



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2016 00755**

(22) Data de depozit: **26/10/2016**

(41) Data publicării cererii:
29/11/2019 BOPI nr. **11/2019**

(71) Solicitant:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
ȘI DEZVOLTARE PENTRU FIZICĂ ȘI
INGINERIE NUCLEARĂ "HORIA
HULUBEI", STR. REACTORULUI NR.30,
MĂGURELE, IF, RO;**
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE
CONSTRUCȚII BUCUREȘTI-UTCB,
BD.LACUL TEI NR.125, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **DRĂGUȘIN MITICĂ, STR. ALUNIȘ
NR.46 A, SAT ALUNIȘU, MĂGURELE, IF,
RO;**
• **DEJU RADU,
STR.LT.AV.GHEORGHE CARANDA NR.1,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **ROBU ION, BD.LACUL TEI NR.56, BL.19,
SC.B, ET.2, AP.34, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **MAZILU CLAUDIU, STR. PREVEDERII,
NR.17, BL.R13, SC.A, AP.17, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO**

(54) **METODĂ DE RECICLARE ȘI REUTILIZARE A BETONULUI
RADIOACTIV REZULTAT DIN DEZAFECTĂRI
ALE INSTALAȚIILOR RADIOLOGICE ȘI NUCLEARE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de tratare a betonului reactiv de joasă activitate, rezultat din dezafectări ale instalațiilor radiologice și nucleare. Procedeu, conform invenției, constă în concasarea în prima treaptă a deșeurilor din beton radioactiv, cu dimensiuni mai mici de 350 mm, pe un concasor cu fălci prereglat la dimensiunea nominală a fantei de 65 mm. Pietrișul rezultat este sortat în 3 fracții dimensionale: mai mari de 50 mm, între 16 și 50 mm și, respectiv, mai mici de 16 mm. Frația cu dimensiunile între 16 și 50 mm se plasează în containere de oțel cu capacitatea de 200 l. Frația de pietriș mai mare de 50 mm se concasează în treapta a doua, pe un concasor cu ciocane cu site cu ochiuri de 9 mm. Materialul rezultat se sortează pe sita cu ochiuri de 2,5 mm, rezultând două fracții dimensionale: fracții mai mici de 2,5 mm și, respectiv, mai mari de 2,5 mm.

Fracțiile mai mari de 2,5 mm și, respectiv, mai mici de 16 mm se concasează în treapta a treia pe un concasor cu ciocane cu site cu ochiuri de 6 mm. Agregatele fine obținute se amestecă cu ciment, apă și aditivi uzuali, rezultând mortar care se toarnă în containere, peste pietriș, eventual și peste un bloc de beton radioactiv până la un grad de umplere cu deșeu radioactiv de 70...75%. Rezultă un produs compozit format din pietriș radioactiv într-o matrice de mortar pe bază de agregate fine radioactive. La depozitare, coletul cu deșeuri radioactive asigură un debit de doză de radiații la peretele containerului de maximum 2 mSv/h.

Revendicări: 2
Figuri: 2



§ 199 24.10.2016

~~NESECRET~~
SECRET DE SERVICIU
BREVET DE INVENTIE

Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
Informații Clasificate
INTRARE
Nr. §/26 din 27/10/16

45

Metoda de reciclare si reutilizare a betonului radioactiv rezultat din dezafectari ale instalatiilor radiologice si nucleare

**Solicitanti: Institutul National de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica si Inginerie Nucleara-Horia Hulubei-IFIN-HH
Universitatea Tehnica de Constructii**

Autori: Dragusin Mitica, Deju Radu, Robu Ion, Mazilu Claudiu

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2016 cc 755
Data depozit 26-10-2016

Descrierea inventiei

Inventia de fata se refera la o metoda de reciclare si reutilizare a betonului radioactiv rezultat din dezafectari ale instalatiilor radiologice si nucleare. O parte din betonul rezultat din dezafectari ale instalatiilor radiologice si nucleare este radioactiv atat superficial cat si in profunzime datorita efectului radiatiilor ionizante din timpul functionarii instalatiilor. Elementele principale ale strategiei de management a deseurilor pot fi grupate in patru domenii: reducerea sursei, prevenirea imprastiei contaminarii, reciclarea - refolosirea si optimizarea managementului deseurilor. Prima etapa a oricarei strategii de management a deseurilor este sa mentina generarea deseurilor radioactive la minim, astfel caracterizarea corespunzatoare si segregarea materialelor sunt factori importanti in orice strategie de management a deseurilor. Caracterizarea radiologica ne ajuta sa dobandim informatii despre caracteristicile fizice, chimice si radiologice ale acestor materiale cu scopul de a le segrega, procesa si/sau depozita final. Segregarea favorizeaza maximizarea eliberarii nerestrictive, permite considerarea eliberarii conditionate, refolosirea sau reciclarea materialelor si permite reducerea volumului de deseuri radioactive care nu indeplinesc criteriile de eliberare, reciclare sau refolosire. Cerintele in ceea ce priveste securitatea nucleara si radiologica, protectia mediului, transportul, tratarea, conditionarea, depozitarea intermediara si depozitarea finala a deseurilor radioactive in ultimii ani au devenit mai stringente. Acceptanta publica pentru domeniul nuclear induce constrangeri pentru procesele de reglementare, control, autorizare, securitate si protectie fizica.

Managementul deseurilor radioactive rezultate consta in urmatoarele etape: colectare, transport, tratare, depozitare intermediara, conditionare, stocare si depozitare finala. Problema tehnica pe care o rezolva inventia consta in reducerea volumului deseurilor radioactive din categoria betonului care urmeaza a fi conditionat si depozitat, costurile cu depozitarea finala in depozite de deseuri radioactive fiind ridicate, in aceste costuri incluzand si transportul de la Statia de Tratare Deseuri Radioactive, cu toate masurile de siguranta impuse prin lege pentru aceste categorii de produse.

