

REACTOR TRIGA14MW

RAPORT FINAL DE SECURITATE

REZUMAT

Septembrie 2019

CUPRINS

1. INTRODUCERE.....	3
2. Denumirea organizatiei solicitante.....	4
3. Denumirea instalatiei propuse pentru autorizare.....	4
3.1. Descriere generala si etapele de realizare a reactorului.....	4
3.2. Modificari ale reactorului.....	5
4. Amplasamentul.....	6
5. Tipul de autorizatie solicitat.....	8
6. Denumirea organizatiei propuse sa coordoneze activitatile din faza de autorizare.....	8
7. Descrierea filozofiei de securitate care sta la baza proiectului.....	8
7.1. Principiile de securitate nucleara.....	8
7.2. Protectia in adancime.....	9
7.3. Prevederi privind proiectarea barierelor de securitate.....	10
7.4. Prevederi pentru constructie	10
7.5. Operarea reactorului.....	11
7.6. Criterii de acceptare.....	11
7.7. Bazele de proiectare.....	11
7.7.1. Temperatura combustibilului.....	12
7.7.2. Coeficientul prompt negativ de temperatura.....	12
7.7.4. Puterea reactorului.....	12
7.7.5. Principalele sisteme, structuri si componente (SSC) cu functii de securitate nucleara.....	13
7.7.5.1. Cerinte de proiectare pentru SSC.....	16
7.7.5.2. Sisteme speciale pentru prevenirea accidentelor severe.....	18
7.7.6. Cerinte de intretinere, supraveghere, inspectie si testare.....	18
8. Descrierea caracteristicilor amplasamentului.....	19
8.1. Geologia.....	19
8.2. Hidrologia.....	20
8.3. Seismologia amplasamentului.....	21
8.4. Programul de monitorizare de rutina a radioactivitatii mediului.....	22
9. Principalele analize si evaluari de securitate nucleara efectuate.....	26
11. Management efluentilor si deseurilor radioactive.....	29
11.1. Efluentii lichizi.....	29
11.2. Efluentii gazosi.....	30
11.3. Controlul deseurilor solide.....	31
11.4. Programul de management al combustibilului nuclear uzat.....	31
11.5. Strategia de dezafectare.....	32
12. Sistemul de management.....	33
13. Asigurarea resurselor financiare si umane necesare pentru desfasurarea activitatii.....	34
14. Pregatirea personalului.....	35
15. Principalele masuri de planificare si raspunsuri la urgente.....	35
16. Protectia fizica si sistemul de garantii nucleare.....	37
16.1. Sistemul de protectie fizica.....	37
16.2. Sistemul de garantii nucleare.....	37
16.3. Protectia impotriva amenintarilor cibernetice.....	38
17. Concluziile analizei conformitatii cu actele si normativele in vigoare.....	40

1. INTRODUCERE

Prezentul document reprezinta rezumatul Raportului Final de Securitate al reactorului de cercetare TRIGA 14MW de la Regia Autonoma Tehnologii pentru Energia Nucleara - Institutul de Cercetari Nucleare (RATEN-ICN) Pitesti.

In anul 1974 firma General Atomics a elaborat Raportul Preliminar de Securitate pentru reactorul TRIGA14MW. Dupa aceasta au fost elaborate mai multe revizii ale raportului tinand cont de etapele prin care s-a trecut de-a lungul timpului. Aceasta editie a Raportului Final de Securitate tine cont de modificarile suferite de reactorul TRIGA (conversia zonei active de la combustibil HEU la combustibil LEU, modernizarea sistemelor de control comanda ale reactorului si ale sistemelor aferente etc).

Raportul Final de Securitate a fost intocmit in conformitate cu prevederile Ghidului privind formatul cadru si continutul raportului final de securitate nucleara pentru reactoarele de cercetare (GSN05).

Rezumatul Raportului Final de Securitate a fost intocmit tinand cont de prevederile si recomandarile prevazute in Ordinul Presedintelui Comisiei Nationale pentru Controlul Activitatilor Nucleare pentru aprobarea Normelor privind transparenta decizionala in procesul de autorizare a instalatiilor nucleare publicat in Monitorul Oficial al Romaniei, partea I din 08 Mai 2019.

2. DENUMIREA ORGANIZATIEI SOLICITANTE: Regia Autonoma Tehnologii pentru Energia Nucleara - Institutul de Cercetari Nucleare (RATEN-ICN) Pitesti

3. DENUMIREA INSTALATIEI PROPUSE PENTRU AUTORIZARE: Reactor nuclear de cercetare TRIGA cu zona stationara de 14MW, zona pulsata de 20.000MW

3.1. Descriere generala si etapele de realizare a reactorului

Independenta energetica a constituit unul dintre obiectivele majore ale economiei nationale. Pentru indeplinirea acestui obiectiv a fost necesara dezvoltarea capacitatii tehnologice aferente fiecarui domeniu inclusiv domeniul tehnologiilor nucleare.

Infiintarea Institutului pentru Tehnologii Nucleare in anul 1971 marcheaza inceputul activitatilor de cercetare aplicativa si inginerie orientata catre dezvoltarea cunoasterii tehnologiilor si proceselor necesare proiectelor viitoare.

Infrastructura de cercetare este constituita in prezent din laboratoare, standuri de incercare, reactorul de cercetare de 14MW tip TRIGA, reactorul de cercetare pulsant de 20.000MW de tip TRIGA, laboratorul de examinare postiradiere, statia de tratare a deseurilor radioactive.

Reactorul este inclus in Infrastructura Critica Nationala conform cu OUG nr. 98 din 03.11.2010 aprobat prin Legea nr.18 din 11.03.2011 modificata si completata prin Legea nr. 344/2015.

Contractul pentru procurarea unui reactor de cercetare proiectat de firma General Atomic Company (GA) a fost semnat la 31 Ianuarie 1972 de catre GA si Intreprinderea de comert exterior ROMENERGO.

In general firma GA se angaja sa efectueze servicii si sa furnizeze materiale si componente conform specificatiilor pentru un reactor de cercetare de tip TRIGA cu miez dublu (doua zone active) constand din:

- I. Un reactor de cercetare cu regim permanent de 14MW de tip TRIGA denumit ulterior SSR (Steady State Reactor);
- II. Un reactor de cercetare cu miez inelar cu functionare in impulsuri denumit ulterior ACPR (Annular Core Pulse Reactor).

Furnitura GA impreuna cu echipamentele, sistemele si cladirile proiectate si construite de cumparator conform specificatiilor vanzatorului vor constitui un reactor de cercetare de tip TRIGA cu miez dublu.

Progresiv pe durata de constructie a reactorului proiectele elaborate de unitatea de proiectare a cumparatorului si specificatiile echipamentelor au fost supuse reviziei si aprobarii reprezentantilor firmei GA.

Punerea in functiune si demonstrarea performantelor reactorului au fost efectuate sub conducerea GA de catre echipe mixte in perioada Iunie 1979 - Februarie 1980.

Caracteristicile principale ale reactorului, cu zona activa in regim permanent SSR, au fost determinate in functie de cerintele de utilizare stabilite in contractul de import (1973), aceste cerinte au fost considerate obiective de proiectare astfel:

- Fluxul maxim determinat pentru neutronii termici/rapizi in canalul central din zona activa;
- Temperatura maxima in centrul elementelor combustibile;
- Puterea reactorului;
- Durata de viata a zonei active (gradul de ardere);
- Numarul de ansambluri combustibile la prima incarcare in configuratia de referinta;
- Numarul barelor de control;

- Reflectorul zonei active;
- Înălțimea zonei active - lungimea coloanei de combustibil cuprinsă într-un element combustibil;
- Canalele experimentale la periferia zonei active.

Zona activă SSR a fost proiectată, construită, pusă în funcțiune și operată confirmând realizarea obiectivelor de proiectare prezentate mai sus și sintetizate în Tabelul 1.

Tabelul 1. Caracteristicile principale ale reactorului TRIGA14MW SSR

Fluxul neutronilor termici în centrul zonei active (canal cu apă)	$2.9 \cdot 10^{14} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
Fluxul neutronilor rapizi în centrul zonei active (canal uscat)	$2.6 \cdot 10^{14} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
Puterea reactorului	14MW
Temperatura maximă în combustibil	750°C
Durata de viață a zonei active (gradul de ardere)	7000MWzile
Numărul de ansambluri combustibile (caseta cu 25 elemente combustibile)	29 (725 elemente combustibile)
Numărul barelor de control	8
Reflectorul zonei active	Blocuri din beriliu (42 blocuri)
Înălțimea zonei active	560mm (22inch)
Canale experimentale în zona activă	3
Canale experimentale la periferia zonei active	3

Reactorul este montat într-o piscină deschisă din beton armat captusită cu un liner din aluminiu având volumul de 330m³ și o adâncime de 10m. Agentul de răcire este apa.

- Puterea termică nominală autorizată: 14MW;
- Tipul combustibilului și îmbogățirea:
 - Combustibil tip bară, aliaj metalic Uraniu, Hidrura de Zirconiu, Erbium, îmbogățire 19.7% ²³⁵U.
- Reactor tip piscină;
- Răcire în convecție naturală până la 500kW, în convecție forțată 7/14 MW;
- Agentul de răcire (fluidul) apă demineralizată, moderator hidrura de zirconiu și apă, reflector blocuri din beriliu;
- Regimul de putere staționar/rampe controlată;
- Conceptul bazat pe coeficientul prompt negativ al reactivității dependent de temperatura combustibilului;

3.2. Modificări ale reactorului

Reactorul TRIGA14MW a fost proiectat să fie operat cu combustibil cu uraniu puternic îmbogățit (93% ²³⁵U). În anul 1992 a început procesul de conversie a zonei active de la utilizarea uraniului puternic îmbogățit, HEU (High Enriched Uranium) la uraniu slab îmbogățit-LEU (Low Enriched Uranium) proces care a fost finalizat cu succes în Martie 2007.

Conversia zonei active a reactorului - trecerea de la utilizarea uraniului puternic îmbogățit HEU 93.3% ²³⁵U la utilizarea uraniului ușor îmbogățit LEU 19.7% ²³⁵U din considerente de neproliferare care privesc interzicerea utilizării uraniului puternic îmbogățit în aplicațiile civile. Programul de conversie a fost susținut de către Departamentul pentru Energie din Statele Unite ale Americii și de către Agenția Internațională pentru Energie Atomică-Viena începând cu anul 1999.

Partea initiala a programului de conversie a reactorului a inceput in anul 1992 in colaborare cu Argonne National Laboratory (ANL) care a efectuat calculele neutronice si termohidraulice pentru o zona mixta HEU-LEU si a acordat asistenta tehnica pentru incercarea primelor 4 ansamble combustibile in reactor. Conversia a continuat prin livrarea a 14 casete de catre firma General Atomics in anul 1996 si livrarea a 16 casete in perioada 2003-2006 de catre firma CERCA din Franta .

De asemenea reactorul a fost supus unui amplu proces de modernizare a sistemelor de securitate in scopul asigurarii indeplinirii cerintelor de securitate nucleara si a unor cerinte specifice operarii reactorului tinand cont de ultimele recomandari ale Agentiei Internationale pentru Energie Atomica-AIEA. In aceasta perioada au fost inlocuite barele de control initiale cu unele noi, proiectate si fabricate in institut. Au fost modernizate sistemele de control comanda ale circuitelor de racire, sistemului de ventilatie, sistemului de colectare deseuri radioactive, sistemul de purificare, sistemul de dozimetrie.

Turnurile de racire din circuitul secundar al reactorului au fost complet reechipate cu schimbatori de caldura de suprafata si cu ventilatoare noi asigurand o capacitate de schimb de caldura de circa 22MW fata de 19 cat erau initial.

Un nou agregat Diesel a fost instalat in anul 2012 in locul celui instalat in anul 1983. Grupul actual Diesel este conectat cu sistemul electric din LEPI si cu sistemul electric din reactor asigurand incarcarea bateriilor de acumulatori in cazul unor intreruperi totale de energie electrica mai mari de 8 ore cat si alimentarea ventilatoarelor din sistemul de ventilatie de avarie din reactor in cazul unor evenimente externe care au condus la oprirea alimentarii cu energie electrica a amplasamentului.

Compresoarele de aer instrumental cu piston de 7 si 11 atmosfere au fost inlocuite cu compresoare centrifugale cu surub moderne si fiabile.

In statia de 6kV au fost inlocuite intreruptoarele de inalta tensiune care alimenteaza transformatorii reactorului si pompele din circuitul primar.

In statia TP5 0.4kV au fost inlocuite bateriile de condensatoare, pentru imbunatatirea factorului de putere, cu altele noi in anul 2013. Noile baterii sunt prevazute cu modul de control care permite conectarea treptelor de compensare atat in regim manual cat si in regim automat.

Modificarile si modernizarile mentionate mai sus au condus la mentinerea standardelor ridicate in instalatiile reactorului la cresterea fiabilitatii si a securitatii nucleare in ansamblu si a sigurantei in operare.

In urma acestor lucrari de modernizare se estimeaza ca perioada de exploatare a reactorului TRIGA 14MW se extinde pana in anul 2035.

4. AMPLASAMENTUL

Amplasamentul Institutului de Cercetari Nucleare – Pitesti a fost determinat in urma analizelor specifice functionale pentru asigurarea cerintelor conventionale si a cerintelor specifice radiologice pentru instalatii nucleare. Mai multe studii de solutii comparative cu alte centre nucleare din Europa au condus la alegerea prezentului amplasament.

Amplasamentul ICN se afla in zona subcarpatica in judetul Arges, la circa 32km nord est de orasul Pitesti, si 1.7km de orasul Mioveni. Amplasamentul se invecineaza la vest cu Uzina de Autoturisme DACIA-RENAULT – 2.5km, la nord vest cu satul Contesti – 5.5km, la nord cu satul Valea Stanii – 5.5km, la est cu satul Negresti – 7km iar la sud cu satul Ploscaru – 5km (Figura 1.).

