

EVALUAREA RISCULUI RADIOLOGIC AL UTILIZĂRII CENUȘILOR DE TERMOCENTRALĂ ÎN MATERIALE DE CONSTRUCȚII

ASSESSMENT OF RADIOLOGIC RISK ARISING FROM THE USE OF THERMO-POWER PLANT ASH IN BUILDING MATERIALS

IOAN ROBU^{1*}, GABRIELA ILIE², IOAN PORDEA³

¹UTCB, B-dul Lacul Tei nr.122 - 124, sector 2, București, România

²CEPROCIM, B-dul Preciziei nr.6, sector 6, București, România

³ICPMRR, B-dul Carol I nr.70, sector 2, București, România

Valorificarea cenușilor de termocentrală în domeniul construcțiilor prezintă o importanță majoră pe plan internațional și național din punct de vedere tehnic, economic și ecologic. Limitarea utilizării lor poate fi generată și de radioactivitatea acestora. În lucrare se prezintă cercetări privind determinarea indicelui de radioactivitate pentru cenușile de la principalele termocentrale din România pentru paste, mortare și betoane de ciment conținând cenuși de termocentrală.

The utilization of thermo-power station ashes in construction is of major importance from a technical, economic and environmental viewpoint nationally and internationally.

Their limited utilization could be triggered also by their radioactivity. This paper researches the determination of radioactivity index for ashes originality from the main Romanian thermo-power stations for pastes, mortars and concretes made of cement with an ash component.

Keywords: thermo-power plant ash, puzzolanic activity, radioactivity index, radiologic risk.

1. Introducere

Conform normelor europene și naționale utilizarea cenușilor de termocentrală în domeniul materialelor de construcție este condiționată de cunoașterea riscului radiologic pe care-l transmit produselor finale de construcții.

În lucrare se prezintă date referitoare la compoziția chimică a cenușilor de la principalele termocentrale din România, la activitatea hidraulică, la reactivitatea acestora și a cimenturilor fabricate cu cenuși (ca materie primă sau ca adaos) precum și la efectul cenușilor asupra radioactivității pastelor, mortarelor și betoanelor preparate cu ele.

Rezultatele prezentate sunt rodul unei colaborări în cadrul unui program național de cercetare în parteneriat (contract CEEEX-MENER) pentru evaluarea riscului radiologic asupra sănătății populației prin folosirea în construcția de locuințe a structurilor de întărire pe bază de noi sisteme compozite liante.

2. Partea experimentală

Partea experimentală a constat în prelevarea de cenuși de la principalele termocentrale din România, determinarea compoziției chimico-oxidice și activității puzzolanice prin SiO₂ reactiv, realizarea de cimenturi cu cenuși, ca materie primă sau ca adaos, (SC CEPROCIM SA), determinarea indicelui de radioactivitate pentru cenuși comparativ cu agregate silicioase și calcaroase, precum și pentru

1. Introduction

According to European and national regulations, the use of thermo-power station ash for building materials is conditional on knowing the radiologic risk that could be transmitted to end building materials. This paper summarizes data regarding the chemical composition of ashes originated from the major thermo-power plants of Romania, their hydraulic activity, their reactivity and also the reactivity of cement made from such ash (as raw material or admixture) and the impact of ash on the radioactivity of pastes, mortars and concretes made from such ash.

The results herein are the product of co-operation within a national partnership research program (contract CEEEX-MENER) for the assessment of the radiologic risk on the health of population from the use of new composite binding systems in the hardening structures of building materials for residential developments.

2. The experimental phase

This phase consisted of getting ash samples from the main Romanian thermo-power stations, determining the chemical-oxidic composition and puzzolanic activity with SiO₂ reagent, preparing ash-based cements, as raw material or as addition (SC Ceprocim SA), assessing the radioactivity index for ash by comparison with silica and limestone aggregates as well as for hardening stru-

* Autor corespondent/Corresponding author,
Tel: +40723.935.121, e-mail: irobu2004@yahoo.fr

diverse structuri de întărire pe bază de cimenturi cu cenuși (ICPMRR București), stabilirea de compoziții cu cenuși pentru paste, mortare și betoane cu determinarea unor caracteristici fizico-mecanice și pregătirea de epruvete pentru evaluarea indicelui de radioactivitate (UTCB - LMC). Pentru caracterizarea chimică, activitatea puzzolanică și radioactivitatea cenușilor au fost alese opt termocentrale (Mintia, Doicești, Rovinari, Isalnița, Govora, Bacău, Oradea, Suceava).

