



L 2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED

Pachet de Lucru: 2

Activitatea: 2.1-1

Responsabil livrabil: Mirela NIȚOI (RATEN ICN)

Autori: Mirela NIȚOI (RATEN ICN)

Termen: 25.11.2019

*Proiectul PRO ALFRED este finantat de Ministerul Cercetarii si Inovarii
prin Sub-Programul 5.5 – Program de cercetare, dezvoltare si inovare
pentru reactori de Generatia a IV-a - ALFRED, Contract 5/18.09.2019*

Avize si semnături			
Funcția	Nume	Data	Semnatura
Director Adj. Științific:	Alexandru Toma		
Director Proiect	Daniela Diaconu		
Șef compartiment MC	Gheorghe Savu		
Responsabil Pachet de Lucru	Mirela NITOI		
Responsabil Livrabil	Mirela NITOI		
Autori:	Mirela NITOI		

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED

CUPRINS

Rezumat	1
Lista Acronime	2
1. Introducere	5
2. Considerații generale	7
2.1 Aspecte privind autorizarea	10
2.2 Provocari în implementarea conceptului	12
2.3 Abordare de securitate prin proiectare.....	15
Cadru normativ.....	15
Cadru functional	16
2.3 Obiective proiect	18
2.3.1 Obiective de securitate.....	18
2.3.2 Obiective de demonstrație	18
2.4 Criterii de proiectare de nivel înalt	19
2.4.1 General	21
2.4.2 Proiectare	23
2.4.3 Licențiere	25
2.4.4 Operare	26
3. Elemente de licențiere pentru ALFRED.....	28
3.1 Cadru legislativ și de reglementare în România.....	29
3.2 Fenomene importante pentru securitate.....	32
3.3 Părțile implicate în proces	35
3.3.1 Calificare solicitant.....	35
3.3.2 Rolul părților implicate în procesul de licențiere	35
3.4 Foaie de parcurs.....	37
4. Viziune asupra procesului de licențiere pentru ALFRED	39
4.1 Pre-licențiere.....	39
4.2 Etape de licențiere	43

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED

Validare proiect	43
Autorizare amplasament	44
Construcție.....	46
Punere în funcțiune.....	48
Operarea de proba.....	49
Operare	49
4.3 Licențierea și abordarea etapizată.....	50
5. Concluzii	51
Referințe.....	53

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



Rezumat

Documentul furnizeaza considerente de nivel înalt pentru reactorul ALFRED, si face referire la urmatoarele subiecte:

- Abordarea securitate prin proiectare

Structura complexă ierarhica cu care se dorește a fi dezvoltată abordarea securitate prin proiectare este structurata, în principal, pe 4 niveluri: obiective de proiectare, criterii de proiectare, baze de proiectare și limite de proiectare. Primele două niveluri sunt discutate în detaliu, în timp ce pentru nivelurile inferioare logica aplicată ZA este prezentată ca exemplu. Criteriile de proiectare de nivel înalt acoperă aspecte generale, proiectarea, autorizarea precum și operarea reactorului.

- Elementele procesului de licențiere ALFRED

Procesul de licențiere este detaliat prin adăugarea de informații despre calificarea necesară a solicitantului, rolurile partilor implicate in proces (aplicant, organismul de reglementare și TSO), precum si etapele prevăzute și strategia de încadrare în cadrul de reglementare existent. Strategia de autorizare proiectată pentru reactorul ALFRED este prezentată în conformitate cu abordarea etapizată de operare.

Lista Acronime

Acronim	Definitie
ADO	Obiectiv de proiectare suplimentar (Additional Design Objective)
ALARA	Atat de scazut pe cat este rezonabil posibil (As-Low-As-Reasonably-Achievable)
ALFRED	Demonstratorul European pentru Reactorii Rapizi Raciti cu Plumb (Advanced Lead Fast Reactor European Demonstrator)
ASO	Obiectiv de Securitate suplimentar (Additional Safety Objective)
CNCAN	Comisia Nationala pentru Controlul Activitatilor Nucleare (National Commission for Nuclear Activities Control)
DHR	Indepartare a caldurii reziduale (Decay Heat Removal)
DiD	Protectie in adancime (Defence-in-Depth)
DM	Manuale de proiectare (Design Manual)
DOPF	fișier de opțiuni de proiectare și prevederi (Provision and Option File)
EIA	Evaluare a impactului asupra mediului (Environmental Impact Assessment)
FA	Ansamblu Combustibil (Fuel Assembly)
FDO	Obiectiv Fundamental de Demonstratie (Fundamental Demonstration Objective)
FOAK	Primul de un anumit fel (First Of A Kind)
FSO	Obiectiv Fundamental de Securitate (Fundamental Safety Objective)
FSR, FSAR	Raport Final de Securitate
GenIV	Generatia IV de reactori nucleari (Generation IV nuclear reactors)
HLM	Metale grele lichide (Heavy Liquid Metal)
HDC	Criteriu de proiectare de nivel inalt (High-level Design Criteria)

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



HWR	Reactori raciti cu apa grea (Heavy Water Reactor)
ISAR	Raport inițial de analiză de securitate (Initial Safety Analysis Report)
LBE	Aliaj Plumb-Bismut (Lead Bismut Eutectic)
LBD	Document Baza de Licențiere (Licensing Basis Document)
LFR	Reactor rapid racit cu plumb (Lead Fast Reactor)
LOCA	Accident de pierdere a agentului de racire (Loss Of Coolant Accident)
LWR	Reactori raciti cu apa usoara (Light Water Reactor)
MA	Actinide Minore (Minor Actinide)
MOX	Combustibil mix de oxid de uraniu-plutoni (Mixed Oxide Fuel)
PDC	Criterii principale de proiectare (Principal Design Criteria)
PP	Protectie Fizica (Physical protection)
PSR	Raport preliminar de securitate (Preliminary Safety Report)
PR	Rezistenta la proliferare (Proliferation protection)
QMS	Sistem de management al calitatii (Quality Management System)
R&D	Cercetare-Dezvoltare (Research & Development)
RD&Q	Cercetare, Dezvoltare, Calificare (Research, Development & Qualification)
SDO	Obiectiv specific de demonstratie (Specific Demonstration Objective)
SG	Generator de abur (Steam Generator)
SDG	Ghidurile de proiectare a securitatii (Safety Design Guide)
SMR	Reactor mic, modular (Small Modular Reactor)
SSC	Structuri, sisteme, componente (Structures, Systems & Components)
SSCE	Structuri, sisteme, componente, echipamente (Structures, Systems, Components & Equipments)
SSO	Obiectiv Specific de Securitate (Specific Safety Objective)

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



TSO	Organizatie Suport Tehnic (Technical Support Organization)
V&V	Verificare si validare (Verification & Validation)
ZA	Zona Activa

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



1. Introducere

Tehnologiile avansate, împreună cu o abordare de securitate condusă de perspective derivate din metodologia integrată de evaluare a securității, contribuie la promisiunea de a face sistemele energetice de GenIV mai sigure decât actuala generație de centrale nucleare.

Se estimează că proiectul sistemelor de GenIV va reduce producția de deseuri, va folosi mai eficient combustibilul, va fi competitiv din punct de vedere economic, și va îndeplini cu succes standardele stricte de securitate și de rezistență la proliferare. [1]

Demonstratorii sistemelor de GenIV reprezintă un pas important pe drumul spre stadiul comercial al reactorilor de GenIV. [8] Realizarea reactorilor de demonstrație presupune obținerea de licențe pentru proiect, precum și activități de autorizare pentru amplasamentele lor. Prin setul specific de provocări impuse de întregul proces de obținere a autorizațiilor necesare realizării efective a proiectului, activitatea de licențiere reprezintă un punct critic în procesul de implementare a unui proiect nuclear, în special când este vorba de către utilizarea de tehnologii inovative, cum este cazul ALFRED.

Proiectul ALFRED propune abordarea unei fenomenologii absolut noi în domeniul nuclear din România, specifică reactorilor răciți cu metale grele lichide. [12] Infrastructura suport ALFRED are o importanță primordială în procesul de licențiere, prin activitățile de demonstrare a controlului complet al fenomenelor, prin activitățile de calificare a echipamentelor mari și pentru demonstrarea fenomenelor în care efectul de scalare este important.

Pachetul de lucru nr.2 al proiectului PRO-ALFRED, intitulat „Elemente și studii preliminare pentru licențierea demonstratorului ALFRED” propune realizarea unor elemente necesare pregătirii procesului de autorizare a demonstratorului ALFRED, prin activități distribuite în două etape.

Activitățile propuse în etapa 1 (Elemente de viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED) adresează contextul actual din România, în care nu există documente de reglementare (norme, ghiduri) elaborate în mod specific pentru reactoarele de GenIV și, în special, pentru proiectarea ALFRED. Pentru a sprijini acumularea de experiență operațională și a nu pune piedici majore pentru procesul de autorizare a configurației instalației, a fost considerată necesară dezvoltarea unei abordări etapizate, cu care instalația este de așteptat să funcționeze gradat de la un nivel de putere scăzută la niveluri de putere crescânde.

Prezentul document conține elementele de viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED, maparea preliminară a partilor care participă la procesul de licențiere, cu rolurile asumate de fiecare, fenomene și aspecte importante în demonstrarea nivelului de securitate, cerințe și elemente de validare pentru proiect. De asemenea, viziunea va lua în considerare abordarea gradată în operare, stabilind etapele de validare.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



Prin viziune se intelege definirea conceptuala a procesului de licentiere pentru proiectul reactorului ALFRED (scop, obiective, elemente conceptuale preliminare, plan preliminar de licentiere).

Documentul de viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED va sta la baza realizării aplicației de validare a proiectului demonstratorului ALFRED, în perioada următoare (aplicatia nu va fi realizata în cadrul proiectului PRO-ALFRED).

Pentru completarea competențelor privind certificarea proiectelor de reactori inovativi, au fost achiziționate servicii de consultanță vizând ultimele practici utilizate pe plan internațional în acest domeniu, și dezvoltarea abordarii etapizate de operare în cazul ALFRED.

2. Considerații generale

Demonstratorul LFR este menit să arate că un concept SMR răcit cu plumb, care poate fi implementat, bazat pe soluții existente tehnologic, este compatibil cu nevoile globale pe termen scurt (2035-2040) legate de de-carbonizarea și securitatea surselor de energie. [8]

În consecință, proiectul demonstratorului LFR trebuie să îndeplinească următoarele obiective principale:

- să ofere o demonstrație robustă a operabilității sigure a unui reactor rapid răcit cu plumb, în orice condiții
- să faciliteze aplicatia de licențiere, prin creșterea marjelor și a prevederilor de proiectare dedicate pentru a face față incertitudinilor
- să permită evaluarea principalilor parametri de proiectare, astfel încât să contribuie la acumularea de experiență necesară pentru reducerea incertitudinilor, și implicit a marjelor de securitate pentru LFR-uri
- să permită extrapolarea conceptului la scala industrială, în special în ceea ce privește fezabilitatea și operabilitatea.

Atractivitatea LFR este justificată în primul rând de caracteristicile intrinseci de securitate ale proiectului, existând avantaje evidente oferite de utilizarea plumbului ca lichid de racire. [12] În general, caracteristicile plumbului pur facilitează realizarea obiectivelor de securitate specifice GenIV de reactori. [1]

Securitate și fiabilitate

Plumbul pur ca agent de racire este inert chimic în comparație cu sodiul și, în plus, este preferabil LBE în termeni de securitate datorită considerațiilor radiologice substanțial mai scăzute, în special în ceea ce privește Poloniul-210.

Unul dintre avantajele utilizării plumbului într-un reactor rapid este faptul că plumbul reține radionuclizi cum ar fi iod și cesiu, chiar și în cazul unui accident sever care implică defectarea vasului reactorului, defectarea clădirii reactorului și expunerea lichidului de racire în atmosferă. Acest avantaj este considerabil redus în cazul LBE din cauza producției mult mai ridicate în LBE a Poloniului-210. Rata de producție Po este mai mică în plumb cu aproximativ 4 ordine de mărime decât în cazul LBE.

Densitatea ușor mai mare (4%) a plumbului în comparație cu LBE are un impact negativ marginal asupra proiectului mecanic, dar faptul că densitatea plumbului este mai mare decât cea a unui combustibil cu oxid este benefică în cazul unui accident sever ipotetic, deoarece densitatea mare poate reduce în continuare riscul de re-

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



criticitate urmand unei topiri de ZA. Manipularea combustibilului in interiorul vasului reactorului este facilitata de utilizarea LBE care permite operarea la temperaturi mai scazute, insa manipularea combustibilului si a componentelor din afara vasului reactorului este facilitata mai mult de plumbul pur, din cauza inventarului redus de poloniu.

Nivelul de securitate se bazeaza atat pe proprietatile plumbului, cat si pe solutii ingineresti specifice, utilizate pentru indeplinirea obiectivelor de securitate. Plumbul topit are avantajul de a permite functionarea sistemului primar la presiuni joase (atmosferice). O doza mica pentru operatori poate fi de asemenea prevazuta, datorita presiunii scazute a vaporilor, capacitatii mari de captare a produsilor de fisiune si protectiei ridicate la radiatii gamma. In cazul ingerarii accidentale a aerului, in special in timpul realimentarii cu combustibil, orice oxid de plumb produs poate fi redus la plumb prin injectarea de hidrogen, iar operarea reactorului poate fi reluata in siguranta. Orice scurgere de plumb ar fi solidificata fara reactie chimica semnificativa care sa afecteze functionarea sau performanta echipamentelor sau structurilor apropiate.

Datorita capacitatii scazute de moderare a plumbului este posibil sa existe distante relativ mari intre tijele de combustibil cu pierderi scazute de presiune, in ciuda nivelului ridicat al densitatii plumbului. Temperatura relativ scazuta de la iesirea din ZA si ΔT a ZA moderata specific intre temperaturile de intrare si iesire nu numai ca minimizeaza potentialul de coroziune a materialului dar si stresul termic in timpul tranzientilor.

O dispozitie tipica pentru reducerea emisiilor mari este eliminarea riscului de defectare a colectoarelor de apa si abur in interiorul frontierei circuitului primar prin instalarea lor in afara vasului reactorului. Aceasta dispozitie vizeaza eliminarea prin proiect a potentialului pentru initiatorul unui accident sever de probabilitate scazuta, dar cu consecinte potential catastrofice.

Grad redus de probabilitate si de deteriorare a ZA

Plumbul permite un nivel ridicat de circulatie naturala a agentului de racire, ceea ce are ca rezultat cerinte mai putin stringente privind calendarul operatiunilor si simplificarea controlului si sistemelor de protectie.

In cazul unor scurgeri din vasul reactorului, plumbul se colecteaza in interiorul unui vas de siguranta iar lichidul de racire este proiectat sa mentina un nivel minim care asigura circulatia lichidului de racire, si evacuarea caldurii reziduale din ZA in siguranta. In ELSY a fost dezvoltata o solutie specifica cu ajutorul unui tub spiralat in partea inferioara a SG care, fara nici un impact asupra inaltimii vasului principal al reactorului, sa mentina o traiectorie a debitului de plumb peste nivelul minim.

Pentru reactoarele de dimensiuni mici, deoarece suprafata exterioara a vasului este relativ mare in comparatie cu puterea reactorului, indepartarea caldurii reziduale (DHR), poate fi pur si simplu realizata de catre un sistem de racire a aerului. Pentru

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



reactoarele de dimensiuni medii si mari, sisteme suplimentare de siguranta sunt necesare. Faptul ca plumbul topit nu reactioneaza violent cu aerul sau apa ofera proiectantului o anumita libertate in alegerea lichidului pentru buclele DHR, utilizarea aerului si a apei ramanand abordarea preferata si cea mai simpla.

In cazul ruperii tubului SG, un sistem sensibil si fiabil de detectare a scurgerilor cuplat cu un sistem rapid de depresurizare a generatorului de abur si un sistem de izolare sunt caracteristici de baza pentru a minimiza riscul de deteriorare. Fiabilitatea ridicata necesita redundanta pentru sistemul de detectare a scurgerilor realizat prin :

- sistemul acustic,
- detectarea aburului in gazul de acoperire a reactorului si
- detectarea cresterii presiunii din gazul de acoperire.