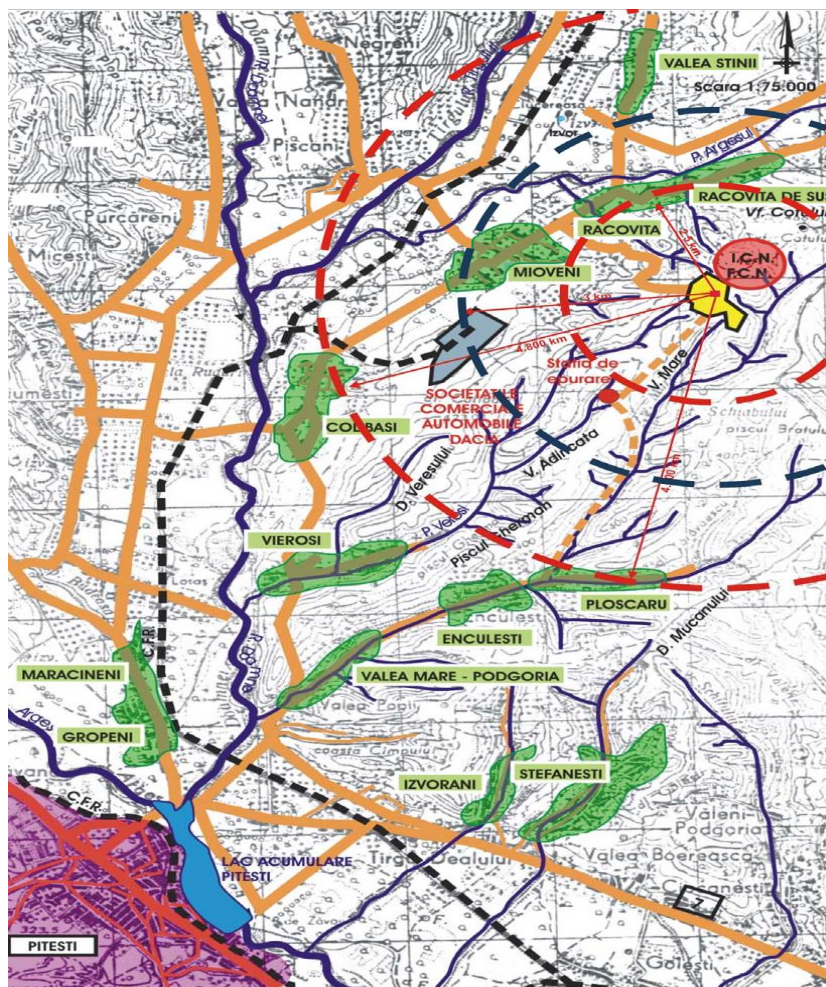


Figura 1. Incadrarea în teritoriu a platformei ICN Pitesti

Amplasamentul este situat pe un platou împadurit care se continua spre comunele invecinate cu livezi de arbori fructiferi catre orasul Mioveni. Cota generala a platoului este 420÷450m deasupra nivelului Marii Negre si cu circa 150m deasupra albiei râului Doamnei. Platoul este stabil din punct de vedere geologic nefiind afectat de alunecari de teren sau eroziuni intense, zona împadurita previne aceste fenomene.

Amplasamentul este incadrat in zona in care valorile accelerației terenului pentru proiectare, $a_g=0.25g$ si perioada de colt a spectrului de raspuns. $T_c=0.7s$. Valorile a_g corespund unui interval mediu de recurență $IMR=225$ ani (probabilitate de depășire de 20% în 50 de ani) conform P100. Terenul pe care se afla amplasamentul este in fondul forestier si agricol fiind acoperit cu paduri si partial cu pasuni.

Cladirile aflate pe amplasament au fost grupate prin proiect in trei zone urmand configuratia naturala a terenului astfel:

- Zona A cuprinde obiectivele de uz general administrativ si utilitati;
- Zona B cuprinde laboratoare, ateliere si standuri experimentale care pot utiliza cantitati mici de materiale radioactive;

- Zona C cuprinde obiectivele tehnologice care utilizeaza materiale radioactive in cantitati mari, reactorul TRIGA, Laboratorul de Examinare Post Iradiere (LEPI), Statia de Tratare Deseuri Radioactive (STDR), Fabrica pentru Combustibil Nuclear (FCN).

Pentru functionarea si deservirea obiectivelor de pe amplasament sunt prevazute retele de utilitati pentru apa potabila, apa industrială pentru racire, apa pentru incendii, canalizari pentru apele menajere, canalizari pentru ape pluviale, canalizari pentru apele industriale provenite din zona C.

Amplasamentul este prevazut cu un racord in linie dubla la rețeaua nationala de distributie a energiei electrice la 110kV, si un sistem interior de distributie, statii si transformatoare de 6kV aferente obiectivelor, inclusiv o centrala Diesel electrica de urgenta pentru Reactor si LEPI. De asemenea amplasamentul este racordat la rețeaua nationala de distributie a energiei electrice printr-o linie aeriana de rezerva de 20kV.

Amplasamentul institutului este imprejmuit cu un gard din elemente de beton prefabricate si cu puncte de paza/supraveghere, delimitand zona interioara supravegheata. Amplasamentul reactorului si Laboratorul de Examinari Post Iradiere este imprejmuit la randul lui cu un gard metalic delimitand o zona interna controlata pentru protectia fizica a instalatiilor nucleare.

5. TIPUL DE AUTORIZAȚIE SOLICITAT: Reînnoire Autorizație pentru desfășurarea de activități în domeniul nuclear – Autorizație de exploatare reactor de cercetare TRIGA, zonă staționară de 14MW și zonă pulsată de 20.000MW.

6. DENUMIREA ORGANIZATIEI PROPUSE SA COORDONEZE ACTIVITATILE DIN FAZA DE AUTORIZARE: RATEN-Sucursala Institutul de Cercetari Nucleare Pitesti (ICN Pitesti).

7. DESCRIEREA FILOZOFIEI DE SECURITATE CARE STA LA BAZA PROIECTULUI

7.1. Principiile de securitate nucleara.

Principiile de securitate nucleara stabilite prin reglementarile internationale preluate in Normele CNCAN sunt aplicate pentru a demonstra si asigura securitatea nucleara a reactorului TRIGA-14MW incepand cu proiectarea , constructia, operarea si dezafectarea instalatiei nucleare.

Obiectivele de securitate si cerintele generale de proiectare urmarite in proiectarea reactorului, au considerat toate starile posibile privind functionarea normala, evenimentele operaționale anticipate si accidentele specifice pentru minimizarea accidentelor.

S-au identificat trei obiective de securitate dintre care primul este un obiectiv cu caracter general. Acest obiectiv general de securitate nucleara este sustinut de doua obiective de securitate complementare care privesc protectia impotriva radiatiilor si aspectele tehnice. Ele sunt interdependente: aspectele tehnice impreuna cu masurile administrative si procedurale asigura protectia in adancime impotriva pericolelor reprezentate de radiațiile ionizante. Aceste obiective sunt:

- Obiectiv de securitate nucleara general:** Protejarea personalului, a populatiei, a societatii si a mediului impotriva pericolelor prin stabilirea si mentinerea in instalatia nucleara a unei aparari efective impotriva pericolului radiologic;
- Obiectivul de protectie radiologica:** Asigurarea faptului ca in toate starile de operare expunerea la radiatii in interiorul instalatiei sau datorita eliberarii planificate de materiale radioactive din instalatie sunt mentinute sub limitele prescrise si la un nivel cat mai scazut posibil rezonabil, si de a asigura masurile necesare pentru limitarea consecintelor radiologice ale oricarui accident;
- Obiectivul tehnic de securitate:** De a lua toate masurile practice posibile pentru a preveni accidentele in instalatia nucleara si de a limita consecintele acestora in cazul

in care survin, pentru a asigura cu un nivel ridicat de incredere care, pentru toate accidentele posibile luate in considerare in proiectarea instalatiei, inclusiv acelea foarte putin probabile, orice consecinte radiologice vor fi minore si sub limitele prescrise, si de a asigura ca probabilitatea aparitiei unui accident cu consecinte radiologice serioase este extrem de scazuta.

Reactorul a fost proiectat in asa fel incat obiectivele de securitate enuntate sa fie indeplinite in totalitate. In faza de proiectare s-a tinut cont nu numai de reactorul in sine ci si de instalatiile auxiliare care pot afecta securitatea nucleara si de caracteristicile amplasamentului. Masurile s-au prevazut astfel incat consecintele radiologice ale oricarui accident care ar avea loc sa fie diminuate. Astfel au fost luate masuri de siguranta ingineresti, s-au stabilit proceduri si planuri de interventie in caz de accident de catre organizatia de operare pe amplasament si de asemenea planuri de interventie ale autoritatilor abilitate pentru interventii in caz de urgenta radiologica in afara amplasamentului.

Cerintele de securitate de care s-a tinut cont la proiectarea reactorului acopera trei domenii:

- a) Protectia in adancime;
- b) Aspecte de management;
- c) Aspecte tehnice.

Pe baza acestor cerinte au fost implementate principiul protectiei in adancime, s-a stabilit o infrastructura legislativa si de reglementare, au fost adoptate masuri pentru managementul si verificarea securitatii reactorului si nu in ultimul rand au fost aplicate principiile tehnice (aspecte tehnice de securitate) atat pentru proiectarea cat si pentru toata durata de viata a reactorului.

7.2. Protectia in adancime

La proiectarea reactorului s-au prevazut multiple bariere de securitate succesive care previn eliberarea de produse radioactive in mediu. Prima bariera in eliberarea de produse radioactivi o constituie combustibilul in sine (aliaj metalic din UZrHEr). Cea de a doua bariera o constituie teaca elementelor combustibile (Incoloy 800HH). Analiza de securitate a acestor doua bariere a fost facuta de catre furnizorul reactorului. A treia bariera de securitate o reprezinta circuitul primar de racire al reactorului care preia o mare parte din inventarul de produse radioactivi pe care il trece prin sistemul de filtrare al circuitului de purificare. Pentru situatii de urgenta majora reactorul TRIGA este prevazut cu o pompa de avarie alimentata din sistemul electric clasa 1 care in caz de cadere totala a sistemului de alimentare cu energie electrica asigura racirea suficienta a zonei active a reactorului. Pentru evitarea ramanerii zonei active fara apa de racire in cazul unui accident de pierdere de agent de racire circuitul primar este prevazut redundant cu doua vane pneumatice alimentate pe doua canale diferite care asigura izolarea piscinei si evitand scaderea nivelului in piscina in cazul ruperii conductelor din primar. De asemenea circuitul primar este prevazut cu un sistem antisifon cu 4 vane cu flotor normal inchise care previn de asemenea golirea piscinei prin ruperea sifonului in cazul ruperii conductelor circuitului primar. Pentru evitarea golirii piscinei si ramanerii zonei active fara agent de racire in cazul ruperii unui tub orizontal de neutroni camera tintelor este proiectata in asa fel incat asigura pe baza principiului vaselor comunicante a unui nivel de 1.7m de apa peste zona activa a reactorului.

A patra bariera hala reactorului, prin modul in care a fost proiectata si realizata reprezinta o bariera in calea eliberarii de produse radioactivi in caz de accident. Cladirea reactorului in ansamblu cat si sistemele tehnologice aferente reactorului sunt prevazute cu un sistem propriu de colectare, stocare si evacuare a deseurilor lichide radioactive rezultate din operarea in conditii normale dar si in caz de accident. Datorita acestui sistem de colectare si stocare nu este posibila o deversare necontrolata a deseurilor lichide radioactive in mediu, deseurile rezultate

dupa stocare in rezervoare speciale la cota -12m cu o capacitate totala de 100m³ sunt transferate controlat conform procedurilor aprobate la Statia de Tratare Deseuri Radioactive care are o capacitate de stocare de peste 300m³. Pe platforma ICN exista un centru de control al urgentei care este echipat corespunzator pentru a putea aplica planul de urgenta mentionat. Sistemul de ventilatie al cladirii reactorului este prevazut sa functioneze in regim de avarie in caz de accident si are posibilitatea evacuarii controlate la cos a aerului contaminat din hala reactorului sau din incintele tehnologice (Bucla A).

7.3. Prevederi privind proiectarea barierelor de securitate.

Proiectul reactorului TRIGA asigura ca muncitorii si celelalte categorii de personal din cladirea reactorului cat si persoanele din populatie nu vor fi expuse la doze de radiatii care sa depaseasca limitele legale si in acelasi timp aceste doze vor fi mentinute la nivele atat de scazute care sunt rezonabil indeplinite in toate starile operationale ale reactorului pe toata durata de viata a instalatiei, cerinta respectata si pentru conditiile de accident probabil.

Proiectul aplica principiul de protectie in adancime prin prevederea unor bariere succesive care au scopul de a preveni consecintele accidentelor care ar putea avea efecte asupra personalului si a mediului cat si marimi de limitare a consecintelor in cazul in care accidentul s-ar produce. Proiectul prevede masuri de supraveghere si verificare a functionarii si a performantelor barierelor fizice pentru a preveni eliberarea materialelor radioactive in exteriorul instalatiei

Proiectul asigura controlul comportarii reactorului in toate starile de operare prin intermediul fenomenelor naturale inerente cat si prin sistemele ingineresti de securitate. Proiectul sistemului de control si protectie previne deviatile de la starea de operare normala fara interventia operatorului si furnizeaza informatiile necesare pentru cunoasterea si intelegerea cauzelor opririi reactorului. Proiectul incorporeaza sisteme ingineresti de securitate active si pasive pentru prevenirea si limitarea accidentelor.

Proiectul prevede independenta structurilor si sistemelor de aparare in adancime incat defectarea unei bariere sa nu conduca la defectarea urmatoarei bariere.

Proiectul contine prevederi si masuri de securitate nucleara si protectie fizica pentru gestiunea si controlul materialelor nucleare si sau radioactive integrate astfel incat sa evite compromiterea uneia de catre cealalta.

Aplicarea abordarii gradate a cerintelor de securitate este considerata in cadrul prevederilor normelor de securitate CNCAN cat si a standardelor si ghidurilor AIEA. Abordarea gradata a cerintelor este justificata si sustinuta de analize de securitate sau judecata inginereasca.

7.4. Prevederi pentru constructie

Elementele importante pentru securitatea reactorului au fost proiectate, construite, livrate si instalate de catre firma General Atomics in baza prevederilor contractului de import. In perioada 1975-1980 firma General Atomics avea o experienta probata in construirea a peste 55 de reactoare nucleare de tip TRIGA pe toate continentele.

Elementele importante pentru securitatea reactorului si pentru disponibilitatea si fiabilitatea instalatiilor au fost proiectate dupa ghiduri General Atomic Technical Requirements (GATR), proiectele au fost avizate de catre contractantul principal. Procurarea componentelor si materialelor din tara si din import a fost efectuata de asemenea dupa specificatiile firmei General Atomics si dupa specificatiile proiectelor intocmite de catre proiectantul general CITON.

Constructia a fost realizata de catre firme din Romania cu experienta in domeniul constructiilor industriale in special pentru industria chimica si pentru centrale termoelectrice cu puteri de 500-1000MW. Angajarea firmelor de constructii industriale cu experienta in industria chimica si energetica este un exemplu de buna practica pentru cerintele de fabricatie si executie pentru

echipamentele si sistemele reactorului fiind acoperite de calificarea si experienta firmelor asistate de personalul organizatiei de operare.

Conformitatea instalatiilor, sistemelor si echipamentelor cu documentatia de proiectare si de executie a fost asigurata de catre reprezentantii organizatiei de operare.

Incarcarile, probele si programul de punere in functiune au fost realizate de organizatia de operare.

7.5. Operarea reactorului

Operarea reactorului inseamna operarea propriu-zisa a instalatiei nucleare inclusiv activitatea de mentenanta, intretinere si reparare, testarea periodica si verificarea elementelor de securitate nucleara a componentelor si sistemelor in acord cu prevederile procedurilor dedicate/specifice si cu programele de operare, de mentenanta, de verificare si inspectie periodica.

Operarea este o functie a sistemului de management integrat de Securitate si calitate bazat pe un set larg de procedure aferente activitatilor de operare si realizata cu personal autorizat de catre CNCAN si alte categorii de autorizare de radioprotectie, electric, instalatii de ridicare si instalatii sub presiune ISCIR, metrologie etc.

