup>104</sup>

General Gošnjak priznao je kako je normalno bilo uzeti u obzir sve moguće slučajeve te kako je "zatražio od svojih stručnih službi da ispituju da li Jugoslavija ima ikakve mogućnosti za izgradnju A-bombe."

Njegovim riječima: "Naredio sam Upravi za ABH (atomska-biološko-hemijsko) da pripremi ekspertizu... Elaborat koji sam posle izvesnog vremena primio, bio je vrlo obiman. Istina, pak, koja se mogla iz te velike građe izvući bila je veoma kratka: Jugoslavija ne može i verovatno nikad neće graditi bombu, ne samo iz političkih već iz materijalno-financijskih razloga",<sup>105</sup> što je rezultat o kojemu Rendulić piše prilikom svojeg rada u komisiji na državnoj razini. Radilo se o komisiji raznolikog sastava, od najpoznatijih jugoslavenskih fizičara te skupine koja je zbrajala rezultate i sve znanstvene, tehničke, financijske i političke aspekte.<sup>106</sup>

JNA se zadržala na tri faktora koji su bili nepovoljni za projekt izrade bombe:

1. Financijski faktor, zemlja bi se više oslabila nego ojačala posjedovanjem nuklearnog oružja
2. Strateški faktor: mogući nuklearni agresor bi posjedovao pretekst o korištenju nuklearnog oružja protiv Jugoslavije
3. Politički faktor: politička suprotnost Jugoslavenskim stavovima borbe protiv oružja za masovno uništenje

Pavao Savić upitan je za komentar o postojanju planova za koje Dedijer navodno zna, a koji se bave idejom da su oko 1950. u Vinči eksperimentirali s idejom izgradnje bombe korištenjem "elemenata srednje težine". Savić poriče i tvrdi kako se radilo o zabuni; takav poduhvat bio bi "epohalan budući da nitko to nije uspio postići" te tvrdi da se radilo o skicama za predavanja studentima. Za kraj ponavlja kako "Porezni obveznici imaju pravo da o svemu

---

<sup>104</sup> Stuparić, Darko. *Revolucionari i bez funkcija*, str. 304.

<sup>105</sup> "Što je istina o našoj A-bombi?", *Nedeljne informativne novosti*, 11.07.1971.

<sup>106</sup> Rendulić, Zlatko. *General AVNOJske Jugoslavije*, str 368.

budu tačno obavješteni", pozivajući saveznu vladu na osnivanje komisije koja bi ustanovila što se tačno odvijalo u jugoslavenskom nuklearnom programu početkom pedesetih godina.<sup>107</sup>

Tri godine kasnije, Darko Stuparić upitao je Savića za komentar reportaže iz NIN-a i tvrdnji kako su postojali planovi izgradnje bombe; Savić ponovno sve demantira riječima:

"Znam samo da od mene nije nikada nitko tražio da pravim bombu. Zapravo, jedna je stvar što vi znate nešto teorijski postaviti. Jer, ni klatno ne možete napraviti ako nemate odgovarajućeg materijala, tako i za bombu treba industrija i druge mogućnosti. Kad bih čak i znao napraviti bombu, ne bih je napravio."<sup>108</sup>

U posljednjem članku reportaže u NIN-u, naslova "Istina atomskog rašomona", Stanić za komentar traži Saloma Šuicu (bivši potpredsjednik SAKNE) koji tvrdi da nikad nije dao izjavu o mogućnostima beogradskog reaktora jer bi bile "naučna besmislica". Reaktor u beogradu služi za "eksperimentalna istraživanja u oblasti fizike i biologije i služi za proizvodnju radioizotopa i nije podesan za proizvodnju plutonijuma".<sup>109</sup> Čak i kada bi se proizvodio plutonij u tom reaktoru, količine bi bile tako male da bi reaktor trebao raditi 30 godina za dobivanje dovoljno goriva za samo jednu bombu (za usporedbu, Avdo Humo je izjavio kako bi za dobivanje potrebne količine plutonija trebalo 10 godina). Tvrdi da su nuklearne programe diktirali znanstvenici dok su političari obuzdavali njihove "megalomanske zahtjeve".

S njime se slaže i Predrag Anastasijević: "Bio je to period snova", misleći na pedesete godine, "I nije ni čudo što su neki sanjali da smo u stanju da proizvedemo a-bombu. Supek se od toga uzašavao. Dedijer je verovao da se na tome i radi, Peterlin je to čuo, a neko je možda čak crtao plan... Ono što je, međutim, najzanimljivije: sve njihove pretpostavke su bile lišene naučnog osnova. Mi ne samo da nismo imali mogućnosti da napravimo bombu, već nismo još imali ni ljude koji su nešto znali o reaktorskoj fizici i reaktorskoj tehnici... Tek 1953. su počeli da pristižu prvi stručnjaci za te oblasti... Evo vam istine o bombi... Ako bismo, dakle, tada bombu hteli zaista da izgradimo, to bi nas koštalo toliko koliko i šteta od A-bombe ako bi ih neko bacio na nas."<sup>110</sup>

---

<sup>107</sup>"Što je istina o našoj A-bombi?", *Nedeljne informativne novosti*, 11.07.1971.

<sup>108</sup>Stuparić, Darko. *Revolucionari i bez funkcija*, str. 167.

<sup>109</sup>"Istina atomskog rašomona", *Nedeljne informativne novosti*, 18.07.1971.

<sup>110</sup>Isto.

Milan Osredkar za kraj komentira kako su male i manje industrijalizirane države imale vrlo malo nade "prodora u nuklearnu tehnologiju" i navodi primjer Švedske koja je godinama razvijala svoj tip reaktora dok su na kraju uvezli nešto potpuno drugo,<sup>111</sup> naslućujući kojim smjerom ide jugoslavenski nuklearni program.

---

<sup>111</sup>"Istina atomskog rašomona", *Nedeljne informativne novosti*, 18.07.1971.

## REZULTATI PROGRAMA DO RASPADA JUGOSLAVIJE

### Obnova nuklearnog programa

Početak listopada 1974. godine, nekoliko tjedana nakon indijskog testiranja nuklearnog oružja, održan je sastanak s ciljem ponovnog pokretanja umrtvljenog nuklearnog programa. Sastanak je održan u središtu Jugoslavenske narodne armije i na njemu su sudjelovali upravitelji instituta, visoki vojni časnici, kao i vojni obavještajci koji su zahtijevali potpisivanje dokumenta o čuvanju državne tajne. Ivo Šlaus, tada upravitelj Instituta Ruđer Bošković, svjedoči kako im je poručeno da o toj temi ne raspravljaju sa saveznim ministrima za znanost te da će novo uložena novčana sredstva u program biti korištena za razvoj vojnog aspekta nuklearne tehnologije.<sup>112</sup> Šlaus spominje sljedeći sastanak, održan u prosincu 1974. gdje se otvoreno govori o razvijanju i stvaranju nuklearne bombe te se raspravlja može li se taj projekt maskirati u sklopu civilnog programa.<sup>113</sup> Raspravljalo se o izgradnji nekoliko nuklearnih elektrana, iz kojih bi se mogao dobiti potreban plutonij za vojni program. Nije bilo velike promjene u financiranju, ne brojeći sredstva koja su se odvajala za početak realizacije NE Krško.<sup>114</sup> U tom trenu već je pokrenuta izgradnja lokacije nuklearne elektrane u Sloveniji i dijelovi su bili pripremani u Sjedinjenim Državama.

