

ACCIDENTUL NUCLEAR

1. Definiție, clasificare, efecte
2. Materializare grafică
3. Măsuri de prevenire, protecție și intervenție

Radiațiile sunt frecvente în natură sau pot fi produse în mod artificial fără a fi definite nici ca tip nici ca efect. Iradierea naturală a organismului uman se datorează radiațiilor ionizante existente în mediul înconjurător (radiațiile cosmice, radioactivitatea solului, a alimentelor etc). La acestea se adaugă:

- folosirea radiațiilor în investigațiile și tratamentele medicale
- iradierea datorată experimentelor nucleare în atmosferă și industria energetică nucleară

Ponderea cea mai importantă în iradierea organismului uman o are iradierea naturală 66% , urmată de iradierea medicală 23% și cu valori apropiate iradierea profesională și cea suplimentară.

Deoarece efectele radiațiilor sunt legate de **doza de radiație primită**, care asociază un factor de risc s-a stabilit doza maximă admisă pentru populație de 5mSv/an.

Accidentul nuclear se consideră a fi evenimentul care afectează instalația nucleară și provoacă iradierea sau contaminarea populației și mediului înconjurător peste limitele maxime admise.

Instalațiile și activitățile care sunt luate în considerare ca sursă de accident nuclear sunt:

- reactoarele nucleare energetice și de cercetare
- instalațiile din ciclul de producere a combustibilului nuclear
- instalațiile de tratare a deșeurilor radioactive
- transportul și depozitarea combustibilului nuclear sau a deșeurilor radioactive
- producerea, utilizarea, depozitarea, stocarea și transportul radioizotopilor folosiți în agricultură, industrie, medicină, precum și în scopuri științifice și de cercetare
- utilizarea radioizotopilor pentru producerea de energie în obiecte spațiale

Centralele nucleare electrice având în structură reactoare nucleare de putere (500 – 1000 MW) constituie pericolele cele mai grave pentru contaminarea mediului înconjurător și iradierea populației în astfel de situații, așa cum au demonstrat accidentele nucleare din tabelul de mai jos:

Tara (regiunea)	Localizare	Data	Accidentul
SUA	Houston	Martie 1957	Răspândirea de praf radioactiv în mediu ca urmare a manipulării greșite a unui container
URSS	Kștim	29 sept 1957	Explozia unui rezervor de deșeuri nucleare care a iradiat o suprafață de 300 kmp
Anglia	Cumbria	Oct 1957	Incendiu la un reactor pentru producerea plutoniului și răspândirea unei mari cantități de substanță radioactivă în mediul înconjurător
SUA	Tennessee	Nov 1959	Explozie chimică la laboratorul uzinei de reprocesare radiochimică
SUA	Idaho	3 ian. 1961	Explozie la un reactor nuclear militar din Idaho Falls soldată cu moartea a trei persoane și

			eliberarea unei mici cantități de material radioactiv
Asia	Oceanul Indian	21 apr. 1964	Căderea unui satelit artificial dotat cu un generator de radioizotopi
SUA	Michigan	5 oct. 1966	Defecțiune la sistemul de răcire cu sodiu la un reactor lângă Monroe
Franța	Saint - Laurent	17 oct. 1969	Topirea parțială a încărcăturii nucleare la un reactor
URSS	Sevchenko	1974	Explozie la un reactor nuclear
Canada	Nord -Vest	24 ian. 1978	Căderea unui satelit sovietic dotat cu un reactor nuclear a răspândit material radioactiv pe o fâșie de 1000 km
SUA	Three Mile Island	28 martie 1979	Cel mai grav accident nuclear american constând din eliberarea în atmosferă de gaze radioactive
Japonia	Tsuruga	25 apr. 1981	Iradieră a cca. 45 de muncitori ce lucrau la repararea unei uzine nucleare
Anglia	Cumbria	Nov. 1983	Aruncarea în Marea Irlandei a unei cantități de deșeuri radioactive de la uzina Sellafield
Mexic	Ciudad Juarez	1983	Iradieră a 300 – 500 persoane de la o sursă radioactivă descoperită într-un transport de fier vechi
Maroc	Mohammedia	1984	Iradieră și moartea a 8 persoane ca urmare a manipulării greșite a unei surse radioactive folosite în construcții
SUA	Oklahoma	6 ian. 1986	Explozia unui cilindru cu material nuclear soldat cu moartea unei persoane și rănirea altor 100
URSS	Cernobîl	26 apr. 1986	Cel mai mare accident nuclear din lume cu eliberarea unei foarte mari cantități de radiații deasupra celei mai mari părți ale Europei
Brazilia	Goiana	1987	Moartea a 4 persoane, 54 persoane spitalizate și 240 iradiate ca urmare a transportării acasă și a desfacerii unei surse radioactive
China	Prov. Shanxi	Sept. 1992	Trei morți și cinci iradiați ca urmare a transportării la domiciliu a unei surse radioactive