7.6. Criterii de acceptare

Criteriile de acceptare privesc criteriile de acceptare de baza si criterii de acceptare specifice.

Criteriile de acceptare de baza se refera la limitele si conditiile de securitate nucleara rezultate din analizele de securitate, limite aprobate pentru functionarea reactorului de catre autoritatea de reglementare CNCAN. Scopul acestor limite este de a asigura nivelul legal al apararii in adancime.

Limita privind primul nivel de protectie in adancime se refera la prevenirea defectarii combustibilului, pentru al treilea nivel de aparare in adancime limita se refera la doza maxima admisa pentru public in conditii normale de operare.

Criteriile de acceptare specifice sunt utilizate pentru a include limite suplimentare dincolo (mai mari) decat criteriile de acceptare de baza care considera incertitudinile si asigura nivele suplimentare pentru protectia in adancime.

Spre exemplu acestea pot fi:

- Temperatura maxima a combustibilului in anumite conditii tranziente;
- Fluxul maxim de caldura care nu depaseste fluxul termic specific unui anumit tip de combustibil;
- Conditii de limite de debit de apa de racire la care temperatura tecii depaseste limitele aprobate.

Odata limitele de mai sus stabilite de calcul pentru stabilirea unor limite sigure de operare in domeniul carora cu toate incertitudinile nu poate sa apara de exemplu defectarea tecii combustibilului.

7.7. Bazele de proiectare

In abordarea proiectarii reactorului TRIGA14MW cu zona stationara s-a plecat de la existenta a catorva obiective stabilite pentru utilizarea reactorului.

Reactorul are trei parametri importanti folositi pentru a defini bazele de proiectare:

1. Temperatura combustibilului

2. Coeficientul negativ prompt de temperatura
3. Puterea reactorului

Dintre acesti trei parametri numai temperatura combustibilului constituie o limitare reala.

7.7.1. Temperatura combustibilului

Valoarea temperaturii combustibilului este o limita importanta pentru functionarea reactorului. Aceasta limita provine din eliberarea hidrogenului din combustibilul prin disocierea Er-U-ZrH in functie de temperatura si efortul produs in materialul tecii de cresterea presiunii hidrogenului in spatial liber gap si plenum. Rezistenta tecii in functie de temperatura stabileste limita superioara a temperaturii combustibilului.

A fost aleasa o limita de siguranta a temperaturii la valoarea de 1150°C pentru Er-U-ZrH_{1,65} pentru a exclude avariarea tecii elementului combustibil, cand temperatura acesteia este sub 300°C. Cand temperatura tecii este egala cu temperatura combustibilului, limita temperaturii combustibilului este de numai 940°C.

Este stabilita o temperatura de proiectare pentru functionarea combustibilului de numai 750°C. Aceasta temperatura a fost aleasa pe baza umflarii si deformarii combustibilului ca urmare a iradierii si a degajarii produselor de fisiune.

Temperatura maxima de 750°C a fost folosita ca valoare de proiectare deoarece ea este o temperatura medie a combustibilului la care rezulta crestere nesemnificative ale combustibilului ca efecte ale iradierii si temperaturii.

7.7.2. Coeficientul prompt negativ de temperatura

Parametrul de baza care permite reactorului sa functioneze cu un grad ridicat de siguranta in exploatare este coeficientul rapid negativ de temperatura care constituie "caracteristica a proiectarii combustibilului si zonei active".

Coeficientul de temperatura (∞) intervine automat si permite o mare libertate de functionare, el fiind un efect al schimbarilor accidentale de reactivitate, temperatura si putere, schimbari care au loc datorita amplasarii experimentelor in zona activa.

7.7.4. Puterea reactorului

Temperatura combustibilului si a tecii limiteaza operarea reactorului. Totusi, se stabileste o limitare a puterii in exploatare care este dictata de temperatura combustibilului.

Analizele termice si hidrodinamice arata ca la un nivel de putere de 14 MW, cu un debit de apa de racire de 8000 g.p.m=504.27l/s, (g.p.m.=gallon per minute; 1g.p.m=3.78l/min) se intrunesc criteriile de temperatura de proiectare ale combustibilului. Si aceasta pentru o multime de configuratii ale zonei asteptate si realizate in timpul vietii zonei, tinand cont si de tolerantele de executie si incertitudinile de proiectare.

Asemenea tolerante si incertitudini se refera la proprietatile si dimensiunile elementelor combustibile, tecii si a interstitiilor teaca-combustibil.

Trebuie sa se recunoasca ca debite de apa de racire mai mari (10000 g.p.m=630.902l/s, 11000 g.p.m=2498.372l/h=694l/sec) constituie mijloace pentru cresterea nivelului de putere.

Astfel 14 MW_t este o putere limita de proiectare, dar nu este o putere limita de functionare.

Alti parametri determina limitarea puterii de functionare, si anume: temperatura combustibilului, debitul de apa de racire, limitarile de reactivitate si bara de reglaj blocata, precum si considerente legate de accidente de reactivitate.

7.7.5. Principalele sisteme, structuri si componente (SSC) cu functii de securitate nucleara

Conceptul functiilor de securitate s-a dezvoltat si a evoluat in timp in paralel cu dezvoltarea tehnologiei reactorilor nucleari. Pentru indeplinirea functiilor de securitate prin activitatea de proiectare au fost concepute, sisteme si structuri, parti integrate ale instalatiei nucleare astfel incat operarea instalatiei in toate starile definite sa satisfaca obiectivele fundamentale de securitate.

Abordarea clasificarii Sistemelor, Structurilor si Componentelor (SSC) in functie de modul in care acestea contribuie la indeplinirea obiectivelor fundamentale de securitate nucleara a constituit o preocupare permanenta materializata prin prevederile ghidului de securitate No. SS-G-30. Aplicarea gradata, SS-G-22, a prevederilor acestui Ghid de Securitate impreuna cu prevederile NMC-02, NMC-10, in procesul de clasificare a SSC- Reactor Nuclear de Cercetare TRIGA14MW, contribuie la actualizarea si definirea clasificarii SSC necesar pentru a proteja persoanele si mediul de efectele daunatoare ale radiatiilor ionizante, bazat pe rolul functiilor lor de a preveni accidentele si a limita consecintele in cazul in care acestea s-ar putea produce.

Clasificarea este rezultatul analizei combinatiilor dintre frecventa de defectare a fiecarui SSC ca urmare a evenimentelor interne si externe si amploarea consecintelor in termeni privind efectul accidentelor asupra personalului, populatiei si mediului.

Fiecare SSC are functii care trebuiesc indeplinite in toate starile instalatiei nucleare si in cazul tuturor accidentelor specifice proiectului.

Starea de accident este definita de starea instalatiei, SSC, care nu mai este capabila sa isi indeplineasca functiile de securitate ca raspuns la actiunea evenimentelor externe, evenimentelor interne si factorului uman. In unele situatii scenariile de accident considera combinatii si succesiuni ale evenimentelor la care sistemele raspund prin exercitarea functiilor de securitate pentru care au fost proiectate.

Evenimentele externe sunt specifice amplasamentului si sunt definite prin bazele de proiectare. O analiza initiala considera toate evenimentele externe din care pe baza unor justificari sunt selectate numai "evenimentele specifice amplasamentului" aplicabile proiectului si ulterior instalatiei.

Evenimentele interne sunt specifice proiectului, modului de exploatare si modului de imbatranire a instalatiei

Functiile fundamentale de securitate nucleara definite in standardele internationale si in standardele nationale cat si in norme/ghiduri sunt aceleasi pentru ori care instalatie nucleara si acestea trebuie aplicate in toate starile instalatiei nucleare:

- I. Controlul reactivitatii;
- II. Preluarea/transferul cadurii din reactor (zona activa) si din combustibilul depozitat;
- III. Confinarea (retinerea) materialelor radioactive, ecranarea impotriva radiatiilor si controlul eliberarilor radioactive, planificate/autorizate cat si limitarea eliberarilor radioactive accidentale.

Functia permanenta de monitorare a indeplinirii functiilor de securitate si a starilor reactorului trebuie asigurata prin mijloace de monitorare.

Pentru simplificare si intelegere, termenul "functie" include functia primara, definita ca functie de securitate derivata din functiile de securitate fundamentale, cat si functiile suport care se asteapta sa fie indeplinite pentru a asigura indeplinirea functiilor primare si a celor fundamentale in toate starile instalatiei nucleare inclusiv in starile aferente operarii normale si la toate nivelele

aferente protecției în adâncime, pe scurt prevenirea, detectia, controlul, prevenirea deteriorării zonei active.

Prevenirea, limitarea, se referă la prevenirea deviațiilor de la operarea normală și la prevenirea defectării componentelor importante pentru securitate nucleară. Evenimentele interne sunt cele care în marea lor majoritate produc defectarea componentelor.

Detectia privește detectarea acelor deviații de la operarea normală care în continuare pot conduce la stări tranziente anticipate care trebuie controlate pentru a preveni escaladarea către situații de accident (PIE).

Controlul privește controlul sistemelor pasive și active specifice care contribuie la aducerea instalației în stare sigură. Controlul este automat cât și controlul periodic efectuat conform procedurilor care contribuie la confirmarea eficienței, disponibilității și încrederii că aceste sisteme își vor îndeplini funcția atunci când va fi necesar.

Prevenirea deteriorării zonei active însoțită de potențiale eliberări în afara amplasamentului și aducerea instalației în stare sigură prin sistemele de reținere (confinare).

Limitarea consecințelor radiologice și a eliberărilor radioactive inclusiv funcțiile și sistemele care susțin monitorizarea și comunicațiile pentru planul de urgență, asociate cubdba.

Starile reactorului

Starile reactorului sunt definite prin procesul de proiectare al instalației nucleare și sunt utilizate în scopul determinării funcțiilor de securitate aplicabile.

Starile reactorului sunt caracterizate prin frecvența lor în ansamblul duratei de viață a reactorului. Clasificarea condițională a stărilor reactorului în general privește:

a) Starile operationale:

- Operarea normală, activitate autorizată în baza "LCTO";
- Operarea ca urmare a apariției evenimentelor operationale anticipate însoțită de deviații de la procesul de operare normală fără a interveni condiții de accident.

b) Stări determinate de condițiile de accident caracterizate prin deviația de la operarea normală care au o frecvență mai mică însă consecințele lor sunt mai mari decât consecințele evenimentelor operationale anticipate;

- Starea reactorului ca urmare a producerii accidentelor de bază de proiect. Accidentul de bază de proiect este un accident pentru care reactorul a fost proiectat în acord cu cerințele de proiectare printr-o metodologie conservativă pentru care defectarea combustibilului și eliberările de materiale radioactive sunt menținute în limite acceptate, reglementate.

- Starea reactorului în condiții de extindere a proiectului.

Condițiile de extindere a proiectuluibdba, în alți termeni, condiții severe care nu au fost considerate în definirea accidentului de bază de proiect, DBA, dar care sunt considerate în procesul de proiectare în acord cu metodologia de analiză pentru care eliberările de material depășesc limitele autorizate.

În situația reactorului de cercetare TRIGA 14MW SSC existente au fost proiectate și construite în anii '70 și unele din ele modernizate pentru a satisface reglementările actuale de securitate nucleară. Reclasificarea lor este utilă pentru a integra cerințele actuale de securitate.

Structurile, Sistemele și Componentele pentru scopul clasificării sunt divizate în două categorii mari de SSC active care în general necesită un sistem suport pentru îndeplinirea funcției de securitate și SSC pasive ale caror funcții intrinseci/inerente sunt determinate prin

proiectare si constructie si nu necesita sisteme suport pentru functionare sau actionare pe durata intregului ciclu de viata.

Proiectul reatorului TRIGA-14MW considera cu prioritate sistemele inerent sigure pasive care isi indeplinesc functiile de securitate fara interventia altor sisteme de securitate independente. Neandepinirea functiilor de securitate pentru care au fost proiectate are o probabilitate foarte mica insa defectarea lor poate conduce la consecinte severe.

Din categoria sistemelor inerent sigure pentru scopul clasificarii consideram urmatoarele:

- Zona activa a reactorului cu coeficientul reactivitatii prompt negativ in functie de temperatura combustibilului;
- Oprirea reactorului prin introducerea barelor de control actionate gravitacional;
- Vanele antisifon actionate gravitacional pentru mentinerea in piscina a unei cantitati predeterminate de apa, suficienta pentru racirea zonei active prin convecție naturala;
- Structura din beton armat a piscinei care asigura protectia contra radiatiilor.

Tabelul 2 prezinta o prima clasificare a sistemelor si componentelor in categoriile active si pasive.

Tabelul 2.

Clasificarea SSC active si pasive

Nr.crt	Clasa	Sisteme si componente	Componente critice	Mecanisme de degradare	Durata de viata (ani)
1	P	Hala reactorului	Structura rezistenta	M14	100
2	P	Piscina reactorului, structura de beton	Beton structural	M4.1.1	100
3	P	Camera de comanda	Sisteme electronice si calculatoare	M7,M8,M10	20
4	P	Suportul zonei active a reactorului	Element singular	M6.1	50
5	P	Grila de baza a zonei active	Da	M3.2.1.; M3.3.1	50
6	A	Ghidurile barelor de control	Da	M4.2.1	50
7	A	Sistemul de control al reactivitatii-barele de control parte cu absorbant	Da	M4.1; M6.1	20
8	A	Vanele de izolare a piscinei	Da	M4.1	50
9	A	Vanele antisifon	Da	M6.1	50
10	P	Piscina reactorului, captuseala din aliaj de aluminiu T6061	Da	M6.1	50
11	P	Tuburile orizontale pentru fascicule de neutroni	Da	M6.1.2	50
12	A	Electromagnetii barelor de control	Da	M7.1.1	40
13	A	Sistemul de dozimetrie fixa	Detectori/calculatoare	M7,M8,M10	20

A=sisteme/componente active, SSC active;

P=sisteme/componente pasive, SSC pasive.

M1÷M14 Mecanisme de degradare conform [M.Ciocanescu, D.Barbos-Managementul imbatranirii la reactorul de cercetare TRIGA de la ICN-PITESTI, 2013, NR. inregistrare CNCAN 4878/20.08.2013] Tabelul 1.

7.7.5.1. Cerinte de proiectare pentru SSC

Indeplinirea functiilor de securitate enumerate mai jos constituie principalele cerinte de proiectare pentru SSC, considerand in acelasi timp filozofia protectiei in adancime.

Limitele de proiectare sunt stabilite in corelare directa cu parametrii fizici in care trebuie sa functioneze SSC considerat in fiecare din starile instalatiei cat si pentru conditiile de accident.

I. Controlul reactivitatii

- Controlul configuratiei zonei active a reactorului;
- Oprirea reactorului;
- Controlul configuratiei depozitarii combustibilului proaspat si a combustibilului iradiat;
- Asigurarea coeficientului de temperatura prompt negativa prin conceptia combustibilului si prin constructia zonei active.

