



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2010 01235

(22) Data de depozit: 29.11.2010

(41) Data publicării cererii:
28.06.2013 BOPI nr. 6/2013

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN
CLUJ-NAPOCA, STR. MEMORANDUMULUI
NR. 28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:
• IOANI ADRIAN MIRCEA, STR. I. VULCAN
NR. 14, AP. 1, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• SZILAGYI HENRIETTE, STR. ARINILOR
NR. 11, AP. 25, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;

• MIRCEA CĂLIN RADU GRIGORE,
STR. PROF. T. CIORTEA NR. 7, AP. 114,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(74) Mandatar:
CABINET DE PROPRIETATE
INDUSTRIALĂ CIUPAN CORNEL,
STR. MESTECENILOR NR. 6, BL. 9E, AP. 2,
CLUJ NAPOCA, JUDEȚUL CLUJ

(54) **BETON AUTOCOMPACTANT (C 50/60) FĂRĂ ADAOSURI
MINERALE, DESTINAT INDUSTRIEI DE PREFABRICATE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o compoziție de beton pentru industria de prefabricate/precomprimate. Compoziția conform invenției este constituită din 510 kg ciment, 920 kg nisip de râu cu o dimensiune a particulei de până la 4 mm, 230 kg agregat grosier de râu, 492 kg

agregat grosier de râu având o dimensiune a particulei de 8...16 mm, 5,61 kg superplastifiant de tip policarboxilic, și 199 kg apă.

Revendicări: 2



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2010 01235
Data depozit 29-11-2010

BETON AUTOCOMPACTANT (C 50/60) FĂRĂ ADAOSURI MINERALE, DESTINAT INDUSTRIEI DE PREFABRICATE

Invenția se referă la o compoziție de beton autocompactant având clasa de rezistență la compresiune C50/60, realizată numai cu materiale folosite în mod uzual la producerea de elemente prefabricate și anume: ciment, agregate naturale, aditivi și apă. Acest tip de beton se poate utiliza în toate domeniile în care se folosește în mod tradițional betonul convențional (betonul pus în operă prin vibrare mecanică), adică la realizarea de elemente prefabricate/precomprimate pentru construcții civile, industriale, agricole, poduri, viaducte, tuneluri, dar și la realizarea structurilor monolite ca beton marfă produs în stații și livrat șantierelor de construcții. În plus betonul autocompactant (BAC) s-a dovedit a fi o soluție viabilă și la lucrările de reparații și consolidări, lucrări unde soluția clasică de turnare și vibrare a betonului convențional nu putea fi aplicată.

Betonul autocompactant este un beton fluid, nesegregat care la turnare se răspândește, umple cofrajul și înconjoară armăturile fără aportul vreunui mijloc mecanic de compactare/vibrare, definiție dată de standardul ACI 237R-07 / Aprilie 2007 al Institutului American pentru Beton (ACI). Este realizat practic din aceleași materiale ca și betonul convențional (ciment, adaosuri minerale, agregate, aditivi de tipul superplastifiantilor/intensificatori de apă) și numai în unele situații este necesară folosirea și a aditivilor modificatori de vâscozitate (VMA). BAC a apărut întâi în Japonia în 1988, cu scopul declarat de a realiza structuri durabile din beton, prin îmbunătățirea calității procesului de punere în operă, urmărindu-se de fapt asigurarea condițiilor necesare ca betonul să-și poată dezvolta proprietățile mecanice independent de modul în care se face vibrarea (tip de vibrare, puncte de vibrare, timp de vibrare, frecvența, îndemânarea profesională și conștiințiozitatea membrilor echipei de vibrare (Tanaka s.a. 1993, Miura s.a. 1993, Okamura și Ozawa.1994). Ulterior gama de betoane autocompactante s-a extins, acoperindu-se întreg domeniul: de la BAC cu rezistențe scăzute până la BAC de înaltă și ultraînaltă performanță (brevet FR2929270 A1). Practic, BAC poate înlocui betonul convențional în toate domeniile, dar se dovedește singura opțiune tehnologică de realizare atunci când este vorba de turnarea în secțiuni înguste sau de betonarea elementelor cu forme complicate, inclusiv a zonelor puternic congestionate de prezența armăturilor (elemente prefabricate armate sau precomprimate, tronsoane pentru tuneluri, stâlpi tubulari, pile de pod, fundații masive, grinzi de pod, noduri de cadru, etc.). Statisticile arată că în Japonia în anul 2000, 55% din volumul de prefabricate era realizat cu BAC (Okamura 2003). În țările europene producția de BAC a debutat în 1996 și a ajuns în anul 2004 la volume impresionante: 30% din volumul de prefabricate în Danemarca, 50% în Suedia și 60% în Olanda era reprezentat de BAC (Pade Claus 2006). Și în SUA volumul de prefabricate turnate cu BAC a crescut semnificativ de la 135.000 mc în anul 2000 la cca. 1,8 milioane mc în 2003 (Daczo 2003). Această dezvoltare a avut la bază un volum important de cercetări care s-a materializat prin norme de proiectare sau ghiduri de folosire cu caracter național sau internațional: EFNARC/2005: Ghidul european pentru beton autocompactant, prEN 206-9: 2007-03, ICAR 108-2F/2007, PCI-TR-6-03/2003, ACI 237R-07 și cel mai recent document, Raportul NCHRP 628: Betonul autocompactant pentru elemente prefabricate, precomprimate pentru poduri (2009).