Depresurizarea rapida de la presiune inalta in cateva secunde va fi realizata atat pe partea de apa, cat si pe partea de abur.

Reducerea nevoii de raspuns in situatii de urgenta in afara amplasamentului

In LFR, dispersia de combustibil domina asupra compactarii combustibilului, reducand astfel considerabil probabilitatea aparitiei unor evenimente severe de re-criticitate in cazul deformarii ZA. Densitatea plumbului, care este putin mai mare decat cea a combustibilului si fluxurile convective fac dificila realizarea unor scenarii care sa conduca la agregarea combustibilului cu formarea ulterioara a unei mase critice secundare, in eventualitatea unei defectari postulate a combustibilului.

Capacitatea plumbului de capturare si retinere a produsilor de fisiune, in special iod si cesiu si faptul ca o pierdere a agentului de racire (LOCA) nu va rezulta in presurizarea semnificativa a anvelopei sunt trasaturi de importanta primara in reducerea consecintelor potentiale a accidentelor severe.

Rezistenta la proliferare si protectia fizica

Caracteristicile fizice ale plumbului, ciclul combustibilului si caracteristicile adoptate ale proiectului pot contribui la cresterea rezistentei la proliferare (PR) si a protectiei fizice (PP) pentru un LFR.

Traseu neatractiv pentru deturnarea materialului care poate fi folosit de arme

Utilizarea combustibilului MOX care contine MA mareste rezistenta la proliferare (PR), din cauza proprietatilor inerente ale materialului nuclear (imbogatirea uraniului nu este necesara). Un raport de reproducere (conversie) apropiat de 1 este realizabil intr-un reactor de marime medie fara a furniza regiuni fertile in ZA si, prin urmare, imbunatatind PR. Regiunile fertile pot fi totusi necesare pentru a mentine un raport de reproducere de aproape 1 in reactoare mici sau pentru a atinge un nivel mai ridicat de reproducere.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



Alte avantaje suplimentare care pot rezulta din ciclul combustibilului sunt introducerea metodelor de reprocesare a combustibilului (piro sau apoasa avansata) care prezinta eliminarea incompleta a produsilor de fisiune si MA, fara separarea uraniului si a plutoniului la orice etapa a ciclului de combustibil si factori inerenti de decontaminare scazuta pentru combustibil, cu necesitatea unei manipulari la distanta, ceea ce complica operatiunile, dar sporeste rezistenta la proliferare.

Protectie fizica sporita impotriva actelor de terorism

Utilizarea unui lichid de racire compatibil chimic cu aerul si apa si care functioneaza la presiunea atmosferica imbunatateste foarte mult protectia fizica (PP). Exista o nevoie redusa pentru o protectie robusta impotriva riscului de evenimente catastrofale, initiate de acte de sabotaj pentru ca exista un mic risc de propagare a focului, si scenariile de presurizare semnificativa a anvelopei nu sunt credibile. Caracteristici PP semnificative ale sistemelor LFR includ:

- ☐ simplificarea sistemului, fara sistem intermediar de racire, ceea ce conduce implicit la robustete;
- ☐ indepartarea caldurii reziduale in mod pasiv;
- ☐ amprenta compacta de securitate;
- ☐ posibilitatea amplasarii subterane partiale sau totale.

2.1 Aspecte privind autorizarea

Implementarea demonstratorilor sistemelor de GenIV reprezintă un pas important către etapa comercială a reactorilor de acest tip. [8] Realizarea acestora presupune procese de licențiere și autorizare pentru amplasamente, care implică activități care nu sunt complet acoperite de experiența anterioară. Aceste activități necesită unele investigații, legate de:

- o adecvarea cadrului actual pentru a licenția o tehnologie nouă, cum ar fi sistemele de GenIV;
- o tipuri de teste și activități demonstrative necesare pentru a convinge autoritățile de reglementare și toate celelalte părți interesate de fezabilitatea tehnologiei;
- o tipuri de competențe, reguli și proceduri noi necesare pentru implementarea noii tehnologii;
- o nivelul resurselor necesare pentru activitățile pregătitoare.

Autorizarea centralelor nucleare în Europa este responsabilitatea autorităților naționale de reglementare, care utilizează în procesul de evaluare a unui proiect nuclear propriul set de reguli și criterii de referință, derivate din:

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



- legile naționale și reglementările actuale,
- experiență / practici de autorizare existente pe plan național,
- referințe externe (acestea includ practici, reglementări, reguli și recomandări internaționale).

Cerințele pentru acordarea de licențe pentru reactoarele GenIV nu sunt incluse în mod explicit în cadrul legal existent la nivel național, chiar dacă există planuri sau intenții de modificare a reglementarilor pentru îmbunătățirea securității nucleare și abordarea dezvoltării noilor generații de reactori. În procesul de autorizare a noii generații de reactori, experiențele internaționale trebuie captate și integrate în legislația națională.

Intenția de a licenția un reactor GenIV ridică unele dificultăți, induse de:

- noutatea sistemelor propuse ;
- absența unui caz similar de autorizare în practica internațională ;
- nevoia de noi abordări ;
- dezvoltarea de software nou (necesită procesul de validare) ;
- resurse limitate.

Aplicația pentru o certificare de proiect (sau aprobare/ validare de proiect, licență de fabricație) a unei instalații nucleare necesită o precizare clară a abordării și a principiilor de proiectare, pentru a urmări toate activitățile de proiectare în asigurarea calității. [9], [11] Aceasta este o practică generală bine consolidată pentru reactoarele răcite cu apă din generațiile actuale (Generațiile II și III), pentru fiecare dintre acestea fiind furnizată o referință completă. Cu toate acestea, datorită naturii inovatoare a reactorului răcit cu plumb de GenIV (LFR), nu există nicio experiență și nici un caz anterior de licențiere. Pe baza experienței crescânde obținute atât referitoare la proprietățile plumbului ca agent de racire, cât și pe configurația sistemelor conceptuale ale sistemelor pentru reactoarele răcite cu plumb, un set constant de principii de proiectare specifice tehnologiei ar putea fi dezvoltat pentru LFR-uri. Normele și principiile de proiectare derivate din experiențele de cercetare și dezvoltare sunt, prin natură, în continuă evoluție și îmbunătățire. Prin urmare, definirea unei ierarhii coerente este o provocare în sine, dar este, de asemenea, considerată un pas necesar către selectarea alegerilor de proiectare și definirea specificațiilor sistemului în cadrul unei abordări gradate. [10]

Prin urmare, se urmarește stabilirea contextului general pentru dezvoltarea abordării de proiectare destinată ALFRED și definirea obiectivelor de proiectare, ca elemente ale primului nivel din ierarhie.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



2.2 Provocari în implementarea conceptului

Principalele aspecte ale strategiei de implementare a LFR promovate în cadrul pilonilor ESNII se încadrează în următoarele tematici principale: [8]

Proiectare

Proiectarea oricărui concept LFR trebuie să acorde atenție sporită la analizarea a două aspecte principale:

- *Coduri și standarde de proiectare aplicabile*

Agentii de răcire inovatori și materialele candidate selectate nu sunt întotdeauna acoperite de codurile de proiectare nucleare disponibile, care sunt de obicei baza acceptată pentru verificarea proiectării oricărei soluții tehnice implementate într-o instalație nucleară.

- *Maturitatea tehnologică pentru componentele principale*

În special, generatoarele de aburi și pompele primare sunt componente mecanice prototipice care au fost testate la scară mică în instalații experimentale pentru a arăta fezabilitatea soluției tehnice. Specificațiile de componente și campaniile de susținere a calificărilor nu sunt considerate suficient de mature încă pentru a asigura o utilizare sigură într-o instalație nucleară.

Orice „studiu de caz” care să includă materiale suplimentare, condiții de mediu suplimentare (de exemplu, consecințele iradierii neutronice, efectele mediului metalic lichid, etc.), precum și cerințele de control chimice și inspecția periodică necesare pentru a asigura integritatea structurală a componentelor mecanice cu funcții de securitate trebuie să fie justificate cu dovezi experimentale supuse celor mai înalte standarde de control al calității. Orice soluție tehnică care nu este avută în vedere în codul de proiectare nucleară va fi considerată nu suficient de matură. Chiar și pentru tehnologii promițătoare, principalul factor care determină dacă vor fi implementate sau nu în proiect este momentul necesar pentru calificarea și utilizarea lor sigură într-o instalație nucleară.

Se întrevad două direcții majore de acțiune. Pe măsura ce cercetătorii identifică opțiunile pe termen scurt afectate de riscul minim asociat, proiectanții trebuie să păstreze suficientă flexibilitate pentru a integra noi opțiuni promițătoare în proiectare, imediat ce se acumulează suficientă experiență.

Securitate

Principalele probleme de securitate legate de tehnologia LFR se datorează cunoștințelor limitate despre fenomenele de interes, cum ar fi :

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



- *Incertitudini cu privire la condițiile extinse de proiectare*

Se impun a fi postulate evenimente sau secvențe de evenimente foarte puțin probabile, ceea ce duce la prevederi de proiectare prea complicate pentru a diminua orice consecință. Ca exemplu, iterațiile actuale cu autoritățile de reglementare sugerează că degradarea extensivă a ZA (asimilată accidentelor severe) trebuie presupusă să aibă loc, independent de succesiunea evenimentelor care ar putea duce la astfel de consecințe (acest lucru în ciuda faptului că posibilele mecanisme și succesiunea evenimentelor existente, în condiții foarte degradate, nu conduc la degradarea extensivă a ZA).

- *Verificarea și validarea codurilor de calcul și a datelor nucleare*

S-a acumulat experiență vastă în compararea codurilor termo-hidraulice în raport cu datele experimentale, chiar dacă fără a urma un program dedicat de verificare și validare. Incertitudinile privind datele nucleare și propagarea acestora, odata cu verificarea respectării cerințelor de proiectare sunt în prezent investigate.

În timp ce unele dintre necunoscutele de mai sus pot fi abordate prin programe experimentale specifice, altele sunt puternic legate de natura inovatoare a tehnologiei și nu pot fi excluse într-un mediu reprezentativ la scară de laborator.

Pentru a justifica demonstrația de securitate, trebuie utilizată o combinație între analiza deterministă și fenomenologică și analiza probabilistă de evaluare a securității. Prima metodă trebuie să demonstreze conformitatea cu intenția și ipotezele de proiectare, în timp ce stabilește marjele la limite; în aceeași manieră, cea de-a doua va oferi o înțelegere integrată a riscului și va permite compararea calitativă a diferitelor opțiuni tehnice.

Proiectantul trebuie să implementeze alegeri tehnice care vizează creșterea marjelor de securitate față de limitele admise în cel mai reprezentativ mediu. Realizarea unui proiect robust va oferi baza necesară pentru demonstrația finală de securitate și va îmbunătăți în continuare cunoștințele (pentru cercetători, proiectanți, operatori, organisme de reglementare, beneficiari) privind tehnologia.

Operational

Lipsa de experiență operațională este unul dintre principalele argumente împotriva LFR, dar trebuie avută în vedere disponibilitatea instalațiilor de cercetare non-nucleare pe HLM.

Cea mai mare parte a experienței operaționale a fost colectată din instalații experimentale (bazate în principal pe LBE, și nu plumb pur, ca agent de răcire) de dimensiuni mici și mijlocii. Opțiunile tehnologice selectate nu pot fi întotdeauna direct dimensionate și/ sau aplicate unei instalații nucleare, în principal din cauza performanțelor scăzute sau a cerințelor specifice care nu sunt luate în considerare la nivel experimental.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



Feedback-ul din experiența adunată în facilități experimentale poate fi considerat ca bază pentru colectarea de date în sprijinul proiectanților și experților în securitate. Cu toate acestea, nu este considerat suficient de reprezentativ pentru a rezolva complet decalajul dintre cercetare și dezvoltare și scala industrială, care de obicei trece prin etape de calificare și demonstrație. O parte din aceste etape ar putea fi realizate în instalații dedicate, dar demonstrația finală trebuie realizată doar într-un mediu complet reprezentativ.

Proiectanții trebuie să identifice obiectivele de performanță ale unui reactor de scară industrială și să evalueze factorul de scalare maxim credibil care ar putea fi obținut cu un risc relativ scăzut. Aceasta ar stabili condițiile reprezentative minime pentru alegerile tehnologice care vor trebui să urmeze etapele de calificare și demonstrație. Experții în cercetare și dezvoltare vor defini apoi foaia de parcurs și infrastructurile necesare pentru atingerea obiectivului.

Autorizare

Procesul de autorizare a unei instalații nucleare este puternic afectat de cadrul de reglementare, care este specific național. Următoarele considerente generale sunt aplicabile:

- *Lipsa de experiență în domeniul tehnologiei non-LWR*

Cu excepția cazurilor rare, experiența autorităților de securitate și a organizațiilor suport tehnic de securitate (TSO) este în principal legată de tehnologia LWR sau HWR. În multe cazuri, cadrul de reglementare este prescriptiv și este puternic orientat către specificul LWR.

- *Necesitatea angajării unor dialoguri timpurii*

Pentru tehnologii cunoscute și validate, tendința generală de orientare către licențe de operare și construcție combinate a avut ca scop reducerea riscului general asociat procesului de licențiere. Pe de altă parte, tehnologiile inovatoare suferă de necesitatea de a angaja dialoguri timpurii cu autoritatea de securitate, care vizează o „revizie a proiectului” sau „cerere de licențiere prealabilă”, dar fără un rezultat final oficial (sau foarte limitat).

Cercetătorii și proiectanții trebuie să intensifice dialogurile timpurii cu autoritățile de securitate și organizațiile tehnice de securitate, pentru a beneficia de feedback preliminar pentru reorientarea proiectării. Din cauza incertitudinilor legate de acordarea de licențe pentru un prim LFR, proiectanții sunt nevoiți să abordeze problemele de securitate prin soluții de proiectare sau marje sporite împotriva incertitudinilor.

2.3 Abordare de securitate prin proiectare

Abordarea de securitate prin proiectare pentru proiectul ALFRED, prevăzută ca o schemă logică pentru deducerea rațională a opțiunilor care conduc la proiectarea sistemului, se bazează pe doi piloni principali, construiți pe cele două cadre incorporate în proiect:

- un cadru normativ, care să cuprindă toate aspectele de autorizare preconizate în interacțiune cu autoritățile de reglementare;
- un cadru funcțional, care acoperă toate aspectele tehnice cuprinse pentru a răspunde la performanțele vizate.

Ambii piloni, în cadrul lor respectiv, sunt articulați într-o ierarhie de patru niveluri, fiecare detaliind enunțurile stabilite în cel precedent până când, în al patrulea și ultimul nivel, sunt furnizate elemente practice pentru realizarea activităților de proiectare și verificare. [5], [6]

Această schemă generală poate fi reprezentată grafic ca în figura 2.1.

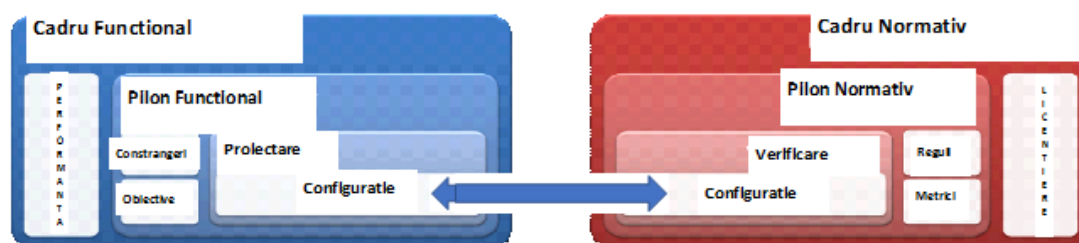


Figura 2.1 - Schema generală a interacțiunilor dintre activitățile de proiectare și verificare, desfășurate în cadrul funcțional și respectiv normativ

Conform acestei scheme, al patrulea nivel al cadrului funcțional trebuie să ofere constrângeri și obiective pentru sistem, de la care proiectarea poate lua măsuri în definirea configurației sistemului de referință.

Totodata, cadrul normativ culminează cu furnizarea de reguli și metrici care permit analiza configurației, astfel încât să se verifice conformitatea acesteia cu performanțele țintă (în special cele legate de securitate).