Primjetna je i promjena u političkom stavu Jugoslavije, budući da je Indija kao članica pokreta nesvrstanih svojim nuklearnim programom promijenila pristup i stav prema neširenju nuklearnog arsenala. Iako Jugoslavija nije imala direktnu prijetnju od svojih susjeda kao što je bilo u slučaju Indije, koja je godinu i pol prije testiranja nuklearnog oružja završila svoj treći otvoreni sukob s vojskom Pakistana, otvoreno je najavila moguću promjenu svojih stavova o nuklearnom naoružanju. Na konferenciji o neširenju nuklearnog oružja, održanoj 1975. Jugoslavija javno kritizira zemlje posjednice nuklearnog oružja i njihovo odbijanje prekida testiranja novog nuklearnog oružja te nedostatak međunarodne suradnje u razvijanju nuklearne tehnologije u miroljubive svrhe. U studenom iste godine, tijekom zasjedanja Generalne skupštine Ujedinjenih naroda, jugoslavenski veleposlanik Jakša Petrić kritizira "postojanje monopola nad nuklearnim oružjem", koji tjera "ostale zemlje da se prestanu

---

<sup>112</sup>Potter, William C.; Miljanić, Đuro; Šlaus, Ivo. "Tito's nuclear legacy", str. 66.

<sup>113</sup>Isto.

<sup>114</sup> Autorov intervju sa Šlausom, email komunikacija kolovoz-rujan 2014.

suzdržavati u vlastitom nabavljanju novih i sofisticiranih sustava naoružanja".<sup>115</sup> Koliko god ova izjava bila vrlo neodređena, može se shvatiti upozorenjem i poslužiti u kasnijim diplomatskim aktivnostima kao otvorena najava za nastavak razvijanja nuklearnog oružja. Uz tako pripremljen politički teren, pitanje je koji je zapravo bio motiv novog pokretanja nuklearnog programa. Ivo Šlaus smatra da se najvjerojatnije radilo o dobro promišljenom političkom blefu, fiktivnom vojnom programu koji je trebao dati na težini zaoštavanje retorike oko nuklearnog naoružanja među članicama Pokreta nesvrstanih. Šlaus i njegovi kolege prihvatili su sudjelovanje u "blefu", ali nisu se upustili s imalo entuzijazma na predložene zadatke.<sup>116</sup> Vladimir Knapp u svojem prilogu raspravi o "Jugobombi" pita se koliko je donošenje novog ustava iz 1974. i malo utjecaja; novi ustav udaljuje se od centralističkog vođenja države, što se na polju nuklearnog programa već demonstriralo ugovorom o i zgradnji NE Krško. Radilo se o projektu dviju republika, izvan Saveznog utjecaja – koji će naposljetku Sloveniji i Hrvatskoj omogućiti veću energetska samostalnost od ostatka države.<sup>117</sup>

Oživljeni nuklearni program podijeljen je na vojni "Program A" i civilni "Program B"; izgledno je kako vojni aspekt nije zaživio sve do nakon Titove smrti. 1981. godine osnovan je "NUKLIN", udruženje osam znanstvenih institucija u Jugoslaviji, za čijeg predsjednika je odabran Predrag Anastasijević.<sup>118</sup> 1982. godine, novi savezni ministar obrane admiral Branko Mamula potiče razvoj nacrti i planova za izradu fisijskog oružja manje snage. Civilni program trebao je doprinijeti stvaranju potrebnog goriva, dok je radom u Vinči i Vojnom tehničkom institutu vojni program trebao razviti i isprobati sve komponente potrebne za oružje.<sup>119</sup>

Đuro Miljanić, tada fizičar na Institutu Ruđer Bošković, piše kako je skupina u Zagrebu radila na istraživanju i razvoju izvora neutrona za poticanje lančane reakcije u bombi, iako su od njih desetak samo dvojica znali konačni cilj zadatka. Napominje kako su sigurno i pojedinci s Instituta u Ljubljani sudjelovali na programima A i B, iako ne može potvrditi nikakvu aktivnost osim nabave nove tehničke opreme na račun programa. Naposljetku je u srpnju

---

<sup>115</sup>Potter, William C.; Miljanić, Đuro; Šlaus, Ivo. "Tito's nuclear legacy", str. 66.

<sup>116</sup>Hymansov intervju sa Šlausom 2009. godine, u: Hymans, Jacques. "Proliferation Implications of Civil Nuclear Cooperation, str. 100; Šlaus mi je naknadno u emailu potvrdio navedeno i napomenuo kako smatra da se radilo o odluci vodstva KPJ o stvaranju utiska kako Jugoslavija može brzo izgraditi bombu što su izvrsno napravili kroz tri instituta, intervju sa Šlausom, email komunikacija kolovoz-rujan 2014.

<sup>117</sup>Knapp, Vladimir. "Jugobomba – što je istina? Prilog raspravi.", str. 149.

<sup>118</sup>NUKLIN, <http://www.nti.org/facilities/521/>, citirano 07.09.2014.

<sup>119</sup>Potter, William C.; Miljanić, Đuro; Šlaus, Ivo. "Tito's nuclear legacy", str. 67.

1987. godine Miljaniću javljeno kako država odustaje od "Projekta A".<sup>120</sup> Nije poznat nikakav praktični napredak na vojnom projektu u sedamdesetim i osamdesetim godinama, osim nabavke nuklearnog goriva iz Sovjetskog saveza, čija je namjena u budućnosti nakon 1987. godine i pogotovo raspada države u devedesetima postala vrlo upitna.

Sovjetski savez isporučio je Jugoslaviji u razdoblju nakon 1976. količinu od pet tisuća šipki nuklearnog goriva, U<sup>235</sup> - obogaćen do osamdeset posto, ukupne težine 48,2 kilograma; koji su skladišteni u zgradi reaktora u Vinči.<sup>121</sup> Potrebna količina za postizanje kritične mase u standardnoj fisijskoj bombi je 56 kilograma U<sup>235</sup> (za usporedbu, "Little boy" iz kolovoza 1945. sastojao se od 64,1 kg U<sup>235</sup> obogaćenog do osamdeset posto.)<sup>122</sup> Projekt izrade bombe bazirane na plutoniju, zahtijevao bi minimalnu količinu od 11 kilograma Pu<sup>239</sup>. Količine isporučene Jugoslaviji nisu bile dovoljne za izradu jedne bombe, što bi ionako bilo premalo jer bi značilo da oružje nikad ne bi moglo biti testirano čime bi se dovodilo u pitanje osnovna funkcionalnost bombe.