În România, BAC nu se folosește pe scară industrială fiind realizate doar cercetări de laborator și un număr de elemente prototip (grinzi prefabricate din beton armat și beton precomprimat, grinzi de fundare, predale precomprimate, elemente de acoperiș, etc.) ca urmare a unor proiecte de cercetare ce au avut loc între anii 2004-2006 (proiect AMTRANS desfășurat în colaborare de INCERC Filiala Cluj-Napoca, U.T.C.N. și S.C. ASA CONS S.A. Turda) și între anii 2006-2009 (program CEEEX coordonat de ICECON S.A. București). Până în prezent, la nivel național nu

s-au definitivat norme/instrucțiuni sau ghiduri de proiectare a BAC realizat cu materiale locale dar studii în acest sens sunt în desfășurare (2009).

Deși este realizat practic din aceleași componente ca și betonul compactat și trebuie să satisfacă aceleași cerințe în stare întărită, BAC se deosebește fundamental de betonul convențional prin proprietățile sale în stare proaspătă, caracteristicile sale reologice (de curgere) fiind date de: capacitatea de răspândire din tasare (SF); vâscozitatea betonului la turnare, măsurată fie prin viteza de curgere (VF) prin pâlnia-V fie prin timpul T_{500} (VS); abilitatea de trecere (PA) a amestecului prin secțiuni înguste și printre armături, determinată în principal prin testul cu cutia-L (PL) sau cu inelul-J; stabilitatea (rezistența la segregare) a amestecului (SR), cerință care asigură omogenitatea compoziției la transport, punere în operă și în faza următoare punerii în operă. Prin îndeplinirea simultană a acestor patru cerințe, un beton obișnuit/convențional devine autocompactant, adică poate fi pus în operă și se compactează fără a fi necesară vibrarea sa, cu toate avantajele de natură tehnică, tehnologică, economică, socială și de mediu ce decurg din eliminarea acestui proces.

Cu referire la BAC destinat industriei de prefabricate, domeniu la care se referă invenția, ținând cont de natura elementelor (beton armat și beton precomprimat), de tipurile de elemente aflate în producția curentă și de caracteristicile acestora (secțiuni, dimensiuni, procente de armare longitudinală și transversală, armare locală, clase de rezistență și durabilitate specificate pentru elementele prefabricate, etc.), s-au stabilit următoarele cerințe specifice BAC ce trebuie satisfăcute în stare proaspătă:

- clasa de răspândire din tasare: SF2, adică $650 < SF < 750$ mm;
- clasa de vâscozitate: VF2, adică $9 < VF \leq 25$ sec;
- clasa de abilitate de trecere: PL2, adică $PL \geq 0,80$ pentru cutia cu 3 bare;
- clasa de rezistență la segregare: SR2, adică $SR \leq 15\%$.

Deoarece în unitățile de prefabricate din zona Transilvaniei, o pondere importantă din producția curentă (peste 20%) o reprezintă elementele prefabricate/precomprimate având clasa de rezistență C50/60, invenția se va referi la această clasă de beton, având specificate următoarele cerințe în stare întărită:

- beton de clasă de rezistență C50/60 cu valori-țintă pentru rezistențele la compresiune pe cuburi la 28 de zile $f_{cm28} = 72$ N/mm² -ca încercare inițială și 65 N/mm² -ca încercare pentru producția curentă; în plus pentru ca operațiunile de decofrare/transfer să se efectueze în cel mai scurt interval în raport cu turnarea, betonul trebuie să dezvolte rezistențe inițiale cât mai mari, fiind specificate valorile-țintă pentru rezistențele la o zi $f_{cm1} = 47-52$ N/mm².

Toate normele sau ghidurile naționale sau internaționale pentru proiectarea, producerea și folosirea BAC enumerate anterior prezintă domeniile tipice de variație (ca masă sau volum) ale principalilor constituenți ai BAC; subliniem faptul că aceste limite de variație nu sunt restrictive și că numeroase compoziții de succes au unul sau mai mulți constituenți în afara acestor domenii de variație. În Tabelul 1 sunt prezentate domeniile tipice de variație ale constituenților după două norme cu largă aplicabilitate (europeană și americană).