Cadru normativ

Cadrul normativ este stabilit, în general, în conformitate cu legislația și reglementările naționale care guvernează procesul de licențiere. Deși România are un cadru normativ bine definit, aceasta a fost aplicat numai la licențierea reactoarelor racite cu apă grea.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED

Datorită naturii inovatoare a LFR-urilor, documente specifice trebuie dezvoltate și utilizate în perspectiva licențierii ALFRED în România.

Cele patru niveluri ale cadrului normativ presupus sunt prezentate în figura 2.2.

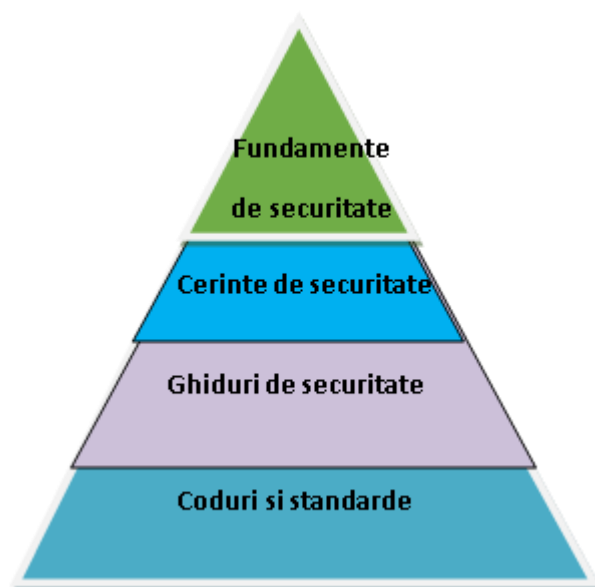


Figura 2.2 - Ierarhia nivelurilor în cadrul normativ

Primul nivel stabilește fundamentele generale ale securității care trebuie respectate, și acestea sunt apoi translatate (la nivelul 2) în cerințe de securitate mai detaliate, orientate către proiectarea unei instalații bazate pe tehnologia LFR. Cerințele acoperă întregul spectru de aspecte cuprinse în proiectarea unei instalații.

Pentru a realiza o susținere mai practică a proiectantului în implementarea cerințelor în proiect, se elaborează ghiduri și linii directoare de securitate (la nivelul 3) pentru fiecare sistem major al instalației. Liniile directoare oferă, de asemenea, cele mai bune practici, profitând pe cât posibil de feedback-ul din experiența de operare.

La nivelul 4, sunt definite coduri și standarde pentru a oferi proiectantului norme, proceduri, coeficienți pentru marjele de securitate etc., care sunt direct aplicabile în procesul de proiectare.

Cadru functional

În analogie deplină cu cadrul normativ, ca pilon utilizat direct pentru a îndruma proiectarea, cadrul funcțional este împartit în patru niveluri, așa cum se arată în figura 2.3.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED

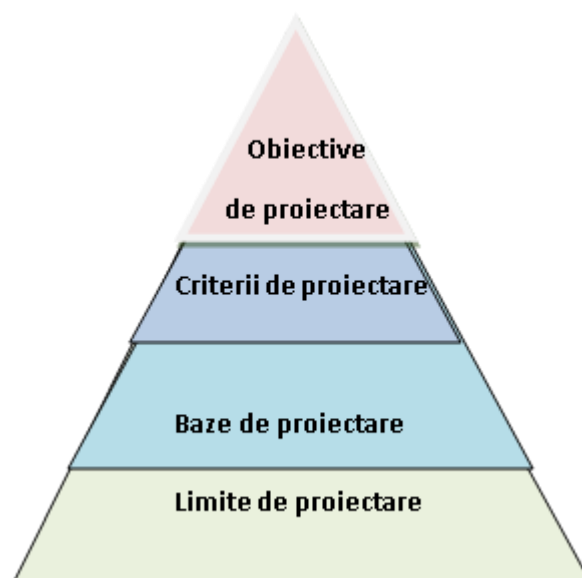


Figura 2.3 - Ierarhia nivelurilor în cadrul funcțional

Primul nivel stabilește obiectivele generale care determină proiectarea, și acestea sunt apoi traduse (la nivelul 2) în criterii mai detaliate privind abordarea proiectării unei instalații bazate pe LFR, care acoperă întregul spectru de aspecte incorporate în proiectul unei instalații.

În etapa următoare, criteriile sunt detaliate prin baze de proiectare (la nivelul 3), definite pentru fiecare sistem major al instalației. Bazele de proiectare furnizează toate elementele pentru definirea limitelor de proiectare (la nivelul 4) care, în cele din urmă, fixează perimetrul pentru proiectul oricărei structuri, sistem și componente a instalației.

Datorită scopului realizării securității prin proiectare, în mod coerent cu filosofia Generației IV - cadrul funcțional include în mare parte considerente de securitate, apropiind elementele din fiecare nivel al cadrului funcțional de cele din nivelul corespunzător al cadrului normativ. Toate elementele aparținând primelor trei niveluri trebuie să trateze și să răspundă la fundamentele, cerințele și orientările definite în nivelurile corespunzătoare ale cadrului normativ.

Structura paralelă este întreruptă doar de faptul că, deși elementele din cadrul normativ sunt de natură generală, fiind aplicabile oricărui sistem LFR propus în contextul în care cadrul este valabil, toate elementele cadrului funcțional sunt specifice, și trebuie dezvoltate pentru un sistem bine definit.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED

2.3 Obiective proiect

2.3.1 Obiective de securitate

În conformitate cu standardele generale de securitate ale IAEA [2], obiectivul fundamental de securitate (FSO) pentru ALFRED este stabilit pentru a proteja oamenii și mediul de efectele nocive ale radiațiilor ionizante.

Acest obiectiv fundamental de securitate „trebuie atins fără a limita în mod nejustificat funcționarea instalațiilor sau desfășurarea de activități care generează riscuri de radiații” [3], [4].

Pentru a asigura funcționarea ALFRED și activitățile desfășurate astfel încât să se atingă cele mai înalte standarde de securitate care pot fi realizate în mod rezonabil, au fost dezvoltate trei obiective specifice de securitate (SSO):

SSO1: sa controleze expunerea la radiații a oamenilor și eliberarea de materiale radioactive în mediu

SSO2: sa restricționeze probabilitatea evenimentelor care ar putea duce la pierderea controlului asupra ZA a reactorului nuclear, a reacției nucleare în lanț, sursei radioactive sau oricărei alte surse de radiații

SSO3: sa atenueze consecințele unor astfel de evenimente, dacă acestea ar avea loc.

Cum ALFRED este un demonstrator pentru reactoarele rapide cu răcire cu plumb (Generație IV), pe lângă obiectivele specifice de securitate enumerate anterior, trei obiective suplimentare de securitate (ASO) sunt specificate conform cu cele dezvoltate de GIF [16]:

ASO1: sa exceleze în securitate și fiabilitate.

ASO2: să aibă o probabilitate și un grad de deteriorare foarte mic pentru ZA.

ASO3: sa elimine nevoia de răspuns în situații de urgență în afara amplasamentului.

Obiectivul fundamental de securitate și cele trei obiective specifice se aplică tuturor activităților și pentru toate etapele din ciclul de viață al ALFRED, inclusiv planificarea, amplasarea, proiectarea, fabricația, construcția, punerea în funcțiune și funcționarea, precum și dezafectarea și demontarea. Aceasta include transportul de materiale radioactive asociate și gestionarea deșeurilor radioactive.

2.3.2 Obiective de demonstrație

Obiectivul de demonstrație fundamentală (FDO) stabilit pentru ALFRED este de a servi lanțul tehnologic LFR cu rolul dublu de :

- demonstrator al unui concept LFR Generatie IV și

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



- prototipul unui concept SMR (Small-Modular Reactor) bazat pe LFR pentru o implementare pe termen mai scurt.

Acest obiectiv demonstrativ fundamental trebuie atins fără a limita în mod nejustificat funcționarea instalațiilor sau desfășurarea activităților.

Pentru a asigura ca instalațiile sunt operate și activitățile sunt desfășurate astfel încât să se obțină cele mai convingătoare rezultate de demonstrație care pot fi realizate în mod rezonabil, s-au stabilit patru obiective de demonstrație specifice (SDO):

SDO1: sa ofere o demonstrație robustă a operabilității sigure a unui LFR în orice condiții

SDO2: sa faciliteze procesul de licențiere pentru a fi utilizat într-o etapă ulterioară pentru un reactor comercial

SDO3: să permită evaluarea principalilor parametri de proiectare, astfel încât să contribuie la câștigarea experienței necesare pentru reducerea incertitudinilor (marje de securitate), pentru LFR viitoare

SDO4: să fie proiectat și operat astfel încât să permită extrapolarea conceptului la scala industrială, în special în ceea ce privește fezabilitatea și operabilitatea.

Pe lângă obiectivele demonstrative specifice enumerate anterior, patru obiective suplimentare demonstrative (ADO) au fost specificate după cum urmează:

ADO1: sa asigure capacitatea de testare a combustibilului, a materialelor, a componentelor

ADO2: să sprijine - într-o perspectivă pe termen mai lung - funcționarea sigură și durabilă a viitoarelor LFR comerciale

ADO3: să permită instruirea personalului (cercetători, proiectanți, operatori) de la autoritățile de reglementare, organizații tehnice de securitate, organizații de cercetare, mediu academic, industrie

ADO4: sa exprime potențialitățile pentru competitivitatea economică a unui proiect bazat pe LFR.

2.4 Criterii de proiectare de nivel înalt

Un cadru funcțional ierarhic tipic este utilizat pentru proiectul ALFRED pentru a obține sistematic criterii și cerințe de proiectare din obiectivele generale de proiectare și securitate identificate pentru demonstratorul LFR. Prezentul set de criterii de proiectare de nivel înalt (HDC) este considerat la nivelul 2 al cadrului funcțional al proiectului. Criteriile principale de proiectare (PDC) derivate la nivelul 2 al cadrului de reglementare, ca o interpretare specifică tehnologiei și centralei, a criteriilor de proiectare și securitate din documentele normative aplicabile, sunt considerate a completa HDC.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



Criteriile vizează definirea sferei/scopului proiectului, caracteristicile și cerințele construcției, parametrii de proiectare, codurile de proiectare, standardele și reglementările aplicabile; cerințe aplicabile în materie de sănătate, securitate, protecție împotriva incendiilor, garanții, siguranța și asigurare a calității; și alte cerințe. Criteriile de proiectare ale proiectului sunt, în mod normal, consolidate într-un document care oferă baza tehnică pentru orice proiectare ulterioară realizată după elaborarea criteriilor. [5], [6]

Criteriile sunt exprimate într-o formă generală care să permită proiectantului o marjă suficientă pentru selectarea soluțiilor adecvate. Fiecare criteriu este autoexplicativ, dar poate fi urmat de o justificare pentru a explica orice ghid sau excepție pentru o interpretare mai bună a criteriului.

De îndată ce proiectantul va defini principalele opțiuni fundamentale ale instalației pentru a asigura o conformitate optimă (considerând, de asemenea, compromisuri inevitabile) cu HDC, HDC va fi detaliat în criterii sau cerințe mai specifice.

Criteriile de proiectare de nivel înalt ALFRED sunt derivate, într-o abordare de sus în jos, din cerințele de nivel înalt ale proiectului ALFRED de a îndepli obiectivele de securitate și proiectare ale demonstratorului european LFR [6]. Criteriile sunt grupate în 4 categorii principale:

- General,
- Proiectare,
- Licențiere,
- Operare.

Fiecare criteriu, împreună cu rațiunile sale, sunt menite să specifice mai bine modul în care proiectantul va interpreta rolul de demonstrator al LFR pentru a atinge viziunea și obiectivele părților interesate.

Pe de altă parte, pe baza reviziei tehnice ALFRED, a fost utilizată o abordare de jos în sus pentru a genera criterii din experiența și lecțiile învățate pe parcursul executării activităților de proiectare pe tehnologia metale grele lichide (HLM) din ultimii 20 de ani, la nivel european și internațional.

Documentul trebuie revizuit periodic pentru a include orice criterii suplimentare de nivel înalt (la același nivel de detaliu în structura ierarhică a cadrului funcțional), provenind fie de la parti interesate, fie de la proiectanții și cercetătorii implicați în proiect.

Mai multe criterii și cerințe specifice instalației, sistemului sau componentelor vor fi colectate în documente separate (la niveluri inferioare ale cadrului funcțional) pentru a detalia progresiv alegerile implementate în proiectul conceptual ALFRED.

Propunerea de criterii de proiectare la nivel înalt (HDC) reprezintă criterii ale părților interesate, orientate spre o mai bună structurare a viziunii și obiectivelor ALFRED. Conținutul și natura demonstrativa a instalației sunt clarificate în cele ce urmează :

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



2.4.1 General

HDC1 Reprezentativitatea puterii și dimensiunii demonstratorului

ALFRED trebuie să fie proiectat pentru o putere și o dimensiune maximă pentru un prototip (reprezentativ sau scalabil) a ceea ce se dorește să fie destinat unei flote comerciale de SMR-uri răcite cu plumb (scară industrială).

Argumentare: Experiența trecută SFR a arătat că o creștere mai mare decât factorul 4 în putere, ar putea fi în detrimentul evoluției unei tehnologii. O dimensiune SMR (<300 MWe) este considerată adecvată pentru un FOAK pe termen scurt.

Obiectivul / obiectivele parentale: FDO, SDO4

HDC2 Reprezentativitatea alegerilor tehnologice

ALFRED trebuie să se bazeze, pe cât posibil, pe alegerile tehnice destinate a fi utilizate pe scala industrială LFR.

Argumentare: Opțiunile tehnice considerate de proiectanți drept cele mai promițătoare pentru a spori competitivitatea LFR la scară industrială trebuie definite, în primul rând. Demonstratorul trebuie să fie conceput astfel încât să fie sau să devină într-o etapă ulterioară, reprezentativ pentru astfel de opțiuni tehnologice.

Obiectivul / obiectivele parentale: FDO, SDO4

HDC3 Demonstrarea obiectivului de sustenabilitate

ALFRED trebuie să fie proiectat pentru o densitate de putere minimă și o flexibilitate a ZA compatibile cu demonstrarea sustenabilității ciclului de combustibil pentru scala industrială LFR GenIV.

Argumentare: O putere a ZA mai mică de aproximativ 500 MWth încărcată cu MOX cu Pu îmbogățit compatibilă cu limitele tehnologice actuale, este considerată incapabilă să atingă un ciclu nuclear complet sustenabil (cunoscut și sub denumirea de ciclu adiabatic). Cu toate acestea, un demonstrator poate oferi dovezi pentru validarea datelor și metodologiilor nucleare care vor fi utilizate pentru proiectarea ZA la scala industrială.

Obiectivul / obiectivele parentale: FDO, ADO2

HDC4 Demonstrarea obiectivului de securitate

ALFRED trebuie să fie proiectat pentru o putere minimă și pentru condiții de operare compatibile cu demonstrarea funcționării sigure a LFR de scară industrială în orice condiții.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



Argumentare: un demonstrator de putere mică (care are o putere de ordinul a zeci de MWth) va mări probabil performanțele de securitate, dar un astfel de sistem de scară mică ar putea fi echipat cu sisteme de securitate care nu ar fi pe deplin reprezentative pentru cele destinate a fi utilizate în LFR de scala industrială, afectând în cele din urmă demonstrarea obiectivelor de securitate. În acest mod nu se realizează obiectivul demonstrativ.

Obiectivul / obiectivele parentale: FSO, FDO, SDO1, SDO2, SDO3, ADO2, ADO3

HDC5 Conexiune la rețeaua electrică

ALFRED trebuie să fie conectat la rețeaua electrică.

Argumentare: Ca parte a obiectivului demonstrativ, pentru a servi unităților comerciale, este necesară demonstrarea producției fiabile a energiei electrice. Criteriul va permite ca faza de demonstrație să abordeze evenimentele de inițiere tipice centralelor electrice (de exemplu, pierderea surselor de energie din cauza unei perturbări a rețelei electrice, trip turbina etc.), precum și constrângerile care provin din rețeaua electrică (de ex. urmărirea sarcinii, stabilitate etc.).

Obiectivul / obiectivele parentale: FDO, SDO4, ADO4, ADO3

HDC6 Simplitate în proiectare

Simplitatea trebuie urmărită pe parcursul întregului ciclu de viață al instalației, crescând astfel fiabilitatea, siguranța, și economia. Simplificarea proiectării nu trebuie realizată în detrimentul flexibilității, operabilității și mentenanței instalației.