Dr. Dragusin Mitica

Dr. Ing Deju Radu

SECRET DE SERVICIU
~~NESECRET~~

44

~~SECRET~~~~SECRET DE SERVICIU~~

O mare parte din materialele de constructie rezultate din dezafectarea instalatiilor nucleare si radiologice sunt inactivate, putand fi eliberate nerestrictiv si depozitate final sau reciclate folosind metode conventionale, in conformitate cu cerintele de reglementare aplicabile. Totodata, este bine cunoscut faptul ca in timpul operarii, intretinerii sau reparatiilor acestor instalatii, o parte din structurile de beton ale acestora pot deveni radioactive (contaminate/activate). Astfel, dezafectarea instalatiilor nucleare produce cantitati impresionante de deseuri radioactive din care cea mai mare parte o reprezinta deseurile din beton. In urma dezafectarii:

- unei centrale nucleare-electrice cu apa usoara (900÷ 1300 MWe) rezulta aproximativ 600 tone de deseuri de beton radioactiv;
- unui reactor nuclear de cercetare (KRR-2 cu puterea de 10 MWth) rezulta aproximativ 260 tone de deseuri de beton radioactiv raportat la o cantitate totala de 2.000 tone deseuri de beton
- unui reactor nuclear de cercetare VVR-S din cadrul IFIN-HH cu puterea termica de 2 MWth, aflat in dezafectare, rezulta aproximativ 75 tone de deseuri de beton radioactive raportat la o cantitate totala de 925 tone deseuri de beton.

Dupa anul 2025, cand multe reactoare nucleare se vor dezafecta fiind la sfarsitul duratei de viata, cantitatile de beton radioactiv vor creste considerabil. Reducerea volumului si reciclarea deseurilor este esentiala pentru reducerea costului dezafectarii instalatiilor nucleare.

I. Stadiul tehnicii la nivel international

Domenii de aplicatii

Domeniile de aplicatii pentru reutilizarea betonului radioactiv in industria nucleara cuprind:

- a) fabricarea ecranelor de protectie radiologica;
- b) fabricarea pieselor prefabricate:
 - containere, celule si vetre pentru depozitarea finala a deseurilor in depozite de suprafata;
 - grinzi si segmenti pentru construirea de depozite finale geologice de adancime;
- a) prepararea materialului de umplere, de completare sau incapsulare pentru butoaiile cu deseuri si containere utilizate in depozitele finale de suprafata;
- b) prepararea mortarului pentru imobilizarea deseurilor solide de joasa activitate;
- c) mortar pentru impermeabilizare;
- d) construirea de noi instalatii sub anumite conditii.

i) Utilizarea betonului radioactiv la fabricarea ecranelor de radioprotectie

Utilizarea ecranelor de radioprotectie este o necesitate si este larg raspandita in tehnologia nucleara.

Dr. Dragusin Mitica

Dr. Ing Deju Radu

~~SECRET DE SERVICIU~~~~SECRET~~

43

~~NESECRET~~
SECRET DE SERVICIU

Ecranele sunt fabricate din metal sau beton si sunt proiectate sa asigure o sectiune relativ mare de absorbtie a neutronilor pentru a minimiza transmisia radiatiei dintr- un spatiu delimitat de aceste structuri catre mediul inconjurator sau pentru a reduce energia unei astfel de radiatii facand- o inofensiva. In mod clasic, ecranele din beton se realizeaza utilizand agregatele naturale.

Conform brevetelor US Patent No.4.767.572/30.08.1988, M. Sappok, Method of Making Radiation Shielding Elements for use in Nuclear Tehnology, US Patent No.4.882.092/21.11.1989, M. Sappok, Method of Making Radiation Shielding Elements for use in Nuclear Tehnology, Canadian Intellectual Property Office, 2.205.947/1997, R. S. Kingsley, Method for Reuse of Contaminated Concrete, Demande-Application,. United States Patent No.5.789.648/04.08.1998 si No.5.545.796, 13.08.1996, B. A. Roy, J. D. Ingram, H. W. Arrowsmith, T. B. Ramsey, Article Made out of Radioactive or Hazardous Waste and a Method of Making the Same, s-a propus utilizarea agregatelor de beton radioactiv in locul agregatelor naturale pentru fabricarea de ecrane de radioprotectie, urmarind astfel minimizarea volumului de deseuri radioactive. Metoda dezvoltata a demonstrat ca agregatele de beton radioactiv pot fi incorporate fara dificultate in structuri de ecranare noi, cu conditia ca deseul radioactiv sa aiba inainte de introducerea in beton o activitate specifica echivalent $Co\ 60 \leq 100\ Bq/g$.

Se estimeaza ca pentru a construi o incinta ecranata sunt necesare aprox. 1.200 t de blocuri de beton. Agregatele naturale pot fi inlocuite in intregime cu agregate fine/ pietris radioactiv reciclat, rezultand un necesar de beton radioactiv reciclat de 1.000 t/ incinta.

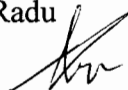
ii) Utilizarea betonului radioactiv la fabricarea de prefabricate din beton

Conform US Patent No.5.789.648/04.08.1998 si US Patent No.5.545.796/13.08.1996 s-a propus realizarea de containere din RAC cu dimensiuni, forme si capacitati variate pentru procesarea, izolarea, depozitarea finala sau pastrarea deseurilor radioactive sau a materialelor periculoase. De asemenea, conform Demande-Application 2.205.947/1997 s-a propus o metoda de minimizare a volumului de deseuri radioactive si utilizarea RCA pentru fabricarea de prefabricate (containere, celule si vetre pentru depozitarea finala a deseurilor in depozite de suprafata, grinzi si segmenti pentru construirea de depozite finale geologice de adancime). Betonul este singurul material, compatibil cu formatiunile de argila, care poate fi utilizat pentru consolidarea tunelelor si galeriilor excavate. In Spania s-a studiat utilizarea betonului radioactiv concasat reciclat pentru realizarea de prefabricate de beton (grinzi si segmenti) folosite in constructia unui depozit geologic de mare adancime situat in structuri argiloase, estimandu-se ca va fi necesara o cantitate de beton prefabricat de aprox. 58.500 t/an.

