

## Reglementare din 21/04/2003

Publicat în Monitorul Oficial, Partea I nr. 576bis din 12/08/2003

### Reglementare tehnica "Ghid pentru stabilirea criteriilor de performanță și a compozițiilor pentru betoanele armate dispers cu fibre metalice", indicativ GP-075-02

#### 1. DOMENII DE APLICARE ȘI PROPRIETĂȚI PRINCIPALE

##### 1.1. Domenii de aplicare

Prezentul ghid se adresează inginerilor din proiectare și execuția lucrărilor de construcții din beton monolit sau cu elemente prefabricate, întrucât betonul armat dispers cu fibre metalice, denumit prescurtat BFM, este mai puțin cunoscut la noi în țară, se prezintă în continuare, principalele direcții de utilizare ale acestui material, pe baza datelor disponibile:

- beton torcretat în căptușelile tunelurilor hidrotehnice, rutiere, miniere, cale ferată, metrou, diverse canale colectoare, pâlnii de silozuri, bunkere de minereuri;
- beton în straturi de uzură și rezistență la drumuri, poduri, piste de aviație, pardoseli în hale industriale și depozite puternic solicitate, cheiuri și parcaje pentru autovehicule grele;
- beton în piloți foraj, construcții antiexplozive, fundații în construcțiile de mașini, fundații amplasate pe terenuri dificile, cuvelaje etanșe în subsoluri situate sub pânza freatică;
- beton în structuri marine, elemente sparge-val și de protecție a cheurilor, stabilizări de pante;
- beton în elemente din beton armat și beton precomprimat (situațiile în care armătura dispersă înlocuiește total sau parțial armătura cu bare și etrieri);
- în lucrări din beton ce necesită în exploatare rezistență mare la șoc mecanic, capacitate de preluare a unor deformații post vârful de sarcină, fisurabilitate redusă, rezistență mare la uzură și îngheț-dezghet, precum unele lucrări hidrotehnice, baraje, deversoare, praguri de fund, disipatoare de energie, culeele podurilor și poduri, lucrări de geniu militar etc.;
- lucrări de reparații la îmbrăcămințile drumurilor, poduri, aeroporturi, pardoseli puternic solicitate etc.
- unele tipuri de elemente prefabricate pentru acoperișuri cu pânze subțiri, elemente structurale ca panouri, grinzi, stâlpi și nestructurale, panouri cu grosime redusă, diverse tipuri de plăci;
- elemente spațiale pentru cabane, case de vacanță, garaje, posturi de transformare a energiei electrice, cabine de pază, stații de pompare, postamente pompe;
- diverse elemente precum: tuburi de canalizare, spalieri, piloți, capace cămine de canalizare, căptușeli de protecție a conductelor de petrol și gaze, termoficare, elemente de protecție împotriva radiațiilor nucleare etc.

##### 1.2. Proprietăți principale

Betoanele armate dispers sunt caracterizate în principal prin următoarele proprietăți principale:

- rezistențele la compresiune și modulul de elasticitate cu valori practic egale cu ale betonului mator și rezistențele sporite la compresiune locală și omogenitate în toate direcțiile;
- rezistențele la întindere și încovoiere superioare cu 20 - 200% în funcție de clasa betonului, tipul și dozajul armăturii disperse;
- rezistențe la uzură mai mari cu 10 - 30% și rezistențele la șoc mecanic de 2 - 12 ori mai mari ca la betonul mator;
- o bună durabilitate (capacitate de deformare sub sarcină crescută și comportare ductilă post vârful de sarcină); impermeabilitate egală și rezistență la îngheț-dezghet repetat superioară betonului mator;
- contracții ușor inferioare betonului mator; reducerea sau ameliorarea tendinței de fisurare a betonului și îmbunătățirea comportării elementelor sub aspectul deschiderii și repartiției fisurilor;
- posibilități de reducere sau eliminare a armăturii cu bare din OB și etrieri la realizarea unor elemente și lucrări din beton armat și precomprimat; reducerea dimensiunilor unor elemente prin eliminarea stratului de acoperire cu beton;
- creșterea conductivității electrice a BFM de 4 - 10 ori datorită armării disperse;
- reducerea numărului și volumului fazelor la execuția unor lucrări etc.