Pentru caracterizarea calitativă și radioactivitatea cimenturilor realizate cu cenuși de termocentrală ca materie primă s-au utilizat cenușile de la termocentralele Mintia, Doicești și Rovinari. Cenușa a înlocuit total materia primă silico-aluminoasă din amestecul brut, în proporție de circa 13-15 %.

Pentru realizarea cimenturilor cu adaos de cenuși conform SR EN 197 - 1 : 2002, s-au utilizat toate cenușile analizate. Din determinările efectuate în laborator a rezultat că proporția optimă de cenușă de termocentrală este 15 % pentru cimentul de tip CEM II/ A-V. Cimenturi de tip CEM II/ B - V au fost realizate cu adaos de 25% cenușă de termocentrală, de la Mintia .

Pentru structurile de întărire pe bază de ciment cu și fără adaos de cenușă (pastă, mortare și betoane) au fost utilizate cimenturi realizate cu cenușă de Mintia (CEM II/ A-V, CEM II/ B - V).

Pentru mortare s-a utilizat nisip silicios poligranular. Ca agregate pentru betoane s-au utilizat agregate silicioase și calcaroase. Pentru evidențierea influenței dozajului de ciment cu cenușă au fost utilizate două clase de betoane C16/20 și C35/45 pentru CEM II/ A-V respectiv C12/15 și C25/30 pentru CEM II/ B - V.

3. Evaluarea riscului radiologic

Riscul radiologic pentru o persoană supusă iradierii externe și interne datorită radionuclizilor din diverse materiale, se poate estima în două moduri [1]:

a) prin calcularea indicelui de radioactivitate (conform OMS 381/2004) conform formulei:

$$I = \left(\frac{C_{Ra}}{300 \text{ Bqkg}^{-1}} + \frac{C_{Th}}{200 \text{ Bqkg}^{-1}} + \frac{C_K}{3000 \text{ Bqkg}^{-1}} \right)$$

în care: C_{Ra-226} , C_{Th-232} , C_{K-40} reprezintă activitățile elementelor Ra_{226} , Th_{232} , K_{40} (exprimate în Bq/kg), obținute în urma analizelor prin spectrometrie gamma [2,3].

Prin OMS 381/2004 [4] valoarea indicelui de radioactivitate pentru produse finite utilizate în construcții se limitează la o valoare maximă de 0,5. Dacă $I \leq 0,5$, riscul radiologic este nesemnificativ. În Europa, $I \leq 1$ [1].

b) prin calcularea dozei suplimentare efective anuale.

În conformitate cu legislația din România și

ctures based on cements with ash (ICPMRR Bucharest). This stage also included the preparation of ash-based mixtures for pastes, mortars and concretes and the determination of their physical and mechanical characteristics as well as their radioactivity index (UTCB-LMC). Ash sourced from eight thermo-power stations (Mintia, Doicesti, Rovinari, Isalnița, Govora, Bacau, Oradea, Suceava) has been evaluated from a chemical and puzzolanic activity as well as reactivity viewpoint. To characterize the quality and radioactivity cement made with fly ash as raw material were used Mintia, Doicesti and Rovinari thermo-power plants. Ash replaced the silica-aluminous raw material in proportion of 13-15% from raw mix. All types of ash reviewed were used to prepare cements with ash admixtures in accordance with SR EN 197 - 1: 2002. The laboratory tests revealed that the optimum ash proportion is 15% for cement type CEM II/A-V. CEM II/B-V type cement were made with the addition of 25% fly ash, from the Mintia. For the cement hardening structures with or without ash admixture (pastes, mortars, concretes), Mintia ash-based cement was used (CEM II/A-V, CEM II/B-V).

Polygranular silica sand was used for mortars, while silica and limestone aggregates were used as aggregate for concretes. To highlight the impact of ash-based cement dosage, two concrete classes were used: C16/20 and C35/45 for CEM II/A-V, and C12/15 and C25/30 for CEM II/B-V respectively.

3. Assessing the radiologic risk

The radiologic risk for a person subject to external and internal radiation due to radionuclides of various materials, can be estimated by calculating [1,2]:

a) Either the radioactivity index as per OMS 381/2004 as follows [3]:

$$I = \left(\frac{C_{Ra}}{300 \text{ Bqkg}^{-1}} + \frac{C_{Th}}{200 \text{ Bqkg}^{-1}} + \frac{C_K}{3000 \text{ Bqkg}^{-1}} \right)$$

where: C_{Ra-226} , C_{Th-232} , C_{K-40} represent the activity of elements Ra_{226} , Th_{232} , K_{40} (measured in Bq/kg), elements obtained from spectrometry gamma tests [2,3].