"Program B" nastavio je u vidu suradnje s postrojenjima koja su tad već aktivno funkcionirala u Sloveniji: NE Krško i rudniku radioaktivnog materijala, Žirovski vrh.

## **Nuklearna elektrana Krško**

22. kolovoza 1974. godine u mjestu Kostanjevica na Krki u Sloveniji, potpisan je sporazum s predstavnicima američke energetske tvrtke Westinghouse za kupovinu i izgradnju postrojenja prve nuklearne elektrane u Jugoslaviji. Westinghouse je imao mnogo iskustva u izgradnji i održavanju statičnih, ali i mobilnih reaktora – upravo je ta tvrtka instalirala reaktore na prvu nuklearnu podmornicu USS Nautilus te na prvi američki nuklearni nosač zrakoplova, USS Enterprise. Važnija činjenica za Jugoslaviju bila je da su se bavili izgradnjom takozvanih "ključ u ruke" ("turnkey") postrojenja, ideje koja se oformila početkom 60-tih godina za izvoz nuklearnih reaktora koji se mogu instalirati bilo gdje u svijetu i zahtijevaju obuku lokalnog tehničkog osoblja samo za održavanje postrojenja. Na sastanku u Kostanjevici sudjelovao je tadašnji američki ambasador Malcolm Toon, kao i predstavnici federalnih vlada Slovenije i

---

<sup>120</sup>Potter, William C.; Miljanić, Đuro; Šlaus, Ivo. "Tito's nuclear legacy", str. 67.

<sup>121</sup>Koch, Andrew. "Yugoslavia's Nuclear Legacy: Should We Worry", str. 123.

<sup>122</sup>Federation of nuclear scientist; <http://fas.org/nuke/intro/nuke/design.htm>, citirano 26.07.2014.

Hrvatske.<sup>123</sup> Predviđalo se da će elektrane, nominalne snage do 676 MW proraditi do 1978. godine. U veljači 1975. godine počinju građevinski radovi na lokaciji i izgradnja potrebnih zgrada. Montaža reaktora i prateće opreme kreće od lipnja 1976. kada brodom u Rijeku stižu prvi dijelovi i traje do lipnja 1977. kada su montirani reaktor i oba parogeneratora. Sljedeće dvije godine trajalo je ispitivanje postrojenja i nabavka nuklearnog goriva, posao koji je gotov krajem 1980. godine. Prvo pokusno pokretanje obavljeno je u svibnju 1981. i četiri mjeseca kasnije NE Krško postiže stanje kritičnosti i održivu lančanu reakciju; prva električna energija puštena je u elektroenergetski sustav u listopadu iste godine. U kolovozu 1982. godine Krško počinje raditi punim kapacitetom i komercijalno poslovanje počinje u siječnju 1983. godine; osam godina od postavljanja kamena temeljca i trinaest godina od potpisivanja sporazuma o gradnji između investicijskih skupina.<sup>124</sup> Upravljanje nad NE Krško bilo je podijeljeno između slovenske Savske Elektrane i hrvatske Elektroprivrede Zagreb.

Nakon uspješnog pokretanja NE Krško razmišljalo se o izvedivosti izgradnje druge, veće nuklearne elektrane u Hrvatskoj, na rijeci Savi. Planiralo se nabaviti postrojenje snage veće od 1000 MW, s početkom građevinskih radova 1985. godine. Nakon tragedije u Černobilu 1986. godine plan je obustavljen i odgođen za razdoblje nakon 1990. godine.<sup>125</sup>

Dva bitna aspekta pokretanja nuklearne elektrane bila su osigurati dovoljnu količinu nuklearnog goriva te organizirati odlaganje radioaktivnog otpada. 1984. godine potpisan je sporazum između energetske poduzeća i republičkih vlada o zbrinjavanju otpada, ali problem se otegnuo u devedesete godine, kada su ga preuzele novoosnovane agencije u Sloveniji i Hrvatskoj. Do 1992. godine slovensko "Javno poduzeće za zbrinjavanje radioaktivnog otpada" tražilo je adekvatne lokacije za zbrinjavanje preko 8000 bačvi radioaktivnog materijala.<sup>126</sup> Problem odlaganja otpada bio je jedan od razloga otegnutih pregovora oko vlasništva elektrane nakon raspada Jugoslavije. 2003. godine parlamenti obje države ratificirali su sporazum kojim se vlasništvo elektrane dijeli na pola, ali pitanje odlaganja otpada ostalo je neriješeno.

Što se tiče nabavke nuklearnog goriva potrebnog za rad elektrane, pitanje je dobrim dijelom riješeno eksploatacijom nalazišta radioaktivnih ruda na lokalitetu Žirovski vrh.

---

<sup>123</sup>Dokumenti koji su pušteni u javnost nakon 2006. u sklopu projekta "WikiLeaks" imaju nekoliko citata i o navedenom sporazumu, uključujući izvješće o samom sastanku u Kostanjevici, vidi: <http://wlstorage.net/oc/2474.2/132911.pdf>, citirano 01.09.2014.

<sup>124</sup>Službena stranica NE Krško, [http://www.nek.si/hr/o\\_nek\\_u/povijest\\_nek\\_a/](http://www.nek.si/hr/o_nek_u/povijest_nek_a/), citirano 26.07.2014.

<sup>125</sup>Prevlaka nuclear power plant, URL: <http://www.nti.org/facilities/544/>, citirano 07.09.2014.

<sup>126</sup>Blake, Michael. "Radioactive waste management in Eastern Europe", IAEA, str. 31



## Žirovski vrh

Prilikom prvih ispitivanja sastava tla na lokalitetu u slovenskoj općini Žiri, 1960. godine potvrđeno je postojanje uranita u tlagovima. Prospekcija je nastavljena smanjenim intenzitetom tijekom sljedećih sedam godina, do 1967. kada se na Žirovskom vrhu potvrđuje postojanje veće količine rude – prilikom ispitivanja od 21 izbušene rupe, u 16 ih je pronađena ruda za koju se procjenjivalo da sadrži 1200 grama uranija po toni rude.<sup>127</sup> 1968. godine pod vodstvom Geološkog instituta u Ljubljani iskapa se istraživačko okno u svrhu bolje procjene potencijalnih zaliha. 1978. Izvršno vijeće Republike Slovenije donosi odluku o izgradnji postrojenja za ekstrakciju rude i osnivanje rudnika Žirovski vrh.