#### 2. TERMINOLOGIE ȘI NOTAȚII

**2.1.** Beton armat dispers cu fibre metalice - BFM, material obținut prin amestecul cimentului, agregatelor, fibrelor metalice, aditivilor, adaosurilor minerale și apei la preparare, în proporțiile prestabilite, ale căror proprietăți se dezvoltă prin hidratarea și întărirea cimentului și interacțiunea dintre fibrele metalice și matrice. BFM cu agregate 0-1; 0-2; 0-3; 0-5; 0-7 (8) mm etc. și rezistențe de minim 30 N/mm<sup>2</sup> sunt denumite și microbetoane armate dispers cu fibre metalice - MBFM.

**2.2.** Ciment (liant hidraulic), material mineral, măcinat fin, care după amestecul cu apa face priză și se întărește, prin reacții chimice ce au loc în procesul de hidratare și după întărire își conservă rezistența și stabilitatea sub apă.

**2.3.** Agregate minerale, apte pentru utilizare la prepararea betonului. Agregatele pot fi naturale (de balastieră sau concasaj), artificiale sau reciclate obținute prin prelucrarea materialelor utilizate anterior în construcții.

**2.4.** Nisip fin de corecție, material fin cuarțos, spălat, utilizat pentru completarea granulozității agregatelor cu sorturi sub 0,2 - 0,3 mm.  
**2.5.** Fibre metalice, materiale obținute prin diferite procedee în industria metalurgică. Din procedeele uzitate curent pentru obținerea fibrelor metalice menționăm:

- prelucrarea sârmelor tari din oțel carbon, a sârmelor pentru beton precomprimat etc.;
- procedeul modern de obținere a fibrelor prin proiectarea jetului de metal lichid pe un tambur umed care se rotește cu viteză mare.

**2.6.** Aditivi, produse lichide sau pulverulente, compatibile cu cimentul, care se adaugă în beton la preparare în proporție de max. 5% (substanță uscată) la dozajul de ciment, pentru îmbunătățirea anumitor caracteristici ale betonului în stare proaspătă sau întărită.

**2.7.** Adaosuri minerale, materiale fine sau foarte fine, utilizate la prepararea betoanelor în proporție > 5% din dozajul de ciment, pentru ameliorarea anumitor proprietăți ale acestuia. Adaosurile sunt clasificate, în adaosuri de tip I (practic inerte) și adaosuri de tip II care au caracter puzzolanic sau hidraulic latent.

**2.8.** Material de cimentare - M.C., amestecul format la prepararea betonului, din ciment și un adaos mineral de tip II.

**2.9.** Cantitatea de apă, din amestecul de beton, formată din apa adăugată la preparare, apa provenită din umiditatea agregatelor, din soluțiile de aditivi, eventual apa provenită din adaosuri minerale sau din gheață folosită la prepararea betoanelor.

**2.10.** Raportul Apă/Ciment (A/C), raportul în masă dintre cantitatea de apă de preparare și dozajul de ciment din betonul considerat.

**2.11.** Beton proaspăt, betonul având lucrabilitatea necesară după preparare, în perioada de transport și punere în operă cu mijloacele prestabilite.

**2.12.** Beton întărit, betonul aflat în perioada după sfârșitul prizei, la anumite intervale de timp.

**2.13.** Beton cu densitate normală, betonul a cărui densitate după uscare în etuvă (la valoare constantă, la 105°C), este superioară la 2000 kg/m<sup>3</sup> și inferioară la 2600 kg/m<sup>3</sup>.

**2.14.** Beton greu, betonul a cărui densitate (după uscare) este superioară valorii de 2600 kg/m<sup>3</sup>.

**2.15.** Betonul de înaltă rezistență, betonul cu densitate normală ce aparține unei clase de rezistență la compresiune, egală sau superioară clasei C50/60. În situația în care pentru betonul de înaltă rezistență sunt garantate și alte performanțe, precum un grad de impermeabilitate minim P8, un grad de gelivitate minim G100 etc. betonul este denumit și beton de înaltă performanță - BIP.

**2.16.** Rezistența caracteristică, valoarea rezistenței sub care se pot situa maximum 5% din numărul încercărilor efectuate pentru volumul de beton considerat.