În funcție de riscul radiobiologic pentru populație și de intensitatea sa de acțiune, accidentul nuclear poate fi încadrat astfel:

- **Accidentul nuclear minor** (de rutină): este considerat evenimentul în care iradierea sau contaminarea populației și a mediului înconjurător depășește doza maximă admisă.
- **Accidentul nuclear major**: este considerat acel accident care reprezintă risc biologic mare, prin iradierea externă și internă a populației.
- **Accidentul nuclear maxim credibil de proiect**: se ia în calcul la proiectarea centralei nucleare și este delimitat de expunerea rezultată din eliberarea de produse de fisiune cu o iradiere mai mare de 0,25 Sv pe întregul organism și de 1 Sv /om adult pe tiroidă.

Cauzele producerii accidentelor nucleare

a) cauze interne:

- supraîncălzirea elementelor combustibile
- ambalarea termică a unui reactor spre starea de criticitate, care atrage după sine o intensă eliberare de materiale radioactive în atmosferă și care poate duce în extremă situație la topirea zonei active a reactorului
- cedarea circuitelor de răcire
- avarii la sistemul de canalizare – colectare a deșeurilor radioactive
- greșeli de manipulare a deșeurilor radioactive
- neexecutarea la timp a reviziilor tehnice

b) cauze externe:

- dezastre naturale
- acte de sabotaj
- impactul cu obiecte cosmice, rachete, avioane sau proiectile de calibru mare

Urmările accidentului nuclear

Riscul nuclear: acel complex de situații și consecințe, rezultat în urma eliberării necontrolate a produșilor radioactivi în mediul înconjurător

Domeniile afectate de accidentul nuclear sunt :

- sănătatea publică
- economia zonei în general și în special cea agricolă și zootehnică
- alte aspecte economice și sociale din zona afectată de răspândirea radioactivității eliberate

Factorii de care depind urmările și consecințele accidentului nuclear sunt:

- teritoriul în care se află C.N.E. la care se produce evenimentul (teritoriul național sau în afara acestuia)
- proporțiile accidentului nuclear
- anotimpul în care are loc accidentul
- relieful și flora zonei înconjurătoare
- condițiile meteo din momentul accidentului
- utilizarea terenului din zonă sub aspect agricol și zootehnic
- distanțele până la localități și densitatea populației din zonă
- distanțele la care sunt situate obiectivele sociale economice și agrozootehnice importante
- fauna zonei
- mijloacele și căile de comunicație cu localitățile din jur

Într-un accident nuclear, ca urmare a eliberării de substanțe radioactive în mediul înconjurător, există următoarele riscuri:

a) riscul inhalării de substanțe radioactive:

- datorită gazelor emise și transportului substanțelor radioactive, la distanță de către aer
- efectele conjugate ale inhalării și iradierii se manifestă direct
- inhalarea iodului radioactiv duce la riscul imediat
- efect cumulator asupra tiroidei (doza admisă pt. copii 0,25 Sv)

b) Riscul rezultat din radioactivitatea depusă

Aprecierea riscului în acest caz se face prin:

- determinarea debitului dozei de radiație
- stabilirea radionuclizilor prezenți

În cazul în care doza debit de radiație poate fi tolerată din punct de vedere al iradierii externe, este obligatoriu controlul radioactivității produselor alimentare, direct sau indirect afectate de contaminarea radioactivă.

c) Riscul rezultat din acumularea lentă a radioactivității:

- în alimente
- în aer
- în precipitații

Alimente critice:

- lapte
- legume cu foi

Dacă efectul inhalării se produce destul de rapid, pericolul datorat depunerilor radioactive este de durată medie și mare, ceea ce impune măsuri pe termen lung privind consumul de alimente, apă, furaje și controlul permanent al radioactivității.