The value of radioactivity index for finished products used in construction is capped at 0.5 by OMS 381/2004 [4]. If the index is below 0.5, the radiologic is insignificant. In Europe, the regulation is less stringent and readings below 1 are allowed [1].

b) Or, the additional annual effective dose Romanian legislation and international radioprotection rules limit the additional annual effective dose for population to 1mSv/year. The additional effective is calculated based on gamma radiation measurements (external radiation) and

Normele Internaționale de Radioprotecție, doza efectivă suplimentară anuală pentru populație este limitată la 1mSv/an. Dozele efective suplimentare se calculează pe baza măsurătorilor radiațiilor gamma (iradierea externă) și a concentrațiilor de radon (iradierea internă), efectuate asupra materialelor testate.

4. Rezultate și discuții

4.1. Compoziția chimică a cenușilor

Compoziția chimică a cenușilor de la principalele termocentrale din România a fost determinată de către S.C. *CEPROCIM S.A.* și este prezentată în tabelul 1. În acest tabel figurează și SiO_2 reactiv ca măsură a activității puzzolanice a cenușilor.

on radon concentration (internal radiation) on the tested materials. The reading was 0.492 mSv/year, is less than 1mSv/year.

4. Results and discussion

4.1. Chemical composition of ash

The chemical composition of ash sourced from various Romanian thermo-power plants was determined by SC *Ceprocim SA* and is summarized in table 1. As a measure of their puzzolanic activity, the table also displays the SiO_2 reagent. The puzzolanic activity index of Mintia ash used in pastes, mortars and concretes was determined in the building materials laboratory of UTCB; the reading was 0.91 > 0.65 limit.

Tabelul 1

Compoziția chimică a cenușilor de la principalele termocentrale din țară
The chemical composition of ash from the main Romanian thermo-power plants

Termocentrala Thermo-power station	P.C.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	SiO_2 reactiv reagent
	%									
Mintia	1.46-2.29	53.10-53.40	26.5-27.87	8.34-8.84	2.82-3.50	1.51-1.60	0.25-0.38	0.72-0.75	2.22-2.78	38.92-40.97
Doicești	1.66-3.78	52.99-55.18	21.20-24.40	8.83-9.75	2.85-4.02	2.31-2.67	0.78-1.80	0.74-0.77	2.67-2.98	39.82-48.11
Rovinari	1.55	48.60	25.50	7.97	8.43	2.39	1.34	0.53	1.72	42.50
Isalnița	2.27-2.33	48.57-49.36	23.18-23.42	8.83-9.10	7.58-8.74	1.90-2.53	1.80-1.93	0.48-0.96	1.77-2.09	38.50-42.54
Oradea	4.35-6.06	44.61-47.57	18.68-19.63	11.18-14.30	7.73-9.25	2.10-2.50	2.62-2.88	0.56-0.79	1.75-1.86	33.43-43.11
Suceava	14.54	45.01	24.88	3.99	5.72	1.79	1.10	0.27	0.93	32.65
Bacău	2.18	51.21	22.27	9.54	6.01	2.39	2.11	0.67	1.97	40.11
Govora	2.73-3.98	47.87-58.41	19.35-20.86	8.81-12.87	4.10-7.86	2.43-3.20	1.38-2.97	0.24-0.34	1.04-1.49	41.32-48.90

În laboratorul de materiale de construcție al UTCB s-a determinat indicele de activitate puzzolanică al cenușii de la Mintia utilizată la prepararea de paste, mortare și betoane; valoarea obținută a fost de 0,91 > 0,65.

Se constată că în toate cenușile componenții preponderenți sunt SiO_2 , Al_2O_3 și Fe_2O_3 , suma lor depășind 70 % fapt care atestă posibilitatea utilizării cenușii ca înlocuitor al argilei în amestecul brut. De asemenea, s-au constatat condiții de ardere mai bune, procentul de cărbune fiind mult mai scăzut decât înainte de 1989 (excepție cenușa de haldă de la Suceava) precum și o constantă mai bună în timp a compoziției chimico-oxidice (prin comparație cu compoziții mai vechi) [5].