Gradnja na lokaciji počela je sljedeće godine i trajala je do 1982. godine kada rudnik počinje s eksploatacijom i vađenjem rude. Istovremeno se radilo na izgradnji postrojenja za preradu rude u Sloveniji, ali i korištenjem drugih ustanova diljem Jugoslavije, kako bi se dobio pročišćeni koncentrat rude ("Žuti kolač", U<sup>3</sup>O<sup>8</sup>) Izvještaj iz 1983. godine predviđao je kako će rudnik početi s redovnom isporukom do 120 tona koncentrirane rude godišnje 1984. godine te bi trebao postići maksimum od 430 tona godišnje 1995. godine.<sup>128</sup> U osam godina rada, dobiveno je oko 452 tona koncentrata, nešto više od 50 tona godišnje, što pokazuje kako su ranija predviđanja bila optimistična.<sup>129</sup> U obzir treba uzeti veliki trošak prerade rude, navedenih 452 tona koncentrata dobiveno je iz više od 630 tisuća tona rude, a trošak dobivanja koncentrata bio je trostruko veći od cijene na svjetskom tržištu.<sup>130</sup>

Rudnik je prestao s eksploatacijom 1990. godine zbog ekoloških razloga i kontaminacije podzemnih voda koja su sanirana sljedećih deset godina. Ležište nije iskorišteno do kraja i još uvijek postoji neiskorišteni potencijal. Unatoč optimističnom predviđanju dobivanja koncentrata, geofizička ispitivanja procijenila su maksimalni potencijal od 16 000 tona "žutog kolača".

---

<sup>127</sup>Sondermayer, R. V. "The Mineral Industry of Yugoslavia", u: *Minerals yearbook area reports: international 1963*, sv. 4, str. 859.

<sup>128</sup>"Yugoslavia: Strategy for long-term development of energy", u: East Europe Report: Economic and industrial affairs, str. 100; Tekstovi o strategiji ulaganja u energetiku u Jugoslaviji, objavljeni u "Borbi" 1983. dostupni su na stranicama "The Defense Technical Information Center", URL: <http://www.dtic.mil/dtic/>

<sup>129</sup><http://www.rudnik-zv.si/zgodovina/>, citirano: 30.07.2014.

<sup>130</sup>Isto; "Yugoslavia: Strategy for long-term development of energy", u: East Europe Report: Economic and industrial affairs, str. 100

Do prestanka rada, količina dobivenog koncentrata iz rude nije opadala<sup>131</sup>:

- 1987. godine: 58 tona
- 1988. godine: 65 tona
- 1989. godine: 71 tona

Koncentrat rude dobiven iz Žirovskog vrha slao se u Sjedinjene Države na preradu u šipke goriva i koristio se za pokretanje reaktora u elektrani Krško.

### **Nuklearna ostavština u 21. stoljeću**

Reaktori u Sloveniji trenutno su jedini aktivni reaktori na području bivše Jugoslavije. TRIGA reaktor u sklopu Instituta Jožef Stefan koristi se za istraživačke svrhe i obuku tehničara, reaktor u NE Krško radi u svrhu proizvodnje električne energije. Oba istraživačka reaktora u Beogradu nisu aktivna. Nuklearno gorivo prebačeno je iz Beograda u Rusiju na sigurno skladištenje 2010. godine, čime je institut u Vinči prestao biti sigurnosnom prijetnjom, kako su ga označavali krajem devedesetih godina.<sup>132</sup> Istraživanja vezana za nuklearne procese i zaštitu od zračenja vode se u Ljubljani, Zagrebu i Beogradu, uz ponovno uspostavljenu suradnju sa CERN-om (Jugoslavija je prestala biti službena članica 1961. zbog nedostatka financija). Znanstvenici s Instituta Ruđer Bošković surađuju na projektu OPERA (fizika elementarnih čestica), dok je Srbija službeno postala pridružena članica 2012. godine. Ispitivanja zemljišta u svrhu eksploatacije radioaktivnih materijala ne izvode se ni u jednoj državi.

---

<sup>131</sup>Stebletz, Walter;"The Mineral Industry of Yugoslavia", u: *Minerals yearbook area reports: international 1990*, sv. 3, str. 321.

<sup>132</sup>Massive Operation Safely Secures Serbian Nuclear Fuel in Russia, IAEA, URL: <http://www.iaea.org/newscenter/news/2010/vinca.html>; Potter, William C.; Miljanić, Đuro; Šlaus, Ivo. "Tito's nuclear legacy", str. 69-70

## ZAKLJUČAK

Nakon detonacija atomskog oružja u četrdesetim godinama dvadesetog stoljeća i zatim korištenje nuklearnih reaktora u svrhu dobivanja električne energije, postalo je jasno da će zemlje koje se upuste u primjenu nuklearne energije u vojne i gospodarske svrhe imati prednost nad ostatkom svijeta. U pitanju dominacije tijekom Hladnog rata, glavni dio utrke u naoružanju između zapada i istoka vodio se oko broja nuklearnih bojnih glava te razvoja načina kako ih što više uspješno ispaliti na protivnika. Nuklearni reaktori instalirani u podmornicama i brodovima omogućavali su aktivno djelovanje tih plovila do tad neviđenih razmjera. Vjerovanje kako nuklearna energija predstavlja novu generaciju energetike dostupne svima dodatno je širilo želju za sudjelovanjem.

Nuklearni program u Jugoslaviji počeo je od nule, zemlja se oporavljala od razaranja i gubitka ljudi nakon Drugog svjetskog rata, u trenucima kada je prolazila i reorganizaciju države na političkoj i ideološkoj razini. Potrebna znanja i ljudi koja su ta znanja mogli usvojiti, proširiti ih i praktično iskoristiti postepeno su okupljani i možemo sa sigurnošću reći da je ljudski potencijal bio na potrebnoj razini tako zahtjevnog projekta. Financiranje je omogućeno, ne u količinama usporedivim sa velikim silama ali je za lokalne prilike bilo izdašno. Problem je nastao u definiranju ciljeva.

Konačni cilj programa nikad nije iznesen. Kada se pričalo o "elektrifikaciji" zemlje (koja je u prvoj polovici pedesetih godina bila ispod 50-postotne),<sup>133</sup> nije iznesen jasan plan o izgradnji reaktora određene snage niti planirana implementacija nuklearnih elektrana u prvih dvadeset godina programa. Kada se spominjala izrada "bombe", nije se radilo o određenom broju oružja predviđenih za taktičko ili strateško djelovanje. Nije se radilo uopće o unaprijed promišljenoj ideji naoružavanja, već samo na brzinu ponuđenoj ideji po principu "probajmo pa što bude". Takav stav najbolje opisuje propali pokušaj nabavke velikog reaktora iz Sovjetskog Saveza. Koristan za istraživanje, koristan kao pravi uvod u razvoj tehnike vlastitih komercijalnih reaktora, koristan za proizvodnju nuklearnog goriva koje bi se možda moglo koristiti i za oružje, na kraju se odustalo od cijele ideje kao megalomanske.

Upravo ta neodređenost odrazila se na izvedbu razvoja nuklearnih tehnika te neorganiziranost i neuravnoteženost podjele financija među institucijama i unutar samih institucija.

---

<sup>133</sup>U Hrvatskoj elektrificirano 42,3 posto kućanstva, *Vjesnik*, 19.04.1955.