Dozele maxime admise pentru anumite părți ale organismului:

Organismul întreg	0,01 – 0,05 Sv/h
Pielea , glanda tiroidă	0,006 Sv
Organe simple	0,04 - 0,05 Sv
Mâini, antebrațe	0,225 Sv
Alte organe interne	0,015 Sv

Doze permise pentru personal:

Radiere, o singură dată în 24 ore	0,25 Sv
Radiere repetată,, în decurs de câteva zile	0,75 Sv
Iradieră sistematică (perioada 1 an)	Câte 0,01 Sv /24 h dar nu mai mult de 2 SV pe tot timpul iradierii

MANAGEMENTUL ACCIDENTULUI NUCLEAR

Nici un obiectiv nuclear nu este autorizat să funcționeze de către organele de reglementare naționale, potrivit cadrului legal din România, fără existența unui **plan de urgență** coerent și cu toate facilitățile necesare pentru accident nuclear.

Acest plan se verifică prin exerciții practice până la intrarea în funcțiune a obiectivului.

CNE împreună cu CANCOC și autoritățile publice elaborează un set de documente pentru a răspunde unui incident radiologic la CNE cu impact atât pe amplasament cât și în afara acestuia. Acest set de documente conține următoarele:

- Planul de urgență radiologică pe amplasament (CNE)
- Proceduri de urgență radiologică pe amplasament (CNE)
- Planul de urgență radiologică în exteriorul amplasamentului (Autoritatea publică și CANCOC)
- Proceduri de urgență radiologică în exteriorul amplasamentului (Autoritatea publică și CANCOC)
- Alte documente și înțelegeri oficiale

În afara planului propriu de intervenție (pe amplasament) statele majore de protecție civilă județene întocmesc planuri de protecție și intervenție la nivelul județului cuprinzând și responsabilitățile ce revin primarilor pentru protecția cetățenilor din zonele de risc.

Planul de urgență radiologică pe amplasament cuprinde în principal:

- clasificarea incidentelor radiologice
- activități de răspuns la urgență
- resurse materiale și umane pentru răspunsul la urgență
- organizare și responsabilități
- evoluția răspunsului la urgență
- interfața CNE cu autoritățile publice
- acțiuni protective pentru populație

Planul de urgență pe amplasament acoperă toate activitățile îndeplinite pe amplasamentul CNE în cazul urgențelor radiologice pentru a proteja personalul centralei. El acoperă de asemenea acțiunile inițiale care trebuie desfășurate pentru a proteja publicul în primele ore ale unui incident radiologic care poate avea un impact exterior.

Responsabilitatea planificării la urgență în exteriorul amplasamentului revine, în principal CANCOC – ului și autorităților publice. CNE împarte unele responsabilități cu CANCOC și autoritățile publice, în special în prima etapă a incidentului radiologic cu implicații în exteriorul amplasamentului.

În momentul în care forțele de răspuns ale autorităților publice sunt activate, responsabilitățile și acțiunile CNE în exteriorul amplasamentului încetează (în acord cu autoritatea publică).

CANCOC asigură acțiunea coordonată a ministerelor și organelor centrale cu atribuții în domeniu și pun la dispoziția organelor teritoriale și cele ale obiectivului nuclear, potrivit planului întocmit la nivelul național de către Comandamentul Protecție Civile, forțele și mijloacele specializate atunci când situația o impune.

Un incident care are loc în centrală va fi evaluat în sensul unor consecințe posibile pentru exterior. Dacă aceste consecințe există, vor fi întărite forțele de răspuns prin chemarea de personal suplimentar și vor fi activate Grupul Consultativ și Grupul Tehnic. În această situație gama activităților de evaluare este completă și va exista o circulație continuă de informații între Unitatea de Comandă/Grupul Consultativ și autoritățile publice (CANCOC, Inspectoratul Județean de Protecție Civilă, etc).