Experiența acumulată pe plan mondial în ultimii 20 de ani în producerea de compoziții performante de BAC a evidențiat faptul că acest nou tip de beton are în raport cu betonul convențional (vibrat) următoarele caracteristici (Raportul ICAR 108-2F/2007 și Domone 2006):

- un conținut mai redus de agregat grosier, ($V_{ag} = 280 - 300$ l/mc);
- un conținut de pastă mai mare, ($V_{pastă} = 300 - 420$ l/mc);
- un conținut de părți fine (pulberi $\leq 0,125$ mm) mai mare, ($V_{părți\ fine} = 445 - 605$ kg/mc);
- rapoarte apă/parte fină (pulbere) scăzute ($0,26 - 0,48$ în greutate);
- diametre maxime ale granulei agregatului mai mici ($16 - 20$ mm);
- dozaje mai mari de aditivi superplastifianți/intens reducători de apă;
- folosirea în unele cazuri și a aditivilor pentru reglarea vâscozității (VMA).

Atât Ghidul European pentru BAC (EFNARC 2005) cât și celelalte norme (ACI 237R-07) arată că forma, unghiularitatea și textura suprafeței particulelor de agregat influențează semnificativ lucrabilitatea amestecului prin faptul că volumul de goluri al agregatului compactat dar și frecările la nivelul interparticulelor depind de acești parametri. În plus, standardul american referitor la BAC (ACI 237R-07, Cap. 4.5.) arată că: "exemplele de compoziții de BAC din

standard, compoziții care au fost folosite cu succes în proiecte de execuție, nu trebuie să fie copiate sau folosite în producerea de BAC pentru alte proiecte/lucrări pentru că materialele locale au un efect considerabil în proiectarea unei compoziții de BAC iar compozițiile proiectate trebuie testate la fața locului.”

Tabelul 1.

Constituent		EFNARC 2005	ACI 237R-07/2007
Conținut de pulbere (parte fină)	(kg/mc)	380 - 600	386 – 475*
Pastă	(litri)	300 - 380	340 - 400
Apă	(litri)	150 - 210	-
Agregat grosier:	(kg/mc)	750 – 1000	775 – 890
	(litri)	270 - 360	280 - 320
Agregate fine (nisip)			
(din greutatea totală a agregatelor)	(%)	48 - 55	-
Mortar (din volumul total al amestecului)	(%)	-	68 - 72
Raport apă/parte fină (pulbere)	(în volum)	0,8 – 1,1	-
Raport apă/materiale cimentoase	(în greutate)	-	0,32 – 0,45
Diametrul maxim al granulei de agregat	(mm)	12 – 20	12,5 - 19

*Valorile din tabel corespund unui amestec cu tasarea din răspândire cuprinsă între 550 – 600 mm; pentru a se obține valori ale tasării ≥ 650 mm fără a se ajunge la segregare, se va spori atât conținutul de pulbere cât și cel de apă, menținând însă relativ constant raportul apă/pulbere.

Brevetul CN 101428991(A)/13.05.2009 prezintă o compoziție de BAC destinat realizării unor construcții durabile din beton, acolo unde structura are o formă complicată sau are trasee curbe în care se toarnă betonul, cu spații înguste și cu multe unghiuri moarte. Compoziția conține: 350 kg de ciment, 100 kg de zgură măcinată, 40 kg de cenușă volantă (zburătoare), 80 kg de carbonat de calciu, 830 kg de nisip de râu, 790 kg de pietriș, 165 kg de apă și 27 kg de aditiv (eter de celuloză – 12 kg și 15 kg de eter-policarboxilic). Dezavantajele compoziției constau în numărul mare de constituenți (patru) care compun partea fină a amestecului (ciment, zgură, cenușă, carbonat de calciu), ceea ce determină costuri sporite legate de achiziție, manipulare, depozitare și dozare în unitățile de prefabricate. În plus cantitatea totală de parte fină este mult prea mare (peste 570 kg/mc), rezultând un volum mare de pastă (peste 390 l), volum care afectează defavorabil o serie de parametri importanți ce intervin în proiectarea elementelor prefabricate/precomprimate cum ar fi contracția și curgerea lentă, modulul de elasticitate (la transfer și lungă durată), nivelul pierderilor de tensiune, etc.

Brevetul WO 2007009408 se referă la o mixtură pentru realizarea de BAC cu ajutorul căruia se pot produce elemente din beton de calitate relativ înaltă (borduri, dale de pavaj) la un cost redus. Compoziția în acest caz are pe lângă ciment o cantitate de părți fine mult mai mare decât în cazul betonului convențional. Compoziția unui mc de beton este: ciment 339 kg (103 l), nisip fin (0-1 mm) 261 kg (99 l), nisip (0-2 mm) 669 kg (253 l), conținut de aer 11 l, aditivi (PCE) maximum 2,5% din greutatea cimentului (8,45 kg). Dezavantajele compoziției constau în cantitatea redusă de ciment, ceea ce determină rezistențe scăzute (inițiale și la 28 de zile) în raport cu cerințele clasei de rezistență C 50/60 specifică elementelor prefabricate precomprimate, o cantitate exagerată și implicit costisitoare de parte fină (600 kg de ciment și nisip fin) cu consecințe nefavorabile asupra proprietăților în stare întărită, un raport de nisip/agregate de 0,4 neindicat în producerea BAC și aflat în afara domeniilor recomandate de norme (0,48 – 0,55 / EFNARC 2005 și 0,46 – 0,50 / NCHRP 628-2009).