Nuklearni program uvijek ima višeznačnu svrhu. Prvi element je usmjeren na izučavanje tehnike i uspješni rad nuklearnog reaktora, bilo istraživačkog ili komercijalnog za proizvodnju električne energije. To znanje i nusproizvod procesa dovodi do drugog elementa i može se iskoristiti i u vojne svrhe. Treći element nuklearnog programa je politika zastrašivanja. Kada se program provodi u tajnosti, cilja se na proizvodnju bombe u zemlji koja smatra da joj je potrebno ne samo nuklearno oružje, već i sredstvo i volja upotrebe tog oružja. Kao primjere za to danas imamo Izrael, koji nikada nije potvrdio, ali niti porekao posjedovanje nuklearnih bojnih glava; te Pakistan koji je svoj program otpočeo u sedamdesetima i koji itekako posjeduje geopolitički pretekst za posjedovanje nuklearnog oružja. Obje države proizvele su nuklearna oružja u potpunoj tajnosti, kao odgovor na direktnu prijetnju. Jugoslavija je itekako probala iskoristiti svoj nuklearni program kao odgovor na direktnu prijetnju, iako je njen politički odjek realno bio zanemariv. Činjenica je da Jugoslavija nije mogla "preko noći", u periodu od nekoliko godina, sama proizvesti nuklearno oružje. Zveckanje mogućim nuklearnim bombama na prelasku iz 40-ih u 50-te godine bio je samo još jedan sloj dodan na ionako tvrdu retoriku upućenu Sovjetskom Savezu, koji je u razdoblju pomirenja nakon Staljinove smrti postao glavni jugoslavenski partner na polju izučavanja nuklearne tehnologije. Od šezdesetih godina Jugoslavija i ovdje igra ulogu nesvrstanog igrača, kada doprinos razvoju dolazi iz oba tabora svjetskih sila. Od četiri reaktora koji su dosegli stanje kritičnosti u Jugoslaviji, dva su sovjetskog, a dva američkog porijekla. Nuklearno gorivo za pokretanje reaktora i daljnja istraživanja pristizalo je s obje strane. Najveća količina uvezenog obogaćenog uranija došla je iz Sovjetskog Saveza. Kada je pokrenut proces obogaćivanja i izrade koncentrata lokalno dobivenih radioaktivnih materijala, završni čin izrade šipki obavljao se u Sjedinjenim Državama.

Unatoč tom otvaranju objema stranama, početni pristup programa puno je više sličio sovjetskom načinu, cenzura i strah od špijuniranja bili su iznimno izraženi. U Jugoslaviji je prvotno vladala situacija u kojoj se znanstvenicima branila međunarodna komunikacija i putovanja, što je za razvitak moderne znanosti nepremostiva prepreka. Stevan Dedijer opisao je u članku za *Bulletin of Atomic Scientists* kako je društvo zasnovano na marksističkoj doktrini u potpunosti nesvjesno ključne uloge koju u njegovom razvoju igraju slobodni kanali unutarnje i vanjske komunikacije među ljudima.<sup>134</sup> Osim lišavanja samih sebe potrebnog znanja koje bi se moglo dobiti s međunarodnom suradnjom, stvara se atmosfera nepogodna za

---

<sup>134</sup> Dedijer, Stevan. "Research and Freedom in Undeveloped Countries," *Bulletin of the Atomic Scientists* 13, br. 7, 1957., str. 239.-240.; objavljivanje tog članka bio je jedan od konačnih povoda za proglašenje Dedijera disidentom

razvoj kreativne i slobodne misli. Iako se u kasnijem stadiju programa Jugoslavija okreće međunarodnoj suradnji, situacija koja se događa nakon jugoslavenskih reformi 1966. godine i velikog odljeva educiranih ljudi pokazuje koliku je štetu početna izoliranost nanijela razvoju znanosti u zemlji. Ne smijemo ni zapostaviti činjenicu da su prilikom gradnje dva ključna zdanja za nuklearni program, Instituta u Vinči i rudnika u Kalni bili korišteni zatvorenici kao radna snaga.<sup>135</sup> Taj dio programa lako možemo povezati s povezanošću tajne službe i Rankovićevog utjecaja na cijeli projekt. Ivan Supek se nekoliko puta u svojim pisanjima zapitao koliki je bio Rankovićev udio i njegova motivacija za sudjelovanje u nuklearnog programu. U traženju razloga, Supek ide toliko daleko da smatra kako je Ranković htio povećati osobni prestiž izgradnjom atomske bombe, ali moramo uzeti u obzir da je Supek kroz cijelo svoje djelovanje bio apsolutno prestravljen idejom da se Jugoslavija nuklearno naoruža te je pomalo demonizirao cijelu situaciju. Ipak, Ranković je možda učinio više štete nego koristi favoriziranjem određenih elemenata programa i nepotrebnom centralizacijom. To se najbolje vidi na projektu eksploatacije ruda, koji je na području Srbije u potpunosti podbacio.

Obnova nuklearnog programa u sedamdesetim godinama izvedena je promišljenije od početka u pedesetima, uz jasnije ciljeve na civilnoj razini, ali ponovno uz nejasnoće na vojnom polju. Iako je bila mala mogućnost direktnog napada neprijatelja sposobnog za nuklearne udare, na prijelazu iz šezdesetih u sedamdesete, Jugoslavija je bila daleko od sigurne zemlje i JNA je sustavno provodila plan obrane od napada bilo koje strane te se posebno uzimala u obzir mogućnost napada nuklearnim oružjem. 1968. godine počele su operativne aktivnosti u najvećoj podzemnoj bazi, aerodromu kod Željave, koji je bio predviđen za očuvanje ratnog zrakoplovstva čak i kada bi ostali konvencionalni aerodromi bili uništeni. 1972. godine konačno je dovršena izgradnja armijske ratne komande kod Konjica, u Bosni i Hercegovini – vojnog kompleksa koji je bio predviđen za smještaj državnog vrha u slučaju napada i evakuacije Beograda. Kompleks je izgrađen po uzoru na američke i sovjetske baze sličnog tipa. Indijsko testiranje nuklearnog oružja odškrinulo je politički prozor za nesvrstane i njihovo naoružavanje, što je Jugoslavija i prihvatila. Čin bi danas izgledao licemjerno, budući da je Jugoslavija 1968. potpisala i 1975. ratificirala Ugovor o neširenju nuklearnog oružja, da je odlučno sproveden u akciju. Usporedbom s južnoafričkim, pakistanskim i sjevernokorejskim programom, da je Jugoslavija prihvatila rizik i trošak predviđen procjenom

---

<sup>135</sup> Dedijer, Stevan. Špijun kojeg smo voljeli, str. 179.-180.; Sondermayer, R. V. "The Mineral Industry of Yugoslavia", u: *Minerals yearbook area reports: international 1980*, sv. 3, str. 1128.

komisije Uprave za ABH JNA početkom sedamdesetih godina, do sredine devedesetih godina bilo bi izgledno posjedovanje nuklearne bombe.