II. Racirea/transferul caldurii din zona activa si din combustibilul depozitat in toate starile reactorului

- **In operarea normala**
 - controlul configuratiei zonei active privind curgerea apei de racire, debitul, temperatura, geometria elementelor de combustibil si a ansamblelor de combustibil, canalelor pentru experimente si a dopurilor (elemente de inchidere) pentru canalele libere pentru a preantampina curgerea prin bypass.
- **La oprirea reactorului**
 - Transferul caldurii reziduale din zona activa;
 - Racirea combustibilului iradiat in rastele de stocaj este asigurata prin convecție naturala.
- **In stare de accident- reactorul oprit**
 - Transferul caldurii reziduale din zona activa catre apa din piscina prin convecție naturala si ulterior catre structura din beton armat prin conductie si atmosfera prin convecție naturala si evaporare.
 - Evaporare - cantitatea de caldura transportata prin evaporare naturala la suprafata apei din piscina este compatibila cu cantitatea de caldura reziduala generata de combustibilul din zona activa.

III.1. Confinement – Confinarea

Retinerea intr-un volum predeterminat/proiectat/construit a materialelor radioactive in toate formele solida, lichida, gaze si aerosoli al caror inventar a fost predeterminat prin proiectare si analize de securitate nucleara pentru toate starile reactorului, pentru a preveni eliberarile neplanificate, DBA si BDBA.

- Matricea combustibilului si teaca elementului combustibil pentru retinerea si limitarea eliberarii in caz de accident in termeni de inventar si distributie in timp, DBA;
- Piscina reactorului prin factori de dilutie, retinere si eliberare intarziata in hala reactorului, DBA;
- Circuitul primar al reactorului in masura in care apa este contaminata cu produse de coroziune activate si cu produse de fisiune in cazul defectelor de teaca, combinat cu defectarea acestuia in cazul BDBA;

- Circuitul de purificare a apei din circuitul primar pentru retinerea produselor de coroziune activate si a unor specii din produsii de fisiune.

III.2. Ecranarea impotriva radiatiilor emise de materialele continute in reactor in toate starile reactorului cat si supravegherea campurilor de iradiere.

- Structura din beton armat a piscinei reactorului in conditii de operare normala si in caz de accident;
- Ecranele de protectie pentru tancul de intarziere din circuitul primar;
- Ecranele de protectie filtre circuit purificare si rezervoare de deseuri radioactive slab active inclusiv cuvele de colectare in toate starile anticipate ale reactorului;
- Sistemul de masura/supraveghere a campurilor de iradiere in exteriorul ecranelor.

III.3. Controlul eliberarilor radioactive planificate/anticipate in toate starile reactorului la nivelul fiecărei bariere privind protectia in adancime (DBA)

- Structura etansa a halei reactorului si a sistemului de ventilatie si filtrare asociat (DBA) confinare dinamica prin asigurarea unei presiuni relative mai mica in interior decat presiunea atmosferica din exterior in starea de operare normala si in situatii de accident impreuna cu sistemul de supraveghere a depresiunilor si debitelor de aer evacuat;
- Sistemul de supraveghere a radioactivitatii aerului in hala reactorului si a aerului evacuat la cos in situatii normale de operare, in situatii tranziente anticipate si in situatii de accident, DBA;
- Sistemul de colectare a deseurilor lichide radioactive construit in cladirea reactorului asigura gestiunea inventarului de ape si radioactivitate evacuate prin acest sistem in situatii normale de operare cat si in situatii de accident, DBA;
- Sistemul de purificare al apei din circuitul primar in situatii de oprire a reactorului sau al unei linii de purificare din sistem asigura transferul rasinilor uzate la Statia de Tratare a deseurilor Radioactive (STDR) din interiorul cladirii pentru conditionare.

III.4. Limitarea eliberarilor radioactive accidentale

- Cerinte de proiectare referitoare la SSC pasive destinate protectiei angajatilor si a publicului fata de efectul daunator al radiatiilor in conditii normale de operare de exemplu ecrane, structuri, cladiri;
- Cerinte de proiectare referitoare la SSC pasive destinate protectiei componentelor altor SSC care ar putea fi defectate in cazul evenimentelor interne sau externe, pereti despartitori, plansele spatiilor care adapostesc echipamente clasificate;
- Cerinta de proiectare referitoare la SSC pasive si active destinate sa functioneze pentru limitarea consecintelor unui accident care depaseste DBA.

Tabelul 3. Lista functiilor de securitate primara ale SSC – Reactor TRIGA

I	Controlul reactivitatii si criticitatii;
I	Oprirea sigura a reactorului cu marje de securitate garantate;
I	Asigurarea “coeficientului negativ de reactivitate” a combustibilului si al geometriei zonei active;
I si II	Mentinerea configuratiei zonei active si integritatii mecanice a combustibilului;
II	Evacuarea caldurii reziduale;
III.1	Prevenirea evacuarii (eliberarii) produselor radioactive in hala reactorului si in continuare in mediu, evacuari care ar conduce la depasirea limitelor derivate aprobate;
III.2	Asigurarea functiei de ecranare pentru radiatii gama si neutroni in timpul functionarii si

	radiatii gama pe timpul opririi;
III.3	Masurarea, monitorarea continua si alarmarea depasirii pragurilor de radioactivitate specifica a aerului din hala reactorului si a aerului evacuate la cos;
III.4	Supravegherea si alarmarea in cazul evenimentelor interne in cladirea reactorului;
III.4	Comunicarea si prevenirea erorilor umane in timpul operarii, interfata om masina HMI;
Funcții de securitate suport asigurate de sistemele suport	
✓	Alimentarea cu energie electrica;
✓	Asigurarea calitatii apei demineralizate pentru prevenirea coroziunii;
✓	Alimentarea cu apa demineralizata;
✓	Prevenirea eliberarii de produse radioactive sub forma de deseuri radioactive lichide din instalatiile reactorului.

7.7.5.2. Sisteme speciale pentru prevenirea accidentelor severe

Zona activa a reactorului TRIGA este prin proiect inherent sigura datorita coeficientului prompt negativ de temperatura. Acesta nu permite o excursie de putere care sa duca la topirea zonei active a reactorului. In plus daca s-ar produce o rupere a conductelor circuitului primar datorita sistemelor ingineresti (vane cu flotor, vane de izolare piscina, camera tuburilor orizontale de neutroni) zona activa ar ramane acoperita cu un strat de apa cu grosimea de aproximativ 1.5m ceea ce ar permite evacuarea caldurii reziduale si blocarea topirii zonei active.

7.7.6. Cerinte de intretinere, supraveghere, inspectie si testare

Mentenanța instrumentatiei reactorului si a componentelor mecanice este un factor important in prevenirea opririlor false si a fiabilitatii sistemelor de securitate. Normele privind mentenanța sistemelor cer ca responsabilitatile sa fie definite si incadrate intr-un program logic privind aplicarea lor.

Personalul de executie a interventiilor tehnice la SSCE aferente reactorului are pregătirea profesionala corespunzatoare, cunoaste foarte bine constructia si functionarea SSCE la care lucreaza (inclusiv starea acestora inainte de inceperea lucrarilor: functiune, in rezerva, presurizata, sub tensiune) si, dupa caz, autorizat (pentru SSCE aflate sub incidenta ISCIR, verificari PRAM). Acest personal este nominalizat din cadrul sectiei S2 si, dupa caz, din serviciul MSIR/personal extern specializat.

Pentru mentenanța preventiva a echipamentelor clasice si a celor cu importanta pentru securitatea nucleara, este elaborat un program privind planificarea reviziilor si reparatiilor pe un an calendaristic, conform cu cerintele procedurilor **ICN-AD-15, Planificarea, executia si confirmarea activitatilor de intretinere/revizii, reparatii** si **EO-TH-546T, Intretinere, revizii si reparatii in instalatiile nucleare aferente reactorului TRIGA SSR-14MW.**

In cazul mentenantei corective rezultatele evaluarii sunt utilizate pentru a determina daca este necesara interventia asupra altor structuri, sisteme sau echipamente, pentru a preveni defectarea lor. De asemenea se are in vedere ca, prin efectuarea înlocuirilor, reparatiilor sau modificarilor, sa nu se introduca deficiente noi, sistematice. Modificarile se supun prevederilor procedurii **EO-AC-02, Controlul modificarilor.**

Daca in urma evaluarii se constata ca exista componente comune mai multor structuri sau sisteme, care functioneaza necorespunzator se dispun actiuni corective conform prevederilor procedurii **ICN-AC-02, Actiuni corective si preventive**, pentru a preveni defectarea lor.

Eficacitatea programului de mentenanță este analizată anual cu ocazia elaborării Raportului anual de exploatare și cu ocazia analizelor efectuate de management.

SSCE cu implicații în securitatea nucleară presupune activități pentru realizarea programelor și inspecțiilor care se efectuează conform acestor limite și condiții tehnice de funcționare. Periodicitatea inspecției este determinată de evaluarea tehnică a sistemului ținând cont de nivelul de implicare în securitatea nucleară a reactorului.

Conform acestor cerințe a fost elaborat un plan de teste de supraveghere și inspecții periodice în care se regăsesc:

- Denumirea testului ce trebuie efectuat;
- Procedura aplicabilă pentru efectuarea testului;
- Persoana responsabilă care evaluează rezultatele testului;
- Frecvența inspecțiilor efectuate;
- Rezultatele obținute în urma efectuării testului;
- Limitele de acceptanță conform limitelor și condițiilor tehnice.

Pentru reactorul TRIGA și dispozitivele de iradiere Programul anual de teste și inspecții periodice este elaborat și prezentat în Raportul Anual de Exploatare. Toate activitățile de teste și încercări respectiv de intervenții tehnice se efectuează pe baza de autorizatie de lucru, conform prevederilor procedurilor specifice.

8. Descrierea caracteristicilor amplasamentului

Amplasamentul RATEN-ICN este situat la circa 18 km NE de Municipiul Pitești, județul Argeș, pe raza orașului Mioveni. Poziția obiectivului față de așezările umane vecine este următoarea:

- La Nord satul Racovița (cca 2.5 km);
- La Est satul Negrești (cca 7 km);
- La Sud satul Ploscaru (cca. 5 km);
- La Vest Uzina Dacia Renault și orașul Mioveni (cca 2-2.5 km).

În mijlocul platformei se găsește lacul artificial Vieroși cu rolul de a prelua apele pluviale de pe platformă, lac realizat prin obturarea cursului superior al Văii Vieroși cu un dig.

În exteriorul platformei, la circa 2 km spre S se găsește Stația de epurare.

Toată platforma este înconjurată de un gard de beton iar la partea superioară cu sârmă ghimpată, având pază militarizată și acces controlat în conformitate cu normele CNCAN.

Amplasamentul este situat pe un teren ce aparține, din punct de vedere **morfologic**, extremității estice a unității Piemontul Getic (Podișul Getic), mai precis în partea de vest a Piemontului Cândesti.

8.1. Geologia

Din punct de vedere **geologic**, amplasamentul se află în perimetrul unității structural majoră având-fosa Carpaților meridionali (sectorul Dâmbovița – Otașau al depresiunii getice), unitate cu o dispunere generală monoclinală a formațiunilor. În amplasamentul platformei ICN, forajele executate în limita de adâncime de 30 m au evidențiat prezența depozitelor psamo-pelitice constituite din alternanțe de pământuri coezive (argile, argile prăfoase, argile nisipoase, nisipuri argiloase) sinecoezive (nisipuri, nisipuri cu pietriș).

8.2. Hidrologia

Din punct de vedere hidrogeologic, conform Hărții hidrogeologice a României, sc.1 1.000.000, amplasamentul este situat într-o regiune cu ape subterane cantonate în roci poroase permeabile, caracterizat prin strate acvifere întinse în roci cu granulație grosieră – pietrișuri, nisipuri ("Strate de Cândești"). În amplasament, nivelul hidrostatic a fost interceptat în foraje în jurul adâncimii de 25.5 – 25.7 m.

8.2.1. Regimul precipitațiilor

Regimul anual al precipitațiilor lichide înregistrează o medie multianuală de 773 mm, lunile cele mai ploioase fiind mai, iunie, iulie, cu valori între 85 – 95 mm/lunar iar cele mai sarace în precipitații sunt lunile ianuarie și februarie, cu valori medii multianuale de 38 - 43 mm/lună.

Numărul mediu anual cu zile senine este cuprins între 110 – 120 zile.

Numărul mediu anual de zile acoperite = 140 zile.

Numărul mediu anual de zile acoperite cu ninsoare = 20 – 25 zile.

Numărul anual de zile cu strat de zăpadă = 60 zile.

Durata stratului de zăpadă în zona atinge 40-50 zile/an.

Din datele puse la dispoziție de Institutul Național de Meteorologie și Hidrologie (INMH) rezultă că grosimea maximă a stratului de zăpadă măsurat în perioada 2001 - 2018, la stația meteorologică Pitești, a fost de 56 cm înregistrat în 14.02.2012.

8.2.2. Regimul eolian

Numărul zilelor cu viteze mari ale vântului este redus, valorile cele mai mari fiind de 2 m/s. Din analiza datelor INMH rezultă că direcțiile dominante ale vântului, în perioada 2000-2018, la stația meteorologică Pitești, sunt N și NNV, iar frecvența cea mai scăzută este cea a vântului din NE. Se remarcă frecvența deosebit de scăzută a situațiilor cu vânt calm.

8.2.3. Activități industriale și de transport rutier în zona amplasamentului

Activitățile industriale în apropierea amplasamentului (maxim 15 km distanță) se grupează în principal în orașele Pitești și Mioveni.

Niciuna din întreprinderile din municipiul Pitești nu constituie un risc pentru funcționarea normală a reactorului.

În localitatea Mioveni la SE la 2,5 km de amplasamentul ICN se află Uzina de Autoturisme Dacia-Renault. Activitățile acestei întreprinderi nu influențează funcționarea și activitatea normală a reactorului.

Întreaga zonă de amplasare se situează la zona de contact între câmpie și munte, la convergența unor căi de comunicație importante:

- Autostrada București-Pitești cu un trafic important de autoturisme la cca. 13 km,
- DN 73 la cca. 5 km vest (Pitești - Campulung Muscel).

Aceste drumuri cu trafic intens se află la distanțe mari de amplasament și în consecință, nu constituie un risc pentru funcționarea normală a reactorului.

Nu există conducte magistrale de gaze sau de petrol.

În județul Argeș există Aeroportul Geamăna localizat la aproximativ 15 km de Obiectivul Nuclear Pitești. Acest aeroport este utilizat în special pentru zboruri utilitare și de agrement cu aeronave de dimensiuni mici. Aeroportul Internațional Henri Coandă – București se află la o distanță de cca. 100 km de reactorul TRIGA, prin urmare reactorul se află în afara zonelor cu probabilitate semnificativă de prabusire la decolare sau aterizare a aeronavelor.

8.3. Seismologia amplasamentului

Din punct de vedere seismologic, amplasamentul reactorului, situat pe str. Câmpului nr. 1, loc. Mioveni, jud. Argeș, este încadrat în zona de macroseismicitate $I = 71$ pe scara MSK (unde indicele 1 corespunde unei perioade medii de revenire de 50 ani), conform SR 11100/1-93 (Figura 1).