În cazul incidentelor radiologice cu efecte în exterior, CNE este responsabilă cu inițierea anumitor acțiuni pentru protejarea publicului. Asemenea acțiuni sunt notificate autorităților publice și diverselor organizații (Poliția, Formația de Jandarmi, Pompierii Militari, etc) și transmiterea recomandărilor privind măsurile de protecție a populației. De asemenea, în prima fază a incidentului, mărimea eliberării de radioactivitate va fi determinată folosind personalul CNE pregătit în supravegherea radiologică a mediului.

Directorul CNE, care este membru în comisia Județeană de Apărare la Dezastre va fi reprezentantul CNE la Inspectoratul de Protecție Civilă județean, asigurând legătura dintre personalul centralei și autoritatea

publică. Directorul va înainta către CANCOC și autoritatea publică recomandările pentru măsurile de protecție a populației primite de la Grupul Consultativ.

O reală importanță în diminuarea urmărilor și luarea celor mai eficiente și oportune măsuri de protecție o are realizarea unor interfețe corecte între planul propriu al amplasamentului nuclear și cel de protecție și intervenție al autorităților publice.

Reprezentarea grafică a zonelor de risc

Măsuri de prevenire

Prevenirea apariției unui accident nuclear se asigură în primul rând, prin multiple sisteme de siguranță constructive la C.N.E. și prin supravegherea permanentă a funcționării instalațiilor nucleare.

Protecția populației și limitarea la minimum a efectelor unui accident impun însă o serie de măsuri, înainte de producerea unui accident:

În acest scop:

- se stabilesc obiectivele nucleare care pot produce accidente și dimensiunile zonelor care pot fi afectate
- se organizează un sistem de înștiințare și alarmare a unităților economice a populației din zonele de risc nuclear
- se întocmesc planuri în care se prevăd măsurile de protecție, intervenție și comportare, în caz de accident nuclear
- se organizează modul de evacuare a unei părți din populație, a animalelor și bunurilor materiale de valoare în caz de accident
- se execută pregătirea formațiilor de intervenție și a populației privind modul de acțiune, de protecție și de comportare în caz de accident nuclear
- se instalează un sistem de supraveghere permanentă a radioactivității în interiorul centralei, în zona de risc nuclear și în afara acestei zone
- se prevăd măsuri pentru colectarea, tratarea și depozitarea în condiții de siguranță deplină a deșeurilor radioactiv, evitarea și limitarea oricărei posibilități de poluare radioactivă a mediului înconjurător

În zona de risc nuclear populația trebuie să fie informată despre natura riscului și să se pregătească pentru cunoașterea și aplicarea măsurilor de protecție și comportare în caz de accident nuclear.

În acest scop:

- populația trebuie să cunoască: natura radioactivității nucleare din zonă, măsurile de protecție, căile posibile de contaminare și iradiere în timpul funcționării normale și în eventualitatea unui accident nuclear, sistemul de alarmare și modul de evacuare în caz de nevoie;
- să cunoască și să amenajeze spații de adăpostire, folosirea adăposturilor de protecție civilă, amenajarea unor spații existente (în subsolul unor clădiri, încăperi centrale sau cu deschideri puține spre exterior).

Amenajarea unor spații cu locuri de adăpostire cuprinde: alegerea spațiului cel mai adecvat din punctul de vedere al protecției contra radiațiilor, montarea unei uși de protecție prevăzută cu garnitură pentru etanșare; astuparea golurilor din pereții exteriori (prin zidirea în obloane); etanșarea ușilor și ferestrelor folosind bureți, câlți, hârtie, resturi de țesături, etc)

- să se procure sau să se confecționeze mijloace de protecție individuală, care se folosesc în scopul împiedicării pătrunderii prafului radioactiv în organele de respirație sau pentru a împiedica contactul direct al suprafeței corpului cu substanțele radioactive.