Kako na kraju ocijeniti uspjeh jugoslavenskog nuklearnog programa? Budući da nije imao jasno postavljene ciljeve, već samo smjernice, teško je sa sigurnošću odgovoriti na to pitanje. Znanstveni rad u pe desetim godinama dao je doprinos svjetskoj znanosti, Jugoslavija je stvorila osnovu za samostalna istraživanja u nuklearnoj fizici, kemiji i biologiji; napravljen je napredak u medicini i zaštiti od ionizirajućeg zračenja. Razvoj fizike u Jugoslaviji (pogotovo u Hrvatskoj) bio je na svjetskoj razini što se odražavalo brojem objavljenih radova i radom domaćih znanstvenika u međunarodnim organizacijama, pogotovo suradnja s IAEA.

Gospodarski je profitirala od Nuklearne elektrane Krško koja do da nas ima veliki udio u proizvodnji električne struje za dvije bivše republike. Unatoč činjenici da je prvi komercijalni reaktor uvezen, znanja i vještine potrebne za njegovo operiranje imaju temelj u programu iz pedesetih godina. Debata o pr avoj korisnosti nuklearne energije za proizvodnju električne energije nikad se ne vodi oko njene isplativosti već oko utjecaja na okoliš i prijetnji velikih nesreća. Situacija u Japanu spomenuta u uvodu dovela je do povećanja njegove ovisnosti o vanjskom uvozu energenata i ugrozila ekološku situaciju u budućnosti povratkom na neobnovljive izvore energije.

Iako vojni element programa u Jugoslaviji nije postigao rezultat, oprema nabavljena u njegovu svrhu i edukacija znanstvenika donijele su pozitivne rezultate. Koliko god romantično zvučala ideja da je sam neuspjeh tog elementa programa zapravo pozitivna stvar, nikad ne smijemo zaboraviti da je nuklearno oružje najstrašnije oružje masovnog uništenja poznato čovjeku. Samo spominjanje mogućnosti rada na njegovom stvaranju već je korištena kao izgovor za rat i mogla bi biti ponovno u budućnosti.

Nije lako procijeniti u kojoj su mjeri financijska sredstva utrošena u nuklearni program uzaludno bačena, jer svi financijski podaci nisu dostupni. Naravno da se ogromna količina novca koja se slila u nuklearni program mogla korisno iskoristiti, ali današnji rad najvećih znanstvenih instituta u tri bivše republike nikad ne bi bio moguć bez tih financija. Uvijek se mogu čuti mišljenja ljudi koji tvrde da se ulaganjem u znanost novac uzaludno troši, ali takve rasprave treba odbaciti kao kratkovidne. Rad u znanosti rad je na boljem razumijevanju sebe i svijeta oko sebe, čiji bi konačni rezultat trebao doprinijeti stvaranju boljeg društva. Ovom misli završavam svoj diplomski rad na temu jugoslavenskog nuklearnog programa, uz nadu da ću se jednoga dana u budućnosti ponovno vratiti toj temi.

## BIBLIOGRAFIJA

### Literatura

- Bekić, Darko. *Jugoslavija u hladnom ratu. Odnosi s velikim silama 1949.-1955.*, Zagreb: Globus, 1988.
- Blažek i sur. "Requirements and possibilities of production of energy in Yugoslavia", u: *Proceedings of the International conference on the peaceful uses of atomic energy*, sv. 1, United Nations: New York, 1956.
- Csik, B.J.; Schenk, Kurt. "Nuclear power in developing countries: Requirements & constraints", *IAEA Bulletin*, br. 2, 1987.
- Dedijer, Stevan. "Research and Freedom in Undeveloped Countries," *Bulletin of the Atomic Scientists*, sv. 13, br. 7, 1957.
- Dedijer, Stevan. *Špijun kojeg smo voljeli: Autobiografija*, Zagreb: VBZ, 2011.
- DeGroot, Gerrard. *The Bomb: A Life*. Cambridge: Harvard University Press, 2005.
- Goldstein, Ivo. *Hrvatska 1918. – 2008*, Zagreb: EPH Liber, 2008.
- Hymans, Jacques. "Proliferation Implications of Civil Nuclear Cooperation: Theory and a Case Study of Tito's Yugoslavia", *Security Studies*, br. 20, 2011.
- Hymans, Jacques. *Neither Duck nor Chicken: Yugoslavia's Botched Nuclear Program* (neobjavljeno)
- *Institut Ruđer Bošković 1950-1970*, ur. Franjo Jović i sur., Zagreb: Služba dokumentacije IRB, 1970.
- Ivanović Dragiša; Vučić Vlastimir. *Atomska i nuklearna fizika*. Beograd: Naučna knjiga, 1966.
- Knapp, Vladimir. "Jugobomba – što je istina? Prilog raspravi.", *Međunarodne studije*, br 3-4, 2012.
- Koch, Andrew. "Yugoslavia's Nuclear Legacy: Should We Worry", *Nonproliferation Review*, Spring/Summer 1997., str. 123-128.
- Nakićenović, Slobodan. *Nuklearna energija u Jugoslaviji*. Beograd: Export press, 1960.
- Nakićenović, Slobodan. *Nuclear energy in Yugoslavia*. Beograd: Export press, 1961.

- Pešić, Milan. "Review of Accident Analyses of RB Experimental Reactor", *Nuclear technology and Radiation protection*, 18., br.1 , 2003.
- Potter, William C.; Miljanić, Đuro; Šlaus, Ivo. "Tito's nuclear legacy", *The Bulletin of the Atomic Scientists*, sv. 56, br. 2, ožujak/travanj 2000.
- Rendulić, Zlatko. *General AVNOJske Jugoslavije*, Zagreb: Golden marketing – Tehnička knjiga, 2004.
- Savić, Pavle. "Sur l'accident avec le reacteur de puissance zero du 15 octobre 1958", *Bulletin of the Institute od Nuclear Sciences "Boris Kidrich"*, br. 9, 1959., Beograd
- Stuparić, Darko. *Revolucionari i bez funkcija*, Rijeka: Otokar Keršovani, 1975.
- Supek, Ivan. *Krivovjernik na ljevici*, Zagreb: Globus nakladni zavod, 1992.
- Supek, Ivan. *Na prekretnici milenija*, Zagreb: Prometej, 2001.
- *Tito, govori i članci*, sv. 10, Zagreb: Naprijed, 1959.
- Turner, Stanfield. *Caging the nuclear genie*, Boulder: Westview Press, 1997.
- Zubok, Vladislav; Pleshakov, Constantine. *Inside the Kremlin's Cold war*, Cambridge: Harvard University Press, 1996.

### **Enciklopedije**

- *Opća enciklopedija jugoslavenskog leksikografskog zavoda*, sv. 1, 3. izd., Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod, 1977.
- *Opća enciklopedija jugoslavenskog leksikografskog zavoda*, sv. 4, 3. izd., Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod, 1978.
- *Opća enciklopedija jugoslavenskog leksikografskog zavoda*, sv. 7, 3. izd., Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod, 1981.
- *Tehnička enciklopedija jugoslavenskog leksikografskog zavoda*, sv. 9, Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod "Miroslav Krleža", 1984.
- *Vojna enciklopedija*, sv. 4, 2. izd., Beograd: Redakcija vojne enciklopedije, 1972.