4.2 Indicele de radioactivitate al cenușilor

Indicele de radioactivitate al cenușilor a avut valori de 0,76 – 1,56 conform datelor din tabelul 2 publicat în lucrarea [6]. Pentru cenușa de Mintia utilizată de UTCB, indicele de radioactivitate a fost 0,89 (mult mai mare decât al celorlalte materiale folosite: agregate calcaroase, agregate silicioase, ciment etalon).

It is of note that in all types of ash the main components are SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , their total exceeding 70%, which testify to the possibility of using ash as a substitute for clay in the raw mix. The tests revealed better burning conditions, since the percentage of coal is much lower than prior to 1989 (except for Suceava ash dump), as well as a better stability in time of the chemical-oxidic composition (as compared to older compositions). [5].

4.1 Ash radioactivity index

The radioactivity index for ash had readings between 0.76 and 1.56 as shown in table 2 [6]. The Mintia ash tested by UTCB had a radioactivity index of 0.89, much higher than that of other materials used such as limestone aggregate, silica aggregate and standard cement.

4.2 Cements using ash as raw material

As raw material, thermo-power plant ash can replace in full or in part the traditional silica-aluminous components (clay/marl) in the raw mixture. For this paper, the ash replaced in full the

Tabelul 2

Valori ale indicelui de radioactivitate pentru cenușile studiate/ *Radioactivity index readings for the ash tested*

Termocentrala <i>Thermo-power station</i>	Concentrația radionuclizilor/ <i>Concentration of radio-nuclides, Bq/kg</i>			Indicele de radioactivitate <i>Radioactivity index</i>
	Ra226	Th232	K40	
Mintia	118.30-158.51	56.17-76.26	613.50-826.30	0.89-1.08
Doicești	150.96-195.00	51.70-72.57	482.00-751.20	1.07-1.12
Rovinari	280.53	82.00	654.17	1.56
Isalnița	123.28-140.90	53.30-72.57	594.70-613.48	0.94-0.99
Oradea	100.64-182.41	54.94-70.52	428.80-575.90	0.79-1.10
Suceava	303.80	130.00	216.90	1.40
Bacău	205.00	45.50	563.40	1.10
Govora	93.09-157.20	49.61-81.59	550.88-807.54	0.76-1.07

4.3 Cimenturi fabricate cu cenuși ca materie primă

Ca materie primă, cenușa de termocentrală poate înlocui parțial sau total componenta silico-aluminoasă tradițională (argilă/marnă) în amestecul brut. În prezenta lucrare, cenușa a înlocuit total materia primă silico-aluminoasă, în proporție de circa 13 -15 %. S-au ales 3 cenuși de termocentrală care au fost utilizate ca materie primă în amestecul brut, și anume cenușile de la termocentralele Mintia, Doicești și Rovinari. Cimenturile realizate cu cenușa de termocentrală ca materie primă, de tip CEM I, s-au caracterizat din punct de vedere al

silica-aluminous raw material in proportion of 13-15%. Ash from three thermo-power plants (Mintia, Doicești and Rovinari) was chosen as raw material in the mixtures. CEM I type cements using ash as raw material was tested for the radioactivity index and mechanical resistance at compression at 2 and 28 days (table 3). The index readings were between 0.19 to 0.38, while the resistance to compression classified the cements into the 42.5 N to 52.5 N resistance classes.

4.4 Thermo – power plant ash as admixture

All eight ash samples tested (Mintia,

Tabelul 3

Caracterizarea cimenturilor cu cenușă ca materie primă/ *Features of cements based on ash as raw materials*

Dozaj materii prime <i>Raw materials dose:</i>									
Calcar /% <i>Limestone</i>	77.10-78.27			77.39-78.56			75.76-77.02		
Cenușă Mintia/ % <i>Mintia ash</i>	12.90-13.62			-	-	-	-	-	-
Cenușă Doicești /% <i>Doicești ash</i>	-	-	-	14.06-14.85			-	-	-
Cenușă Rovinari /% <i>Rovinari ash</i>	-	-	-	-	-	-	13.06-13.79		
Nisip /% <i>Sand</i>	4.00-4.10			6.96-7.32			7.92-8.33		
Cenușă pirită / % <i>Pyrite ash</i>	1.90-2.00			1.87-1.96			2.00-2.11		
<i>Caracteristici ciment /Cement features:</i>									
Tip ciment / <i>Cement type</i>	CEM I								
Indice de radioactivitate <i>Radioactivity index</i>	0.22	0.19	0.23	0.22	0.24	0.27	0.37	0.38	0.35
Rezistența la compresiune <i>Resistance at compression (N/mm²)</i>									
2 zile / <i>2 days</i>	23.2	24.6	19.5	16.4	21.4	20.7	15.1	16.0	18.6
28 zile/ <i>28 days</i>	61.9	58.9	56.3	54.1	58.0	55.4	54.4	54.9	56.0

indicelui de radioactivitate și al rezistențelor mecanice la compresiune la termenele de 2 și 28 de zile (tabelul 3).