Dr. Dragusin Mitica



Dr. Ing Deju Radu



~~SECRET DE SERVICIU~~

~~NESECRET~~

~~SECRET~~
SECRET DE SERVICIU

In perioada de operare a depozitului cantitatea necesara de prefabricate va fi de aprox. 3.300 t/an. Considerand ca pietrisul radioactiv din compositia betonului va fi de cca. 60 % se estimeaza ca va fi reciclată o cantitate de aprox. 97.000 t pietris radioactiv. Evaluarea acestei metode arata ca reciclarea betonului radioactiv pentru fabricarea de reperi prefabricate este fezabila si mai putin costisitoare decat depozitarea finala in depozite de suprafata.

iii) Utilizarea betonului radioactiv ca mediu de umplere, de completare sau incapsulare pentru butoaie si containere cu deseuri

In brevetul JP1020499(A)/24.01.1989, C. Koichi, Treatment of contaminated concrete, a dezvoltat o **metoda inovativa** de utilizare a betonului radioactiv ca mediu de umplere pentru butoaiile cu deseuri radioactive, urmarind stocarea eficienta si in conditii de siguranta a betoanelor radioactive rezultate din dezafectarea instalatiilor nucleare. In conditii similare de depozitare cu metoda clasica, autorul a propus inlocuirea nisipului provenit din agregate naturale, ca mediu de umplere, cu un mortar pe baza de beton radioactiv. Betonul este concasat la o granulatie < 5 mm, amestecat cu ciment hidraulic pulverizat (ciment cu ionomeri de sticla), cu un adaos suplimentar de apa, pana la obtinerea unei paste ce se introduce prin presare in interstitiile butoaielor metalice, facand posibila solidificarea betonului radioactiv in adapost, fara a-l plasa in butoaie. De asemenea, chiar dacă se infiltreaza apa subterana in adapost, data fiind protectia pe care betonul o asigura corpurilor solidificate, contactul acestora cu apa este infim si drept urmare, se reduc in mare masura scurgerile de radionuclizi in afara. Deoarece prin metoda propusa devine posibila utilizarea betonului contaminat drept material de umplere a spatiilor dintre butoaiile metalice pre-plasate in adaposturile de stocare, dispare necesitatea utilizarii butoaielor destinate stocarii betonului mentionat. O metoda asemanatoare se aplica La El Cabril (Spania) [23, 24]. In containere paralelipipedice de beton armat (11 m³), se introduc cate 18 butoaie de 220 l cu deseuri radioactive LLW/ILW. Butoaiile sunt immobilizate injectand in spatiul gol dintre ele mortar continand agregate radioactive. In acest fel 50 % din volumul de nisip este inlocuit cu agregate fine reciclate de beton radioactiv. In fiecare an la El Cabril se recicleaza cca. 700 tone de beton radioactiv concasat.

iv) Utilizarea betonului radioactiv ca mortar pentru imobilizarea deseurilor de joasa activitate

Conform brevetului JP10153691(A)/09.06.1998, K. Yamamoto et all, Processing and disposal method for contaminated concrete waste, dupa concasare, bucatile radioactive de beton sunt amestecate cu mortar de umplere din agregate naturale care se toarna in butoaie metalice si se lasa sa se solidifice. Butoaiile sunt amplasate intr- un adapost de beton armat, inglobate in beton obtinut din agregate naturale si depozitate final.

Dr. Dragusin Mitica

Dr. Ing Deju Radu

~~SECRET~~
SECRET DE SERVICIU

~~SECRET~~

91

~~SECRET~~~~SECRET DE SERVICIU~~

Brevetul a propus o **metoda inovativa** de procesare si depozitare finala a deseurilor de beton radioactiv, care asigura:

- inhibarea propagarii contaminarii radioactive ce se poate produce prin deteriorarea protectiei adpostului si/ sau a butoiului;
- reducerea cantitatii de deseuri depozitata final si implicit spatiul de depozitare.

Resturile de beton radioactiv sunt conditionate prin concasare/ macinare in diferite fractii granulometrice, amestecate si vibrocompactate in butoaie. Utilizarea distributiei continue de particule, asigura o mai buna umplere a spatiului, decat in cazul celor grosiere, reducand astfel substantial, volumul de deseuri. Prin modificarea ponderii fractiilor granulometrice adaugate in amestec se poate delimita un domeniu in care jocul dintre particule in amestec atinge valoarea minima si densitatea compactata este mare. Fractia fina este utilizata ca un material de solidificare pentru fractia grosiera. Prin faptul ca in amestec nu se introduce nici un material de solidificare din exterior volumul deseului dupa procesare scade semnificativ.

In cazul in care in timpul depozitarii pe termen lung apa freatica se infiltreaza in butoaiele cu deseuri, ea este consumata prin hidratarea amestecului si elutia contaminantului radioactiv este inhibata.

Brevetul JP10274695 (A)- 13.10.1998, M. Sukekiyo et all, Method for treating radioactive concrete waste and method for manufacturing filling mortar that solidifies radioactive waste

Metoda isi propune sa asigure:

- tratarea deseurilor radioactive de beton, reutilizand toate fragmentele de beton radioactiv rezultate din concasarea acestuia;
- fabricarea mortarului de umplere pentru solidificarea altor deseuri radioactive prin folosirea agregatelor fine si a unui amestec chimic.