**2.17.** Clasa betonului, este definită pentru betonul cu densitate normală și betonul greu, pe baza rezistenței caracteristice la compresiune în N/mm<sup>2</sup>, determinată pe cilindri cu d/H = 150/300 mm, sau cuburi cu l = 150 mm, la vârsta de 28 zile. Clasa betonului este notată cu C, urmată de valoarea rezistenței caracteristice determinată pe cilindri/valoarea rezistenței caracteristice determinată pe cuburi, ex. C16/20 .... C100/115.

**2.18.** Acțiunile mediului înconjurător, reprezintă acțiuni fizice și chimice la care betonul este expus, care antrenează efecte asupra betonului și armăturilor și care nu sunt considerate ca sarcini la proiectarea structurilor.

**2.19.** Clasa de expunere, reprezintă acțiunea(ile) mediului înconjurător asupra lucrărilor din beton, grupate după diferite criterii ex:

- coroziune - datorată carbonatării;
- coroziune - datorată atacului clorurilor de altă origine decât cea marină;
- coroziunea - datorată atacului clorurilor prezente în apa de mare;
- acțiunea fenomenului de îngheț-dezghet;
- coroziunea - datorată mediului chimic agresiv etc. (a se vedea codul de practică pentru lucrările din beton și beton armat și codul de practică pentru elementele prefabricate din beton, beton armat și precomprimat).

**2.20.** Coroziune, interacțiune fizico-chimică dintre beton/beton armat și mediul înconjurător, ce are ca rezultat modificarea în sens negativ a proprietăților betonului/betonului armat, degradarea acestuia și a mediului înconjurător.

**2.21.** Carbonatarea betonului, proces datorat reacției unor constituenți ai pietrei de ciment din beton, în primul rând a Ca(OH)<sub>2</sub>, cu dioxidul de carbon din atmosferă (CO<sub>2</sub>) și transformarea acestuia în carbonat de calciu (CaCO<sub>3</sub>) având ca rezultat reducerea valorii pH în beton începând de la suprafața elementelor, depasivizarea în timp a stratului de acoperire a armăturilor și favorizarea procesului de coroziune a acestora.

**2.22.** Lucrabilitatea betonului proaspăt, reprezintă proprietatea de a asigura umplerea tiparelor și înglobarea armăturilor.

Lucrabilitatea se apreciază pe baza consistenței betonului care se determină prin metoda tasării, răspândirii, a gradului de compactare, a remodelării etc., pentru fiecare metodă aprecierea fiind făcută pe baza claselor de consistență.

**2.23.** Aer oclus, reprezintă volumul de aer, inclus în beton la preparare în mod necontrolat.

**2.24.** Aer antrenat, reprezintă bulele microscopice de aer, încorporate intenționat în beton la malaxare, prin utilizarea unor aditivi antrenori de aer (de regulă agenți tensioactivi). Bulele de aer antrenat sunt practic sferice și au în general un diametru de 10 - 300 μm.

**2.25.** Producător de beton, persoană juridică sau fizică, care produce betonul proaspăt.

**2.26.** Element prefabricat, element din beton, beton armat sau precomprimat, produs conform unui proiect (normă), realizat și întărit, într-un loc diferit de cel în care va fi utilizat.

### 3. DOCUMENTE DE REFERINȚĂ

**3.1.** SR EN 197/1-02 - Ciment Portland.

**3.2.** SR 1500-96 - Cimenturi compozite uzuale de tip II, III, IV și V.

**3.3.** SR 3011-96 - Cimenturi cu căldură de hidratare limitată și cu rezistență la agresivitatea apelor cu conținut de sulfați.

**3.4.** SR EN 196/1-95 - Metode de încercare a cimentului. Determinarea rezistențelor mecanice.

**3.5.** SR EN 196/3-95 - Metode de încercare a cimentului. Determinarea timpului de priză și a stabilității.

**3.6.** SR EN 196/7-95 - Metode de încercare a cimentului. Metode de prelevare și pregătire a probelor de ciment.

**3.7.** SR EN 196/2-95 - Metode de încercare a cimentului. Determinarea conținutului în cloruri, dioxid de carbon și alcalii din cimenturi.