-Indicele de radioactivitate al cimenturilor în care cenușa de termocentrală s-a utilizat ca materie primă în amestecul brut, are valori de 0,19-0,38.

-Rezistența la compresiune încadrează cimenturile la clasele de rezistență 42,5 N-52,5 N

4.4 Cenușa de termocentrală ca adaos

Pentru realizarea cimenturilor cu adaos de cenușă conform SR EN 197 –1:2002, s-au utilizat cele opt probe de cenușă (Mintia, Doicești, Rovinari, Ișalnița, Oradea, Suceava, Bacău, Govora) analizate. Din determinările efectuate în laborator, a rezultat că proporția optimă de cenușă de termocentrală este 15% pentru cimentul CEM II/A-V, iar cimenturile astfel realizate s-au caracterizat din punct de vedere al radioactivității și calitativ prin rezistențele mecanice la compresiune la termenele de 2 și 28 zile.

Indicii de radioactivitate pentru cimenturile cu adaos de cenușă realizate de CEPROCIM sunt prezentați în tabelul 5, iar cei pentru cimenturile puse la dispoziția UTCB de către S.C. CEPROCIM S.A. în tabelul 4.

- Indicele de radioactivitate (I) al cimenturilor cu adaos de cenușă de termocentrală, are valori de 0,30 – 0,41.

- Rezistența la compresiune încadrează cimenturile CEM II/A-V la clasele de rezistență 32,5 N – 42,5 N.

Doicești, Rovinari, Ișalnița, Oradea, Suceava, Bacău, Govora) were used to prepare SR EN 197 – 1:2002 compliant cements with ash admixture. Laboratory testing revealed that the optimal proportion of thermo-power plant ash is 15% for type cement CEM II/A-V, and these cements were evaluated for radioactivity levels, and qualitatively for mechanical resistance to compression at 2 and 28 days.

Table 4 summarizes the radioactivity index for cements with ash admixture prepared by Ceprocim, while table 5 presents the results for the cements sent to UTCB by SC Ceprocim SA for testing.

Radioactivity index (I) of cement with fly ash added, has values of 0.30 - 0.41. The readings for the resistance to compression for CEM II/A-V type cements were between 32.5 N and 42.5 N.

4.5 Pastes, mortars and concretes with ash admixture

To determine the radioactivity index, pastes, mortars and concretes with Mintia ash admixture were prepared. Also were determined and radioactivity index values for aggregates used in mortar and concrete studies (river siliceous aggregates and aggregate limestone) measurements results are presented in Table 6.

4.6 Concretes made from composite cements with ash

The concretes prepared with silica or limestone aggregates and with II/A-V cements

Tabelul 4

Caracterizarea cimenturilor cu adaos de cenușă / Features of cements with ash admixture

Caracteristica/ Characteristics	Cimentul/ Cement								
	CEM II/A-V								
Tip ciment/ Type cement									
Adaos cenușă/ Ash admixture	15 % Mintia	15 % Doicești	15 % Rovinari	15 % Ișalnița	15 % Oradea	15 % Suceava	15 % Bacău	15 % Govora	
Indice de radioactivitate Radioactivity index	0.34	0.35	0.41	0.35	0.32	0.30	0.32	0.37	
Rezistența la compresiune Resistance at compression, N/mm ²									
2 zile/ 2 days	13.8	13.5	16.9	13.7	9.2	5.2	13.1	9.4	
28 zile /28 days	39.9	42.0	43.7	41.5	34.7	35.4	42.5	36.8	

Tabelul 5

Valori ale indicelui de radioactivitate pentru cimenturile cu adaos de cenușă
Readings of the radioactivity index for ash admixture cements

Proba / Test	Indicele de radioactivitate /Radioactivity index, I
Cenușa de termocentrală Mintia/ Mintia thermo-power station ash	0.89
Ciment/ Cement CEM I (EB)	0.24
Ciment/ Cement II/A-V	0.36
Ciment /Cement II/B-V	0.39