Figura 1. Macrozonarea seismică a teritoriului României

În conformitate cu prevederile normativului „Cod de proiectare – Partea I – Prevederi de Proiectare Pentru Clădiri – Indicativ P100-1/2013” (în vigoare din 01.01.2014), amplasamentul se află situat într-o zonă care se caracterizează prin următoarele valori: accelerația orizontală a terenului pentru proiectare (valoarea de vârf PGA) $a_g = 0.25 \text{ g}$, pentru un interval mediu de recurență $\text{IMR} = 225 \text{ ani}$ și 20% probabilitatea de depășire în 50 ani; perioada de control (colț) pentru proiectare: $T_c = 0.7 \text{ sec}$.

Din analiza datelor avute la dispoziție rezultă că intensitatea maximă observată în amplasament a fost $IA = 8.4 \text{ (MSK)}$ și s-a datorat puternicului cutremur intermediar care s-a produs în zona Vrancea, în anul 1802. Se evidențiază faptul că și pentru cutremurele din 1940, 1977 și 1986 care s-au produs în zona Vrancea, intensitățile în amplasament au fost mari: $IA = 7.8 \text{ MSK}$ (1940), $IA = 7.6 \text{ MSK}$ (1977), respectiv $IA = 7.1 \text{ MSK}$ (1986).

Analiza condițiilor geologice și hidrogeologice din zonă conduc la ipoteza că, local, pot exista condiții de amplificare semnificativă în timpul cutremurelor puternice care se produc în zona Vrancea, estimându-se că intensitatea maximă posibilă în amplasament poate fi: $IA = 8.5 \text{ (MSK)}$.

Pentru accelerația componentei verticale se recomandă $2/3$ din valoarea accelerației maxime orizontale ($a_v = 2/3 a_H$).

8.4. Programul de Monitorizare de Rutină a Radioactivității Mediului

PMRM asigură prevenirea oricărui risc inacceptabil de iradiere sau de contaminare a populației, ca urmare a eliberării de substanțe radioactive în mediu, în conformitate cu cerințele CNCAN.

Baza programului de monitorizare de rutină a radioactivității mediului îl constituie documentul “Limite Derivate de Evacuare”, specific pentru ICN. Acest document identifică radionuclizii care ar putea fi eliberați în mediu, cu cea mai mare probabilitate și căile de transfer în mediu cele mai

probabile pentru acești radionuclizi. PMRM prezintă modalitățile de monitorizare a nuclizilor sau grupurilor de nuclizi în factorii de mediu.

Principalele elemente ale programului de monitorizare sunt următoarele:

- Locațiile pentru monitorizare;
- Radionuclizii și compartimentele de mediu specific care vor fi monitorizate;
- Frecvența de monitorizare;
- Frecvența de măsurare;
- Evaluarea eficacității controlului surselor.

În conformitate cu Normele privind monitorizarea radioactivității mediului în vecinătatea unei instalații nucleare sau radiologice, locațiile de monitorizare sunt selectate cât mai aproape de capătul căii de expunere. Există patru tipuri de locații de monitorizare:

- Locații indicator;
- Locații de fond;
- Locații de control;
- Locații suplimentare.

Tipurile de probe prelevate și determinările specifice pe tip de probă, conform programului de monitorizare a mediului aprobat de CNCAN și completat de Ministerul Mediului sunt prezentate în Tabelul 4:

Tabelul 4: Tipurile de probe, frecvența de prelevare și determinările specifice pe tip de probă:

Nr. crt.	Punct de investigare	Localizare	Tip locație	Mediul prelevat	Frecvența de investigare	Parametrul investigat
1. SOL/VEGETAȚIE SPONTANĂ						
1.1	SVI1	Platforma ICN- Poartă	Suplimentară	Sol și Vegetație	Semestrial	- spectrometrie gama - analiza beta globală - concentrația Unat
1.2	SVI2	Platforma ICN-STDR față				
1.3	SVI3	Platforma ICN- STDR spate				
1.4	SVI4	Platforma ICN- Reactor față				
1.5	SVI5	Platforma ICN- Reactor spate				
1.6	SVI6	Platforma ICN- FCN față				
1.7	SVI7	Platforma ICN-Centrala termică				
1.8	SVI8	Platforma ICN- FCN Hala I spate				
1.9	SVE1	Mioveni- în zona caselor de pe str. Buceag	Suplimentară	Sol și Vegetație	Anual	- spectrometrie gama - analiza beta globală - concentrația Unat
1.10	SVE2	Extremitatea NE a platformei DACIA				
1.11	SVE3	Lângă drumul ICN-Mioveni la distanța de 1150 m de coșul reactorului				
1.12	SVE4	Lângă drumul ICN- Stația de epurare la distanța de 1150 m de coșul reactorului				
1.13	SVE5	Lângă drumul ICN- Stația de epurare la 100 m amonte de stație				
1.14	SI8	Platforma ICN- Atelierul mecanic	Suplimentară	Sol	Semestrial	Concentrația de Pb și Zn
1.15	SE9	Parcare- la intrarea pe platforma ICN-FCN	Suplimentară	Sol	Semestrial	Concentrația de Pb
1.16	VI9	Platforma ICN-FCN	Suplimentară	Mușchi, licheni, ciuperci	Anual	- spectrometrie gama - analiza beta globală
1.17	SE10	Lângă poarta de la intrare la bazinele cu șlam, localizate lângă Stația de epurare	Suplimentară	Sol	Semestrial	- uraniu natural - Be - Co-60
1.18	I1	Stația de epurare	Indicator	Sol și Vegetație	Anual	- spectrometrie gama - analiza beta globală - concentrația Unat
1.19	I2	Mărăcineni- Pod Colibași				
1.20	I3	Făgetu				

1.21	I4	Purcăreni- Râul Doamnei					
1.22	I5	Piscani- Râul Târgului					
1.23	C1	Pitești- Pod Argeș					Control
1.24	F1	Conțești					Fond
2. APĂ DE SUPRAFAȚĂ/SEDIMENTE							
2.1	I6	Pitești- Pod Ștefănești	Indicator	Apă de suprafață	Trimestrial	-spectrometrie gama -analize beta globale	
2.2	C2	Pitești- Baraj prundu	Control				
2.3	F2	Pod Colibași	Fond				
2.4	V1	La extremitate NE a lacului Vieroși 1	Suplimentară	Apă	Trimestrial	- spectrometrie gama - analiza beta globală - concentrație U _{nat}	
2.5	V2	Din lacul Vieroși 1 lângă baraj	Suplimentară	Apă	Trimestrial		
2.6	V3	Din pârâul Vieroși, aval 150 m de barajul Vieroși1	Suplimentară	Apă	Trimestrial		
2.7	V4	Din lacul Vieroși 2	Suplimentară	Apă	Trimestrial		
2.8	V5	Din pârâul Vieroși la 150 m în aval de lacul Vieroși 2	Suplimentară	Apă	Trimestrial		
2.9	I6	Pitești- Pod Ștefănești	Indicator	Sedimente	Anual	- spectrometrie gama -analize beta globale	
2.10	C2	Pitești- Baraj prundu	Control	Sedimente	Anual		
2.11	F2	Pod Colibași	Fond	Sedimente	Anual		
2.12	Sed10	La extremitate NE a lacului Vieroși 1	Suplimentară	Sedimente	Semestrial	- spectrometrie gama - analiza beta globală -concentrație U _{nat}	
2.13	Sed11	Din lacul Vieroși 1 lângă baraj	Suplimentară	Sedimente	Semestrial		
2.14	Sed12	Din pârâul Vieroși, aval 150 m de barajul Vieroși 1	Suplimentară	Sedimente	Semestrial		
2.15	Sed13	Din lacul Vieroși 2	Suplimentară	Sedimente	Semestrial		
2.16	Sed14	Din pârâul Vieroși la 150 m în aval de lacul Vieroși 2	Suplimentară	Sedimente	Semestrial		
3. APĂ EVACUATĂ DIN STAȚIA DE EPURARE							
3.1	CE-SE	Din conducta cu apă evacuată din Stația de Epurare	Suplimentară	Apă	Lunar (pe proba compozită rezultată din prelevare continuă)	-spectrometrie gama - analiza beta globală - concentrație U _{nat}	
4. APĂ POTABILĂ							
4.1	P1	Puț Racovița	Suplimentară	Apă	Lunar	-spectrometrie gama	

						- analiza beta globală
5. APĂ PLUVIALĂ						
5.1	Vieroși (V2)	Lac Vieroși	Suplimentară	Apă	Lunar	- analiza beta globală - parametri fizico-chimici conform A.G.A
6. APĂ SUBTERANĂ						
6.1	F0	Lângă intrarea în incinta ICN-FCN	Control/Fond	Apă subterană	Lunar	- analiza beta globală - pH
6.2	F1	Platforma ICN- Secția 3	Suplimentară			-analize beta globale
6.3	F2.1	Platforma ICN- STDR spate				
6.4	F2.2	Platforma ICN- Reactor față				
6.5	F3	Platforma ICN- STDR față				
6.6	F4	Platforma ICN- Reactor spate				
6.7	F5	Platforma ICN- Centrala termică				
6.8	F6	Platforma ICN- poarta spre epurare				
6.9	F7	Platforma ICN- lac Vieroși				
6.10	F8	Platforma ICN- Sigma				
6.11	F11	La 600 m aval de gardul ICN-FCN	Suplimentară			- analiza beta globală - pH
6.12	F12	La 250 m aval de Stația de epurare	Suplimentară			
6.13	F13	La 20 m sud de bazinele cu șlam radioactiv	Suplimentară			
7. DEPUNERI ATMOSFERICE						
7.1	Dep	Pe acoperișul Secției 1- ICN	Suplimentară	Depuneri atmosferice	Lunar (pentru proba compozită obținută din recoltări zilnice)	- analiza beta globală - concentrație U _{nat}
8. DEBITE DE DOZĂ						
8.1	TLD-ICN	8 locații pe gardul ICN-FCN	Suplimentară	N/A	Lunar	Doza (μSv)

9. Principalele analize si evaluari de securitate nucleara efectuate

Capitolul 16 Analize de Securitate este redactat pe structura Ghidului privind formatul-cadru și conținutul raportului final de Securitate nucleară pentru reactoarele de cercetare (CNCAN) conținând punctele recomandate. Astfel sunt tratate:

- Caracteristici TRIGA -14MW pentru analiza de Securitate incluzând informații despre proprietățile fizice ale combustibilului, parametrii cinetici și despre limitele de operare ale reactorului;
- Selectarea evenimentelor de inițiere pe baza unei liste de evenimente inițiatore generice. Unele evenimente inițiatore sunt excluse din lista celor aplicabile pe baza unor considerente de proiect. Pentru acestea nu se face o analiză calitativă. Analiza calitativă bazată pe argumente ingineresti și pe experiență de operare constituie în Raport, într-o serie de cazuri, justificarea încadrării unor evenimente în clasa celor fără potențial de pericol de evoluție de accident. Pentru acestea din urmă analiza nu mai continuă cu una cantitativă. Au fost analizate toate evenimentele ce pot duce la pierderea totală sau parțială a funcției de securitate asigurate de componentele sau sistemele a caror defectare definește evenimentul. Evenimentele includ: efecte de cauză comună, (prăbușire avion, seism, tornadă, incendiu, defecte de proiectare, erori de exploatare, de fabricație, montaj, etc.), efecte de mod comun (lipsa asigurării independenței, diversității), defecte de alimentare cu energie electrică. Analiza evenimentelor cuprinde determinarea frecvenței lor de apariție, posibilitatea producerii de erori umane. În cel mai rău caz, dozele calculate sunt inferioare limitelor de doză din Reglementări (respectându-se astfel Limitele de doză).
- Evaluarea secvențelor de evenimente individuale utilizând modele construite pentru coduri de calcul de fizica reactoarelor și termohidraulică. Abordarea utilizată este conservativă, urmărindu-se obținerea unor rezultate pe cazurile cele mai defavorabile;
- Analiza consecințelor radiologice pornind de la ipoteze de formare a termenului sursă, calculând inventarul de radioactivate și analizând consecințele a patru cazuri de eliberări de produși de fisiune în termeni de doze încasate de către personalul din hala reactorului și de către public.
- Anexa la Cap. 16 prezintă un scenariu real de criticitate accidental în timpul manevrării combustibilului. Această analiză de Securitate a unui eveniment deja produs este relevantă ca situație acoperitoare.

Analiza de Securitate respect cerințe actuale specific și pornește de la date neutronice și hidraulice actualizate, ținând seama de configurația de zonă actuală cu combustibil LEU și de capacitatea de capacitatea de compensare a reactivității ale noilor bare de control în operare din 2006.

Este furnizată o descriere succintă a codurilor utilizate (MCNP, RELAP5 și COBRA) și a domeniilor generale de utilizare. Aceași abordare este folosită și pentru codul Interass de analiză a consecințelor radiologice. Modelele construite sunt prezentate împreună cu parametrii de input. De asemenea, sunt date informații privind statutul de validare al acestor coduri pentru utilizarea la TRIGA.

Secvențele analizate cantitativ, calculându-se evoluțiile parametrilor fizici ai reactorului, sunt următoarele:

1. *Insertia de reactivitate:* pe zona actuală a fost calculate extragerea rapidă a unei casete cu elemente false și ridicarea necontrolată a bancului de bare de control. Pe baza acestor cazuri analizate se poate trage concluzia că nu există risc de deteriorare a combustibilului. Chiar și în cazul prezentat în Anexă, în care a avut loc efectiv o inserție de reactivitate semnificativă datorită unor erori de manipulare a zonei active, nu au existat urmări observabile asupra combustibilului.
2. *Pierderea curgerii forțate:* a fost analizată pierderea debitului de circulație forțată prin bucla principal, cu și fără funcționarea pompei de avarie. A fost de asemenea calculate blocarea unui subcanal și supraputerea locală în caseta cea mai solicitată.

3. *Analiza de criticitate a rastelului de stocaj* utilizând în mod conservativ date pentru LEU proaspăt. Rezultatele confirmă o marjă de siguranță mare în utilizarea rastelului de stocaj din canalul de transfer, coeficientul de multiplicare în mediu infinit al supercelulei rastelului fiind doar 0.60.

4. *Evenimentul extern prăbușiri aeriene* a fost analizat în termeni de frecvență de eveniment pe baza estimărilor de trafic aerian de înălțime medie și mare, utilizând un model analitic. Frecvența de prăbușire aeriană rezultată este de ordinul 10^{-8} /an.

Analiza consecințelor radiologice este realizată pentru patru cazuri postulate de termen sursă rezultate din defectarea mecanică:

- a unui element combustibil sub apă cu factori de eliberare specifici TRIGA – eveniment operațional anticipat;
- a unei casete (25 de elemente combustibile) în aer cu eliberare totală – accident bază de proiect ;
- a unei casete (25 de elemente combustibile) sub apă cu factori de eliberare specifici TRIGA – accident bază de proiect modificat;
- a unei casete (25 de elemente combustibile) sub apă cu eliberare totală – accident bază de proiect modificat.