Autorii au dovedit ca modificarea cantitatilor de amestec chimic si a suprafetei specifice a fractiei fine determina modificarile proprietatilor mortarului crud si intarit, astfel:

- modificarea distributiei granulometrice a agregatelor fine la dimensiunea maxima a particulelor de 5 mm, din care o fractie de 10 % care trece prin sita de 0.15 mm si densitatea de 2.6 g/cm^3 , conduce la o fluiditate si rezistenta la compresiune comparabile cu ale mortarului obtinut cu agregate naturale;
- cresterea proportiei de amestec chimic in mortar conduce la:
 - scaderea fluiditatii mortarului;
 - cresterea rezistentei la compresiune a mortarului solidificat;
 - cresterea suprafetei specifice a fractiei fine in amestec determina scaderea usoara imediata a fluiditatii mortarului crud si deteriorarea puternica dupa o perioada de 30 min.

Dr. Dragusin Mitica

Dr. Ing Deju Radu

~~SECRET DE SERVICIU~~~~SECRET~~

ho

~~SECRET~~~~SECRET DE SERVICIU~~

Reutilizarea deșeurilor de beton radioactiv ca material de solidificare pentru alte deșeuri radioactive conduce la scăderea costului depozitării finale, față de cazul depozitării deșeurilor radioactive de beton ca atare.

În Brevetele JP2001-343488 (A)- 2001-12-14, JP2002-296393 (A)- 2002-10-09, H. Ueki, et al, Processing method for radioactive concrete și JP2003-344585 (A'')- 2003-12-03, Y. Tsukhara, et al, Method of filling Disposal Container with Radioactive Concrete, se propune procesarea slamului radioactiv rezultat din procesul de tăiere a structurilor de beton sub forma de pelete și depozitarea finală în containere împreună cu blocurile și fragmentele de beton, reducând astfel volumul de deșeuri radioactive. În prima etapă a procesului, din structura de beton supusă demolării se taie cu firul diamantat blocul de beton la dimensiunea și forma necesară pentru introducerea sa în container și injectarea în joc a umpluturii. În a doua etapă slamul rezultat în urma operațiilor de tăiere este uscat într-un deshidrator de tip filtru presa- centrifuga până la umiditatea de 30÷ 55%. În a treia etapă slamul deshidratat se amestecă cu ciment și se extrudează sub forma de pelete cilindrice. Raportul ciment/ apă trebuie să fie corelat cu conținutul de apă din slam (≥ 0.6) pentru a obține rezistența la compresiune care să permită manipularea fără deteriorare a peletelor. În a patra etapă peletele crude se lasă să se întărească la o temperatură de aprox. 20⁰ C, și nu se usucă, pentru a evita apariția de crașături și a inhiba absorbția de apă. În a cincea etapă blocul de beton este poziționat în container pe suporturi pentru a forma un joc egal pe toate laturile. În a șasea etapă peletele sunt plasate în jocul dintre pereții interiori ai containerului și blocul de beton. În a șaptea etapă în golurile rămase dintre pelete se injectează mortar de umplere care trebuie să îndeplinească condiția de fluiditate p-cone 16÷ 50 sec. Deschiderea superioară a containerului este acoperită și etansată, deșeurile de beton radioactiv fiind pregătite pentru depozitarea finală. Prin aplicarea metodei propuse nu se generează slam de beton independent și se reduce cantitatea de deșeu radioactiv a coletului care conține blocul de beton radioactiv, moloz de beton radioactiv și întreaga cantitate de slam de beton.

În Brevetul JP2008026116(A)- 2008-02-07, T. Kazuyoshi, Treating method of radioactive waste, se propune tratarea betonului radioactiv astfel încât să crească volumul celui concasat inclus într-o unitate de volum de bloc de deșeu radioactiv format.

Betonul radioactiv rezultat din operațiile de dezmembrare, este concasat într-un concasor cu falci, obținându-se agregate grosiere, agregate fine și pulbere. Agregatele grosiere au dimensiunea particulelor >2.5 mm, agregatele fine au dimensiunile în domeniul 0.15 ÷ 2.5 mm și pulberea are diametrul particulelor < 0.15 mm. Materialul granular este separat pe cele trei categorii mai sus menționate. Apoi, agregatele fine și pulberea se amestecă și încălzesc la 700÷ 800⁰C astfel încât pulberea să capete proprietăți de auto-întărire.

Dr. Dragusin Mitica

Dr. Ing Deju Radu

~~SECRET DE SERVICIU~~~~SECRET~~

~~NESECRET~~
SECRET DE SERVICIU

Agregatele fine, pulberea si apa se amesteca intr-un malaxor iar amestecul se toarna peste agregatele grosiere pre-plasate intr-un butoi. Optional, agregatele grosiere si amestecul se pot turna in butoi in acelasi timp. Compozitia din butoi se intareste deoarece apa si pulberea tratata determina o reactie de rehidratare (proces de intarire). Coletul format cuprinzand agregate grosiere, agregate fine, pulbere cu proprietate de auto-intarire se transporta in zona de depozitare finala a deseurilor radioactive. De remarcat ca adaosul de ciment in compositie nu este necesar pentru intarire cand se formeaza coletul din deseuri de beton radioactiv concasat. Astfel cantitatea de beton radioactiv concasat continuta in unitatea de volum de colet poate fi crescuta. Costul de depozitare finala al betonului radioactiv rezultat din dezafectarea instalatiilor nucleare devine nesemnificativ. Ca o varianta, prin separarea initiala a pulberii de celelalte fractii si tratare termica separata, lucrabilitatea mortarului poate fi imbunatatita. Aplicabilitatea metodei poate fi extinsa si la depozitarea finala a deseurilor metalice. In acest caz amestecul de umplere este format numai din agregate fine, material pulverulent care are proprietati de auto-intarire si apa.