4.5 Paste, mortare și betoane cu adaos de cenușă

Pentru determinarea indicelui de radioactivitate s-au preparat paste, mortare și betoane cu adaos de cenuși de Mintia. De asemenea, s-au determinat și valorile indicelui de

belong to the C16/20 and C35/45 classes, and those with II/B-V cements to C12/15 and C25/30 classes. The radioactivity index readings were between 0.12 and 0.15 for concretes with limestone aggregates (table 7) and between 0.22

radioactivitate pentru agregatele utilizate la prepararea mortarelor și betoanelor studiate (agregate de râu silicioase și agregate calcaroase) Rezultatele determinărilor sunt prezentate în tabelul 6.

and 0.28 for concretes with silica aggregates.

Data show that the method of determination of radioactivity index was very sensitive for homogeneous materials (concrete), although the

Tabelul 6

Indici de radioactivitate pentru paste, mortare și betoane cu adaos de cenușă de Mintia
Radioactivity indices for pastes, mortars and concretes with Mintia ash admixture

Indicativ proba Test number	Compoziție / Composition	Ra ²²⁶ [Bq/kg]	Th ²³² [Bq/kg]	K ⁴⁰ [Bq/kg]	Indicele de radioactivitate Radioactivity index
1	Pastă P ₁ / Paste P ₁ (etalon + 25,6% apă /reference + 25,6 % water)	21.2	20.1	172.1	0.23
2	Pastă P ₂ / Paste P ₂ (etalon + 25% cenușă + 25,6% apă/ reference + 25 % ash + 25,6 % water)	33.7	19.7	262.9	0.30
3	Pastă P ₃ /Paste P ₃ (100% cenușă + 30% apă/ 100 % ash + 30 % water)	50.0	19.3	272.3	0.35
4	Pastă P ₄ / Paste P ₄ (etalon + 50% cenușă + 25,6% apă /reference + 50 % ash + 25,6 % water)	58.7	22.5	272.2	0.40
5	Mortar M ₁ (mortar de referință cu ciment etalon /reference mortar + reference cement)	22.5	11.5	150.2	0.18
6	Mortar M ₂ (mortar ciment-cenușă pentru indice de activitate/ cement-ash mortar for activity index)	22.5	20.5	187.8	0.24
7	Agregat râu, sort 0-4 mm/ River aggregate, size 0-4 mm	18.8	12.7	275.4	0.22
8	Agregat râu, sort 4-8 mm/ River aggregate, size 4-8 mm	28.8	13.9	222.2	0.24
9	Agregat râu, sort 8-16 mm/ River aggregate, size 8-16 mm	21.3	13.5	281.7	0.23
10	Agregat râu, sort 16-31 mm River aggregate, size 16-31 mm	17.5	16.4	306.7	0.24
11	Agregat calcaros, sort 0-4 mm Limestone aggregate size 0-4 mm	13.8	6.6	25.0	0.09
12	Agregat calcaros, sort 8-16 mm Limestone aggregate size 8-16 mm	10.0	6.1	28.2	0.07
13	Beton cu ciment etalon și agregat calcaros conservat în aer sat./Concrete with reference cement and limestone aggregate-preserved in saturated air	18.7	6.6	37.5	0.11
14	Beton cu ciment etalon și agregat calcaros –conservat în apă/ Concrete with reference cement and limestone aggregate – preserved in water	15.0	5.3	34.5	0.10
15	Beton cu ciment etalon și agregat silicios conservat în aer sat./Concrete with reference cement and silica aggregate-preserved in sat	27.5	12.7	313.0	0.26
16	Beton cu ciment etalon și agregat silicios conservat în apă Concrete with reference cement and silica aggregate-preserved in water	25.0	12.7	309.9	0.25
17	Beton cu agregat silicios + 50 kg cenușă/m ³ beton conservat în aer sat./Concrete with silica aggregate + 50 kg ash/m ³ concrete	38.7	13.1	256.7	0.28
18	Beton cu agregat silicios + 50 kg cenușă/m ³ beton conservat în apă / Concrete with silica aggregate + 50 kg ash/m ³ concrete	26.3	12.3	328.7	0.26
22	Beton cu agregat silicios + 150 kg cenușă/m ³ beton conservat în apă / Concrete with silica aggregate + 150 kg ash/m ³ concrete-preserved in water	20.0	17.2	447.6	0.30

4.6. Betoane realizate cu cimenturi compozite cu cenuși

Betoanele preparate cu agregat silicios sau calcaros și cu cimenturi II A-V au fost de clasă C16/20 și C35/45, iar cele cu cimenturi II B-V de clasă C12/15 și C25/30. Valorile indicelui de radioactivitate obținute pentru aceste betoane (tabelul 6) au fost de 0,12 – 0,15 la betoanele cu agregate calcaroase (tabelul 7) și de 0,22 – 0,28 pentru betoanele cu agregate silicioase.