Spre deosebire de compozițiile descrise anterior, invenția propusă se referă la un BAC la care conținutul de părți fine este reprezentat numai de un singur constituent (cimentul), iar cantitatea de parte fină este minimizată la numai 510 kg, în condițiile în care betonul rezultat are proprietăți reologice bune și satisface și cerințele de rezistență ale clasei C 50/60 (la 1 zi și la 28 de zile).

În România este înregistrată o cerere pentru un brevet de invenție (CBI) în 2007, sub nr. 00339A1 și care se referă la: "Beton autocompactant și expandabil C 30/37" ce conține: agregate cu granulozitate prestabilită, filer de calcar, ciment, superplastifiant pe bază de eter

policarboxilat și agent de expandare. Un dezavantaj al acestei compoziții – la care proporțiile între constituenți nu sunt precizate – este că se referă la un beton de clasă inferioară (C30/37) în raport cu cerințele de rezistență specificate în obiectul brevetului.

În România au fost experimentate în laborator la INCERC Filiala Cluj-Napoca în 2005 câteva compoziții de BAC de clasă C 50/60 realizat cu materiale locale, curent folosite în unitățile de prefabricate. Compoziția cuprinde: ciment 450 kg, silice ultrafină 50 kg, filer de calcar 100 kg, nisip (0-3 mm) 619 kg, agregat grosier (3-7 mm) 318 kg, agregat grosier (7-16 mm) 616 kg, apă 200 l, aditiv 6 kg (Volumul Simpozionului Internațional "Zilele Academice Timișorene, Mai 2005, ISBN 973-661-65-5, pag. 81). Compoziția are dezavantaje legate de folosirea unei cantități prea mari de parte fină (600 kg) și a unui volum de pastă prea mare ($V_{\text{pastă}} = 415$ l), cu consecințele defavorabile arătate anterior. În plus, raportul între agregatul fin (nisip) și cantitatea totală de agregat ($S/A = 616/1550 = 0,397$) este necorespunzător deoarece conduce la un volum mare de goluri pentru agregatul în stare îndesată și în consecință este în afara domeniului de variație recomandat de norme: 0,48 – 0,55 / EFNARC 2005, (Tabelul 1).

Spre deosebire de acest beton, compoziția propusă în invenție are numai 510 kg de parte fină, un volum de pastă de numai 380 l și în consecință este mai economică din punct de vedere al costurilor de producție, iar unele performanțe în stare întărită (cu referire la contracție, curgere lentă, modul de elasticitate, etc.) sunt superioare.

Problema tehnică pe care o rezolvă prezenta invenție este aceea de a se produce un beton autocompactant destinat elementelor prefabricate/precomprimate de clasă C 50/60, beton care nu necesită vibrare la punere în operă, se realizează cu agregate obișnuite de râu, fără adaosuri minerale și care se caracterizează printr-un conținut redus de parte fină (sub 540 kg/mc, cantitate în care se include fracțiunea $\leq 0,125$ mm a agregatului), de pastă (sub 380 l) și de aditivi (sub 6 kg/mc) și în consecință este economic din punct de vedere al costurilor și fezabil cu dotările și materialele existente în mod curent în unitățile de prefabricate.

Soluția tehnică utilizată pentru atingerea acestui obiectiv, constă în adoptarea unui algoritm original de proiectare a amestecului, care se bazează pe următoarele principii:

- Se maximizează volumul de agregate în vederea obținerii unui volum minim de pastă;
- Se selectează raportul optim nisip/agregat (S/A) care să conducă la un volum minim de goluri și la o densitate optimă a amestecului de agregate în stare îndesată; cercetările proprii dar și rezultatele din literatură (Brouwers & Radix, Cement and Concrete Research 35, 2005, pag. 2116-2136) arată că pentru amestecuri de nisip (0-4 mm) și agregat grosier, acest raport este cuprins între 0,56 – 0,60;
- Se alege un diametru maxim al granulei astfel încât să fie satisfăcute atât cerințele legate de abilitatea de trecere a amestecului (PL) care reclamă diametre cât mai mici, cât și cerința de a utiliza granule cu diametru cât mai mare în vederea contracarării eficiente a tendinței de modificare a volumului pastei datorită contracției (Neville 1996, Bonen și Shah 2004, Ozyidirim și Lane 2003); deoarece s-a lucrat cu sorturile aflate în uz curent în unitățile de prefabricate (0-4, 4-8, 8-16 mm), s-a adoptat $D_{\text{max.}} = 16$ mm și nu $D_{\text{max.}} = 8$ mm;
- Se evaluează caracteristicile fiecărui sort de agregate nu numai din punct de vedere al distribuției particulelor (analiza cu site) dar și din punct de vedere al formei, unghiularității și texturii granulelor prin calcularea indexului $R_{s-a} = 1...5$, știind că un index R_{s-a} mare (ex. 5), determină un spor/supliment al volumului de pastă necesar declanșării curgerii amestecului;
- Se stabilește proporția între sorturile de agregat urmărind realizarea unei curbe granulometrice de tip continuu care să fie menținută în "domeniul favorabil"; domeniul favorabil pentru BAC având dimensiunea maximă a agregatelor de 16 mm este dat în Figura 1, a fost stabilit de autorii invenției și constituie una din revendicări;
- Se reduce cât mai mult posibil conținutul de pulbere (părți fine $\leq 0,125$ mm) și se folosesc cele mai mici rapoarte apă/pulbere care se pot adopta în condițiile atingerii

valorilor țintă atât pentru principalele proprietăți reologice cât și pentru proprietățile în stare întărită (rezistențe la 1 zi și la 28 de zile);

- Se verifică robustețea amestecului și în special sensibilitatea sa la variații ale cantității de apă; după EFNARC 2005, o compoziție bine proiectată trebuie să accepte schimbări ale cantității de apă de 5 – 10 l, fără ca performanțele sale în stare proaspătă să impună schimbarea clasei sale (SF, VF, PL sau SR).

Soluția tehnică s-a concretizat prin proiectarea, testarea în laborator și optimizarea a 11 compoziții din care s-a selectat și constituie obiect al prezentei invenții, betonul autocompactant de clasă C 50/60 a cărui compoziție este dată în Tabelul 2.

Tabelul 2.

Material		Cantități pe mc
Ciment CEM I 52,5 R	(kg)	510
Adaos mineral	(kg)	-
Nisip de râu 0-4 mm	(kg)	920
Agregat grosier (pietriș de râu) 4-8 mm	(kg)	230
Agregat grosier (pietriș de râu) 8-16 mm	(kg)	493
Aditiv:superplastifiant (1,1% din ciment)	(kg)	5,61
Apa	(litri)	199

În laborator prepararea amestecului de BAC s-a făcut cu un malaxor cu cădere liberă cu capacitate de 50 l, folosind următoarea secvență de dozare: agregatele (toate sorturile) + 2/3 din cantitatea de apă se malaxează 2 minute; se dozează adaosul (dacă e cazul) și cimentul cu malaxorul în funcțiune în timp de 30 sec; se adaugă restul de apă (1/3) în care s-a dispersat superplastifiantul în 30 sec; se malaxează 5 minute; repaus 2 minute; malaxare finală 2 minute.

Pentru exploatarea/aplicarea industrială a invenției nu sunt necesare dotări suplimentare în utilaje, nu sunt necesare schimbări în organizarea depozitelor de agregate și nu este necesară modificarea surselor de agregate sau schimbarea sorturilor în raport cu ciclul de fabricație existent sau folosit în mod curent pentru producerea industrială a betonului convențional în unitățile de prefabricate. Deasemenea, prevederile și procedurile impuse de Sistemul de Asigurare a Calității din fabricile de prefabricate nu trebuiesc înlocuite sau modificate.

Introducerea în producția curentă a BAC este facilitată - și de aceea invenția are ca obiect un BAC destinat industriei de prefabricate – de următoarele aspecte: în fabricile de prefabricate procesul de producție este atent și continuu controlat și variațiile de calitate sunt mai mici; calitatea superioară este și o consecință a faptului că structura producției tipurile de elemente care se toarnă sunt relativ stabile, fără fluctuații mari; costurile de producție sunt mai ușor de urmărit, de controlat și de optimizat; experiența în utilizarea aditivilor este mai mare iar rețetele cu rapoarte A/C (A/P) reduse sunt utilizate în mod frecvent și în acest fel procesul de trecere/implementare a BAC în unitatea de prefabricate este mai ușor de realizat.

Pentru că BAC este mai sensibil decât betonul convențional la variațiile proprietăților fizice ale constituenților și în special la modificările de umiditate, de formă, textură și de granulozitate ale agregatului (nisip și pietriș), verificarea acestor aspecte este necesar a fi făcută cu o frecvență mai mare. Practic verificarea agregatelor se face zilnic înainte de începerea procesului de producție. La fiecare aprovizionare/livrare de agregate se va face și inspecția vizuală pentru a evalua eventuale schimbări semnificative în forma, unghiularitatea și textura particulelor, iar umiditatea agregatelor trebuie monitorizată continuu și determinată cel puțin o dată pe zi, iar compoziția se va corecta în consecință (EFNARC 2005). În stațiile industrializate, ciclul dozare și mixare este similar cu cel adoptat pentru producerea betonului convențional, dar în unele cazuri, pentru producerea BAC se impune un timp suplimentar de mixare de 30 – 90 sec (ACI 237-R/2007).