**3.8.** STAS 1667-76 - Agregate naturale grele, pentru betoane și mortare cu lianți minerali.

**3.9.** EN 12620-96 - Agregate pentru beton, incluzând betonul pentru șosele.

**3.10.** STAS 4606-83 - Agregate naturale pentru betoane și mortare cu lianți minerali. Metode de încercare.

- 3.11. STAS 667-90 - Agregate și piatră pentru drumuri. Condiții generale de calitate.
- 3.12. STAS 662-89 - Lucrări de drumuri. Agregate naturale de balastieră.
- 3.13. STAS 790-84 - Apă pentru betoane și mortare.
- 3.14. SR EN 1008-02 - Apă pentru betoane.
- 3.15. STAS 8625-90 - Aditiv plastifiant mixt pentru betoane.
- 3.16. STAS 12472-82 - Aditiv superplastifiant pentru betoane VIMC 11.
- 3.17. EN 934-2 - Aditivi pentru beton, partea a 2-a. Definiții și exigențe.
- 3.18. Acgremente tehnice - 003-01/010-97; 003-01/013; 003-01/014 și 00301/015-1998 - Fibre metalice pentru armarea dispersă a betoanelor.
- 3.19. EN 13263-98 - Silice ultrafină pentru beton.
- 3.20. STAS 8819-88 - Cenușă de centrale termoelectrice utilizate ca adaos la prepararea betoanelor.
- 3.21. STAS 2320-88 - Încercări pe betoane și mortare. Tipare metalice demontabile pentru confecționarea epruvetelor.
- 3.22. STAS 1759-88 - Încercări pe betoane, încercări pe betonul proaspăt. Determinarea densității aparente, a lucrabilității, a conținutului de agregate fine și a începutului de priză.
- 3.23. STAS 5479-88 - Încercări pe betoane, încercări pe betonul proaspăt, determinarea conținutului de aer occlus.
- 3.24. STAS 2414-91 - Betoane. Determinarea densității, compactității, absorbției de apă și porozității betonului întărit.
- 3.25. STAS 3349/1-83 - Betoane de ciment. Prescripții pentru stabilirea gradului de agresivitate a apei.
- 3.26. STAS 3349/2-83 - Betoane de ciment. Prescripții pentru stabilirea agresivității apei față de betoanele construcțiilor hidroenergetice.
- 3.27. STAS 1275-88 - Încercări pe betoane, încercări pe betonul întărit. Determinarea rezistențelor mecanice.
- 3.28. STAS 351 9-76 - Încercări pe betoane. Verificarea impermeabilității la apă.
- 3.29. STAS 3518-89 - Încercări de laborator ale betoanelor. Determinarea rezistenței la îngheț-dezghet (gelivitate).
- 3.30. STAS 5440-70 - Betoane de ciment. Verificarea reacției alcalii-agregate
- 3.31. STAS 5511-89 - Încercări pe betoane. Determinarea contracției axiale a betonului întărit.
- 3.32. STAS 5585-71 - Încercări pe betoane. Determinarea modulului de elasticitate static la compresiune al betonului.
- 3.33. STAS 8331-69 - Prefabricate din beton. Clasificare și terminologie.
- 3.34. EN 13369 - Reguli comune pentru produsele prefabricate din beton.
- 3.35. STAS 6657/1-89 - Elemente prefabricate din beton, beton armat și beton precomprimat. Condiții generale de calitate.
- 3.36. STAS 7721-90 - Tipare metalice pentru elemente prefabricate din beton, beton armat și beton precomprimat.
- 3.37. STAS 6657/2-89 - Elemente prefabricate din beton, beton armat și beton precomprimat. Reguli de verificare a calității.
- 3.38. STAS 6657/3-89 - Elemente prefabricate din beton, beton armat și beton precomprimat. Procedee și dispozitive de verificare a caracteristicilor geometrice.
- 3.39. STAS 1831-95 - Lucrări de drumuri, îmbrăcăminti din beton de ciment. Condiții tehnice generale de calitate.
- 3.40. STAS 1799-88 - Construcții din beton, beton armat și beton precomprimat. Tipul și frecvența verificărilor calității materialelor și betoanelor.
- 3.41. C16-84 - Normativ pentru realizare pe timp friguros a lucrărilor de construcții și instalațiilor aferente.
- 3.42. CD 137-89 - Instrucțiuni tehnice și tehnologice pentru prepararea betoanelor utilizate la realizarea elementelor prefabricate, înlocuit prin NE 013-02.
- 3.43. NE 012-99 - Cod de practică pentru executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat, voi. I și II.
- 3.44. SR EN 206-1-02 - Beton, partea I. Specificații, performanțe, producție și conformitate.
- 3.45. NE 013-02 - Cod de practică pentru execuția elementelor prefabricate din beton, beton armat și beton precomprimat.
- 3.46. ASTM-A820-90 - Specification for Steel Fibers Reinforced Concrete
- 3.47. ACI 544-93 - Guide for Specyfing, Mixing, Placing and Finishing Steel Fiber - Reinforced Concrete.