Datele obținute evidențiază faptul că metoda de determinare a indicelui de radioactivitate s-a dovedit foarte sensibilă pentru materiale omogene (beton), deși a diferențiat conservarea în aer umed față de conservarea în apă.

difference in moist air to the conservation of water conservation.

5. Conclusions

- The fly ash in Romania is characterized by values of the indices of radioactivity between 0.76 and 1.56, can not be used as such in housing (fillers or binders with ash compositions predominant).
- Index cements the radioactivity of fly ash was used as raw material in the raw mix, had values of 0.19 to 0.38.
- Cements unit from crude mixtures with ash as raw material alumina and silicon-

Tabelul 7

Indici de radioactivitate pentru betoane realizate cu cimenturi compozite cu cenuși
Radioactivity indices for concretes made of composite cements with ash

Indicativ probă Test number	Compoziție/ Composition Conservare 28 de zile în apă Preserved in water for 28 days	Ra ²²⁶ [Bq/kg]	Th ²³² [Bq/kg]	K ⁴⁰ [Bq/kg]	Indicele de radioactivitate Radioactivity index
25	Beton cu ciment II/A-V de clasă 16/20 cu agregat silicios 0-31 mm/Concrete with 16/20 class cement II/A-V and silica aggregate 0-31 mm	16.2	13.1	291.1	0.22
26	Beton cu ciment II/A-V de clasă 35/45 cu agregat silicios 0-31 mm /Concrete with 35/45 class cement II/A-V and silica aggregate 0-31 mm	17.5	15.2	303.6	0.24
27	Beton cu ciment II/B-V de clasă 12/15 cu agregat silicios 0-31 mm/Concrete with 12/15 class cement II/B-V and silica aggregate 0-31 mm	20.0	17.6	338.0	0.27
28	Beton cu ciment II/B-V de clasă 25/30 cu agregat silicios 0-31 mm /Concrete with 25/30 class cement II/B-V and silica aggregate 0-31 mm	17.7	16.8	319.0	0.25
29	Beton cu ciment II/A-V de clasă 16/20 cu agregat silicios 0-16 mm/ Concrete with 16/20 class cement II/A-V and silica aggregate 0-16 mm	17.5	13.9	344.3	0.24
30	Beton cu ciment II/A-V de clasă 35/45 cu agregat silicios 0-16 mm /Concrete with 35/45 class cement II/A-V and silica aggregate 0-16 mm	15.5	16.5	297.0	0.23
31	Beton cu ciment II/B-V de clasă 12/15 cu agregat silicios 0-16 mm/ Concrete with 12/15 class cement II/B-V and silica aggregate 0-16 mm	30.8	11.7	353.7	0.28
32	Beton cu ciment II/B-V de clasă 25/30 cu agregat silicios 0-16 mm /Concrete with 25/30 class cement II/B-V and silica aggregate 0-16 mm	21.2	14.5	315.5	0.25
33	Beton cu ciment II/A-V de clasă 16/20 cu agregat calcaros 0-31 mm/ Concrete with 16/20 class cement II/A-V and limestone aggregate 0-31 mm	18.1	5.0	118.0	0.12
34	Beton cu ciment II/A-V de clasă 35/45 cu agregat calcaros 0-31 mm /Concrete with 35/45 class cement II/A-V and limestone aggregate 0-31 mm	15.0	10.4	97.0	0.13
35	Beton cu ciment II/B-V de clasă 12/15 cu agregat calcaros 0-31 mm /Concrete with 12/15 class cement II/B-V and limestone aggregate 0-31 mm	17.1	14.6	72.0	0.15
36	Beton cu ciment II/B-V de clasă 25/30 cu agregat calcaros 0-31 mm/ Concrete with 25/30 class cement II/B-V and limestone aggregate 0-31 mm	16.2	12.7	81.0	0.14