De menționat că deteriorarea unei întregi casete cu elemente combustibile TRIGA nu rezultă din analiza de securitate, dar această abordare este menținută în acord cu Planul de Intervenție, ea provenind din Raportul Final de Securitate General Atomic.

Criteriul de acceptare tehnic în analiza de tranzient este prevenirea deteriorării combustibilului traducându-se, pe baza caracteristicilor TRIGA-14 MW, în două criterii:

- temperatura maximă a combustibilului;
- minimul raportului DNB.

Dintre scenariile analizate, care pot fi incluse în trei mari tipuri: inserție de reactivitate, pierdere a curgerii forțate și blocare a curgerii, doar blocarea unui subcanal de curgere poate, teoretic, deteriora combustibilul TRIGA-14 MW (maxim două elemente combustibile la obturare aproape totală a ariei de curgere), pe baza depășirii criteriului pe DNB. Aceasta este însă o deteriorare de combustibil locală, limitată, care poate fi încadrată la evenimente operaționale anticipate.

În ce privește criteriile de acceptare generale, legale, la un eveniment operațional de tipul celui de mai sus (deteriorare mecanică a două elemente combustibile):

- Analiza indică încălzirea unei doze de aproximativ 100 μ Sv/h de către un operator din camera de comandă, ceea ce ar conduce la depășirea limitei dozei efective anuale pentru personalul expus profesional după 200 ore de expunere. O supraexpunere profesională pe tiroidă ar putea apărea în acest caz dacă sunt prezenți lucrători în hală, datorită inhalării izotopilor radioactivi ai iodului.
- Dozele anuale în afara amplasamentului ating maximul la aproximativ 200 m (clasa de stabilitate D, neutră) și 400 m (clasa de stabilitate F, moderat stabilă) de coșul reactorului dar au valori neglijabile (sub 10^{-4} mSv).

La un accident bază de proiect cu eliberare totală de produși de fisiune dintr-o casetă în aer (cazul maxim postulat):

- Un operator din camera de comandă încasează în 20 de secunde doza efectivă permisă pentru un an (20 mSv). Dozele în hala reactorului sunt foarte mari.

În afara amplasamentului: valoarea maximă a Echivalentului Total al Dozei Efective este de 3.5 mSv la 250 m de coșul reactorului pentru clasa D de stabilitate, iar la 1 km (distanța aproximativă până la zona locuită cea mai apropiată) este de 0.7 mSv, sub valoarea limitei legale anuale.

Limitele și condițiile tehnice de operare au fost stabilite pe baza analizelor initiale de securitate și au fost verificate pe durata de operare a reactorului și a instalațiilor aferente. Analizele ulterioare de securitate nucleară au confirmat valabilitatea acestora motiv pentru care ele sunt menținute în continuare.

10. Principalele măsuri și sisteme organizatorice implementate pentru protecția împotriva radiațiilor ionizante

Activitățile cu caracter nuclear se desfășoară în conformitate cu prevederile Legii nr. 111/1996 privind desfășurarea în siguranță a activităților nucleare, cu modificările și completările ulterioare. Fiecare unitate nucleară autorizată de CNCAN este prevăzută cu dotările, amenajările și procedurile de lucru necesare pentru respectarea prevederilor legale.

Incinta RATEN ICN Pitești, ce include și spațiul împrejmuit din imediata vecinătate a structurilor obiectivelor și instalațiilor nucleare, este o zonă supravegheată, în conformitate cu cerințele privind zonarea din Normele fundamentale de Securitate radiologică, după cum urmează:

- zona 1 (zona controlată) – conține instalații și echipamente care pot fi surse de expunere la radiații; include spațiile în care accesul personalului este în mod normal interzis din cauza nivelurilor ridicate ale câmpurilor de radiații sau alte contaminări, dar în condiții speciale (cum ar fi intervenții autorizate asupra utilajelor și echipamentelor) accesul poate fi permis numai conform unor proceduri de operare specifice;
- zona 2 (zona controlată) – conține instalații și echipamente care pot fi surse de expunere la radiații; include spații în care accesul personalului este controlat. În mod normal este o zonă lipsită de contaminare, dar poate fi contaminată în anumite situații datorită mișcării personalului și echipamentelor; cuprinde spațiile în care există posibilitatea de iradiere la valori mici. Debitul de doză total în zona 2 trebuie să fie mai mic de 10 $\mu\text{Sv/h}$, cu excepția cazurilor aprobate, și va fi menținut la valori cât mai mici rezonabil de atins.
- Zona 3 (zona controlată) – conține spații pentru staționarea permanentă a personalului expus profesional. Nu conține sisteme radioactive, nu este permisă nici o contaminare radioactivă, nu conține surse radioactive, cu excepția celor aprobate.
- Zona 4 (zona supravegheată) – include toate spațiile în care riscul expunerii este minim și, din punct de vedere radiologic, este echivalentă cu spațiile publice în care nu este necesar controlul mișcării (circulației) personalului; include spațiul împrejmuit și clădirile auxiliare și este o zonă curată.

Protecția împotriva radiațiilor se realizează prin instalațiile/sistemele și măsurile stabilite în conformitate cu reglementările CNCAN.

Monitorizarea spațiilor de lucru se bazează pe experiența în exploatare a obiectivelor și instalațiilor proprii precum și a altor locuri de muncă similare. Programul de monitorizare de rutină include:

- Măsurători în zonele controlate:
 - debite de doză gama, beta și neutroni;
 - concentrația de aerosoli (alfa, beta, gama);
 - concentrația de iod în aer;
 - nivelurile de contaminare a suprafețelor (alfa, beta, gama).

- Monitorizarea contaminării personalului.
- Monitorizarea materialelor și echipamentelor.
- Supravegherea câmpurilor de radiații.

Măsurarea și înregistrarea corectă a dozelor încasate de către personalul expus profesional al ICN Pitești reprezintă un element foarte important al Programului de radioprotecție.

Pentru a desfășura activități Zona Controlată personalul trebuie să aibă statut de "lucrător expus profesional" conform definiției din normele CNCAN. Pentru aceasta, este necesară îndeplinirea cerințelor legale privind starea de sănătate și pregătirea în domeniul radioprotecției (să fie instruit în radioprotecție în funcție de activitatea desfășurată și de locul de muncă).

Fiecare lucrator este supus unui examen medical specific, înainte de a fi angajare, tipurile și categoriile de examinări medicale fiind stabilite conform reglementarilor în vigoare. Pentru controlul stării de sănătate a angajaților, expuși profesional la radiații ionizante, a fost stabilit un sistem de examinare medicală periodică, în conformitate cu reglementările în vigoare ale Ministerului Sănătății.

11. Management efluentilor si deseurilor radioactive

În vederea realizării unui management eficient al eliberărilor radioactive în mediu, s-a instituit un program de control al efluenților radioactivi având următoarele obiective:

- Este necesară corelarea dozelor încasate de populație cu cantitățile de materiale radioactive eliberate în mediu de ICN Pitești. Aceasta se realizează prin documentul elaborat de LRPMP, denumit „Limite derivate pentru eliberarea efluenților lichizi și gazoși”, care este supus aprobării de către CNCAN.
- Limitele derivate au fost stabilite astfel încât să asigure că în urma eliberărilor în mediu de materiale radioactive, cu respectarea limitelor derivate, dozele încasate de către grupul cel mai expus să se situeze sub constrângerea de doză stabilită de CNCAN pentru ICN, sub forma unei fracții subunitare din limita expunerii pentru populație. Limitele derivate iau în considerare forma materialelor radioactive evacuate, dispersia și transportul lor în mediu, distribuția locală a populației și obiceiurile de dietă.
- Evacuările reale (de moment) ale efluenților lichizi și gazoși sunt controlate printr-o exploatare atentă a instalațiilor nucleare, în conformitate cu procedurile de operare. Caracteristicile de operare ale instalațiilor nucleare sunt verificate cu atenție, pentru a avea garanția că sistemele funcționează conform specificațiilor. Personalul de radioprotecție ia în permanență măsuri de identificare a căilor posibile de eliberare a efluenților. Tendințele în exploatare sunt fi? evaluate și corectate astfel încât dozele încasate de către populație, datorate eliberărilor de efluenți gazoși și lichizi să fie sub 0,09 mSv pe an.
- Monitorizarea se realizează pentru căile semnificative de eliberare a efluenților, folosind echipamente care sunt exploatate de către personalul calificat, conform procedurilor aprobate.
- Echipamentele de monitorizare și cele de laborator sunt calibrate periodic, urmărind standardele naționale de calibrare.

11.1. Efluenții lichizi

Înainte de evacuarea efluenților lichizi din fiecare instalație nucleară se verifică de către responsabilul cu securitatea radiologică din fiecare instalație nucleară producătoare de efluenți potențial radioactivi dacă este respectată condiția:

$$\sum_t \frac{A_{anuală_t}}{A_{maxanuală_t}} \leq 1 \quad (\text{respectiv pe săptămână sau lună})$$

Valorile maxime aprobate de către CNCAN prin adresa 23991/16.06.2015, sunt prezentate în tabelul 5:

Tabelul 5 Activitățile maxime pentru apele industriale uzate tehnologic, potențial radioactive, care pot fi evacuate de instalațiile nucleare din ICN

Radionuclid	Amax anuală (Bq/an)	Amax lunară (Bq/lună)	Amax săptămânală (Bq/săpt)	Amax (Bq/zi)
Co-60	1.41E+11	1.18E+10	2.71E+09	3.86E+08
Co-58	3.24E+10	2.70E+09	6.23E+08	8.88E+07
Cs-137	4.55E+09	3.79E+08	8.75E+07	1.25E+07
Mn-54	7.45E+09	6.21E+08	1.43E+08	2.04E+07
Mo-99	1.03E+11	8.58E+09	1.98E+09	2.82E+08
Sr-90	2.48E+09	2.07E+08	4.77E+07	6.79E+06
Zr-95	3.39E+10	2.83E+09	6.52E+08	9.29E+07
Nb-95	2.12E+10	1.77E+09	4.08E+08	5.81E+07
Sb-124	2.57E+09	2.14E+08	4.94E+07	7.04E+06
C-14	4.66E+07	3.88E+06	8.96E+05	1.28E+05
H-3	5.02E+12	4.18E+11	9.65E+10	1.38E+10
U natural	8.39E+08	6.99E+07	1.61E+07	2.30E+06

11.2.Efluenți gazosi

Limitele derivate de emisie în atmosferă sunt în conformitate cu prevederile Normelor privind limitarea eliberărilor de efluenți radioactivi în mediu și sunt stabilite pentru STDR și TRIGA în adresa CNCAN nr. 23991 din 16.06.2015. Valorile sunt prezentate în tabelele 6 și 7

**Tabelul 6 Limitele derivate aprobate pentru efluenții gazoși
(29.36% din constrângerea de doză anuală)**

Nr.crt.	RADIONUCLID	Contribuția la constrângerea de doză ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)	LDE propus (Bq/an)
1	Ar-41	7.00	1.16E+15
2	Xe-133	0.015	2.32E+14
3	Kr-88	0.015	1.89E+12
4	I-131	19.30	1.69E+11
5	Cs-137	2.50	3.14E+07
6	Cs-134	0.53	5.20E+05

Tabelul 7- Limitele derivate aprobate pentru efluenții gazoși eliberați în mediu de incineratorul de la STDR, cu respectarea constrângerii de doză de 0,1 $\mu\text{Sv}/\text{an}$

Volum total evacuat (m^3/an)	Concentrația de activitate a Unatural (Bq/g)	Concentrația U natural ($\mu\text{g}/\text{mc}$)	Concentrația de activitate a U natural (Bq/mc)	Concentrația U natural (g/an)	Activitatea U natural (Bq/an)
13.2E+06	25132	30	7.36	39.6	9.71E+06

11.3. Controlul deșeurilor solide

- Deșeurile radioactive produse în instalațiile nucleare sau radiologice din ICN sunt clasificate în funcție de caracteristicile lor fizice și radiologice, în scopul optimizării procesării și depozitării acestora.
- Procedurile și echipamentele sunt specificate (stabilite) și dezvoltate pentru a asigura o colectare și sortare adecvată a deșeurilor radioactive.
- Aceasta include spații și containere speciale, prevenirea contaminării materialelor și sculelor pentru împachetarea și monitorizarea echipamentelor.
- În cadrul ICN Pitești, există o Stație de Tratare a Deșeurilor Radioactive dotată corespunzător și autorizată să trateze și să condiționeze deșeurile radioactive solide provenite din activitățile de pe amplasament.
- Există proceduri de ambalare, transport, monitorizare și de folosire adecvată a structurilor de depozitare pentru a avea certitudinea că deșeurile sunt depozitate în condiții de securitate. Prin procedurile elaborate se realizează minimizarea dozelor pentru personalul expus profesional și populație.
- Modul de lucru stabilit prin proceduri asigură că deșeurile colectate din zonele controlate sunt corect ambalate, inscripționate, tratate, condiționate și transportate conform legislației naționale. Există un sistem de înregistrări pentru cantitățile de deșeuri și spațiile în care sunt depozitate. În funcție de cerințele din autorizații și procedurile ICN, sunt întocmite rapoarte referitoare la managementul deșeurilor radioactive, pentru conducerea ICN și autoritățile legale.

11.4. Programul de management al combustibilului nuclear uzat

De la punerea în funcțiune reactorul TRIGA a fost prevăzut rastele pentru stocarea combustibilului ars în piscina reactorului. Rastelul de stocaj poate acomoda un număr de suficient de casete încărcate cu elemente combustibile după descărcarea din reactor. Aceste rastele sunt utilizate atât pentru manipularea combustibilului dar și pentru stocarea temporară în vederea calmării casetelor cu elemente combustibile.

Reactorul TRIGA este prevăzut cu o piscină care este folosită la stocarea intermediară a combustibilului uzat scos din zona activă a reactorului. Această piscină este situată adiacent piscinei reactorului și este localizată în clădirea vecină halei reactorului. Piscină de stocaj este legată de piscină reactorului prin intermediul canalului de transfer folosit la transferarea cu ajutorul unui carucior subacvatic acționat cu motor electric a materialelor iradiate din piscină reactorului în Laboratorul de Examinare Post Iradiere (LEPI) și invers. Piscină de stocaj, captusită cu tablă din inox cu grosime de 7mm, are o adâncime 7 metri și un volum de aprox. 130m³ și este izolată față de canalul de transfer printr-o poartă din inox etansată cu o garnitură dublă din cauciuc iar presiunea din garnitură este supravegheată cu ajutorul unui manometru. Pentru stocarea combustibilului ars s-a proiectat și construit un rastel de stocaj casete cu elemente combustibile arse. Geometria rastelului a fost proiectată în așa fel încât factorul de criticitate să nu depășească 0.8 cu rastelul încărcat la capacitate maximă. De asemenea pentru depozitarea combustibilului TRIGA ACPR este construit un rastel pentru elemente combustibile iradiate.