#### 4. CERINȚE ȘI CRITERII DE PERFORMANȚĂ

4.1. Betoanele armate dispers cu fibre metalice - BFM și lucrările executate cu BFM trebuie să satisfacă prin proiectare și execuție următoarele cerințe obligatorii:

- I - rezistență și stabilitate
- II - siguranța în exploatare
- III - siguranța la foc
- IV - igiena, sănătatea oamenilor, refacerea și protecția mediului
- V - izolație termică și hidrofugă
- VI - durabilitate în diverse condiții de exploatare.

În acest scop în paragrafele următoare se stabilesc cerințe, criteriile și niveluri de performanță care urmează a fi aplicate și eventual completate prin proiectele lucrărilor în funcție de condițiile concrete din exploatare.

4.2. Clasele de rezistență la compresiune, pentru betoanele armate dispers cu densitate normală sau a celor grele, recomandate a fi utilizate sunt redată în tabelul 1.

Valoarea  $f_{ck}$ , reprezintă rezistența caracteristică în  $N/mm^2$  la 28 zile determinată pe epruvete cilindrice de 300/150 mm, iar valoarea  $f_{c,cub}$  reprezintă rezistența caracteristică în  $N/mm^2$ , determinată la 28 zile pe epruvete cubice cu latura de 150 mm. Notarea betoanelor armate dispers se face cu indicativul BFM așezat înaintea clasei betonului ex. BFM C20/25 etc. Clasele de rezistență la compresiune pentru betoanele cu densitate normală și betoanele grele sunt redată în tabelul nr. 1.

Clasele de rezistență la compresiune	Rezistența caracteristică pe cilindri fckcil	Rezistența caracteristică pe cuburi fckcub
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
G30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

**4.3.** Pentru anumite lucrări cum sunt lucrările de drumuri, poduri, aeroporturi etc. prin caiete de sarcini elaborate de proiectant cu sprijinul unui laborator de cercetare sau specialist autorizat pentru betoanele armate dispers, se pot stabili clase de rezistență și pentru alte caracteristici de exemplu:

- rezistența la întindere; rezistență la încovoiere; rezistență la forțe tăietoare; rezistența la șoc mecanic; rezistență la uzură prin abraziune; conductivitatea electrică; gradul de impermeabilitate; rezistență la îngheț-dezgheț repetat etc.

**4.4.** Clasele de expunere la acțiunile mediului înconjurător sunt prezentate în tabelul 2, cu următoarele precizări:

- betonul poate fi supus la una sau mai multe din acțiunile prezentate în tabel, în cel de al doilea caz, condițiile de mediu trebuie exprimate sub forma unor combinații de clase de expunere;
- clasele de expunere prezentate în tabelul 2 nu exclud luarea în considerație a unor condiții deosebite ce pot să apară în practică și nici utilizarea în cazuri justificate a unor protecții, precum cele din oțel inoxidabil sau alte metale rezistente la coroziune etc.