## Izvori

- HR-HDA-1083-1, Ministarstvo za nauku i kulturu NRH, 1951-1952, br. kutije 1, serija: Povjerljivi spisi
- HR HDA 1095, Savjet za prosvjetu nauku i kulturu NRH 1951-1956
- Film *Atom zrači*, redatelj: Božidar Rančić, Tesla film Beograd, 1956.
- *Nedeljne Informativne Novine*, 1958. i 1971., NSK signatura: 89.508
- *Vjesnik Socijalističkog saveza radnog naroda Hrvatske*, 1956. i 1966., NSK signatura: 89.648

## Elektronički izvori

- Central Intelligence Agency, URL: <http://www.foia.cia.gov/>  
*Vinca nuclear science institute*, Doc No/ESDN: 0000683124 CIA, Yugoslavia
- Database of radiological incidents and related events:  
<http://www.johnstonsarchive.net/nuclear/radevents/1958YUG1.html>
- International Atomic Energy Agency, URL: <http://www.iaea.org/>  
Blake, Michael. Radioactive waste management in Eastern Europe, IAEA  
<http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull343/34304692931.pdf>  
"The texts of the instruments connected with the Agency's assistance to Yugoslavia in establishing a research reactor project", IAEA INFCIRC/32/Add.2, 28.08.1968.  
<http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/Others/infcirc32a2.pdf>
- Internet stranica Instituta Jožef Stefan, <http://www.ijs.si/ijsw/Zgodovina>
- Internet stranica Instituta za nuklearne nauke Vinča:  
<http://www.vin.bg.ac.rs/index.php/sr/o-institutu/istorija>
- Internet stranica Instituta Ruđer Bošković: <http://www.irb.hr/O-IRB-u/Povijest>
- Internet stranica Nobelove nagrade, url: <http://www.nobelprize.org/>
- Internet stranica NE Krško: [http://www.nek.si/hr/o\\_nek\\_u/povijest\\_nek\\_a/](http://www.nek.si/hr/o_nek_u/povijest_nek_a/)
- Internet stranica rudnika Zirovski vrh: <http://www.rudnik-zv.si/zgodovina/>

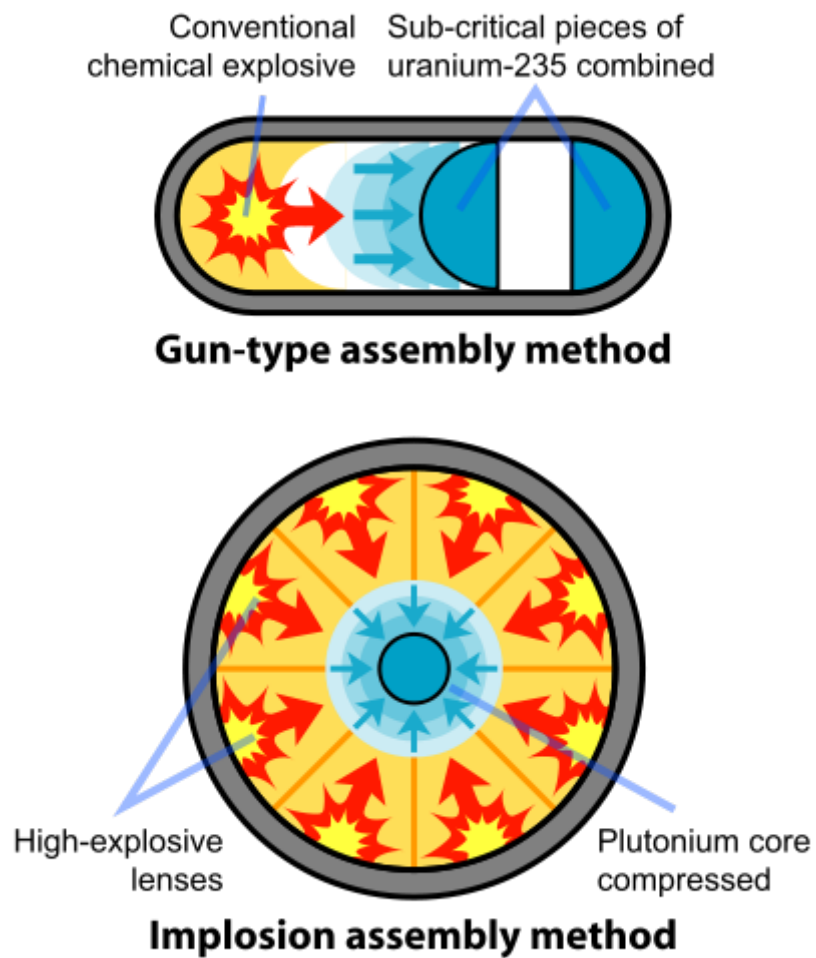
- Minerals Yearbook, US Geological Survey, URL:  
<http://uwdc.library.wisc.edu/collections/EcoNatRes/MineralsYearBk>
  - Sondermayer, R. V. "The Mineral Industry of Yugoslavia", u: *Minerals yearbook area reports: international 1963*, sv. 4
  - Sondermayer, R. V. "The Mineral Industry of Yugoslavia", u: *Minerals yearbook area reports: international 1980*, sv. 3
  - Stebletz, Walter; "The Mineral Industry of Yugoslavia", u: *Minerals yearbook area reports: international 1990*, sv. 3,
- The Defense Technical Information Center, URL: <http://www.dtic.mil/dtic/>
  - "Yugoslavia: Strategy for long-term development of energy", u: *East Europe Report: Economic and industrial affairs*, br. 2409, FBIS: 1983. The Defense Technical Information Center,
- The Nuclear Threat Initiative (NTI): <http://www.nti.org>
  - Former Yugoslavia: <http://www.nti.org/country-profiles/former-yugoslavia/>
- The Nuclear Weapon Archive: <http://nuclearweaponarchive.org/index.html>
- WikiLeaks: <http://wlstorage.net/oc/2474.2/132911.pdf>
- Zbirka pisama A. Einsteina dostupna na: <http://hypertextbook.com/eworld/einstein.shtml>

## SAŽETAK

The Yugoslav nuclear program started in 1949 with the formation of three institutes for nuclear research: Institute of Nuclear Science Boris Kidric in Belgrade, Jozef Stefan Institute in Ljubljana, and Rudjer Boskovic Institute in Zagreb. The research was made in various fields with the goal of better understanding of nuclear processes, gradually moving on to the science of nuclear reactors. During the first decade, three reactors were built in Yugoslavia, two in Belgrade and one in Ljubljana. The extraction of uranium radioactive materials began in Serbia at the Kalna mine, while preparations were made for the construction of a large reactor which could be used for the creation of plutonium. The program came to a halt after the state reforms of 1966 and was continued in a scaled down form in 1974, which gradually led to the purchase of a commercial reactor to be installed in the nuclear power plant in Krsko. Another uranium mine started operations in Slovenia at Zirovski vrh mine and was active until the year 1990, after which political happenings that led to the dissolution of Yugoslavia ended the program. During the formative years and later in the seventies, there were plans for engineering a nuclear weapon device, but in both cases little progress was made.