Piscină de stocaj este prevăzută cu un sistem propriu de purificare bazat pe filtre mecanice și filtre schimbatoare de ioni astfel încât calitatea apei să fie similară cu cea din piscină reactorului. Din acest motiv calitatea apei (pH și conductivitate) sunt verificate zilnic (o dată pe schimb) iar pentru detectarea eventualelor neatenții aparute în țecile elementelor combustibile stocate

sunt prelevate saptamanal probe de apa care sunt verificate prin spectrometrie gamma de inalta rezolutie.

Manipularea casetelor si a elementelor combustibile se face cu scule si dispozitive adecvate similare cu cele pentru manipularea in piscina reactorului.

Elementele combustibile scoase din zona activa si transferate in piscina de stocaj sunt mentinute in baza de date de garantii nucleare si se supun procesului de evidenta in conformitate cu cerintele AIEA, EURATOM si CNCAN.

Combustibilul cu care a functionat initial reactorul TRIGA de tip HEU a facut obiectul programului initiat si finantat de Departamentul pentru Energie (DOE) al SUA de returnare a combustibilului HEU in tara de origine si tot combustibilul HEU a fost trimis in SUA.

In ceea ce priveste combustibilul care se afla in reactor si cel care va fi utilizat pana la oprirea definitiva a reactorului (2035), tinand cont de faptul ca acesta este de origine SUA, se au in vedere urmatoarele optiuni:

- Returnarea in SUA (contra cost)
- Depozitarea in depozitul final care va fi construit pentru combustibilul iradiat in centrala de la Cernavoda;
- Depozitarea uscata in puturi de stocaj (optiune putin probabila).

11.5. Strategia de dezafectare

Strategia de dezafectare se bazează pe modul de amplasare, informațiile despre proiectare, materialele selectate pentru reducerea activării și pentru a oferi o decontaminare ușoară, dezmembrarea și manipularea facilă a componentelor celor două instalații nucleare: Reactorul și Laboratorul de Examinare Post-Iradiere. De asemenea, tot critice sunt și aspectele privind operarea reactorului, precum practicile operaționale pentru reducerea activării materialelor și mentenanța înregistrărilor despre construcția și despre contaminările zonale din reactor.

Obiectivele dezafectării reactorului TRIGA ICN Pitești sunt descrise prin însuși procesul de dezafectare ce cuprinde următoarele etape:

- decontaminarea utilajelor și echipamentelor din instalații, acolo unde este necesar, pentru a putea fi dezasamblate;
- decontaminarea spațiilor de lucru din clădirea reactorului; aceste activități au rolul pregătirii instalației în vederea dezafectării;
- dezasamblarea utilajelor și echipamentelor ce nu sunt contaminate și îndepărtarea lor din zona reactorului;
- dezasamblarea utilajelor după decontaminare și îndepărtarea lor din zona reactorului;
- transportul și condiționarea deșeurilor rezultate la STDR (Stația de Tratare Deșeuri Radioactive) în vederea împachetării acestora pentru transportul spre depozitul final;
- dezasamblarea părților radioactive din instalații și tratarea lor ca deșeuri solide radioactive;
- demolarea sau reutilizarea construcției.

Există trei stadii de dezafectare aplicabile reactorului TRIGA ICN Pitești:

- **Stadiul 1 de dezafectare:** starea în care instalația nucleară este oprită definitiv și supravegheată sistematic; combustibilul nuclear este evacuat în totalitate din clădirea instalației nucleare; din clădirea instalației nucleare se pot evacua materiale, echipamente și structuri nenucleare; o parte din sistemele păstrate se reabilitează și se pregătesc în vederea executării

lucrărilor propriu-zise de dezafectare; nu se efectuează lucrări de demontare sau îndepărtare a componentelor instalației nucleare.

- **Stadiul 2 de dezafectare:** starea în care se execută lucrări de dezafectare: decontaminare, demontare, tratare, condiționare, îndepărtare a componentelor din obiectivul nuclear în conformitate cu planul de dezafectare aprobat; instalația nucleară nu atinge nivelurile de eliberare de sub cerințele de autorizare.

- **Stadiul 3 de dezafectare:** starea în care combustibilul nuclear nu se află pe amplasamentul instalației nucleare; instalația nucleară este adusă la nivelul de eliberare de sub cerințele de autorizare.

Strategia de dezafectare

Metodele selectate pentru dezafectarea Reactorului TRIGA ICN sunt descrise prin următoarele opțiuni:

Opțiunea I

În această variantă reactorul SSR-14 MWt se conservă (cu supraveghere sigură) și dezafectarea reactorului se va face după 5 ani de la oprirea definitivă, timp în care reactorul ACPR rămâne operabil pe o perioadă de timp limitată. În această situație dezafectarea poate fi realizată până la stadiul 2 de dezafectare urmată de o perioadă de deținere de 30 ani.

Opțiunea II

În această variantă este necesară menținerea ambilor reactori în funcțiune pe o perioadă de timp bine determinată după care se conservă pentru o perioadă limitată, timp în care se vor stabili documentele și activitățile necesare abordării stadiului 2 de dezafectare.

Opțiunea III

În această variantă este necesară conservarea cu supraveghere sigură a ambilor reactori iar dezafectarea până la stadiul 3 se face după o perioadă de deținere de 30 de ani.

Finalizarea acestui stadiu implică și dezafectarea Laboratorului de Examen Post-Iradiere.

12. Sistemul de management

Sistemul de Management pentru exploatarea reactorului TRIGA face parte din Sistemul de Management Integrat - Calitate, Mediu, Securitate și Sanatate în Munca al ICN Pitești, care acoperă toate domeniile de activitate din Institut (furnizare produse și servicii, proiectare, cercetare, exploatarea instalațiilor nucleare). Sistemul de Management Integrat este descris în **Manualul Sistemului de Management Integrat - Calitate, Mediu, Securitate și Sanatate în Munca** cod **MSMI- CMSSM-ICN** și în procedurile aferente.

Sistemul de Management Integrat este elaborat în baza prevederilor legii 111/1996 "Lege privind desfasurarea în siguranță, reglementarea, autorizarea și controlul activităților nucleare", cu modificările și completările ulterioare, a cerințelor normelor de management al calității și a cerințelor **SR EN ISO 9001:2008**, **SR EN ISO 14001:2005** și **SR OHSAS 18001:2008**.

În dezvoltarea Sistemului de Management Integrat al ICN au fost luate în considerare și cerințele incluse în ultimele ghiduri ale AIEA privind sistemul de management aplicabil instalațiilor nucleare.

Procesul de exploatarea instalațiilor nucleare este controlat prin procedura cod **EO-AC-07**, **Exploatarea instalațiilor nucleare**, procedura elaborată pe baza prevederilor Normelor de Management al Calității seria **NMC-10**, "**Norme privind cerințele specifice pentru sistemele de management al calității pentru exploatarea instalațiilor nucleare**".

Sistemul de Management aplicat în ICN pentru exploatarea reactorului TRIGA asigură stabilirea

si mentinerea unei organizari corespunzatoare pentru confirmarea ca toate echipamentele si sistemele sunt controlate, întretinute si se comporta in limitele si conditiile tehnice prevazute in autorizatiile de functionare si in documentatia lor tehnica de proiectare aprobata.

Întregul personal implicat in exploatarea reactorului TRIGA si instalatiilor nucleare are responsabilitatea aplicarii prevederilor Sistemului de Management descris in Manualul Sistemului de Management Integrat – Calitate, Mediu, Securitate si Sanatate in Munca si in procedurile la care acesta face referiri.

Conducerea ICN Pitesti se asigura ca in toate procesele si activitatile institutului aspectele de securitate nucleara sunt tratate cu prioritate.

Sistemul de management al ICN este utilizat pentru promovarea si sprijinirea unei culturi de securitate solide prin:

- înțelegerea de catre tot personalul a factorilor care determina cultura de securitate in cadrul institutului;
- asigurarea mijloacelor prin care sunt sprijiniti angajatii si echipele de lucru in realizarea sarcinilor care le revin in siguranta si cu succes, luand in considerare interactiunile dintre indivizi, tehnologii si organizatie;
- încurajarea unei atitudini interogative si de învățare continua la toate nivelurile din institut;
- asigurarea mijloacelor prin care sa se dezvolte si sa își îmbunătățeasca continuu cultura de securitate.

Orice activitate de pregătire (initiala, de baza sau avansata) include elemente specifice privind importanta aspectelor de securitate nucleara si atentia care trebuie acordata acestor aspecte in toate fazele de realizare a unei activitati sau a unui proces.

Toate nivelurile de conducere actioneaza ca model in implementarea aspectelor de securitate prin promovarea atitudinii interogative si de învățare continua, de înțelegere a modului de functionare a sistemelor si componentelor instalatiilor nucleare, de semnalare a deficientelor si participare in identificarea si corectarea cauzelor care le-au generat. Prin aceasta, se asigura un înalt grad de cultura de securitate in cadrul ICN Pitesti.

Evenimentele aparute si care au implicatii asupra securitatii nucleare sunt prompt aduse la cunostinta personalului institutului iar lectiile învățate din eveniment sunt încorporate in practicile si procedurile de exploatare.

13. Asigurarea resurselor financiare si umane necesare pentru desfasurarea activitatii

Conducerea RTAEN-IC prin continutul declaratiei de politica de securitate se angajeaza sa asigure resursele financiare si umane pentru operarea cu respectarea cerintelor actuale de securitate nucleara a reactorului TRIGA.

Resursele financiare pentru desfasurarea activitatilor reactorului sunt asigurate in cea mai mare parte din resurse bugetare prin activitatile de cercetare desfasurate in cadrul programelor de cercetare in care este utilizat reactorul TRIGA. Reactorul TRIGA a fost si este utilizat la testarea si stabilirea performantelor combustibilului de tip CANDU in diverse regimuri de operare, regimuri normale si regimuri tranziente. Reactorul este de asemenea utilizat la testarea in camp de radiatii a materialelor de structura folosite in centrala nucleara. Fasciculele de neutroni produse in reactorul TRIGA sunt utilizate pentru analiza multielementala prin activare cu neutroni, studii pentru dezvoltarea unor tehnologii pentru producerea de radioizotopi pentru medicina, investigarea proprietatilor materialelor folosind tehnicile de difractie de neutroni, imagistica folosind neutronii etc.

În reactorul TRIGA se efectuează iradierii pentru testarea și stabilirea performanțelor unor elemente combustibile proiectate a fi utilizate în reactorii de generație IV în baza unor contracte economice cu parteneri externi.

Tot în baza unor contracte economice reactorul este utilizat la producerea de surse radioactive folosite la gammagrafia industrială

14. Pregătirea personalului

Personalul cu funcții importante pentru securitatea nucleară împreună cu personalul de operare reactor sunt încadrați în programe de pregătire continuă și de specialitate și sunt evaluați și autorizați să desfășoare activități de către CNCAN.

Programele de pregătire sunt elaborate la nivel de institut, aprobate de către conducerea RATEN-ICN și de către CNCAN.

Permisele de exercitare sunt emise de către CNCAN pe termen limitat - pentru personalul cu funcții importante pentru securitatea nucleară și pentru operatorii de reactor pentru trei ani.

15. Principalele măsuri de planificare și răspunsuri la urgențe

Posibilitatea apariției situațiilor de urgență radiologică este tratată în analizele de securitate iar programul de radioprotecție include prevederi pentru acțiuni de urgență.

Acestea se realizează prin elaborarea planului de urgență „on-site”, denumit „Plan de răspuns la urgență nucleară sau radiologică” cu setul de proceduri de urgență aferente.

Planul și procedurile „on-site” asigură interfața cu planul și procedurile „off site”, care sunt elaborate de Autoritățile Publice Locală și Centrală. Planul de urgență „on-site” este supus aprobării de către CNCAN.

Planul de răspuns la urgență nucleară sau radiologică pentru amplasamentul ICN Pitești descrie aranjamentele existente, referitoare la planificarea, pregătirea și răspunsul în caz de urgență nucleară sau radiologică pentru instalațiile nucleare de pe amplasamentul ICN Pitești.

Pe amplasamentul ICN Pitești funcționează următoarele instalații nucleare, în care se desfășoară activități autorizate în domeniul nuclear:

- Reactorul TRIGA;
- Laboratorul de Examinări Post-Iradieră - LEPI;
- Stația de Tratare Deșeuri Radioactive - STDR.

Planul de Urgență se aplică în instalațiile nucleare în care se desfășoară activități autorizate din domeniul nuclear, pe amplasament cât și în exteriorul acestuia, și descrie măsurile necesare pentru controlul situațiilor de urgență, evaluarea și reducerea consecințelor radiologice, în scopul protejării sănătății personalului și a populației, a bunurilor materiale și a mediului.

Documentul stabilește acțiunile de răspuns la urgență întreprinse de ICN Pitești și modalitățile de cooperare a institutului, cu autoritățile competente, locale sau naționale, în etapele de pregătire a răspunsului și de intervenție propriu-zisă.

Obiectivele generale ale Planului de Urgență corespund cerințelor și prevederilor legale pentru:

- Stabilirea dimensiunii și componenței structurii de răspuns la urgență;
- stabilirea atribuțiilor și responsabilităților persoanelor din structura de răspuns la urgență;
- identificarea mijloacelor de dezvoltare și menținere a capacității de intervenție a personalului din structura de răspuns la urgență;
- limitarea și înlăturarea consecințelor urgențelor radiologice, conform legislației naționale și a recomandărilor IAEA;

- pregătirea continuă și desfășurarea acțiunilor de răspuns la urgență.

Tipurile de urgențe luate în considerare pentru instalațiile ICN sunt clasificate după cum urmează:

- (1) Alertă;
- (2) Urgență în Instalația Nucleară;
- (3) Urgență pe Amplasament;
- (4) Urgență Generală (Urgență în afara Amplasamentului).

În funcție de tipul urgenței și de faza de desfășurare a acesteia, la reactorul TRIGA sunt stabilite două structuri de răspuns:

- **Organizația de Răspuns la urgență pentru modul „Normal”, „Alertă” sau „Urgentă”**
- **Organizația de Răspuns la urgență pentru modul „Răspuns Complet”**

Zonele de planificare în cazul unei situații de urgență nucleară sau radiologică pentru amplasamentul ICN Pitești, caracteristice categoriei de pregătire pentru urgența II au fost definite în plan după cum urmează:

A. Zona de planificare a acțiunilor urgente de protecție (UPZ)

PENTRU ICN PITEȘTI, ZONA PENTRU ACȚIUNI PROTECTIVE DE URGENȚĂ SE ÎNTINDE PE O RAZA DE 1.5 KM FAȚĂ DE CLĂDIREA REACTORULUI.

B. Distanța de planificare extinsă (EPD)

PENTRU ICN PITEȘTI, DISTANȚA DE PLANIFICARE EXTINSĂ (EPD) ESTE ZONA CARE SE EXTINDE DINCOLO DE UPZ (1.5 km în jurul clădirii reactorului) PÂNĂ LA O DISTANȚĂ DE 5 KM ÎN JURUL CLĂDIRII REACTORULUI.