Tabelul 2 - Clasele de expunere la acțiunile mediului

Denumirea clasei	Precizarea condițiilor de mediu înconjurător	Exemple de utilizare
1. Nici un risc de coroziune sau atac		
XO	Betoane simple, fără piese metalice înglobate. Expunere fără îngheț-dezghet sau atac chimic	
	Betonul armat sau cu piese metalice înglobate, mediu foarte uscat	ex. beton la interiorul clădirilor, în care umiditatea aerului este foarte redusă
2. Coroziunea datorată carbonatării		
XC1	Mediu uscat sau umed în permanență	ex. beton la interiorul clădirilor în care procentul de umiditate al aerului este redus - beton imersat permanent în apă.
XC2	Umed, foarte rar uscat	ex. suprafețele de beton aflate în apă pe termen lung. - un mare număr de fundații
XC3	Umiditate moderată	ex. betonul de la interiorul clădirilor unde procentul de umiditate al aerului ambiant este mediu sau - beton exterior ferit de ploaie
XC4	Alternanța umidității și uscării	ex. suprafețe supuse contactului cu apă, care nu intră în clasa XC2
3. Coroziunea datorată clorurilor de altă origine decât cea din apă sau atmosfera marină		
XD1	Umiditate moderată	ex. suprafețe de beton expuse clorurilor transportate datorită circulației aerului
XD2	Umiditate, rar uscat	ex. piscine - beton expus acțiunii apelor industriale ce conțin cloruri
XD3	Alternanța umidității și a uscării	ex. elemente de poduri expuse stropirii (udării) cu ape ce conțin cloruri - șosele - dalele parcajelor pentru staționarea autovehiculelor
4. Coroziunea datorată clorurilor prezente în apa de mare		
XS1	Expunere la aerul ce vehiculează săruri marine, nefiind însă în contact direct cu apa de mare	ex. structuri pe litoral (coastă) sau în vecinătatea acesteia
XS2	Imersate în permanență	ex. Elemente ale structurilor marine
XS3	Zone de marnaj, zone supuse acțiunii valurilor sau udării (stropirii)	ex. Elemente ale structurilor marine
5. Deteriorarea prin îngheț-dezghet		
XF1	Saturare moderată cu apă, fără agenți pentru dezghet	ex. suprafețe verticale de beton expuse la ploaie și îngheț
XF2	Saturare moderată cu apă cu agenți pentru dezghet	ex. suprafețele verticale de beton ale lucrărilor rutiere expuse la îngheț și la curenți ce vehiculează agenți de dezghet
XF3	Saturare (forte) cu apă fără agenți de dezghet	ex. - suprafețele orizontale de beton expuse la ploaie și îngheț
XF4	Saturare (forte) cu apă combinată cu agenți de dezghet sau ape de mare	ex. - Drumuri și tabliere de pod expuse agenților de dezghet și suprafețe de beton verticale direct expuse agenților pentru dezghet și îngheț. Zone ale structurilor marine supuse acțiunii și înghețului
6. Agresiune chimică		
XA1	Mediu cu agresivitate chimică slabă cf. tab. 3	
XA2	Mediu cu agresivitate chimică moderată cf. tab. 3	
XA3	Mediu cu agresivitate chimică puternică cf. tab. 3	

Notă: Betonul este expus agresivității chimice când aceasta este conținută în soluri, apele de suprafață, apele subterane. Clasificarea apelor de mare depinde de localizarea geografică, deci clasificarea trebuie aplicată în condițiile concrete.

Clasificarea privind agresivitatea chimică se face în raport cu agresivitatea cea mai ridicată, exemplu: când cel puțin două caracteristici conduc la aceeași clasă de agresivitate, mediul va fi clasat în clasa imediat superioară. Agresivitatea chimică indicată în

tabelul 3 are în vedere temperaturi ale apei/solului între 5 - 25°C și o viteză de scurgere a apei suficient de redusă, pentru a fi asimilată condițiilor statice. Solurile argiloase a căror permeabilitate este sub  $10^{-5}$  m/s, pot fi clasificate într-o clasă inferioară).

Tabelul 3 - Agresivități chimice

Caracteristica chimică	Metode încercare	XA1	XA2	XA3
Ape de suprafață și subterane				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> în mg/l	EN 196-2	>= 200 ... <= 600	> 600 ... <= 3000	> 3000 ... <= 6000
pH	ISO 4316	<= 6,5 ... 5,5	< 5,5 ... >= 4,5	< 4,5 ... >= 4,0
CO <sub>2</sub> agresiv în mg/l	pr. EN 13557	>= 15 ... <= 40	> 40 ... <= 100	> 100, până la saturare
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , în mg/l	ISO 7150-1 sau ISO 7150-2	>= 15 ... <= 30	> 30 ... <= 60	> 60 ... <= 100
Mg <sup>2+</sup> , în mg/l	ISO 7980	>= 300 ... <= 1000	> 1000 ... <= 3000	> 3000, până la saturare
Sol				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/kg	EN 196-2	>= 2000 ... <= 3000	> 3000 ... <= 12000	> 12000 ... <= 24000
Aciditate ml/kg	DIN 4030-2	> 200 Baumann Gully	Nu este întâlnită în practică	

4.5. Clasele de consistență pentru betonul armat dispers în stare proaspătă sunt redată în tabelele 4, 5, 6 și 7. În tabelul 8 sunt redată toleranțele admise la efectuarea determinărilor de consistență.