v) Utilizarea betonului radioactiv ca mortar de impermeabilizare

Demanda de brevet european EP 2 302 642 A1 [32] a dezvoltat un procedeu de utilizare a betonului radioactiv provenind de la dezafectare structurilor de beton radioactiv de foarte slaba activitate < 100 Bq/g la depozitarea pe termen lung a deseurilor radioactive si toxice. Procedeu propus cuprinde urmatoarele subprocesse:

- separarea blocurilor si molozului (0 ÷ 500 mm) de armatura din fier beton;
- concasarea:
 - o (treapta I), cu un concasor cu falci, a blocurilor si/sau molozului de beton (0 ÷ 500 mm) pana la dimensiuni < 200 mm;
 - o (treapta II), cu un concasor giratoriu, a materialului < 200 mm pana la o granulatie < 20 mm cu reciclarea la concasare a molozului > 20 mm;
- transportul materialului concasat in silozuri de stocare;
- amestecarea materialului concasat < 20 mm cu ciment autonivelant;
- forarea de puturi de injectie situate deasupra cavitatii subterane;
- impermeabilizarea peretilor cavitatilor subterane prin injectia sapei fluide de beton in cavitatea subterana chiar la contactul peretilor care delimiteaza cavitatea;
- inchiderea puturilor de injectie prin umplerea la o inaltime pre-determinata cu nisip sau beton hidroalic.

Dr. Dragusin Mitica



Dr. Ing Deju Radu



SECRET DE SERVICIU

~~NESECRET~~

NESECRET
SECRET DE SERVICIU

II. Stadiul tehnicii la nivel national

In prezent, in Romania deseurile de beton radioactiv LLW sunt pre-plasate in butoaie cilindrice din otel cu capacitatea de 220 litri, sub forma de blocuri si solidificate cu mortar (amestec facut din agregate fine obtinute din resurse naturale, ciment si apa), pentru a asigura rezistenta specifica a coletului ce urmeaza a fi depozitat final. betonului radioactiv, dar incepand cu anul 2013 procesul de dezafectare in desfasurare al reactorului nuclear de cercetare VVR-S va produce cantitati mari de deseuri de beton (925 de tone din care aprox. 75 de tone de deseuri de beton LLW-deseuri radioactive de joasa activitate). Astfel propunerea unei tehnologii inovative este imperios necesara.

Tehnologia clasica asigura un raport de umplere de aproximativ 50 % vol. pentru betonul radioactiv, in fiecare container cu deseuri. Cea mai mare parte a deseurilor radioactive rezultate din activitatile de dezafectare este depozitata final in aceasta forma. Pana acum nu a existat o constrangere de a dezvolta la nivel national o tehnologie de reciclare a

III. Analiza comparativa a tehnologiilor de reciclare a betonului radioactiv

Metodele de reciclare dezvoltate pana in prezent pentru reciclarea betonului radioactiv au similaritati dar si diferente in ceea ce priveste:

- metodele si tipurile de echipamente folosite in procesul de concasare;
- parametrii procesului de concasare;
- numarul treptelor de concasare;
- tipul de produs final (ecrane, piese prefabricate, mortar, etc.);
- caracteristicile agregatelor fine reciclate folosite pentru obtinerea produselor

finale.

Tinand cont de costul scazut implicat, toate metodele sunt atractive din punct de vedere financiar. Intotdeauna s-a subliniat ca folosirea betonului reciclat in alt mod decat pentru obtinerea mortarului necesar pentru conditionarea deseurilor in butoaie va fi limitata.

Reciclarea betonului are un efect economic mai mic in cazul betonului obtinut din agregate naturale, depinzand de costurile implicate in instalatiile de depozitare finala ale deseurilor, comparativ cu betonul radioactiv a carui reciclare genereaza mai multe avantaje economice (ca un exemplu costul aproximativ de depozitare finala pentru LLW este de aprox. 5000÷8500 USD/ mc conform studiului din 1999 al Agentiei pentru Energia Nucleara din cadrul Organizatiei pentru Cooperare Economica si Dezvoltare (NEA-OECD), iar in unele tari din Europa (Belgia) costul depozitarii finale pentru 1 mc de deseuri radioactive conditionate poate ajunge la 15.000 euro.

Masurile necesare a fi luate pentru reducerea dozei de expunere a lucratorilor la praful radioactiv, pot fi usor asigurate. Analiza datelor economice facute pentru utilizarea betonului reciclat concasat utilizat la fabricarea de containere si ca material de umplere, arata ca betonul generat la nivel European, poate fi reciclat obtinandu-se o descrestere semnificativa a costului pentru depozitele de suprafata si pentru depozite de adancime.

Dr. Dragusin Mitica



Dr. Ing Deju Radu



SECRET DE SERVICIU

NESECRET

NESECRET**SECRET DE SERVICIU**

Dezvoltarea unei tehnologii de reciclare pentru beton radioactiv trebuie sa fie studiata deasemenea din punct de vedere social si politic. Tehnologiile de reciclare nu pot fi simplu evaluate, utilitatea si aplicabilitatea lor trebuie sa fie corelata cu:

- existenta, posibilitatea de proiectare si constructie a depozitelor finale de deseuri radioactive;
- tipul de depozit (de suprafata sau adancime);
- cerintele legale aplicabile pentru materialele eliberate din domeniul nuclear;
- acceptanta publica.