Folosirea BAC – obiect al prezentei invenții – în locul betonului convențional în unitățile de prefabricate, aduce avantaje tehnice, tehnologice, economice și sociale utilizatorului:

- Se reduce manopera și echipamentul (dispozitive, utilaje) folosit în procesul de fabricație al elementelor prefabricate: nu este necesară vibrarea betonului pentru a se asigura o compactare corectă a acestuia; se fac economii în ceea ce privește achiziționarea și întreținerea sistemelor de vibrare mecanică; operațiile de nivelare a suprafețelor după turnare sunt mult mai reduse, datorită caracteristicilor de auto-nivelare ale BAC;
- Se îmbunătățesc proprietățile mecanice ale betonului acestea fiind în cazul BAC independente de îndemânarea, profesionalismul sau motivația echipei de vibrare;
- Crește productivitatea în fabrică datorită ritmului mai rapid în care se face punerea în operă a betonului;
- Se facilitează turnarea în secțiuni puternic armate sau în cofraje ce au forme complexe, rezultând o calitate superioară, omogenă a betonului în întreg elementul;
- Se reduce numărul de puncte în care se face turnarea unui element prefabricat iar poziția zonelor de turnare este mai flexibilă;
- Se reduce zgomotul la locul de muncă, aspect critic în zonele urbane sau în cazul elementelor care impun vibrare puternică și de durată;
- Scade riscul de accidentare (prin eliminarea procesului de vibrare), rezultând un mediu de lucru mai prietenos, mai sigur și fără poluare sonoră;
- În activitatea de proiectare a elementelor prefabricate folosirea BAC în locul betonului convențional permite adoptarea altor detalii de armare în care distanțele între bare pot fi micșorate iar etrierii pot fi îndesiți, controlând-se în acest fel mai bine fisurarea;
- După decofrare, BAC prezintă suprafețe netede, de calitate superioară, fără alveole, bule de aer, goluri, margini rupte; manopera pentru operațiile de retușare a elementelor prefabricate scade cu 50% (S&G Prestress Plant, North Carolina) iar pe ansamblu, producătorii de prefabricate din SUA au înregistrat reduceri ale costului manoperei pentru retușarea imperfecțiunilor de 25-75% (Mate 2004);

Date statistice arată că într-o fabrică de prefabricate din SUA, în procesul de execuție al grinzilor prefabricate precomprimate dublu T, s-a redus timpul convențional de turnare cu 20% iar manopera cerută de acest proces s-a micșorat cu 32% (Mate 2004); aceste economii au compensat faptul că BAC are un cost de producție mai mare cu cca. 8-12% față de betonul convențional, ca urmare a folosirii în rețete a unei cantități mai mari de ciment, pulberi (părți fine) și de aditivi. Pe ansamblu însă rezultă economii importante, iar analiza costurilor post-execuție a unui obiectiv (viaductul Higashi-Oozu, Japonia) realizat din grinzi precomprimate din BAC a arătat că: costul materialelor a crescut cu 4%, manopera s-a diminuat cu 33%, iar costul total a scăzut cu 7%, față de varianta în care s-ar fi utilizat soluția tehnică clasică (beton convențional).

Așa cum s-a precizat în secțiunea în care se expune invenția, un element cheie în stabilirea proporțiilor între cele 3 sorturi de agregate de râu care se folosesc în mod curent în producția de betoane, îl constituie realizarea unei curbe granulometrice de tip continuu care să fie plasată în "domeniul favorabil pentru BAC". Acest domeniu, stabilit de autorii invenției, ține seama de particularitățile compoziției de BAC în raport cu compozițiile tradiționale (beton convențional) și include cele mai importante curbe granulometrice din literatură, curbe ce au fost folosite cu succes în compoziții de BAC: curba Fuller $n=0,4$; curba modificată Andreasen & Andersen ($D_{max} = 16 \text{ mm}$, $q = 0,25$), curba Grace TB-1503, curba puterea 0,45 – recomandat din ICAR 108-1/2007. Astfel de curbe conduc la densități maxime ale agregatului în stare îndesată (Fig. 1) și utilitatea folosirii lor în proiectarea compozițiilor de BAC a fost testată cu succes de autorii invenției în peste 50 de compoziții pentru diferite clase de rezistență C 30/37, C 40/50 și C 50/60. Domeniul favorabil pentru BAC așa cum este el precizat în Fig. 1, constituie una din revendicările solicitate prin brevetul de invenție în cauză.