5. Concluzii

- Cenușile de termocentrală din România se caracterizează prin valori ale indicilor de radioactivitate cuprinse între 0,76 și 1,56, neputând fi utilizate ca atare în construcția de locuințe (umpluturi sau compoziții liante cu cenușă predominantă).
- Indicele de radioactivitate al cimenturilor în care cenușa de termocentrală s-a utilizat ca materie primă în amestecul brut, a avut valori de 0,19-0,38.
- Cimenturile unitare obținute din amestecuri brute cu cenușă ca materie primă silico-aluminoasă cât și materialele cu adaos de cenușă (cimenturi, paste, mortare și betoane) realizate în laborator au avut valori ale indicelui de radioactivitate < 0,5, satisfăcând cerințele OMS 381/2004.
- Implementarea în România a Normelor Europene care impun indici de radioactivitate ≤ 1 pentru materiale de construcție va permite utilizarea cenușilor

containing ash material (cement pastes, mortars and concretes) in the laboratory had radioactivity index values < 0,5, satisfying the requirements of OMS 381/2004.

- Implementation in Romania of EU rules which impose a radioactive index ≤ 1 for building materials will allow the use of ash in various materials without significant radiological risk.
- The method for determining the radioactivity index proved very sensitive for homogenous (pastes, mortars) and less sensitive for heterogeneous materials such as concretes with ash admixture (although it differentiated the preservation in saturated air versus preservation in water).

în diverse materiale fără riscuri radiologice importante.

- Metoda utilizată pentru determinarea indicelui de radioactivitate s-a dovedit sensibilă la materiale omogene (paste, mortare) și mai puțin concludentă la betoane (deși a diferențiat conservarea în aer umed față de conservarea în apă).

REFERENCES

1. xxx – European Commission (EC), 1999. Radiological Protection Principles Concerning the Natural Radioactivity of Building Materials, Radiation Protection 112, Luxembourg.

2. xxx – IAEA, 2003, Guide – TEC DOC -1363
3. I. Pordea, C. Manea, Gh. Crudu, G. Ilie, and I. Robu – Radioactive Index, Gamma Spectrometry 2nd International Workshop in “ Geoenvironment and Geotechnics “, September 2008, Milosiland, Greece.
4. xxx - Ordinul MS nr. 381/05.04.2004
5. I. Robu – Binding compositions based on thermo power plant ash, PhD thesis, ICB, 1986
6. G. Ilie , I. Petre, I. Mohanu and C. Drăgănoaia– Assessment of radioactivity of thermo-power plant ash used in binding systems, Romanian Journal of Materials, 2007, 37,(4), 296.

MANIFESTĂRI ȘTIINȚIFICE / SCIENTIFIC EVENTS

6th International Symposium on MODERN USE OF WET-MIX SPRAYED CONCRETE FOR UNDERGROUND SUPPORT 12 – 15 September 2011, Tromso, Norway

The Norwegian Concrete Society has been a leading participant regarding the use of wet-mix sprayed concrete for many years. The main symposium themes will be design, construction and durability of wet-mix sprayed concrete in underground structures. In view of the latest incidences in Norway regarding failure in the rock support system in a highway tunnel, the support philosophy has been heavily debated in Norway. The Norwegian Concrete Association is currently revising the Publication No 7, Sprayed Concrete for Rock Support – Technical Specification, Guidelines and Test Methods. This publication will be debated during the symposium.

There will be four main sessions consisting of invited and submitted papers, followed by discussions.

Support design

- * Geological conditions * Load capacity * Rock mass classification * Squeezing and swelling rock
- * Water leakage * Frost action * Fire performance * Rock burst and spalling
- * Design methods and criteria * Case histories

Durability

- * Environmental exposure * Early and long term capacity * Sprayed concrete mix design
- * Saline water * Alkali aggregate reaction * Frost * Deformations, loading
- * Critical parameters * Service Life prediction * Case histories of performance

Codes and specifications

- * Health and safety * Design of reinforcement * Concrete materials
- * Admixtures for sprayed concrete * Use of fibres, ductility * Quality Assurance
- * Nozzle man certification * Testing and documentation
- * Fire protection with sprayable system and sprayed concrete

Construction / mining

- * Spraying equipment * Use of fibres and admixtures
- * Spraying technique * Water and frost protection * Case histories

Contact: www.sprayedconcrete.no

E-mail: siri.engen@tekna.no

Phone: +47 22 94 75 01