Argumentare: „Simplitatea” ar trebui să fie luată în considerare în sensul cel mai larg posibil. Simplitatea trebuie urmărită încă din primele etape ale proiectării, acoperind toate etapele ciclului de viață al instalației (autorizare, construcție, exploatare, inspecție, întreținere și dezafectare). Simplificarea proiectării poate însemna (a fi detaliat în criteriile de nivel inferior):

- număr minim de echipamente mecanice și electrice,
- utilizarea sistemelor pasive,
- componente standardizate pentru a facilita operațiunile și întreținerea,
- prevederi pentru a reduce eforturile de întreținere, a simplifica structura generală a instalației și a facilita întreținerea de rutină (inclusiv inspecția în exploatare a sistemului).

În cazul în care simplificările de proiectare sunt realizabile, acestea trebuie urmărite cu o prioritate foarte mare și toate oportunitățile de simplificare ar trebui să fie încorporate în proiectare.

Obiectivul / obiectivele parentale: ASO1, SDO1, SDO2, ADO4

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



HDC7 Competitivitate

Costurile și contingențele planificate ALFRED trebuie să fie proporționale cu natura unui demonstrator, dar să vizeze, de asemenea, să facă ca tehnologia să fie atractivă pentru investitori.

Argumentare: Rolul demonstratorului, precum și incertitudinile aferente și marjele suplimentare pentru compensarea acestora nu sunt compatibile cu competitivitatea economică a instalației. Prin urmare, scopul demonstratorului nu trebuie să fie minimizarea investițiilor, ci asigurarea încrederii în potențialitatea și eficiența tehnologiei. Ori de câte ori alte criterii (diversitate, redundanță, marje de proiectare etc.) au prioritate pentru considerente de securitate și vor conduce la alegeri de proiectare cu impact de costuri majore, impactul ar trebui să fie cuantificat și urmărit pentru a susține atractivitatea pe termen lung pentru un reactor de dimensiuni industriale.

Operarea ALFRED ar trebui să vizeze evaluarea și confirmarea impactului prevăzut. Reactorul industrial va fi optimizat pe baza proiectării, a experienței de licențiere și operaționale câștigate pentru a atinge obiectivul de competitivitate.

Obiectivul / obiectivele parentale: ADO4

2.4.2 Proiectare

HDC8 Tehnologii dovedite

ALFRED trebuie să se bazeze, pe cât posibil, pe soluții tehnice conforme cu codurile de proiectare nucleare disponibile în prezent. Selectarea opțiunilor de proiectare se bazează pe principiul riscului minim asociat pentru implementarea lor. Ori de câte ori sunt necesare sau sunt dorite abateri, trebuie decis dacă punerea în aplicare a tehnologiilor inovatoare promițătoare are timpul necesar pentru calificarea și utilizarea în siguranță a acestora într-o instalație nucleară.

Argumentare: în ordinea preferinței se aplică următoarele criterii:

- tehnologie dovedită în alte reactoare rapide;
- tehnologie dovedită în alte reactoare nucleare;
- tehnologie dovedită în industria convențională.

Obiectivul / obiectivele parentale: ASO1, SDO2

HDC9 Abaterea de la codurile de proiectare nucleară

Orice „studiu de caz” sau „regulă în faza de probă” care să includă materiale suplimentare, condiții de mediu, reguli de proiectare, cerințe de construcție sau cerințe de inspecție trebuie să fie compatibile cu Foaia de parcurs R&D ALFRED

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



pentru a fi justificate cu dovezi experimentale, sub rezerva celor mai înalte standarde de control de calitate.

Argumentare: criteriul, împreună cu HDC8, anticipează necesitatea dezvoltării unui program de cercetare și dezvoltare, inclusiv calificarea soluțiilor inovatoare. Programul RD&Q se va derula în paralel cu implementarea și funcționarea demonstratorului, și va deveni o parte integrantă a acestuia.

Obiectivul / obiectivele parentale: SDO2

HDC10 Flexibilitatea proiectului

Proiectul ALFRED trebuie să încorporeze suficientă flexibilitate pentru a integra noi opțiuni promițătoare în proiectare, de îndată ce se va obține un grad satisfactor de calificare.

Justificare: Posibilitatea de a continua programul demonstrativ dincolo de desfășurarea industrială a primelor LFR-uri poate fi garantată doar prin flexibilitatea demonstratorului de a utiliza noi materiale și / sau componente.

Obiectivul / obiectivele parentale: ADO1

HDC11 Marje de securitate sporite

SSC-urile ALFRED trebuie să fie proiectate cu o marjă suficientă de securitate pentru a garanta ca operabilitatea și securitatea pot fi realizate cu un nivel ridicat de încredere.

Justificare: Datorită naturii demonstratorului și a incertitudinilor legate de o tehnologie inovatoare, se poate atinge un nivel de securitate cel puțin comparabil cu cel al generației actuale de reactoare (tehnologie dovedită) care să garanteze marje de securitate sporite.

Obiectivul / obiectivele parentale: FSO, SSO1, SSO2, ASO1, ASO2, ASO3, SDO3, ADO1

HDC12 Securitate în proiectare

ALFRED trebuie să se bazeze cât de mult posibil pe caracteristicile inerente de securitate și pe crearea anumitor dispozitii sau cerinte care să întareasca nivelul de securitate (coeficienti negativi de securitate, evitare conditii abrupte, eliminare practica a evenimentelor critice)

Justificare: Alte incertitudini legate de maturitatea tehnologică a opțiunilor de proiectare pot fi atenuate de anumite provizii sau cerinte (de exemplu, indisponibilitatea mijloacelor de inspecție în exploatare sub plumb poate fi ocolită prin cerința proiectării de a face extractabila orice componentă de securitate care funcționează în plumb).

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



Obiectivul / obiectivele parentale: FSO, SSO1, SSO2, ASO1, ASO2, SDO2

HDC13 Securitate pasivă

Proiectarea ALFRED trebuie sa se bazeze pe caracteristicile de securitate pasivă pentru a face față evenimentelor bază de proiect.

Argumentare: Funcțiile de securitate pasivă sunt specificate în mod explicit, pentru a le sublinia importanța, chiar dacă pot fi incluse în HDC6.

Obiectivul / obiectivele parentale: FSO, SSO2, SSO3, ASO2, ASO3, SDO2

2.4.3 Licențiere

Implicarea timpurie a autorității de reglementare încă de la începutul proiectării va permite :

- pregătirea personalului autorității de reglementare în tehnologia inovativă (în care au experiența limitată), pentru a fi capabili să ia decizii concludente
- proiectanții vor obține feedback asupra soluțiilor de proiectare și robusteți pentru fundamentarea raportului preliminar de securitate

HDC14 Cadrul de reglementare

Licențierea ALFRED trebuie sa se bazeze pe cât posibil pe un cadru de reglementare consolidat. Proiectanții ALFRED trebuie sa furnizeze dovezi necesare pentru a completa cadrul de reglementare pentru aspecte inovatoare legate de tehnologie.

Justificare: Criteriul susține și consolidează mai mult importanța existenței unui program de cercetare-dezvoltare care să asiste autoritatea de reglementare în acceptarea modificărilor la cadrul de reglementare existent, în condițiile în care acesta nu este complet aplicabil pentru tehnologiile inovative, ca LFR.

Obiectivul / obiectivele parentale: FSO, SSO1, SSO2, SSO3, SDO2

HDC15 Licențiere etapizată

Se intenționează ca ALFRED să fie pus în funcțiune utilizând o abordare gradată, pentru a acumula progresiv experiența de operare.

Operarea etapizată ALFRED trebuie asociată cu un proces de licențiere etapizat, unde cazul de securitate poate fi completat și re-evaluat înainte de obținerea licenței de operare pentru etapa ulterioară.

Justificare: Deși acest proces pune anumite dificultăți în termeni de resurse și finanțe, o abordare etapizată este singurul mijloc prevăzut pentru a scurta implementarea

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



proiectului. De asemenea, aceasta abordare ofera o oportunitate pentru autoritatea de reglementare de a accepta dovezi și rezultate din experiența operațională și de a realiza un proces de licențiere consolidat, care poate fi ulterior aplicat și la un reactor de scala industrială.

Obiectivul / obiectivele parentale: FSO, SSO1, SSO2, SSO3, SDO2

HDC16 Demonstrație de securitate

ALFRED trebuie să fie proiectat pentru a fi capabil să ofere răspunsurile și dovezile necesare în cadrul programului de demonstrație al securității necesar pentru alte LFR.

Justificare: Proiectul sistemelor (în special în ceea ce privește flexibilitatea și marjele de securitate) și condițiile de operare vor permite ALFRED să servească efectiv realizării unui reactor comercial prin popularea programului de demonstrație al securității cu date de operare reprezentative.

Obiectivul / obiectivele parentale: SDO1, SDO3, ADO2, ADO3

2.4.4 Operare

HDC17 Operare etapizată

ALFRED trebuie pus în funcțiune și operat într-o abordare etapizată pentru a dobândi progresiv experiență operațională.

Argumentare: A se vedea HDC15.

Obiectivul / obiectivele parentale: SDO2, SDO1, ADO1, ASO1, ASO2, SSO2, FSO

HDC18 Feedback din experiența de operare

Operarea ALFRED trebuie să se bazeze pe feedback din experiența de operare acumulată în instalațiile experimentale, ca bază pentru colectarea de date în sprijinul proiectanților și experților de securitate.

Justificare: Indisponibilitatea experienței operaționale în LFR este unul din cele mai critice puncte ale tehnologiei. În Europa, experiența de operare provine din instalațiile experimentale, și poate fi utilizată pentru a induce alternative și alegeri de proiect și proceduri de operare, dar cu anumite limitări. Este nevoie să se realizeze adaptarea la specificul nuclear al instalației.

Obiectivul / obiectivele parentale: SDO2, ASO1, ASO2, SSO2, FSO

HDC19 Calificare

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



ALFRED trebuie sa fie proiectat pentru a permite calificarea materialelor sau a componentelor intr-un mediu reprezentativ pentru viitoarele stadii de operare ale demonstratorului

Argumentare: A se vedea HDC15 și HDC16.

Obiectivul / obiectivele parentale: SDO2, ADO1, ASO1, ASO2, SSO2, FSO

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



3. Elemente de licențiere pentru ALFRED

Sistemele inovatoare de energie nucleară, ce utilizează concepte avansate aparținând unei noi generații de tehnologii nucleare (Generația IV), au potențialul de a atinge cele mai înalte performanțe în ceea ce privește sustenabilitatea, securitatea, rezistența la proliferare și economia. Viziunea pentru un viitor apropiat care să beneficieze de LFR ca de o nouă sursă durabilă de energie care este curată, eficientă în utilizarea resurselor, sigură și economică - a fost motorul eforturilor pan-europene care a dus în final la Proiectul ALFRED.

Demonstratorul european al reactorilor rapizi răciți cu plumb este piatra de temelie necesară pentru realizarea acestei viziuni, proiectând tehnologia LFR din laboratoare în lumea reală. Construcția în România și operarea cu succes a ALFRED va furniza dovada exhaustivă a viabilității tehnice a conceptului și va echipa Europa cu o platformă unică pentru atingerea nivelului de pregătire necesar care să permită un loc fruntas pentru această tehnologie inovatoare la nivel mondial.

Reactorul rapid răcit cu plumb este una dintre cele mai promițătoare tehnologii, datorită caracteristicilor favorabile ale plumbului ca lichid de răcire [1], [8]:

- proprietățile neutronice ale plumbului permit proiectarea unei ZA de reactor complet conforme care funcționează într-un ciclu de combustibil închis, reciclarea multiplă a combustibilului ars având două beneficii, cel de eliberare a produsilor de fisiune numai ca deșeuri, reducându-le durata de viață până la câteva sute de ani și cel de utilizare a uraniului natural, epuizat sau recuperat în locul izotopilor fisili, extinzând disponibilitatea unor resurse cunoscute în prezent cu un factor de 100;
- compatibilitatea chimică a lichidului de răcire cu aerul și apa permite o importantă simplificare a proiectării, adică un plus de competitivitate economică, care se referă în special la posibilitatea instalării generatoarelor de abur și a unor sisteme robuste de îndepărtare a căldurii reziduale, cu fiabilitate și fezabilitate dovedite, direct în sistemul primar;
- captarea scăzută de neutroni și proprietăți termice fizice bune pe o parte, permițând un proiect de sistem primar care încurajează eficient circulația naturală și garantează îndepărtarea pasivă a căldurii și imposibilitatea de presurizare sau eliberare a energiei chimice în caz de interacțiune la temperaturi ridicate cu structuri și alte lichide pe de altă parte, reducând puternic cantitatea de energie potențială stocată în sistemul primar, asigură caracteristici de securitate superioare, excluzând complet amenințările la adresa mediului extern ca urmare a oricărui posibil inițiator de accident;
- combustibilul LFR constituie un traseu foarte neatractiv pentru deviere sau furt de materiale pentru fabricarea armelor, astfel oferind o rezistență sporită de proliferare și protecție fizică.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



3.1 Cadru legislativ și de reglementare în România

Legile principale legate de securitatea centralelor nucleare sunt următoarele:

- Legea nr. 111/1996 privind desfășurarea, reglementarea, autorizarea și controlul în siguranță a activităților nucleare, republicată în Monitorul Oficial 552 / 27.06.2006;
- Legea nr. 703/2001 privind răspunderea civilă pentru daune nucleare, publicată în Monitorul Oficial nr. 818 / 19.12.2001.

Legea nr. 111/1996 privind desfășurarea în siguranță, reglementarea, autorizarea și controlul activităților nucleare, republicată, cu modificările și completările ulterioare, prevede cadrul legislativ care reglementează securitatea instalațiilor nucleare. Legea abilitază Comisia Națională pentru Controlul Activităților Nucleare (CNCAN), care este autoritatea națională de reglementare nucleară, să emită reglementări obligatorii, să elibereze licențe pentru instalații și activități nucleare, să efectueze evaluări și inspecții pentru a verifica respectarea cerințelor de securitate nucleară și să întreprindă toate măsurile necesare de punere în aplicare.

În ultima perioadă, CNCAN a emis mai multe reglementări și ghiduri noi, precum și regulamente revizuite / actualizate, care consolidează cadrul național de reglementare pentru securitatea nucleară și asigură o bază îmbunătățită pentru activitățile de supraveghere. Obiective cantitative noi de securitate nucleară au fost stabilite în regulamentul NSN-21 [17].

Practica de licențiere pentru instalațiile nucleare se bazează pe prevederile Legii și ale reglementărilor emise de CNCAN. După cum prevede Legea și reglementările în vigoare, responsabilitatea principală pentru siguranța unei centrale nucleare revine titularului licenței. Totodată este stipulat ca pentru fiecare dintre etapele duratei de viață a unei instalații nucleare este necesară o licență. Pentru o centrală nucleară, etapele de autorizare includ proiectarea, amplasarea, construcția, punerea în funcțiune, exploatarea și dezafectarea. Următoarele activități sunt considerate componente ale fazei de exploatare și sunt acoperite de autorizația de exploatare pentru instalația nucleară:

- funcționarea de probă;
- funcționarea propriu-zisă;
- întreținerea, repararea, modificarea, inclusiv modernizarea și re tehnologizarea, atât în ce privește activitățile efectuate în funcționare, cât și activitățile care se execută în opririle planificate;
- conservarea, atât în ce privește activitățile în vederea reluării funcționării, cât și activitățile în vederea dezafectării.

Cerințele de autorizare și procesul de autorizare sunt stabilite în Regulamentul privind autorizarea instalațiilor nucleare [13].

Autorizarea sistemelor de management pentru fazele de proiectare, amplasare, construcție și montaj, punere în funcțiune, exploatare și dezafectare ale instalațiilor

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED

nucleare, obligatorie conform prevederilor art. 24 din Legea nr. 111/1996 face parte integrantă din procesul de autorizare. [18], [19] Cerințele CNCAN privind sistemul de management al calității (QMS) se aplică tuturor etapelor de viața ale instalației nucleare și întregului personal implicat în activități: cercetători, proiectanți, furnizori de SSC importante pentru securitate.