Cu privire la obiectul invenției (detalii, realizări concrete), se arată că în vederea producerii unui beton de clasă de rezistență C 50/60 destinat realizării de elemente prefabricate/precomprimate în unitățile industriei de prefabricate, beton ce poate fi pus în operă

și se compactează fără aportul vibrației mecanice, s-au elaborat și testat experimental compoziții care să satisfacă integral atât cerințele în stare proaspătă specifice unui BAC (răspândire, vâscozitate, capacitate de trecere, rezistența la segregare) cât și cele legate de proprietățile în stare întărită (rezistențe inițiale mari, rezistențe la 28 zile corespunzătoare clasei specificate).

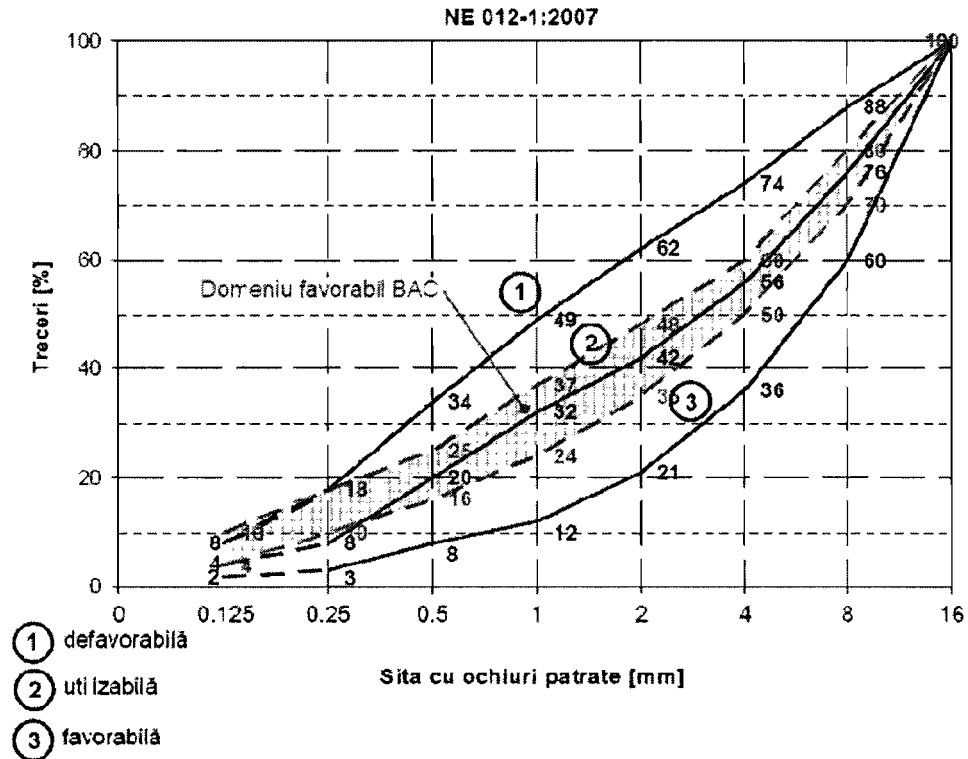


Fig. 1 Zone de granulozitate pentru dimensiunea maximă a agregatelor de 16 mm: domeniu favorabil pentru betoane autocompactante

În urma optimizării compozițiilor aferente acestei clase de rezistență, se recomandă exploatarea industrială a compoziției prezentate în Tabelul 2, compoziție/amestec ce constituie obiectul acestei invenții. Prezentarea detaliată a constituenților amestecului din Tabelul 2:

- Ciment tip Portland – CEM I 52,5 R produs de grupul LAFARGE Ciment (România);
- Adaosuri minerale : nu s-au folosit;
- Agregatele utilizate sunt agregate naturale de râu (nisip și pietriș), furnizate în 3 sorturi (0-4, 4-8, 8-16 mm) de Balastiera Decea (Mureș) și sunt agregatele folosite în mod curent de unitățile de prefabricate din zonă (ex: S.C. ASA CONS S.A. Turda);
- Aditivul folosit este un reducător intens de apă (HRWR) de tip policarboxilat și poate fi furnizat de firmele specializate: BASF Construction Chemicals, SIKA Corporation, W.R. Grace & Co. și Mapei; de preferat produsul GLENIUM ACE 30 (BASF), care a condus la cele mai mici cantități necesare a fi utilizate în compoziție;
- Aditivi pentru modificarea vâscozității (VMA): nu a fost necesară folosirea lor.

Se prezintă în continuare performanțele/caracteristicile unui produs concret realizat pe baza invenției propuse și încadrarea rezultatelor obținute în urma testelor, în valorile-țintă specificate:

1. Răspândirea din tasare (SF), determinată cu conul de formă tronconică (D = 200 mm, d = 100 mm, H = 300 mm).

Rezultate: răspândire (SF)

Tabelul 3.