Necesitatea implementarii tehnologiei inovative la nivel national rezulta din urmatoarele constrangeri:

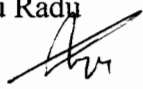
- nu exista cerere de piata pentru ecrane din beton radioactiv sau piese prefabricate utilizate la consolidarea galeriilor sau tunelurilor de adancime pentru ca actualmente exista un singur depozit de suprafata;
- numarul mic de instalatii nucleare existente nu necesita un numar semnificativ de ecrane de beton;
- cerintele legale nu permit folosirea materialelor radioactive pentru constructia fundatiilor si rambleurilor pentru drumuri, sub forma de amestecuri nelegate cu granulometrie omogena, material de umplere sau agregate pentru fabricatia de noi betoane;
- acceptanta publica este limitata catre constructia de noi instalatii nucleare si usor crescuta pentru retehnologizarea celor existente;
- aplicarea metodelor de reciclare cu minimizarea volumelor si cantitatilor de deseuri radioactive pe amplasament intruneste asteptarile publicului in ceea ce priveste strategiile de reciclare a deeurilor.

Astfel, inventia de fata se aplica in tara tinand seama de tehnologia de depozitare, coletele fiind cu volume de 220 litri sau 420 litri. O data cu dezafectarea reactorului nuclear de cercetare VVR-S din cadrul institutului IFIN-HH, Magurele, cantitatile de beton radioactiv cresc si este imperios necesar sa se aplice metode inovative de tratare si conditionare, adaptate la conditiile specifice tarii noastre, metoda descrisa in continuare putand fi aplicata si in alte tari.

Metoda de reciclare si utilizare a betonului radioactiv consta in obtinerea de agregate fine la prepararea mortarului necesar la umplerea butoaielor cu deseuri radioactive, conducand la un nou tip de produs final-compozit (pietris radioactiv intr-o matrice de mortar obtinut cu agregate fine radioactive), solidificat intr-un butoi de otel carbon cu capacitatea de 220 litri.

Dr. Dragusin Mitica

Dr. Ing Deju Radu

**SECRET DE SERVICIU****NESECRET**

36

NESECRET**SECRET DE SERVICIU**

Prin folosirea sistemului de taiere cu fir diamantat, a splitterelor, fierastraielor cu disc diamantat si a robotului de demolare comandat de la distanta, structurile de beton radioactiv sunt demolate si transformate in resturi de beton. Acestea vor fi concasate, prima treapta sub forma de pietris cu dimensiunea < 50 mm, ce va fi utilizat pentru umplerea butoaielor cu capacitatea de 220 litri. Fractia > 50 mm va fi concasata in treapta a doua pana la dimensiunea < 2.5 mm (nisip) si va fi folosita pentru prepararea mortarului. Astfel, in butoaiile de depozitare finala, se plaseaza mai intai pietrisul, rezultand un grad de umplere de aproximativ 50% vol. beton radioactiv si apoi butoiul se umple cu mortar obtinut din agregate radioactive fine reciclate. Materialul compozit omogen asigura confinarea radionuclizilor in butoiul de depozitare finala, pentru cel putin 50 de ani.

Mortarul trebuie sa indeplineasca cerintele specificate. In aceste conditii, se va demonstra ca gradul de umplere in butoaie va creste pana la 70÷75 % vol. pentru beton radioactiv, sau volumul de depozitare finala va descreste la aprox. 2/3, cu conditia respectarii cerintei legale de mentinere a debitului de doza la peretele butoiului de max. 2 mSv/h. Structura temporara prevazuta cu echipament de filtrare de inalta eficienta (HEPA), unde se efectueaza activitatile de pregatire si implementare a metodei si materialele constituie un alt element de noutate.

Fata de metodele descrise in cadrul analizei stadiului internationala, aceasta metoda aduce urmatoarele imbunatatiri:

- este identificat un nou flux tehnologic, prin introducerea procesului de reciclare constand din concasarea betonului radioactiv si de preplasarea pietrisului rezultat in butoiul cu deseuri;
- se obtin caracteristici optime pentru mortarul preparat cu agregate fine reciclate, asigurandu-se confinarea pe termen lung a radionuclizilor;
- se obtine un nou tip de produs compozit (pietris radioactiv intr-o matrice de mortar preparat din agregate fine radioactive) cu proprietati fizice si mecanice care pot asigura conditii optime de confinare a radionuclizilor pentru depozitarea finala.

Scopul inventiei este de a gospodari eficient deseurile radioactive rezultate din domeniul nuclear, in particular de la dezafectarea de instalatii nucleare, reactorul nuclear de cercetare VVR-S din cadrul Institutului National de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica si Inginerie Nucleara-Horia Hulubei-IFIN-HH, unde rezulta cantitati mari de beton radioactiv, acest reactor fiind prima instalatie nucleara majora din tara care se dezafectaeza. Proiecte de dezafectare de instalatii nucleare vor fi in viitor (2030) reactorul nuclear de cercetare tip TRIGA de la Institutul de Cercetari Nucleare de la Pitesti-Mioveni si apoi dupa 2050 reactoarele nucleareoelectrice de la Cernavoda,

Dr. Dragusin Mitica

Dr. Ing Deju Radu

SECRET DE SERVICIU**NESECRET**

~~SECRET~~

~~SECRET DE SERVICIU~~

Se dau in continuare exemple de aplicare a inventiei, pentru demonstrarea aplicabilitatii industriale si enuntarea revendicarilor.