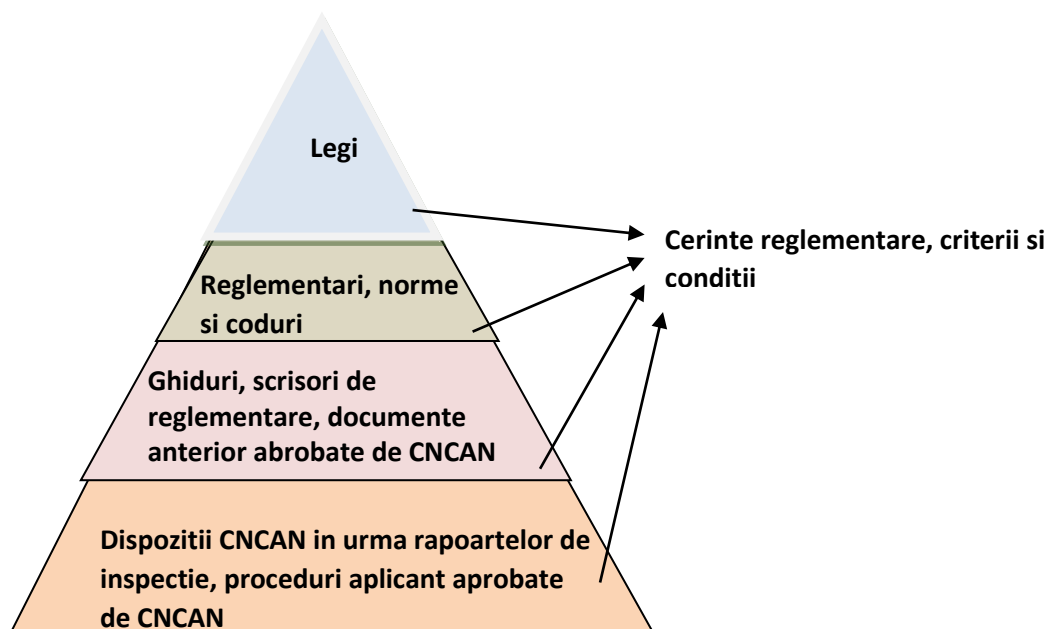


Figura 3.1 – Surse cerinte, criterii si conditii reglementare

Cererea de autorizare, pentru fiecare fază, trebuie să fie însoțită de următoarele documente:

- Un raport, împreună cu documentele doveditoare aferente, care să demonstreze îndeplinirea efectivă a cerințelor aplicabile din art. 18 și 24 din Legea nr. 111/1996;
- Raportul de securitate nucleară pentru faza respectivă, elaborat în conformitate cu cerințele și recomandările din normele și ghidurile specifice emise de CNCAN, care să demonstreze îndeplinirea tuturor cerințelor legale și reglementărilor de securitate nucleară aplicabile;
- Documentația sistemului de management aplicat activităților pentru care se solicită autorizarea, conform cerințelor din normele specifice emise de CNCAN privind sistemele de management în domeniul nuclear;
- Lista sistemelor, structurilor, componentelor și echipamentelor instalației nucleare (SSCE), inclusiv software-ul pentru sistemele de instrumentație și control, cu funcții de securitate nucleară;

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED

- Lista de reglementări, coduri și standarde aplicabile SSCE cu funcții de securitate nucleară, precum și detalii privind aplicarea acestora în activitățile de proiectare, analiză și verificare, execuție / fabricație, construcție și montaj, instalare, punere în funcțiune, testare, inspecție, întreținere și exploatare;
- Autorizațiile, avizele și aprobările emise de alte autorități și organe competente;
- Dovada achitării tarifului și taxei pentru autorizarea și controlul activităților nucleare, conform regulamentului în vigoare.

În afară de reglementările emise oficial (publicate), cerințele stabilite de CNCAN în procesul de licențiere pot fi impuse prin scrisori de reglementare.

Aplicațiile pentru autorizare includ, ca document principal, un raport de analiză de securitate în conformitate cu specificațiile stabilite de CNCAN pentru fiecare etapă a procesului de autorizare.

În vederea autorizării, o evaluare cuprinzătoare de securitate trebuie efectuată pentru a confirma faptul că proiectul considerat pentru fabricare, pentru construcție și cel construit îndeplinește cerințele de securitate prevăzute la începutul procesului de proiectare.

Raportul de Securitate Nucleară se dezvoltă de-a lungul vieții instalației nucleare, după cum urmează:

- Raportul de Securitate Nucleară pentru Proiect se elaborează și se înaintează la CNCAN spre evaluare pentru obținerea autorizației pentru proiect;
- Raportul Inițial de Securitate Nucleară (ISR) se elaborează și se înaintează la CNCAN spre evaluare pentru obținerea autorizației de amplasare;
- Raportul Preliminar de Securitate Nucleară (PSR) se elaborează și se înaintează la CNCAN spre evaluare pentru obținerea autorizației de construcție și montaj;
- Raportul Final de Securitate Nucleară (FSR) se elaborează și se înaintează la CNCAN spre evaluare pentru obținerea autorizației de punere în funcțiune și se actualizează după terminarea acestei faze, în vederea obținerii autorizației de exploatare.

Formatul și conținutul standard pentru rapoartele de analiză de securitate sunt stabilite în regulamentele și ghidurile de reglementare. [16] În plus față de rapoartele de analiză de securitate, solicitanții prezintă diverse documente justificative pentru a demonstra siguranța în operare a instalației nucleare și îndeplinirea tuturor cerințelor legislative și de reglementare relevante.

Procesul de revizuire realizat de CNCAN este documentat prin unul dintre următoarele mijloace:

- rapoarte de evaluare;

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



- scrisori de reglementare;
- rapoarte de inspecție, care conțin constatări și dispoziții;
- procese verbale scrise ca urmare a reuniunilor de licențiere (întâlniri comune între personalul CNCAN și reprezentanții titularului sau solicitantului).

Dacă revizia concluzionează că solicitantul a îndeplinit toate cerințele, o licență este emisă de CNCAN, pentru o anumită perioadă de timp. Toate limitele și condițiile derivate pentru fiecare caz specific sunt clar menționate în licență, care include secțiuni dedicate managementului calității, pregătirii de urgență, protecției împotriva radiațiilor, cerințelor de raportare, respectării documentelor de bază ale licențelor, ierarhiei documentelor licențiatului etc.

3.2 Fenomene importante pentru securitate

Caracteristicile intrinseci ale plumbului ca agent de răcire, precum și potențialul de a exploata îndepărtarea pasivă a căldurii din sistemele răcite cu plumb conduc la avantaje speciale ale LFR ca tehnologie de reactoare avansată pentru a satisface cerințele prezente și viitoare.

Funcțiile fundamentale de securitate sunt realizate și menținute prin exploatarea caracteristicilor intrinseci ale lichidului de răcire, respectiv ale plumbului. Inerția termică ridicată și feedback-ul negativ de reactivitate al sistemelor cu plumb oferă timp de grație mare pentru acțiunile operatorilor. Răcirea ZA se realizează prin folosirea caracteristicilor ridicate ale circulației naturale și asigurarea de sisteme DHR pasive, redundante și diverse. Pentru reținerea materialului radioactiv, tipul de piscină cu un vas de protecție previne pierderea lichidului de răcire primar, chiar și în cazul puțin probabil al defecțiunii vasului reactorului, în timp ce fluxul de circulație naturală este menținut prin prevederi de proiectare.

Fiind un lichid dens (atunci când este menținut peste temperatura normală de topire), plumbul are proprietăți excelente de răcire, în timp ce proprietățile sale nucleare (adică, tendința sa scăzută de a absorbi neutronii sau de a-i încetini) îi permit să susțină cu ușurință energiile ridicate de neutroni necesare într-un reactor rapid, oferind în același timp proiectantului o mare flexibilitate. Aceste caracteristici permit utilizarea îmbunătățită a resurselor, o durată de viață mai lungă pentru ZA, arderea eficientă a actinidelor minore și spațiu deschis pinilor de combustibil, caracteristici importante în realizarea sustenabilității, rezistenței la proliferare, economiei ciclului de combustibil și securității pasive sporite, permițând răcirea combustibilului prin circulație naturală.

Ca urmare a temperaturii foarte mari de fierbere a plumbului (1749 ° C), problema fierberii agentului de răcire este eliminată în mod practic. Marja ridicată până la fierbere aduce avantaje importante în ceea ce privește securitatea, ceea ce duce la simplificarea proiectării și la îmbunătățirea performanței economice.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



Ca agent de răcire care funcționează la presiune atmosferică, accidentul de pierdere a agentului de răcire (LOCA) poate fi practic eliminat prin utilizarea unui vas de siguranță proiectat corespunzător. Acesta nu este doar un avantaj de securitate, dar oferă și un potențial suplimentar pentru simplificarea instalației și performanțe economice îmbunătățite, deoarece procesul complex de gestionare simultană a temperaturii, presiunii și nivelului de răcire (așa cum se vede în reactoarele răcite cu apă) nu este necesar.

Plumbul se caracterizează printr-o activitate chimică scăzută, non-exotermă în contact cu aerul și apă și acest lucru oferă o oportunitate pentru eliminarea circuitului intermediar, reducând numărul de componente și, prin urmare, posibil și al costurilor. În consecință, în ALFRED (ca în majoritatea proiectelor LFR), SG-urile sunt situate direct în vasul principal de reactor.

Interacțiunile dintre apă și plumb, în cazul ruperii tubului generatorului de abur, trebuie luate în considerare cu atenție și pot fi analizate consecințele potențiale. Presurizarea gradată a vasului și transportul cu abur spre ZA cu potențial pentru insertia de reactivitate este cea mai credibilă amenințare care trebuie diminuată prin proviziile de proiectare.

Una dintre cele mai importante caracteristici ale plumbului ca agent de răcire este faptul că este relativ inert chimic. În comparație cu alți agenți de răcire, în special sodiu și apă, plumbul prezintă un material de răcire care nu suportă interacțiuni chimice rapide care pot duce la eliberarea de energie în caz de accident. Mai mult, tendința plumbului de a reține produse de fisiune și alte materiale care ar putea fi eliberate din combustibil în caz de accident este un alt avantaj important. Eliminarea necesității unui sistem intermediar de răcire pentru a izola agentul de răcire primar de apă și aburul sistemului de conversie a energiei reprezintă un avantaj și un potențial semnificativ pentru simplificarea instalației și îmbunătățirea performanței economice.

În urma accidentelor din reactorul Fukushima-Daiichi, este important să se ia în considerare comportarea viitoarelor tehnologii de reactori în lumina condițiilor severe. LFR poate demonstra caracteristici superioare pentru a evita consecințele unui set critic de scenarii de accident, având avantajul că nu are nevoie de o energie de rezervă în condiții de urgență, în virtutea îndepărtării căldurii în mod pasiv, datorită capacităților de circulație naturală și alte caracteristici ale plumbului utilizat ca agent de răcire.

Interacțiunile abur-teacă la reactoarele Fukushima-Daiichi au dus la eliberarea de hidrogen și explozii asociate. Dat fiind inerția chimică a plumbului ca agent de răcire, nu este posibilă nici o generare de hidrogen. Presiunea de proiectare a sistemului anvelopei nu este afectată de sistemul primar și poate fi limitată prin optimizarea inventarului de apă din sistemul secundar în proiectele care utilizează conversia ciclului de abur. Eliberarea potențialului de radionuclizi este redusă prin tendința plumbului de a reține în cea mai mare parte produsii de fisiune, reducând puternic termenul sursă din anvelopa.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



Pe baza analizelor efectuate în SARGEN IV, care a luat în considerare concluziile obținute în proiectele din Programul-cadru Euratom ELSY și LEADER, în special pentru demonstratorul tehnologic ALFRED, principalele caracteristici de securitate și problemele pentru LFR-uri pot fi rezumate după cum urmează:

- Materiale și lichid de răcire
- Plumbul topit este coroziv și se oxidează dacă nu este controlată concentrația de oxigen;
- Plumbul topit poate eroda materiale structurale, impuritățile metalice produse de coroziune pot fi transportate în sistemul primar;
- Vaporii de plumb sunt toxici din punct de vedere chimic;
- Greutatea specifică mare a plumbului și a inventarului total din primar ar putea fi, în caz de hazarduri externe, o provocare pentru integritatea structurală a sistemelor sau componentelor;
- Cantitățile mari de lichid de răcire în vasul principal din piscină pot duce la modele complexe de flux și interacțiuni între lichidul de răcire și structuri;
- Plumbul este opac optic.

Temperatura ridicată de topire a plumbului (327 °C) necesită menținerea sistemului de răcire primar la temperaturi care să prevină solidificarea agentului de răcire sau cel puțin să mențină o recirculare la nivelul ZA pentru a permite răcirea acestuia. Utilizarea unei configurații de tip piscină și a unui proiect de sistem primar adecvat poate oferi o soluție eficientă a acestei probleme.

Opacitatea plumbului, în combinație cu temperatura ridicată de topire, prezintă provocări legate de inspecția și monitorizarea componentelor din ZA, precum și de manipularea combustibilului.

Densitatea ridicată și masa mare de plumb necesară ca agent de răcire determină necesitatea unei analize atente a proiectării structurale pentru a preveni un impact seismic asupra reactorului. Configurațiile inovatoare ale sistemelor primare cu vasul de reactor cuplat cu izolatoare seismice, pot rezolva această problemă.

Probabil că provocările cele mai semnificative rezultă din tendința plumbului ca la temperaturi ridicate să fie coroziv atunci când este în contact cu oțelurile structurale. Această tendință, care este accelerată la temperaturi mai ridicate, va necesita o selecție atentă a materialului și monitorizarea componentelor și a sistemului în timpul operațiunilor instalației.

În așteptarea dezvoltării materialelor rezistente la coroziune, tratamentul la suprafață (de exemplu, aluminizarea) este propus ca o modalitate eficientă de a proteja de coroziune materialele scufundate în plumb. În configurațiile de proiectare propuse în prezent, temperaturile de funcționare relativ mici incluse în proiect reduc impactul potențial al acestei probleme.

Fiecare dintre domeniile de provocări în cercetare este un subiect de cercetare în curs.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



3.3 Părțile implicate în proces

3.3.1 Calificare solicitant

Articolul 18 din Legea nr. 111/1996 stabilește cerințele solicitantului pentru obținerea licenței; acestea sunt detaliate în reglementările specifice emise în conformitate cu prevederile articolului 5 din Legea nr. 111/1996.

În conformitate cu Legea nr. 111/1996, o licență pentru sistemul de management al calității (QMS) trebuie eliberată de CNCAN ca o condiție prealabilă pentru eliberarea licenței de proiectare, amplasare, construcție, comision, funcționare și dezafectare. Licențierea Sistemului de management al calității este obligatorie nu numai pentru aplicantul pentru licența, ci și pentru furnizorii de produse, servicii și sisteme clasificate drept importante pentru siguranța nucleară.

Rolul de „solicitant al autorizației de proiectare” poate fi asumat de:

- un consorțiu de proiectare legal stabilit cu o licență QMS sau
- toate organizațiile care desfășoară activități de proiectare, inclusiv activități suport pentru proiectare (de exemplu, elaborarea de coduri sau V&V, analiză, experimente) având o licență QMS separată (dacă consorțiul nu este o persoană juridică).

Fiecare organizație implicată în activitățile de proiectare trebuie să fie autorizată de CNCAN pentru activități de proiectare [21]. În plus, dacă o companie coordonează întregul set de activități, acționând ca manager de proiectare, compania trebuie să aplice pentru a fi autorizată și pentru managementul de proiect pentru activități de proiectare [19]. În general, pentru centralele comerciale, solicitantul de licență pentru validarea/ certificarea proiectului este proprietarul proiectului, fiind astfel entitatea care deține drepturile de proprietate intelectuală și acoperă costurile procesului de certificare a proiectării, din cauza avantajului economic derivat din vânzarea proiectului. Concret, în ceea ce privește ALFRED, datorită naturii de colaborare a proiectului și a obiectivelor acestuia, un solicitant este identificat (ca o acțiune prioritară) între acționari sau ca o combinație corespunzătoare a acestora, printr-o entitate stabilită legal. Solicitantul autorizației pentru validarea unui proiect poate fi diferit de solicitantul autorizației pentru construcție.

Natura solicitantului poate evolua în diferitele etape de autorizare (pot fi implicate alte entități care vor ocupa rolul de titular al licenței).