C. Distanța de planificare pentru restricția produselor alimentare și nealimentare (ICPD).

PENTRU ICN PITEȘTI, DISTANȚA DE PLANIFICARE PENTRU RESTRICȚIA PRODUSELOR ALIMENTARE și NEALIMENTARE (ICPD) ESTE ZONA CARE SE EXTINDE DINCOLO DE EPD (5 km în jurul clădirii reactorului) PÂNĂ LA O DISTANȚĂ DE 15 KM ÎN JURUL CLĂDIRII REACTORULUI.

Planul și procedurile sunt exersate cu regularitate, pentru a menține capacitatea de răspuns și pentru a verifica aspectele legate de corelarea acțiunilor prevăzute în cadrul acestora și de disponibilitatea resurselor necesare.

Personalul de la reactorul TRIGA este special pregătit pentru răspuns la situații de urgență. În programul de pregătire la urgență sunt postulate evenimente care se pot produce în timpul operării reactorului. Pentru evenimentele postulate sunt elaborate proceduri pentru acționarea în situațiile create. Pentru aceasta personalul secției reactor participă la minim trei exercitii pe an. Pentru fiecare exercitiu este întocmit „Planul desfășurării exercitiului de intervenție în situații de urgență la reactorul TRIGA cu tema:.....”. În acest plan sunt definite clar: Scopul, Domeniul, Obiectivele specifice, Indrumări și reguli de bază pentru participanți, Limitele de competență pentru participanți, Lista persoanelor implicate, Personalul desemnat pentru controlul și evaluarea exercitiului, Scenariul exercitiului. Planul este vizat de șeful secției și aprobat de către directorul RATEN-ICN. Planificarea anuală pentru situații de urgență este transmisă la CNCAN o dată cu raportul anual de exploatare al reactorului. Concluziile rezultate în urma desfășurării exercitiului sunt prezentate personalului secției în cadrul programului de utilizare a experienței dobândite.

16. Protecția fizică și sistemul de garanții nucleare

16.1. Sistemul de protecție fizică

Informațiile despre măsurile de protecție fizică ale reactorului sunt clasificate și sunt protejate conform legislației în vigoare.

Sistemul de Protecție Fizică al Reactorului de cercetare TRIGA asigură funcțiile prevăzute în normele CNCAN NPF-01. Platforma ICN este asigurată cu un gard ce definește zona controlată, instalațiile nucleare majore – Reactorul de Cercetare și Laboratorul Examinare Post-Iradieră se află în interiorul unei zone protejate înconjurată de barieră fizică și asigurată cu mijloace pentru detecția intruziunii și evaluarea alarmelor. În clădirea reactorului este definită o arie interioară și o arie vitală. În interiorul zonei controlate se află forța de răspuns.

Funcționarea Sistemului de Protecție Fizică se bazează pe un set de proceduri: proceduri pentru controlul accesului și circulația persoanelor în zona controlată, în zona protejată, accesul vizitatorilor, accesul contractorilor; proceduri pentru accesul auto în zona controlată; proceduri pentru inspecții periodice, teste și întreținere.

Funcția Răspuns este efectuată de IJJ Argeș prin Detașamentul de Jandarmi ICN.

Sistemul de Protecție Fizică pentru instalațiile și materialele nucleare de la ICN respectă cerințele normelor și ghidurilor CNCAN. Acest sistem este rezultatul cooperării internaționale organizat sub auspiciile AIEA, în care Sandia National Laboratories-SUA, Directorate of Civil Nuclear Security-Marea Britanie, misiunile experților AIEA și Guvernul României împreună cu CNCAN, au adus contribuții la realizarea unui sistem modern și eficient.

16.2. Sistemul de garanții nucleare

În conformitate cu prevederile legale în vigoare, responsabilitatea instituirii, punerii în funcțiune și mentinerii sistemului de control de garanții nucleare pentru zona de bilant material a ICN Pitești revine titularului de autorizatie. În RATEN-ICN este stabilit și implementat un sistem de control de garanții care are ca scop ținerea evidenței și circulației materialelor nucleare.

Bazele legale care stau la baza controlului de garanții sunt:

- *Tratatele internațional/acorduri/ recomandari:*
 - *Tratatul EURATOM (Capitolul 7)*
 - *Acordul multilateral dintre AIEA, EURATOM și statele member (Statele member care nu posedă arme nucleare)*
 - *INFCIRC/193/Add.8 Pentru statele nedetinatoare de arme nucleare.*
 - *Regulamentul comisiei (Euratom) No. 302/2005 de aplicare a controlului de garanțiilor nucleare*
 - *Recomandarea Comisiei din 2005 privind ghidurile de aplicare a Regulamentului (EURATOM) No.302/2005 privind aplicarea garanțiilor EURATOM.*
- *Legislația națională:*
 - *Legea 111/1996 modificată în 2018:*
 - *Norma CNCAN .NGN-01/2001-Normele de control de garanții în domeniul nuclear*

În RATEN ICN este stabilit un Sistem de Evidență Contabilă a Materialelor Nucleare (NMAC) care permite cunoașterea în orice moment cantitățile exacte, tipurile și locul unde se afla materialele nucleare (inclusiv combustibilul nuclear proaspăt și uzat). Sistemul NMAC include înregistrări pentru operare, înregistrări contabile și rapoarte contabile bazate pe documente suport.

Zona aferenta reactorilor TRIGA cuprinde urmatoarele trei puncte principale de masura. Sistemul intern de evidenta si control al materialelor nucleare aferent reactorilor TRIGA cuprinde:

➤ *înregistrari contabile* pentru variatiile de inventar aparute pentru fiecare punct de masura principal (avand la baza documente suport pentru fiecare tip de înregistrare),

Înregistrările contabile se pastreaza pe suport de hartie sub forma unor registre de evidenta si miscare a materialelor nucleare si în format electronic într-o baza de date construita în Access si în format Excel. În baza de date si în registre se completeaza toate variatiile de inventar care apar în cadrul zonei de bilant astfel încat în orice moment sa se poata cunoaste inventarul scriptic si fizic al materialelor nucleare existente (liste de inventar cu materialele nucleare detinute). Acestea sunt puse la dispozitia inspectorilor CNCAN, Euratom si AIEA pentru verificare cu ocazia efectuării inspectiilor anuale de verificare a inventarului fizic de materiale nucleare sau în cazul inspectiilor speciale.

➤ *rapoarte contabile si speciale.*

Rapoartele contabile contin informatii disponibile la data raportarii si pot fi corectate ulterior, dupa caz, în conformitate cu prevederile legale în vigoare. Responsabilul cu controlul de garantii nucleare întocmeste si transmite urmatoarele tipuri de rapoarte: rapoarte privind variatiile stocurilor sau rapoarte asupra variatiilor de inventar (ICR – se transmite lunar Comisiei Europene); rapoarte de bilant material (MBR) si situatia stocurilor fizice (PIL) – se transmit 1 data pe an Comisiei Europene.

Rapoartele contabile se transmit Comisiei Europene în format electronic, folosindu-se programul ENMAS LIGHT, cu exceptia cazului în care Comisia solicita altfel. Rapoartele contabile se transmit în copie, anual, pe suport electronic (CD sau DVD) la CNCAN, la începutul fiecarui an calendaristic, prezentandu-se situatia transmisa la EURATOM pentru anul anterior.

Rapoartele speciale se întocmesc ori de cate ori apar împrejurările specifice întocmirii acestor tipuri de rapoarte, în conformitate cu prevederile legale în vigoare. Acestea se întocmesc de catre responsabilul Garantii Nucleare din ICN Pitesti, sunt aprobate de catre Directorul ICN Pitesti si se transmit la EURATOM pe suport de hartie prin intermediul Ministerului Afacerilor Externe si la CNCAN (copie).

Activitatea de garantii nucleare este controlata si verificata de catre inspectori ai CNCAN, Euratom si AIEA.

16.3. Protectia impotriva amenintarilor cibernetice

16.3.1 Sistemul de protectie al reactorului TRIGA SSR

Este izolat fizic si functional de sistemul de control-comanda al reactorului TRIGA SSR si este hardware in totalitate.

Sistemul de protectie a reactorului este instalat in camera de comanda a reactorului, in care exista personal de operare in permanenta. Acest sistem este instalat in rack-uri industriale, iar accesul fizic la componente este restrictionat la personalul care detine cheile de acces (responsabil AMC - in permanenta, operatori de reactor - cand reactorul este in functionare).

Parametrii masurati de bucele de masura ale sistemului sunt afisati local si transmisi pentru afisarea pe display-urile sistemului de control-comanda (consola de operare) prin intermediul unor izolatori analogici.

16.3.2. Sistemul de control-comanda al reactorului TRIGA SSR (consola de operare)

Este izolat fizic si functional de sistemul de protectie al reactorului TRIGA SSR si contine componente hardware si software special. Pentru afisarea parametrilor, afisarea alarmelor, realizarea interblocarilor, este utilizat un software aplicatie.

Serverul de date care deservește reactorul TRIGA si sistemele aferente *nu* este conectat la Internet. Accesul la sistemul de control-comanda al reactorului este parolat si este partajat pe nivele de acces. In functie de parola, utilizatorul poate avea acces la functiile specifice pentru: operator de reactor, sef de tura, administrator de sistem sau fizician de zona.

Calculatorul industrial *nu are* instalata placa de retea; datele stocate in calculatorul sistemului pot fi salvate doar pe CD/DVD, porturile USB fiind dezactivate; accesul la unitatea DVD/RW este restrictionat fizic (cheie de acces).

16.3.3. Sistemele de control-comanda ale circuitelor/sistemelor aferente reactorului TRIGA

Aceste sisteme contin componente hardware si software industrial. Pentru afisarea parametrilor si a starii instalatiilor, se utilizeaza un software aplicatie dezvoltat furnizorul sistemului.

Transmiterea parametrilor de proces se face prin intermediul a 2 routere, unul plasat in camera de comanda a circuitelor de ventilatie si purificare, in tabloul circuitului de purificare a agentului de racire, cel de-al doilea fiind plasat in camera de comanda a reactorilor, in tabloul de control-comanda a circuitului primar de racire.

In cele doua camere exista in permanenta personal de operare, iar accesul la routere este restrictionat fizic la personalul care detine cheile de acces la dulapuri.

16.3.4. Sistemul de detectie a evenimentelor seismice, alarmare operator de reactor si declansare reactor TRIGA SSR

Sistemul este alcătuit din:

1. Calculator industrial pentru achizitia datelor provenite de la detectorul de seismicitate amplasat in zona Vrancea, prelucrare si afisare date, pe care sunt instalate aplicatii dezvoltate de INCD-FP Magurele
2. Interfata de alarmare si blocare

Cele doua componente ale sistemului sunt conectate la echipamentele Institutului National pentru Fizica Pamantului (INCD-FP) Magurele, de unde se primesc datele necesare alarmarii si declansarii reactorului la aparitia unui eveniment seismic important. Comunicatia cu INCDFP este asigurata de o linie securizata de STS.

16.4.5. Serverele de achizitie date de la sistemele de control-comanda ale circuitelor/sistemelor aferente reactorului TRIGA SSR si de transmitere date in INTRANET si la CNCAN

Sunt calculatoare de proces, care preiau parametrii masurati in instalatii, ii stocheaza si ii transmit:

- spre biroul de achizitie date, in vederea prelucrării si tiparirii;
- spre responsabilii de instalatii, prin Intranet, pentru vizualizare on-line a parametrilor de interes
- spre CNCAN, printr-o linie securizata, pentru vizualizare on-line a parametrilor.

La o analiza a vulnerabilitatii cibernetice, putem considera ca sistemele descrise anterior sunt imune la actiuni externe, deoarece:

- Reteaua de date prin care sunt interconectate aceste sisteme nu are nici o legatura fizica in afara sectiei S2 Reactor;
- Sistemele descrise anterior sunt incorporate in tablouri de control-comanda, inchise cu cheie. In plus, aceste tablouri de control-comanda sunt amplasate in camere de control-comanda in care exista personal operator in permanenta.
- Accesul la setarile pragurilor parametrilor de lucru se face pe baza de user si parola, la nivel de administrator de sistem;
- Accesul la interfata de operare (control-comanda) se face pe baza de user si parola, la nivel de utilizator; fiecare operator are parola sa;
- Singurele sisteme care comunica cu exteriorul sunt sistemul de avertizare si actionare seismica si cel de transmitere date de operare catre CNCAN.

Primul sistem primeste date seismice de la Camera de Veghe a INCD-FP Magurele pe o linie securizata, precum si un semnal de oprire a functionarii reactorului, atunci cand evenimentul seismic detectat in zona Vrancea depaseste o valoare de prag. In acest caz, orice actiune malitioasa conduce la oprirea sigura a reactorului.

Al doilea sistem transmite parametri de operare de la toate sistemele de protectie si de control-comanda catre CNCAN Bucuresti, pe o linie securizata de.

17. Concluziile analizei conformitatii cu actele si normativele in vigoare

Raportul Final de Securitate a fost intocmit in conformitate cu prevederile „Ghidului privind formatul cadru si continutul raportului final de securitate nucleara pentru reactoarele de cercetare” (GSN05) si s-a tinut de asemenea cont de recomandările din ghidul AIEA SSG-20 „Safety Assessment for Research Reactors and Preparation of the Safety Analysis Report”.

Reactorul TRIGA14MW este operat in baza Autorizatiei de Exploatare Nr.ICN-01/2017 valabila pana in data de 31.11.2019. Autorizatia a fost emisa de catre CNCAN pe baza documentatiei intocmite de catre RATEN ICN in conformitate cu prevederile normei CNCAN NSN-22 „Norme privind autorizarea instalatiilor nucleare”. Inainte de emiterea autorizatiei reprezentantii CNCAN au efectuat inspectii in instalatie pentru a constata modul in care sunt respectate limitele si conditiile tehnice de operare in conformitate cu prevederile normei NSN-05 „Norme de securitate nucleara privind limitele si conditiile tehnice de operare pentru instalatiile nucleare.”, starea instalatiei, modul de indeplinire al dispozitiilor din procesele verbale de control ale CNCAN etc. Toate opririle neprogramate ale reactorului au fost raportate la CNCAN in conformitate cu prevederile normei NSN-18 „Norme de securitate nucleara privind inregistrarea, raportarea, analiza evenimentelor si utilizarea experientei de exploatare pentru instalatiile nucleare” si a GSN-08 „Ghid de securitate nucleara privind evaluarea instalatiei nucleare pentru repornire dupa opririle neprogramate”.

Starea instalatiei nucleare reactor TRIGA14MW a fost urmarita conform cu prevederile din NSN-17 „Managementul imbatranirii pentru instalatiile nucleare” si NSN-16 „Norme de securitate nucleara privind supravegherea, testarea si inspectiile in exploatare pentru instalatiile nucleare”.

Pe durata valabilitatii autorizatiei de exploatare nu au fost inregistrate evenimente care sa aiba consecinte in ceea ce priveste expunerea la radiatii a personalului expus profesional, a populatiei, a mediului conform cu normele: „Norme privind cerintele de baza de securitate radiologica”, NSR-22 „Norme privind monitorizarea mediului in vecinatatea unei instalatii nucleare sau radiologice” si NSR-23 „Norme privind calculul dispersiei efluentilor radioactivi evacuati in mediu de instalatiile nucleare”.