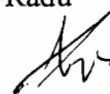
Astfel, in Figura 1 si 2 sunt prezentate fluxurile tehnologice de reciclare ale betoanelor radioactive cu bloc de beton si fara bloc de beton, cu un grad de umplere cu deseuri radioactive al coletului de minim 75%

Produsul final-compozit (pietris radioactiv intr-o matrice de mortar obtinut cu agregate fine radioactive) etaleaza foarte bune caracteristici de confinare a radionuclizilor (index de levigare intre 7,82 si 9,84 pentru radionuclidul Cs-137 si respectiv, 11,5 si 12,3 pentru radionuclidul Co-60, fata de valoarea minima acceptata de 6)

Dr. Dragusin Mitica



Dr. Ing Deju Radu



~~SECRET DE SERVICIU~~

~~SECRET~~

NESECRET**SECRET DE SERVICIU****BREVET DE INVENTIE**

Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci	
Informații Clasificate	
INTRARE	
Nr. ...	din ...
8/26	27/10/16

34

Metoda de reciclare si reutilizare a betonului radioactiv rezultat din dezafectari ale instalatiilor radiologice si nucleare

**Solicitanți: Institutul National de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica si Inginerie Nucleara-Horia Hulubei-IFIN-HH
Universitatea Tehnica de Constructii**

Autori: Dragusin Mitica, Deju Radu, Robu Ion, Mazilu Claudiu

Revendicari:

1. Metoda de reciclare si reutilizare a betonului radioactiv rezultat din dezafectari ale instalatiilor radiologice si nucleare **caracterizata prin aceea ca** prin aceasta metoda se descrie un nou flux tehnologic la reciclarea si reutilizarea betonului radioactiv dezvoltat intr-o incinta prevazuta cu ventilatie si filtre de inalta eficienta (HEPA), concasoare, amestecatoare a mortarului, fluxul constand in concasarea betonului radioactiv in prima treapta sub forma de pietris cu dimensiuni intre 16 mm si 50 mm care se va preplasa , fara bloc de beton sau cu bloc de beton in butoaie de 220 litri, fractia de pietris cu dimensiuni mai mari de 50 mm si respectiv mai mica de 16 mm se va concasa in treapta a doua pana la dimensiuni mai mici de 5 mm care se va folosi la prepararea mortarului, gradul de umplere cu beton radioactiv ajungand la 70-75% , in final obtinand un colet ce contine pietris radioactiv intr-o matrice de mortar solidificat in butoiul metalic de 220 litri, echivalentul debitului dozei de radiatii la peretele butoiului sa nu depaseasca 2 mSv/h.
2. Metoda de reciclare si reutilizare a betonului radioactiv rezultat din dezafectari ale instalatiilor radiologice si nucleare **caracterizata prin aceea ca** prin aceasta metoda se obtin colete care asigura confinarea pe termen lung a radionuclizilor prezenti in betoanele radioactive care au elementele constitutive volumetric ale mortarului: mortar/ciment/apa in proportia 1,3/1,0/0,55, cu continut de superplastifiant tip Glenium 27 , de 0,8-1,1 % in volume fata de volumul de ciment, iar modificatorul de viscozitate tip 150, de 0,4-0,6 % in volume fata de volumul de ciment si cu urmatoarele proprietati fizico-mecanice: densitate aparenta medie 2130 kg/m³, rezistenta la incovoiere medie 10,1 N/mm² la forta medie aplicata de 450 daN, rezistenta la compresiune medie de 38,7 N/mm² la forta medie aplicata 6800daN.