3.3.2 Rolul părților implicate în procesul de licențiere

CNCAN este autoritatea națională competentă în exercitarea reglementării, licențierii și a controlului în domeniul nuclear, pentru toate activitățile și instalațiile care intră în domeniul de aplicare a legii. Responsabilitățile generale și autoritatea CNCAN sunt

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



stipulate în lege și sunt detaliate în Regulamentul de organizare și funcționare a CNCAN, aprobat prin hotărâre guvernamentală.

Principalele responsabilități ale organismului de reglementare sunt următoarele:

- Elaborarea și actualizarea reglementărilor și ghidurilor;
- Revizia și evaluarea documentației de autorizare;
- Inspecții de reglementare;
- Eliberarea autorizațiilor în procedurile de licențiere;
- Raspunsul si pregatirea pentru situatii de urgenta;
- Activități de comunicare și consultare cu părțile interesate.

În îndeplinirea sarcinilor sale, organismul de reglementare poate folosi și expertiza tehnică și științifică a unei organizații de asistență tehnică (TSO).

Organizația de suport tehnic (TSO) furnizează expertiza tehnică și științifică în materie de securitate nucleară și de protecție la radiații organismului de reglementare, după cum este necesar [7]. Documentul IAEA descrie, de asemenea, serviciile furnizate organismului de reglementare și procesele necesare pentru menținerea nivelului necesar de expertiză. TSO poate fi o unitate organizatorică internă a organismului de reglementare sau una externă lui.

TSO poate să desfășoare și activități de cercetare și dezvoltare, necesare dezvoltării cunoștințelor și expertizei în revizia evaluărilor de securitate. TSO oferă, de asemenea, suport tehnic pentru elaborarea sau actualizarea reglementărilor naționale și poate sprijini activitățile de inspecție desfășurate de autoritățile de reglementare.

În timpul procesului de licențiere, implicarea solicitantului, a organismului de reglementare și a TSO se poate desfășura după cum urmează :

- aplicantul pregătește și transmite documentația cerută de către regulator ca parte a aplicației pentru autorizare
- autoritatea de reglementare atribuie revizia tehnică și evaluarea documentației către TSO
- TSO realizează revizia tehnică de securitate a documentației transmise de către aplicant
- autoritatea de reglementare supervizează procesul de autorizare pe baza informației din revizia de securitate și inspecții (acestea pot include implicarea TSO)
- autoritatea de reglementare decide eliberarea sau nu a autorizației

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



3.4 Foaie de parcurs

Foaia de parcurs pentru implementarea unui demonstrator LFR ca piatră de temelie a strategiei de implementare a unui SMR cu răcire cu plumb este elaborată luând în considerare o abordare etapizată de operare și necesitatea susținerii continue oferită de un program paralel de cercetare și dezvoltare.

Foaia de parcurs a demonstratorului poate fi împărțită în 4 faze principale (faza de viabilitate, pregătire, construcție și operare). O imagine schematică a foii de parcurs, incluzând principalele repere, descrierea fazelor, rezultatele principale este propusă în figura 3.2.

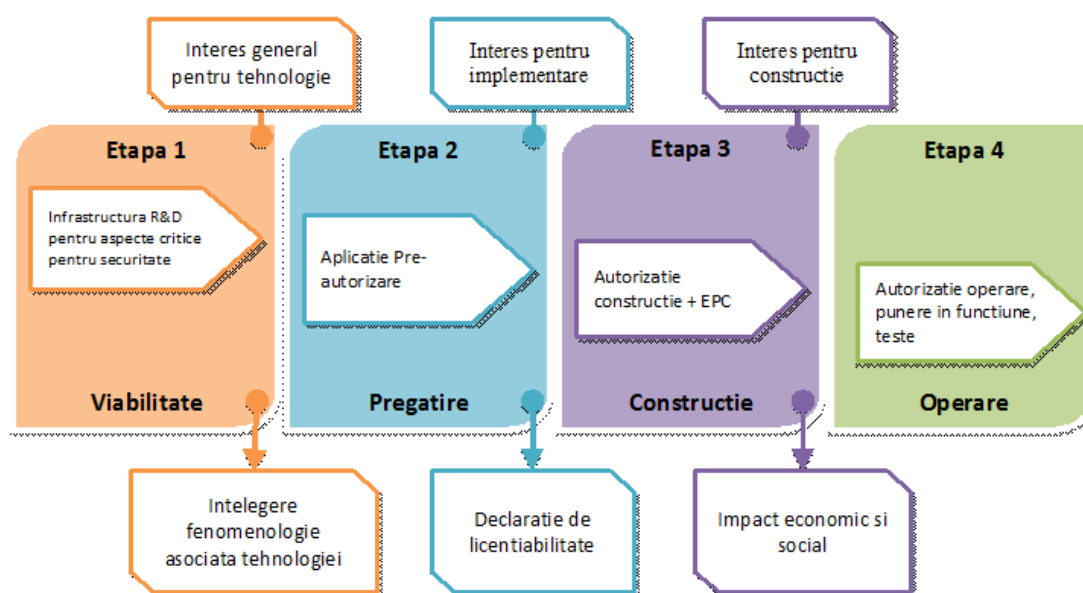


Figura 3.2 – Foaia de parcurs pentru implementarea ALFRED

Ultima fază este împărțită în mai multe etape, care vizează maximizarea feedback-ului din experiența operațională, pentru a se împinge treptat tehnologia către performanțe mai competitive.

Punerea în funcțiune, testarea și operarea demonstratorului va fi împărțită în etape, cu scopul de a obține încrederea necesară și experiența pentru operare în condiții de securitate.

Proiectul demonstratorului se va baza pe soluții tehnologice pe termen scurt, pentru care există suficientă încredere, deja susținută de cunoașterea actuală a aspectelor tehnologiei. Prin urmare, faza inițială în dezvoltarea demonstratorului este dedicată în principal înțelegerii aprofundate a fenomenologiei implicate, necesară pentru a susține cererea de pre-licențiere. Faza pregătitoare va avea ca scop promovarea unei

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED

mai bune înțelegeri a tehnologiei de către autoritățile de securitate și TSO-uri, finalizându-se printr-o certificare de succes a cererii de pre-licențiere pentru demonstrator. Proiectarea preliminară a demonstratorului va fi dezvoltată integrând cele mai recente rezultate ale programului de cercetare și dezvoltare la nivelul de detaliu necesar. Rezultatul pozitiv al aplicației de pre-licențiere și implicarea investitorilor privați (în special, IMM-urile și furnizorii) vor avea un efect de pârghie asupra economiei naționale.

Faza de operare a demonstratorului este de așteptat să fie realizată prin diferite etape, cu o implicare puternică a autorității de reglementare. Procesul de punere în funcțiune va începe înainte de livrarea combustibilului pe amplasament și va fi finalizat cu testele preoperaționale. Demonstratorul va fi acționat la o putere mică, cu o temperatură maximă limitată, compatibilă cu materialele selectate. Testele specifice vor fi planificate ca parte a demonstrației de securitate finală, oferind încrederea necesară pentru a îmbunătăți treptat performanțele. Un rezultat pozitiv va debloca următoarea etapă, așa cum a fost convenit în comun cu autoritatea de reglementare. În această fază, deși nu este strict legată de producția de energie electrică, utilitățile ar putea fi interesate să susțină proiectul pentru a înțelege aspectele și potențialitățile legate de tehnologie.

Etapele ulterioare ale operației demonstratorului vor permite testarea componentelor noi sau integrarea rezultatelor programului de cercetare și dezvoltare care a fost rulat constant în paralel. Oportunitatea va fi evaluată în comun cu Autoritatea de reglementare și va necesita o revizie a cererii de autorizare, o actualizare a demonstratorului și un nou set de teste preoperaționale.

Oportunitatea oferită de a instrui personal (cercetători, proiectanți, operatori) din partea autorităților de reglementare, organizațiilor tehnice de securitate, organizațiilor de cercetare, mediului academic, și industrie, ar fi benefică pentru a garanta sustenabilitatea instalației.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



4. Viziune asupra procesului de licențiere pentru ALFRED

Nu exista norme specific romanesti referitoare la validarea proiectului, pana in prezent CNCAN a acceptat implementarea proiectelor de reactori pentru instalatiile nucleare la momentul in care au fost emise licentele de constructie, pe baza raportului de analiza preliminar, care descrie proiectele si include analizele de securitate pentru proiectele si amplasamentele respective.

Abordarea de reglementare implementata de CNCAN pentru procesul de revizie a licentelor se bazeaza pe NUREG 800 [23], unde o faza de autorizare a proiectului, similara dar mai putin obligatorie decat o certificare completa de proiect precum la NRC, este considerata folositoare pentru ambele parti, pentru a ajunge la o intelegere a tehnologiei si specificitatilor de tehnologie si licentiere. Ori de cate ori detaliile tehnice necesare nu sunt disponibile, pot fi utilizate experimente pentru a produce evidentele necesare si pentru a integra lipsurile. Programul de cercetare va fi agreat intre proiectanti si CNCAN, si apoi implementat sub un management integrat de asigurare a calitatii. Toti participantii care realizeaza activitati de proiectare, si orice alte activitati care vin in sprijinul proiectului (dezvoltare de coduri, V&V, analize, experimente) trebuie sa fie licentiati de CNCAN pentru a desfasura aceste activitati.

Procesul de autorizare ALFRED va consta în două etape principale:

- o fază pre-licentiere;
- faza de licențiere.

O abordare etapizată va fi urmată pentru procesul de licențiere ALFRED.

Strategia propusă se bazează pe obținerea licenței în prima faza cu reactorul la putere joasă (temperatura scăzută a agentului de răcire din primar) urmată de o operare în mai multe etape, cu un nivel crescut de putere. Demonstratorul este utilizat pentru testarea materialelor și pentru calificarea lor pentru utilizare în siguranță în reactor.

În măsura posibilităților, documentația elaborată pentru licența de amplasare și construcție va considera condițiile complete de exploatare drept caz atotcuprinzător.

4.1 Pre-licențiere

O etapa de pre-acordare a licențelor ar trebui să ofere o imagine clară a argumentelor de securitate, siguranța, și protecție împotriva radiațiilor preconizate care trebuie dezvoltate de către solicitant în faza de licențiere. Acesta oferă, de asemenea, un cadru bine definit pentru viitoarele schimburi între solicitant și organismul de reglementare.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



Obiectivul final al etapei de pre-licențiere constă în obținerea unei convergențe, printr-un proces iterativ, asupra unui concept final al instalației, dacă opțiunile de siguranță și securitate au îndeplinit toate obiectivele autorității de securitate.

Pentru a obține o implicare practică a autorității de reglementare încă din stadiul proiectării tehnice, se consideră ca benefică o abordare prealabilă, similară cu cea adoptată pentru MYRHHA. Abordarea va consta în 2 etape majore:

- identificarea și evaluarea aspectelor specifice importante, noi sau nu suficient de dezvoltate, care pot avea un impact asupra securității instalației (aspecte care necesită un nivel de atenție sporit)
- elaborarea unui fișier de opțiuni de proiectare și prevederi (DOPF) considerat ca raport preliminar de evaluare a securității

Organismului de reglementare i se poate cere să efectueze o revizie preliminară a noului proiect de reactor pentru a evalua respectarea cerințelor sale de reglementare și pentru a identifica barierele fundamentale de autorizare. Rezultatul ar putea fi similar cu o declarație privind revizia opțiunilor de securitate ale proiectului. În acest fel, noul proiect este revizuit și evaluat dacă va putea fi autorizat, după ce factorii specifici amplasamentului vor fi luați în considerare.

Procesul de pre-licențiere (figura 2) include activități paralele și secvențiale:

- Pregătirea tuturor documentelor și informațiilor, inclusiv descrierea tehnică a proiectului (ultima versiune) și transmiterea către autoritatea de reglementare
- Analiza cadrului de reglementare (de către autoritatea de reglementare), inclusiv a standardelor existente (atât la nivel național, cât și internațional); evaluarea gradului de conformitate – TSO poate fi implicat în această activitate
- Schimbul de informații cu alte organisme de reglementare implicate în faze similare pentru proiecte inovatoare și tehnologii avansate
- Colectarea, discuția și integrarea (de către autoritatea de reglementare) a informațiilor și a cunoștințelor disponibile și accesibile pentru acele tehnologii considerate de solicitant
- Definirea (de către autoritatea de reglementare) de: obiective de securitate minimale, cerințe de securitate, reglementări și standarde care trebuie îndeplinite de instalație pentru a demonstra nivelul de securitate în funcționare – TSO poate fi implicat în această activitate
- Completarea (de către solicitant) a opțiunilor de securitate și a prevederilor de securitate pentru a îndeplini nivelurile de securitate și siguranța solicitate
- Elaborarea, dacă este necesar, (de către autoritatea de reglementare) a unor îndrumări tematice asupra problemelor care merită o investigație mai profundă – TSO poate fi implicat în această activitate

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



- Identificarea (de către solicitant, TSO și de către autoritatea de reglementare) a unor aspecte importante (aspecte noi sau insuficient dezvoltate - care implică incertitudini asociate semnificative - și care au un impact asupra securității instalației); justificarea (de către proiectant) că conceptul utilizat este capabil să răspundă satisfăcător la aceste preocupări specifice, pe baza experienței de feedback disponibile și a analizelor teoretice
- Redactarea (de către autoritatea de reglementare) a raportului care conține concluziile etapei de pre-licențiere

Revizia de pre-aplicare pentru licențiere trebuie să identifice următoarele:

- Caracteristici unice de proiect sau SSC;
- Noi metode în sprijinul acceptării caracteristicilor de securitate și/ sau rezultatele accidentelor baza de proiect, în special metode nefolosite anterior (nevalidate);
- Aspecte tehnice importante, posibil acoperite în reglementările existente;
- Cercetări potențiale pentru a rezolva aspectele identificate.

Faza pre-licențiere include „Faza de validare a proiectului”. Procesul de validare a proiectului este o fază utilă pentru proiectant și pentru autoritățile de reglementare pentru a obține o înțelegere mutual reciprocă a specificului de autorizare și a tehnologiei. Validarea proiectului este axată doar pe partea nucleară (deci este independentă de amplasament). Această fază va include următoarele etape:

- *Analiza codurilor și standardelor existente* pe care proiectantul intenționează să le utilizeze pentru proiectarea, achizițiile și construcția și identificarea celor care necesită adaptare, interpretare și abateri în timpul proiectării, pentru a aborda caracteristicile unice ale tehnologiei ne-LWR;
- *Calificarea materialelor* care nu sunt acoperite de codurile și standardele aplicabile în prezent și activitățile experimentale de cercetare și dezvoltare necesare pentru a susține investigarea comportamentului materialelor;
- *Validarea codurilor de computer* care urmează să fie dezvoltate și activitățile de cercetare și dezvoltare asociate pentru a acoperi lacunele codurilor actuale. Pentru fiecare cod trebuie prezentat un raport de validare la CNCAN pentru a fi aprobat pentru utilizare în proiectare și în analiza de securitate;
- *Calificarea „solicitantului”*. Fiecare organizație implicată în activitățile de proiectare (inclusiv activități de cercetare și dezvoltare) trebuie să fie autorizată de CNCAN. CNCAN trebuie să elibereze o licență pentru sistemul de management al calității (QMS) ca o condiție prealabilă pentru lansarea proiectului. Solicitantul validării proiectului poate fi diferit de solicitantul autorizatiei de construcție.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