Pentru protecția organelor respiratorii se folosesc măștile contra gazelor, măștile de protecția muncii și măștile de protecție contra gazelor simple. Pentru protecția întregului corp se folosesc complete de protecție din pânză cauciucată și mijloace simple de protecție (pelerine din material plastic, cizme, mănuși)

- protejarea bunurilor materiale și a apei prin închiderea etanșă a încăperilor, depozitelor, magaziiilor și adăposturilor pentru animale, ambalarea corespunzătoare, protecția pe timpul transportului;
- asigurarea unei rezerve de apă și alimente pentru maxim 2-4 zile (această rezervă trebuie protejată împotriva contaminării radioactive și continuu înprospătate). Protecția se asigură prin ambalarea etanșă a unei pungi de material plastic sau în recipiente etanșe, păstrarea în frigidere sau lăzi (de regulă în spațiu de adăpostire);
- asigurarea unei truse de prim ajutor în caz de contaminare radioactivă sau iradiere. De asemenea, populația este bine să știe care sunt spitalele, policlinicile și dispensarele la care să apeleze în caz de nevoie;
- procurarea de surse de iluminat independente, pregătite pentru a funcționa în orice moment și care să fie păstrate în locuri vizibile și cunoscute de toți membrii familiei.

Măsuri de protecție

Protecția populației și bunurilor materiale, în caz de accident nuclear se asigură prin luarea tuturor măsurilor care să împiedice contaminarea radioactivă.

Pentru protecție se asigură:

- înștiințarea și informarea radioactivă a cadrelor de conducere din unitățile economice care au sarcini în cadrul planurilor stabilite pentru protecția și intervenția la accident nuclear;
- înștiințarea și alarmarea populației care se află în zone de risc nuclear;
- executarea controlului și supravegherii radioactivității factorilor de mediu și măsurarea dozei de radiație primită de populație;
- ocuparea locurilor de adăpostire stabilite;
- folosirea mijloacelor de protecție individuală speciale sau simple;
- aplicarea măsurilor de protecție la bunurile materiale sau apă;
- pregătirea mijloacelor și utilajelor necesare executării documentării.

Pe timpul producerii accidentului, la semnalul de alarmare se iau de către populație următoarele măsuri:

- se sting focurile, se închid gazele și apa, se scot din priză aparatele electrice care pot produce incendii, se închid ușile și ferestrele, se pun în funcțiune aparatele de radio sau televiziune, se îmbracă mijloacele de protecție individuală, se ocupă locul de adăpostire stabilit.

Pe timpul adăpostirii populația este obligată să rămână în adăpost, să nu deschidă ușile sau ferestrele, să asculte comunicatele date de organele de intervenție, să limiteze la minim părăsirea locului de adăpostire, să nu consume alimente, apă, băuturi în afara celor protejate, să se pregătească în vederea unei eventuale evacuări (într-un geamantan se prevede lenjeria pentru un schimb și materiale pentru igiena personală).

În zonele agricole se iau măsuri pentru acoperirea furajelor, adăpostirea animalelor, acoperirea surselor de apă potabilă.

Intervenția în caz de accident nuclear

Intervenția în caz de accident nuclear cuprinde, de regulă, următoarele acțiuni și măsuri:

- se execută înștiințarea și alarmarea populației: aceasta se face inițial în localitățile aflate pe direcția de deplasare a norului radioactiv, în funcție de prognoza meteo. Se anunță populația din zona posibil afectată să ocupe spațiile de adăpostire, să folosească mijloacele de protecție individuală. Se înștiințează consumatorii de apă din aval de centrala nuclearo-electrică. Se

transmit populației următoarele indicații : să rămână în interiorul locurilor de adăpostire; interzicerea sau limitarea deplasărilor în afara locului de adăpostire, interzicerea consumului de produse alimentare, apă (cele care nu au fost protejate) să se pregătească în vederea unei eventuale evacuări.