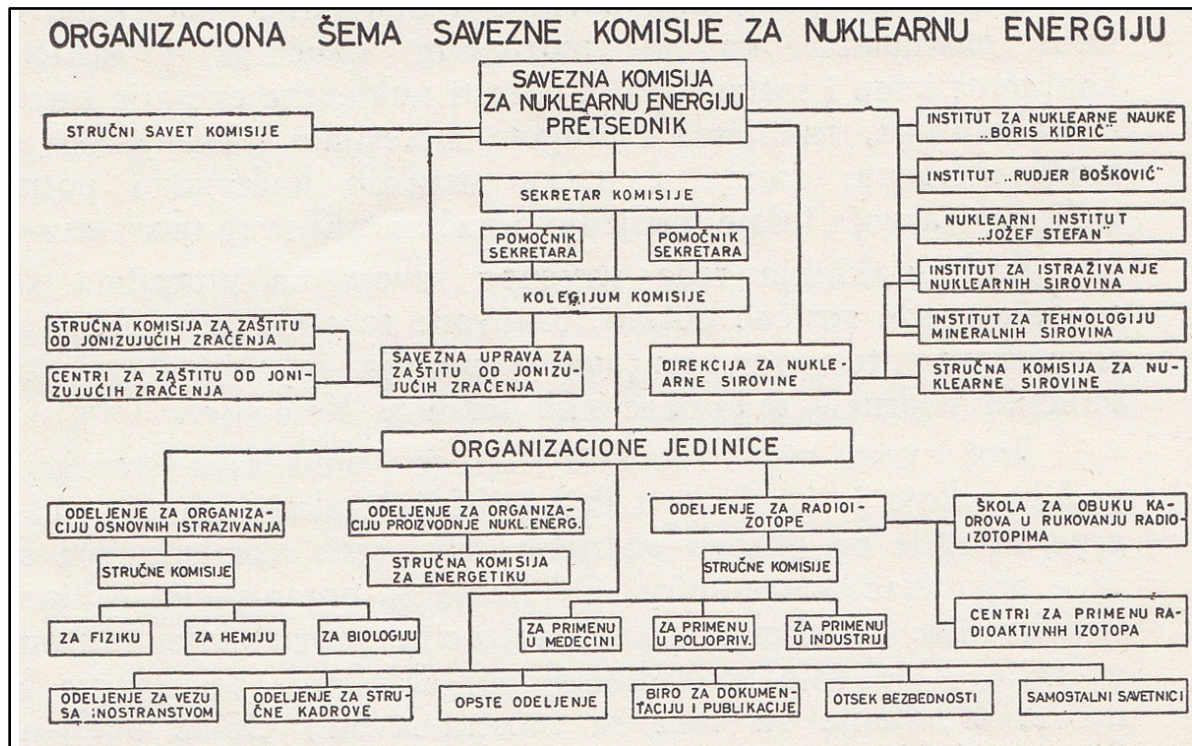
## PRILOZI

### Prilog 1:



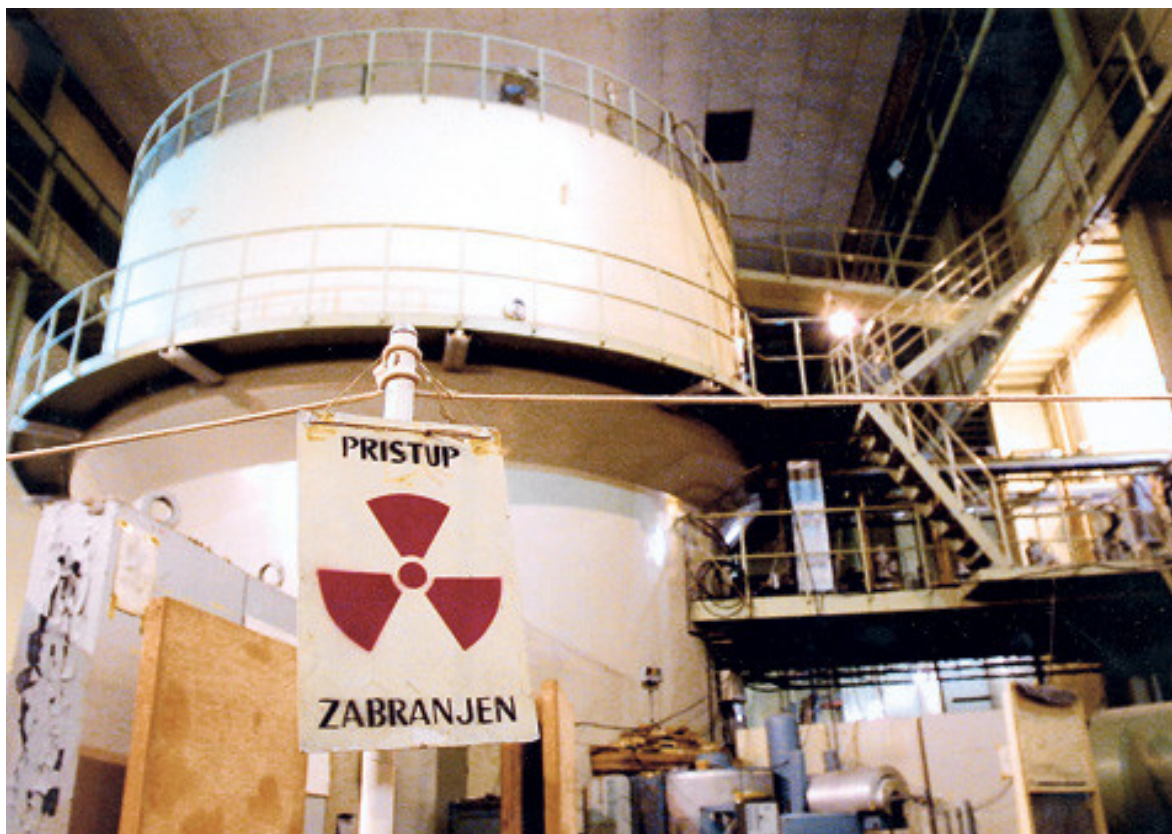
- Razlika u dizajnu prve dvije atomske bombe, "Little Boy" i "Fat Man". Iz: Wikicommons, slobodno korištenje.

Prilog 2:



- Iz: Nakićenović, Slobodan. *Nuklearna energija u Jugoslaviji.*, str. 107

Prilog 3: Priložene fotografije



- Istraživački reaktor u Vinči, iz: Politika Online



- Zgrada reaktora u Podgorici, iz: IJZ



- Ivan Supek i Niels Bohr prilikom posjeta Institutu Ruđer Bošković, iz: IRB



- NE Krško, glavna zgrada. Iz: BETA press