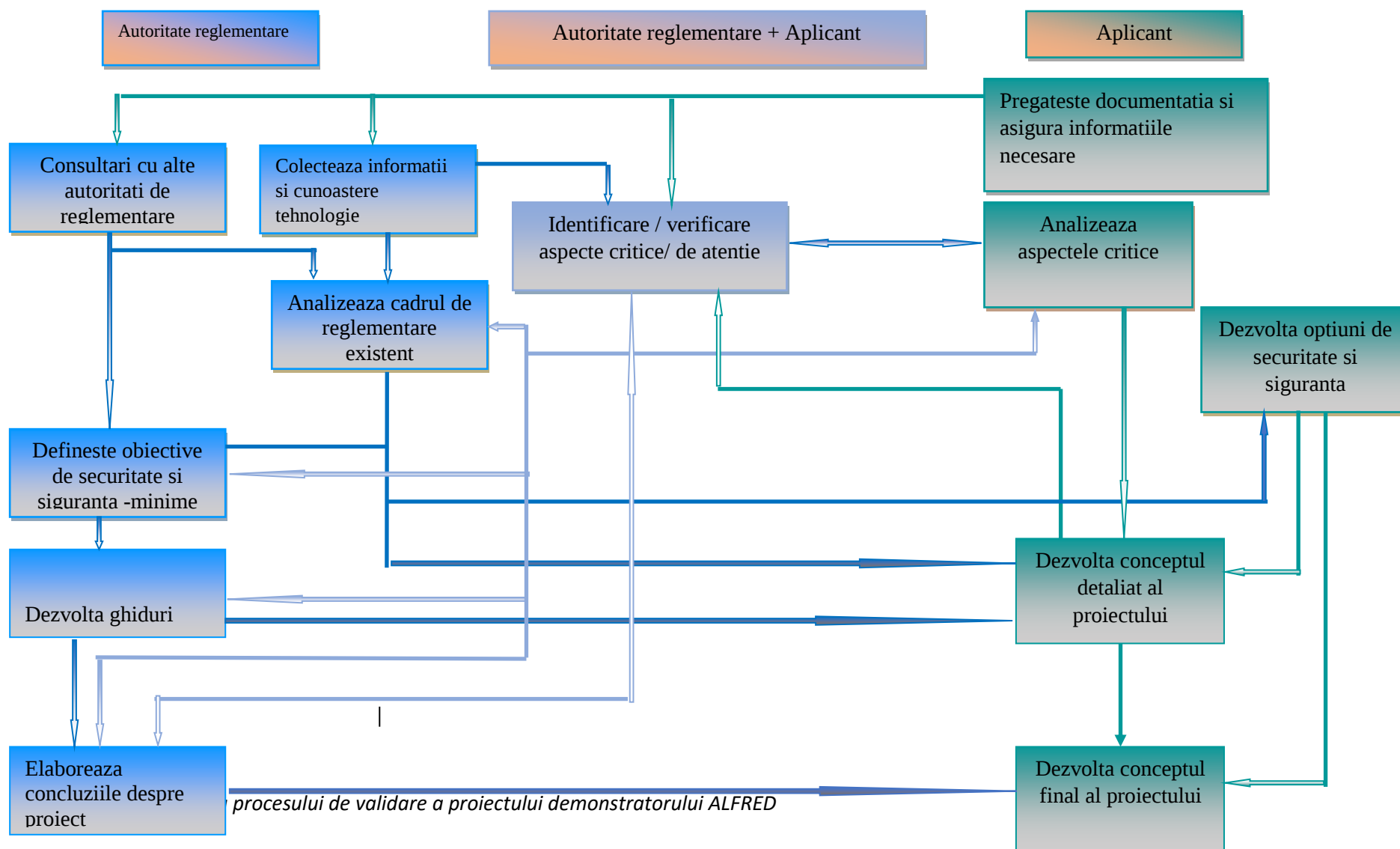


Figura 4.1 – Implicarea organizatiilor in etapa pre-licentiere



Odată finalizată în mod satisfăcător faza de pre-licențiere, solicitantul va primi de la CNCAN o „Scrisoare de confort”: acest document va certifica următoarele:

- Nu se anticipează probleme majore de securitate în proiectul conceptual ALFRED;
- Activitățile de cercetare și dezvoltare care susțin proiectarea și autorizarea ALFRED sunt considerate adecvate și țin seama în mod corespunzător de specificul introdus de tehnologia destinată a fi utilizată în demonstrator.

Procesul de pre-licențiere se bazează pe discuții între proiectanți și autoritățile de reglementare menite să identifice obiectivele de securitate, precum și reglementările și standardele aplicabile demonstratorului și să producă documentul de concluzii (cadru de reglementare aplicabil pentru implementarea proiectului, care specifică filozofia de securitate, siguranța și garanții preconizate). Acest document prezintă o diagramă logică, care definește pașii necesari pentru autorizarea unei noi instalații nucleare și asigură respectarea cerințelor de securitate, siguranța și garanții nucleare.

Prezentarea aspectelor importante și discuția dintre proiectant și autoritatea de reglementare pentru o temă predefinită vor servi drept bază pentru evaluarea conceptului privind acceptabilitatea opțiunilor de proiectare selectate. Conceptul DiD și principiile sale fundamentale rămân fundamentul întregului proces.

Dispozițiile de securitate și siguranța selectate implementate prin proiectare, specificațiile de securitate operațională și cerințele de securitate tehnică și operațională vor fi prezentate, cu furnizarea unei justificări care să demonstreze că obiectivele de securitate sunt îndeplinite sau depășite de arhitectura de securitate.

Proiectarea și specificațiile operaționale de securitate se bazează pe opțiunile de securitate propuse de proiectant.

Abordarea de securitate se bazează în principal pe:

- identificarea și evaluarea aspectelor importante, a unui aspect specific nou sau nu suficient de matur, care poate avea un impact asupra securității instalației;
- dezvoltarea, după caz, a unor orientări specifice, de ex. în ceea ce privește hazardurile externe și combinațiile acestora;
- interacțiunea periodică cu regulatorul.

4.2 Etape de licențiere

Validare proiect

Ca prim pas al procesului de licențiere, solicitantul va transmite un document de bază de licențiere (LBD) la CNCAN. Acest document se va baza pe reglementările românești și alte reglementări internaționale, coduri industriale și standarde. Pentru

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



faza de proiectare, principalele cerințe de reglementare sunt indicate în NSN-02 [15]. LBD definește cerințele de securitate și de licențiere aplicabile pentru ALFRED și cerințele de reglementare (interfețe). În LBD sunt precizate următoarele:

- Cerințe de reglementare aplicabile, inclusiv cele indicate autorităților diferite de CNCAN;
- Lista de coduri și standarde aplicabile, inclusiv standarde și ghiduri internaționale de securitate;
- Cerințe de securitate a proiectului;
- Lista evenimentelor bază de proiectare;
- Cerințe de analiză de securitate.

Pentru a finaliza etapa de validare a proiectului, toate activitățile de cercetare și dezvoltare trebuie finalizate.

Graficul de parcurgere al acestei etape este descris în figura 4.2.

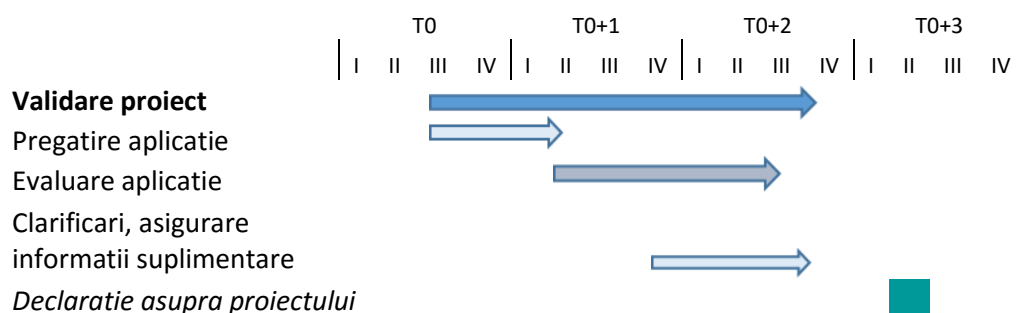


Figura 4.2 – Planificare etapa validare proiect

CNCAN va analiza LBD și va oferi indicații privind îmbunătățiri suplimentare și cerințe suplimentare pentru proiect. Validarea proiectului este obținută prin revizuirea aplicației, care ține cont de problemele de securitate asociate cu proiectul propus, independent de un amplasament specific.

Autorizare amplasament

După finalizarea fazei de proiectare conceptuală, va fi elaborată aplicația de evaluare a impactului asupra mediului (EIA) (specific unui amplasament). Analiza de mediu pentru amplasare va considera condițiile complete de funcționare ca fiind un caz atotcuprinzător.

Documentația de autorizare pentru amplasament va lua în considerare cerințele CNCAN prevăzute în NSN-01 [14], NSN-02 [15] și cerințele de calitate pentru

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED

evaluarea și selecția locației specificate în NMC-03 [20]. Principalele documente care urmează să fie elaborate pentru autorizarea de amplasare sunt următoarele:

o Raportul inițial de analiză de securitate (ISAR) cu următorul conținut:

- ☐ Identificarea și investigarea caracteristicilor amplasamentului;
- ☐ Justificarea din punct de vedere al securității pentru selecția amplasamentului;
- ☐ Demonstrarea potrivirii amplasamentului pentru proiectarea, construcția, punerea în funcțiune și funcționarea instalației;
- ☐ Descrierea proiectului conceptual al instalației și funcționarea acesteia;
- ☐ Evaluări de securitate pentru a demonstra că proiectarea reactorului asigură o probabilitate foarte scăzută de accidente cu degajări radioactive semnificative și măsuri de atenuare a consecințelor accidentelor în ceea ce privește eliberarea de substanțe radioactive și expuneri la doze pentru populație și personal;
- ☐ Evaluarea preliminară a impactului asupra mediului;
- ☐ Strategia de dezafectare, al cărei nivel de dezvoltare ar trebui să fie proporțional cu perioada de timp înainte de care va avea loc dezafectarea.

o Documentarea sistemelor de management al calității aplicate la evaluarea și selectarea amplasamentelor pentru instalații nucleare [20];

o Raport privind evaluarea impactului asupra mediului care conține evaluarea preliminară a impactului asupra mediului;

o Autorizațiile, avizele și aprobările emise de alte autorități competente (utilități, protecția împotriva incendiilor) necesar a fi obținute în avans.

Avizele și acordurile de la autoritățile locale și cele de reglementare (CNCAN, ISCIR, etc.) cuprind următoarele: Certificat de urbanism (Consiliul Județean) Aviz apă și canalizare (Primăria orașului) Aviz MIRA (Ministerul de Interne și Reformei Administrative) Aviz SRI (Serviciul Român de Informații) Aviz MAPN (Ministerul Apărării Naționale Statul Major General) Aviz/Autorizație Protecție Civilă (Inspectoratul General pentru Situații de Urgență sau Inspectoratul Județean) Aviz sanitar (Direcția de Sănătate Publică) Aviz ISC MLPAT (Inspectoratul în Construcții) Aviz / autorizație de gospodărire a apelor (Administrația Națională Apele Române, Direcția de Ape) Aviz/ /Autorizație PSI (Inspectoratul Județean pentru Situații de Urgență) Acord unic (Consiliul Județean) Autorizație de construire (Consiliul Județean) Acord de mediu (Autoritatea Competentă pentru Protecția Mediului-ACPM).

Planul de autorizare pentru această etapă este ilustrat în figura 4.3.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



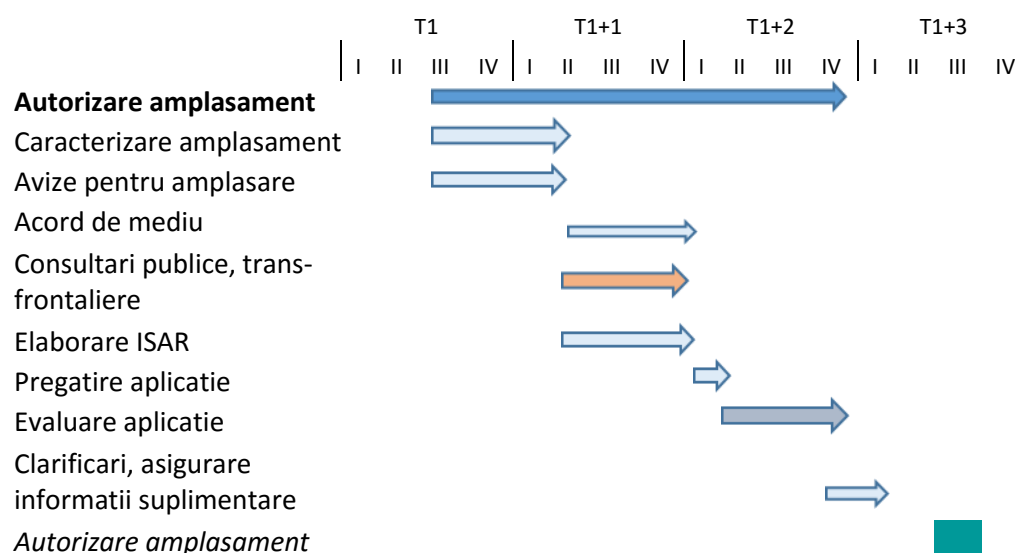


Figura 4.3 – Plan pentru autorizarea amplasamentului

Elaborarea raportului de evaluare a impactului asupra mediului presupune :

- a. estimarea impactului in conditii de functionare normala, anormala sau in conditii de accident
- b. estimarea riscurilor neradiologice generate de materiale toxice utilizate in instalatie

Odată ce faza de autorizare a amplasamentului este finalizată satisfăcător, solicitantul va primi autorizatia.

Construcție

Această etapă este realizată la nivelul unui proiect detaliat. Principalele cerințe pentru construcție sunt raportate în reglementările CNCAN NSN-02 [15] și NSN-22 [13]. Cerințele specifice pentru managementul calității aplicate activităților de punere în funcțiune sunt prezentate în NMC-09. În această etapă, solicitantul va transmite Raportul preliminar de securitate (PSR) la CNCAN. Acest document va lua în considerare condițiile complete de funcționare drept caz atotcuprinzător. Acest document va conține:

o Descrierea caracteristicilor specifice amplasamentului și a factorilor de securitate asociați amplasamentului (geografia si demografia amplasamentului; caracterizarea geologica, hidrologica, seismologica si geotehnica a amplasamentului; conditiile meteorologice regionale si locale, monitorizarea acestora; obiectivele economice, caile de transport aflate in apropierea amplasamentului si impactul potential asupra functionarii instalatiei);

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED

- o Demonstrarea conformității sistemelor principale la valorile nominale de operare cu cerințele de securitate;
- o Indicarea oricărei soluții de proiectare noi sau neobișnuite și evaluarea impactului acestora asupra securității;
- o Demonstrația că proiectul a fost elaborat în conformitate cu cerințele de proiectare ale sistemului național de reglementari;
- o Demonstrația că soluțiile tehnice adoptate pentru construcție, punere în funcțiune și exploatare sunt conforme cu cerințele generale de securitate;
- o Evaluarea preliminară a securității care dovedește că sunt furnizate marje adecvate de securitate în timpul funcționării normale, tranzienti, incidente și condiții de accident;
- o Managementul efluentilor și deșeurilor radioactive (inventarul de produși de fisiune din zona activă; sursele potențiale de scurgeri de materiale radioactive; sistemele de gospodărire a deșeurilor radioactive; cantități estimate de efluenți lichizi, gazoși și deșeuri solide radioactive; evaluare doze; monitorizarea radioactivității efluentilor; programul de măsuratori ale factorilor de mediu, planul de dezafectare)
- o Protecția la radiații (implementare principiu ALARA; sursele de expunere la radiații; evaluarea dozelor pentru personalul ocupat profesional; mijloacele utilizate pentru controlul și limitarea expunerii personalului ocupat profesional)
- o Indicarea măsurilor tehnice și administrative adecvate pentru evenimentele postulate, inclusiv pentru mai multe evenimente;
- o Descrierea programului de asigurare a calității;
- o Identificarea limitelor și condițiilor operative;
- o Identificarea SSC-urilor care necesită finalizarea programului special de cercetare înainte de construcție, pentru a dovedi respectarea deplină a cerințelor de securitate;
- o Descrierea planului de urgență.

Planul de implementare pentru această etapă este descris în figura 4.4.