- se execută cercetarea de radiație care începe imediat după înștiințarea și alarmarea, de către elementele pregătite din zonă și se continuă cu cercetarea aeriană și cu cercetarea de către elementele specializate din afara zonei. În baza rezultatelor cercetării de radiație, se delimitează sectoarele contaminate radioactiv, se stabilesc și se înștiințează localitățile din care nu se face evacuarea populației, aceasta se ține în stare de alarmă, fiind obligată să respecte regulile stabilite. Aceste sectoare se izolează (circulația publică rutieră se interzice) trenurile nu mai fac stație în zonele contaminate, produsele alimentare și agricole, apa să nu se folosească decât pe bază de aviz. Pentru evacuarea populației se organizează un serviciu de ordine pentru reglementarea mișcării populației la unul sau mai multe puncte. Se organizează ținerea evidenței nominale a persoanelor evacuate în vederea supravegherii medicale ulterioare. Se execută controlul contaminării radioactive a populației și a bunurilor care se evacuează și se organizează, unul sau mai multe puncte (centre) pentru decontaminarea populației și a bunurilor care se evacuează.
- Se organizează prin sondaj controlul de contaminare radioactivă a populației în localitățile din care s-a făcut evacuarea iar decontaminarea se execută la toată populația contaminată. Controlul și decontaminarea bunurilor materiale se execută pe urgențe în ordinea: echipamentul, lenjeria, mobila și interiorul locuințelor, interiorul spațiilor de lucru, școlilor, utilajelor , etc. Pentru controlul radioactivității apei, produselor alimentare și aprecierea riscului nuclear, se întreprind următoarele: se execută determinări pe un număr mare de probe, se introduc interdicții pentru consumul de produse alimentare sau li se schimbă destinația, controlul radioactivității se continuă în timp, până la stabilirea riscului nuclear;
- Se asigură tratamentul medical persoanelor afectate de iradiere;

După producerea accidentului și pe timpul intervenției populația trebuie să respecte următoarele reguli de comportare:

- părăsirea locului de adăpostire se face numai după încetarea alarmei sau la indicația organelor care coordonează activitatea în zonă;
- ieșirea din adăpost se face numai cu mijloace de protecție complet îmbrăcate;
- la ieșirea din adăpost se evită contactul cu obiectele din jur, nu se stă jos, nu se bea, nu se mănâncă, nu se fumează, nu se intră în încăperi sau în spații de lucru cu îmbrăcămintea contaminată, toate persoanele se îndreaptă spre punctele de control dozimetric organizate de elementele de intervenție;
- în zona afectată se vor planta avertizoare pentru populație și nu se vor consuma produse agroalimentare și apă potabilă fără avizul organelor de specialitate;
- se execută decontaminarea îmbrăcămintei prin scuturare, periere, aspirare, spălare;
- se execută decontaminarea personalului prin îmbăiere la puncte speciale, în băi, în ape curgătoare necontaminate;
- căile de acces se decontaminează prin spălare cu apă.

Pentru unele zone unde decontaminarea radioactivă nu impune toate măsurile de intervenție arătate mai sus se execută măsurile transmise prin presă, radio, etc. și acestea se referă în special la măsurile de igienă personală (spălarea pe corp și mâini cât mai des și în special înainte de fiecare masă) evitarea ieșirii din locuințe pe perioade mai mari de timp, să nu se consume alimente la care s-au introdus interdicții, consumarea fructelor și zarzavaturilor crude să se facă numai după spălare bine cu apă, spălarea străzilor cu jet de apă, folosirea unor medicamente decorporatoare la indicația organelor sanitare etc.

Mărimi dozimetrice și unitățile lor de măsură

DOZA DE RADIAȚIE : numărul de perechi de ioni formați într-un cm cub sau gram de aer (în condiții normale de presiune și temperatură) de către emisia unei radiații X sau gamma pe tot timpul de acțiune a radiațiilor.

DOZA ABSORBITĂ: doza care reprezintă raportul dintre energia transferată prin iradiere și masa țesutului.

RAD : unitatea dozei absorbite : $1 \text{ rad} = 100 \text{ erg} / 1 \text{ g țesut}$

DOZA BIOLOGICĂ: doza care leagă doza absorbită de efectivitatea biologică relativă a diferitelor radiații

REM : unitatea dozei biologice : $1 \text{ rem} = 1 \text{ rad} / \text{eta} = 100 \text{ erg} / \text{eta} * \text{g}$

SILVERT: $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$