Încercarea efecuată la timpul t, de la dozare aditiv	t = 18 min	t = 30 min	t = 70 min
Răspândirea din tasare (mm)	745	770	700

Concluzie: - compoziția satisface cerințele specificate pentru că 700 < SF=745 < 770 mm.

2. Vâscozitatea amestecului, determinată prin testul cu pâlnia-V (VF) și prin măsurarea timpului T_{500} (VS).

Rezultate: vâscozitate (VF, VS)

Tabelul 4.

Încercarea efectuată la timpul t, de la dozare aditiv	t = 15 min	t = 30 min	t = 70 min
Timpul de curgere prin pâlnia-V (sec)	11,5	-	-
T_{500} (sec)	3	3	5,6

Concluzie: - compoziția satisface cerințele specificate pentru că $9 < VF = 11,5 < 25$ sec, respectiv $VS = 3$ sec > 2 sec.

3. Abilitatea de trecere (PA), determinată prin testul cu cutia-L (PL).

Rezultate: abilitatea de trecere (PL)

Tabelul 5.

Încercarea efectuată la timpul t de la dozare aditiv	t = 20 min
H1 (mm)	78
H2 (mm)	69
Raportul H2/H1	0,88

Concluzie: - compoziția satisface cerințele specificate pentru clasa PL2 pentru că $H2/H1 = 0,88 > 0,80$.

4. Rezistența la segregare (SR), măsurată cu sita ca procent de parte segregată.

Rezultate: rezistența la segregare (SR)

Tabelul 6.

Parte segregată (mm)	2,2
----------------------	-----

Concluzie: - compoziția satisface cerințele specificate corespunzător clasei SR2, pentru că partea segregată = 2,2% $< 15\%$.

5. Rezistența la compresiune, determinată pe cuburi cu latura de 150 mm păstrate în condiții standard, ca medie a 3 încercări.

Rezultate: rezistența la compresiune (R_c)

Tabelul 7.

Vârsta de încercare	1 zi	7 zile	28 zile
Rezistența la compresiune medie (N/mm^2)	51,1	56,5	70,5

Concluzie: - compoziția are rezistențe inițiale mari și în consecință satisface cerințele specificate la 0 zi pentru că $f_{cm1} = 51,1 N/mm^2 > 47 N/mm^2$;

- compoziția satisface cerințele de rezistență specificate corespunzătoare clasei C 50/60 pentru că $f_{cm28} = 70,5 N/mm^2 > 65 N/mm^2$.

CONCLUZIA GENERALĂ: în urma evaluării proprietăților în stare proaspătă și în stare întărită ale compoziției revendicate de invenție, se concluzionează:

- compoziția are o răspândire din tasare foarte bună, fără halou de pastă;
- vâscozitatea măsurată este mică;
- amestecul nu are tendință de segregare;
- caracteristicile de curgere sunt stabile și se mențin un interval de timp lung (1 oră de la dozarea aditivului), ceea ce permite o flexibilitate mare în procesul tehnologic de turnare în fabrică;
- amestecul este robust la variații posibile de 5-8 litri ale cantității de apă;
- compoziția dezvoltă rezistențe inițiale mari ceea ce permite scurtarea ciclurilor de producție, are rezistențe corespunzătoare clasei C50/60 și în consecință este recomandată pentru executarea elementelor prefabricate și precomprimate din beton;
- suprafețele după decofrare au o calitate superioară, operațiile de retușare ale elementului prefabricat se reduc la minimum iar costul de producție (material, manoperă, utilaj) al elementului din BAC este inferior în raport cu costul elementului executat din beton convențional (vibrat).

REVENDICĂRI

1. Beton autocompactant având clasa de rezistență la compresiune C50/60, **caracterizat prin aceea că**, este destinat industriei de prefabricate, se realizează cu agregate naturale de râu, fără adaosuri minerale, are un conținut redus de parte fină (sub 540 kg/mc), de pastă (sub 380 litri/mc), de aditivi (sub 6 kg/mc) și se realizează dintr-o compoziție constituită din 510 kg ciment CEM I 52,5R, 920 kg nisip 0-4mm, 230 kg agregat grosier 4-8mm, 493 kg agregat grosier 8-16 mm, 5,61 kg aditiv superplastifiant policarboxilic, 199 kg de apa.
2. Compoziția granulometrică a agregatelor naturale de râu utilizate la prepararea betoanelor autocompactante, **caracterizată prin aceea că**, domeniul favorabil/recomandat pentru betonul autocompactant produs cu agregate având dimensiunea maximă a granulei de 16 mm este precizat de următoarele limite inferioare-superioare ale trecerii exprimată în procente (%) prin sitele cu ochiuri pătrate de 0,125 mm : 4-8%, de 0,25 mm : 10-18%, de 0,50 mm : 16-25%, de 4 mm : 50-60%, de 8 mm :70-80% și prin sita de 16 mm : 100%.