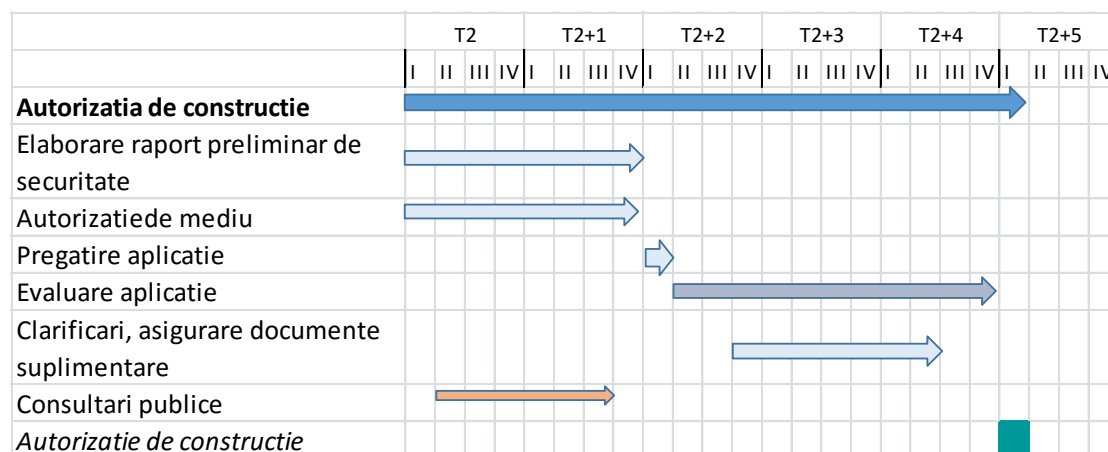


Figura 4.4– Plan pentru autorizatia de constructie

PSR, Ghidurile de proiectare a securitatii (SDG), Manualele de proiectare (DM) și alte documente tehnice justificative susțin nivelul de siguranță în operare al instalației. Odată finalizată faza de autorizatie de construcție, solicitantul va primi autorizația de construcție.

Punere în funcțiune

Această etapă se bazează pe documentația „așa cum este construit”. Principalul document care urmează să fie elaborat în această etapă este Raportul final de securitate (FSR) sau Raport final de analiză de securitate (FSAR). Acest document prevede:

- o Actualizarea evaluărilor de securitate efectuate în PSR;
- o Rezultatele programului de monitorizare a mediului pe amplasament și pentru zonele înconjurătoare;
- o Descrierea structurilor, sistemelor și componentelor (SSC), cerințele lor de performanță și securitate cerute și justificarea tehnică a selecției acestora;
- o Demonstrarea conformitatii SSC cu funcțiile de securitate necesare;
- o Indicarea materialelor radioactive preconizate să fie produse în timpul operațiunii, controalele și măsurile necesare pentru limitarea evacuării de efluenți radioactivi în mediu și expunerea operațională;
- o Structura organizațională pentru operațiunea de punere în funcțiune și programul de instruire;
- o Planuri, programe și proceduri pentru testarea pre-operațională și operațiunile inițiale;
- o Descrierea operațiunilor, întreținerea, supravegherea și testarea SSC;
- o Planuri de urgență și modalități de pregătire pentru situații de urgență.

După aprobarea FSR / FSAR, solicitantul va primi autorizarea de punere în funcțiune.

Planul de implementare pentru obtinerea autorizatiei de operare este descris in figura 4.5.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



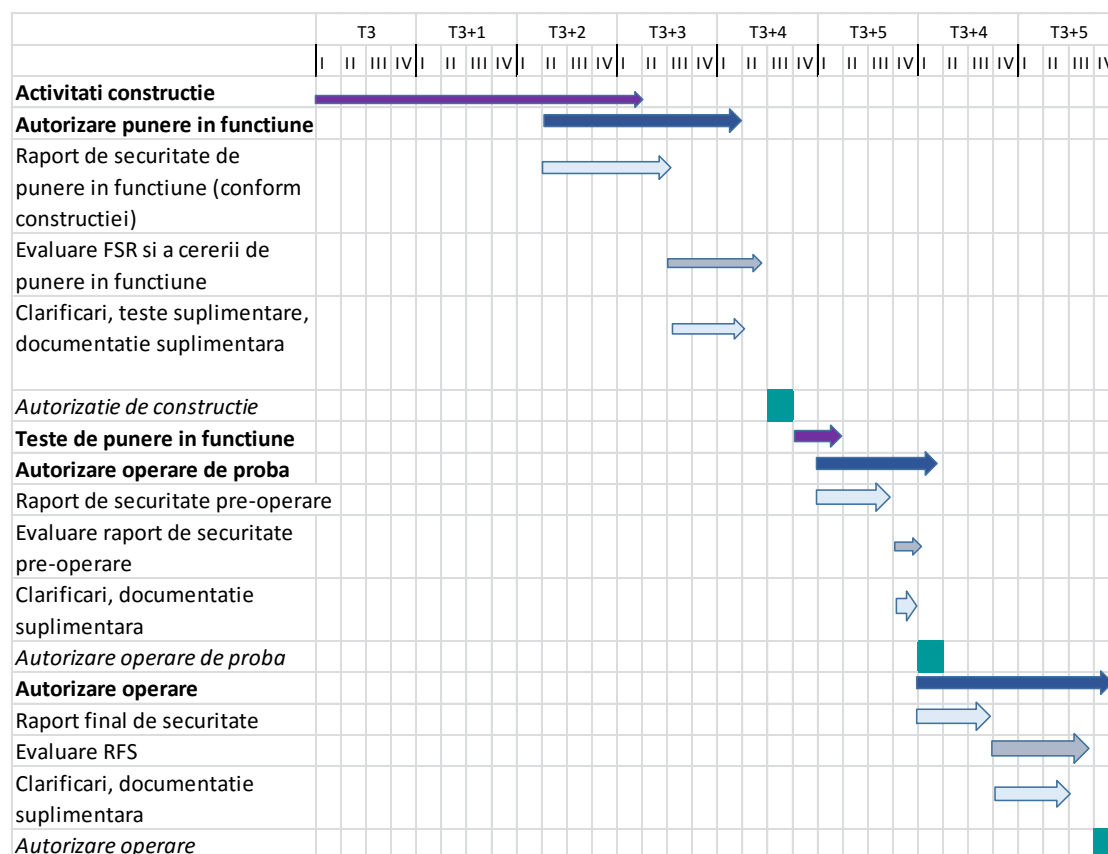


Figura 4.5 – Plan autorizare operare

Operarea de proba

La sfârșitul etapei de punere în funcțiune, va fi elaborat un raport de securitate pre-operațional, care include revizuirea FSR / FSAR la finalizarea operațiunii de punere în funcțiune. Acest document conține concluzii privind rapoartele de punere în funcțiune. Odată ce raportul de securitate pre-operațional a fost aprobat de CNCAN, solicitantul va primi autorizația de operare de proba.

Operare

Pentru cererea de autorizare a operarii, este necesara actualizarea FSR / FSAR pentru a include rezultatele operațiunii de operare de proba și o actualizare a raportului de modificare a proiectului. Evaluarea evenimentelor neplanificate este inclusă. Licența de operare este revizuită periodic.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED

4.3 Licențierea și abordarea etapizată

Planul de licențiere ALFRED, bazat pe fazele ciclului de viață a instalației, este necesar să fie combinat cu principiile abordării etapizate.

După ce se finalizează faza de pre-licențiere constând în validarea proiectului pentru etapa 1, solicitantul va prezenta documentația solicitată pentru finalizarea proiectului (luând în considerare și condițiile de operare aferente etapei operationale 3), împreună cu cererea de autorizare a amplasamentului. Totodată, în această fază, cererea de evaluare a impactului asupra mediului (EIA) (specifică amplasamentului) pentru condiția de operare completă (Etapa 3) va fi transmisă.

Autorizarea proiectului pentru etapa 1 și cererea de amplasare pentru etapa 3 vor fi procesate în paralel și vor fi urmate de licența de construcție pentru etapa 3, presupunând că validarea proiectului acoperă deja acele aspecte din etapa 3 relevante pentru licența de construcție.

După ce se va obține validarea proiectului pentru etapa operatională 1, solicitantul va continua cu următoarele etape de licențiere legate de etapa 1: punerea în funcțiune, testarea și operarea, acoperite de licența de operare.

După ce va fi autorizat pentru a fi operat în siguranță în condițiile din etapa 1, reactorul va servi în prima fază pentru a produce dovezi necesare în sprijinul validării de proiectare a etapei 2 (care urmează a fi concepută incremental în ceea ce privește validarea proiectării deja obținută pentru etapa 1). Se preconizează că procesul va începe chiar mai devreme prin evidențele colectate din instalațiile experimentale suport pentru ALFRED. În orice caz, rezultatele obținute în urma funcționării ALFRED în etapa 1 vor fi necesare pentru a finaliza procesul.

În pasul următor, solicitantul va depune documentele de licență legate de etapele de licență aplicabile pentru Etapa 2 (de la validarea proiectului până la funcționare, urmând pașii necesari), inclusiv orice adăugare necesară la autorizația de amplasare și cea pentru construcție (dacă este necesar).

Aceeași abordare descrisă pentru Etapa 2 va fi urmată și pentru Etapa 3.

5. Concluzii

Documentul abordează subiectele legate de abordarea securitate prin proiectare și de procesul de licențiere.

Abordarea de proiectare ALFRED a fost definită, pentru a oferi o referință sistematică pentru dezvoltarea proiectului ALFRED, și pentru a evalua eficacitatea alegerilor de proiectare.

Abordarea securitate prin proiectare se bazează pe doi piloni, definiți într-un cadru normativ și unul funcțional. Fiecare pilon este format dintr-o ierarhie de niveluri, care articulează obiectivele / fundamentele generale și de nivel înalt în coduri și standarde / limite de proiectare (respectiv pentru pilonul de securitate / proiectare în cadrul normativ / funcțional).

Obiectivele principale de proiectare ALFRED au fost definite, fiind clasificate în obiective de securitate și de demonstrație. Acestea vor fi utilizate ca referințe pentru elaborarea și detalierea în continuare a elementelor din nivelurile succesive ale ierarhiei din cadrul funcțional.

Sunt prezentate acele aspecte ale abordării securitate prin proiectare ALFRED legate de structura ierarhică a criteriilor și cerințelor, cu scopul de a dezvolta sistematic o secvență logică de criterii de proiectare derivate din obiectivele de nivel înalt ale proiectului. În primul rând, sunt prezentate primele două etape ale procesului, și anume obiectivele de securitate și criteriile de proiectare de nivel înalt, împărțite în criterii generale, de proiectare, de autorizare și operaționale. Pentru fiecare obiectiv și cerință, este detaliată justificarea și sunt evidențiate clar criteriile conectate prin legături funcționale sau logice. Întrucât acesta este un proces piramidal secvențial, declinarea criteriilor față de etapele inferioare ale lanțului implică un nivel de detaliu care crește progresiv.

Elementele de referință pentru procesul de licențiere ALFRED sunt detaliate. Cadrul de reglementare existent este prezentat pe scurt în ceea ce privește actorii implicați în proces, rolurile solicitantului, autorității de reglementare și TSO și modul în care interacționează în timpul procesului de licențiere.

După prezentarea succintă a cadrului de reglementare existent, cu specificarea aspectelor legislative și de reglementare completate cu cele legate de sistemul de management, este prezentată strategia propusă pentru autorizarea proiectului ALFRED, cu accent pe etapa de „validare proiect”. Ideea de bază este adoptarea unei abordări etapizate, abordare care are un impact puternic atât asupra opțiunilor de proiectare, cât și a abordării de securitate. Se preconizează că procesul de licențiere va fi, de asemenea, afectat favorabil, deși necesită diversificare în ceea ce privește cadrul utilizat în mod normal pentru licențierea reactoarelor din România.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



Strategia prevede un proces gradat în care, în timp ce se califică atât amplasamentul cât și construcția pentru condițiile reactorului la stadiul său final, sunt planificate modificări între fiecare etapă pentru a califica pas cu pas funcționarea reactorului în lumina probelor experimentale, a instalațiilor suport și a evidențelor operaționale.

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



Referințe

- [1] GIF Policy Group. Technology roadmap update for Generation IV nuclear energy systems, USA: The OECD Nuclear Energy Agency for the Generation IV International Forum; January 2014
- [2] IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 1 (Rev. 1)- Governmental, Legal and Regulatory Framework for Safety
- [3] International Atomic Energy Agency, Fundamental Safety Principles, Safety Standards for protecting people and the environment No. SF-1 (2006)
- [4] International Atomic Energy Agency, Safety of Nuclear Power Plants: Design, Safety Standards for protecting people and the environment, Specific Safety Requirements No. SSR-2/1, revision 1 (2016)
- [5] U.S. Nuclear Regulatory Commission, Guidance for Developing Principal Design Criteria for non-Light-Water Reactors, Regulatory Guide 1.232, revision 0 (2018)
- [6] Generation-IV International Forum, Safety Design Criteria for Generation IV Lead-cooled Fast Reactor System, Technical Report GIF LFR-SDC-00/2015/00 (2015)
- [7] IAEA TECDOC 1835, Technical and Scientific Support Organizations providing support to regulatory functions, Viena, March 2018
- [8] Deployment strategy, SNETP (2015)
- [9] Advanced Non-LWR Licensing Strategies: Past, Present and Possible Future - Gary Holahan, Office of New Reactors, U.S. Nuclear Regulatory Commission (June 9, 2015): Possible Enhanced Two-Step Licensing Process for Advanced Designs
- [10] Issue Brief on The Framework for Advanced Reactor Licensing Modernization, U.S. Nuclear Infrastructure Council - Advanced Reactors Task Force, by the Honorable Jeffrey S. Merrifield Commissioner, U.S. Nuclear Regulatory Commission (1998-2007), USNIC Advanced Reactors Task Force (2016)
- [11] NUREG-1226, Development and Utilization of the NRC Policy Statement on the Regulation of Advanced Nuclear Power Plants, June 1988 - pre-application guidance for advanced reactor design reviews
- [12] Alemberti A., Frogheri M.L., Hermsmeyer S., Smirnov L.A.V., Takahashi M., Smith C.F., et al., Lead-cooled fast reactor (LFR) risk and safety assessment white paper, revision 8, April 2014
- [13] NSN-22, Norme privind autorizarea instalatiilor nucleare, aprobate prin Ordinul presedintelui CNCAN nr. 336/03.01.2019 si publicate in Monitorul Oficial, Partea I, nr. 5 din data de 03 ianuarie 2019
- [14] NSN-01, Norme de securitate nucleară privind amplasarea centralelor nucleare-electrice, publicate in Monitorul Oficial, Partea I nr. 836 din 14/12/2010
- [15] NSN-02, Norme de securitate nucleară privind proiectarea și construcția centralelor nucleare-electric publicate in Monitorul Oficial, Partea I nr. 855bis din 21/12/2010
- [16] GSN-04, Ghidul privind formatul-cadru si continutul Raportului Final de Securitate Nucleara pentru centralele nucleare-electrice, publicat in Monitorul Oficial, Partea I nr. 752 din 08 octombrie 2015

L2.2 - Viziune asupra procesului de validare a proiectului demonstratorului ALFRED



- [17] NSN-21, Norme fundamentale de securitate nucleara pentru instalatiile nucleare, publicate in Monitorul Oficial, Partea I nr. 441 din 14 iunie 2017
- [18] NMC-01, Norme privind autorizarea sistemelor de management al calitatii aplicate la realizarea, functionarea si dezafectarea instalatiilor nucleare, aprobate prin Ordinul presedintelui CNCAN nr. 65/2003, publicat in Monitorul Oficial al Romaniei, Partea I, nr. 681 bis din 26 septembrie 2003
- [19] NMC-02, Norme privind cerintele generale pentru sistemele de management al calitatii aplicate la realizarea, functionarea si dezafectarea instalatiilor nucleare, aprobate prin Ordinul presedintelui CNCAN nr. 66/2003, publicate in Monitorul Oficial al Romaniei, Partea I, nr. 681 bis din 26 septembrie 2003, modificate prin Ordinul nr. 286/2004 din 27.08.2004 publicat in Monitorul Oficial al Romaniei, Partea I, nr. 874 din 24/09/2004
- [20] NMC-03, Norme privind cerintele specifice pentru sistemele de management al calitatii aplicate la evaluarea si alegerea amplasamentelor instalatiilor nucleare , aprobate prin Ordinul presedintelui CNCAN nr. 67/2003, publicat in Monitorul Oficial al Romaniei, Partea I, nr. 681 bis din 26 septembrie 2003
- [21] NMC-05, Norme privind cerintele specifice pentru sistemele de management al calitatii aplicate la proiectarea instalatiilor nucleare, aprobate prin Ordinul presedintelui CNCAN nr. 69/2003, publicat in Monitorul Oficial al Romaniei, Partea I, nr. 681 bis din 26 septembrie 2003
- [22] NUREG-0800, Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants: LWR Edition, US NRC, rev.3, March 1996