Dr. Dragusin Mitica

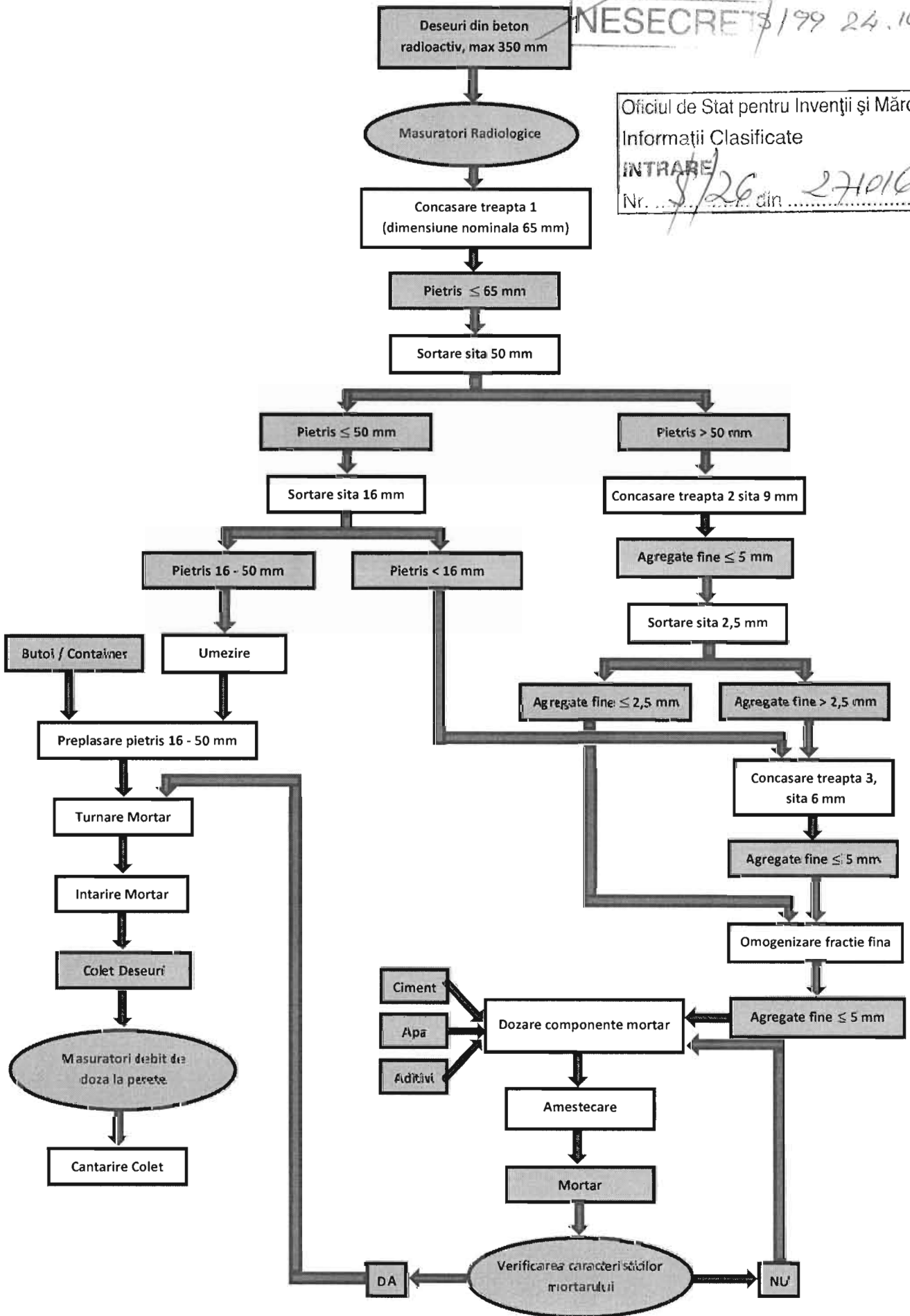
Dr. Ing. Deju Radu

SECRET DE SERVICIU**NESECRET**

NESECRET 199 24.10.2016

Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
Informații Clasificate
INTRARE
Nr. ... 26 din 27/10/16

83



Dr. Drăgulescu Mihail
7/27

Dr. Ing. Deju Radu

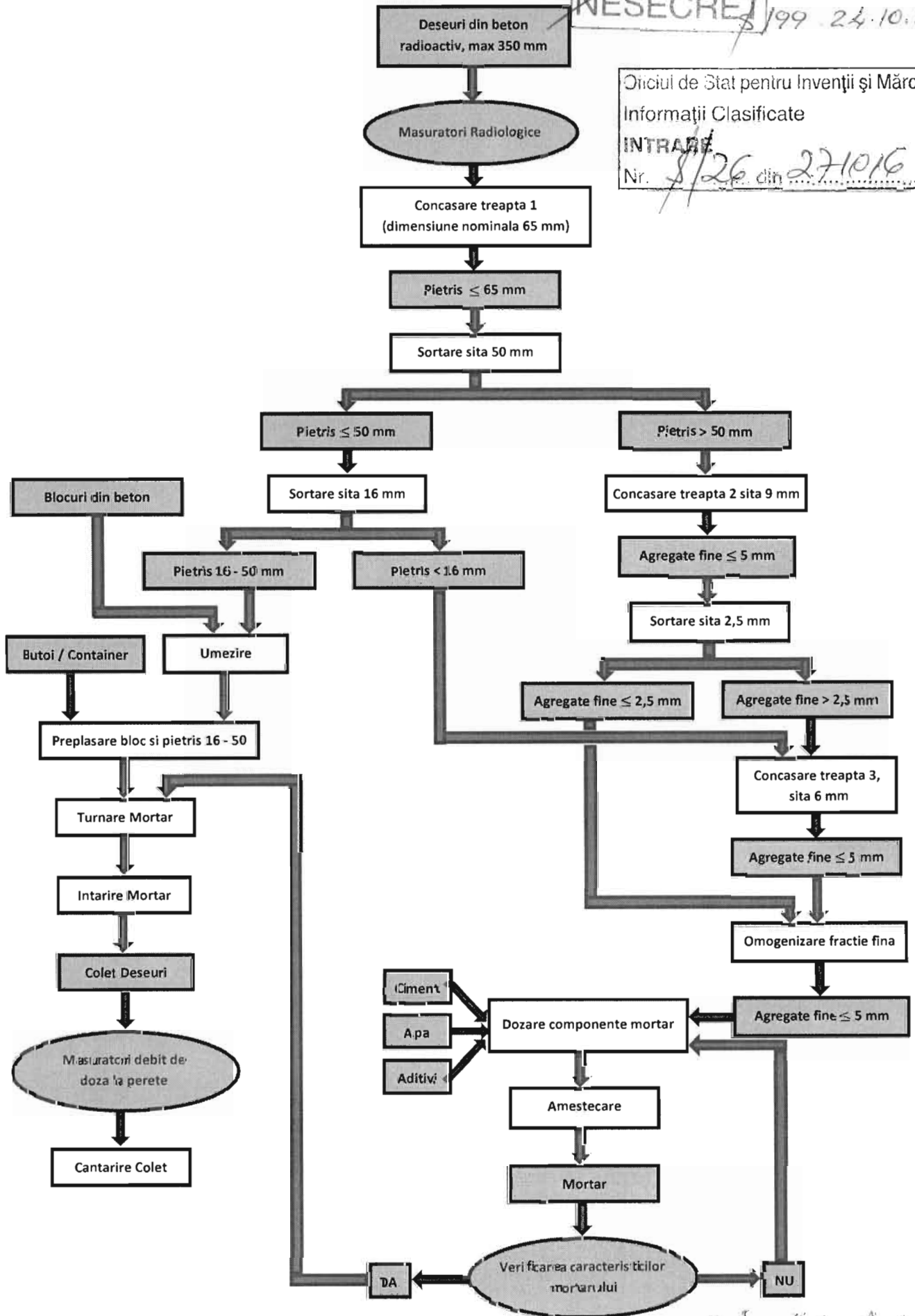
Fig. 1: Fluxul tehnologic de reciclare a betonului radioactiv fara bloc de beton.

NESECRET

§/199 din 24.10.2016

Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
Informații Clasificate
INTRADE
Nr. §/26 din 27/10/16

32



Dr. Drăgulescu Mărioara

75-10

Dr. Ing. Deje Radu

Fig. 2: Fluxul tehnologic de reciclare a betonului radioactiv cu bloc de beton