Tabelul 4

Clasele de consistență prin metoda tasării

Clasele	Tasare în mm
S1	10 - 40
S2	50 - 90
S3	100 - 150
S4	160 - 200
S5 <sup>1)</sup>	>= 220

Tabelul 5

Clasele de consistență prin metoda remodelării

Clasa de remodelare	VE-BE în sec.
V0 <sup>1)</sup>	>= 31
V1	30 - 21
V2	20 - 11
V3	10 - 6
V4 <sup>1)</sup>	5 - 3

Tabelul 6

## Clasele de consistență prin metoda gradului de compactare

Clasa	Gradul de compactare
CO <sup>1)</sup>	$\geq 1,46$
C1	1,45 - 1,26
C2	1,25 - 1,11
C3 <sup>1)</sup>	1,10 - 1,04

Tabelul 7

## Clasele de consistență prin metoda răspândirii

Clasa de răspândire	Diametrul în mm
F1 <sup>1)</sup>	$\leq 340$
F2	350 - 410
F3	420 - 480
F4	490 - 550
F5	560 - 620
F6 <sup>1)</sup>	$\geq 630$

<sup>1)</sup> Datorită lipsei de sensibilitate a metodelor, clasele astfel notate nu sunt recomandate la utilizare

Tabelul 8

## Toleranțe admise la efectuarea determinărilor de consistență

Tasarea			
Valori, mm	$\leq 40$	50 ... 90	$\geq 100$
Toleranțe, mm	$\pm 10$	$\pm 20$	$\pm 30$
Remodelare VE-BE			
Valori, sec	$\geq 11$	10 ... 6	$\leq 5$
Toleranțe, sec	+ 3	$\pm 2$	$\pm 1$
Gradul de compactare			
Valorile	$\geq 1,26$	1,25 ... 1,11	$\leq 1,10$
Toleranțe	$\pm 0,10$	$\pm 0,08$	$\pm 0,06$
Răspândirea			
Toate valorile	Toate valorile		
Toleranțe, mm	$\pm 30$		

**4.6.** Conținutul în cloruri din betonul armat dispers, exprimat în procente din masa cimentului nu trebuie să depășească valorile din tabelul 9. Pentru determinarea conținutului de cloruri din beton suma contribuțiilor constituenților trebuie calculată cu una din metodele următoare sau prin combinarea lor:

- calculul bazat pe conținutul maximal în cloruri stabilit prin normele pentru fiecare constituent sau cel declarat de producător pentru fiecare constituent;
- calculul bazat pe conținutul în cloruri al constituenților, reprezentând media ultimelor 25 determinări pentru conținutul în cloruri, majorat de 1,64 ori; ecartul tip calculat pentru fiecare constituent (această metodă se aplică agregatelor extrase din mare, în absența valorilor maxime normate sau declarate);
- pentru lucrările și elementele din beton precomprimat conținutul de cloruri din beton se face la proiectarea compozițiilor sau de un laborator autorizat.

Tabelul 9

Conținutul maxim de cloruri în BFM

Utilizarea betonului	Clasa de cloruri	Conținutul maxim în Cl - raportat la masa cimentului
beton simplu fără piese metalice înglobate (cu excepția piselor de ridicat din oțel rezistent la coroziune)	Cl 1,0	1%
beton cu armături și piese metalice înglobate	Cl 0,20	0,20%
	Cl 0,40	0,40%
beton cu armături precomprimate	Cl 0,10	0,10%
	Cl 0,20	0,20%

Notă: Clorura de calciu și aditivii pe bază de cloruri nu pot fi utilizați la prepararea betoanelor ce conțin armături din oțel.

**4.7.** Notarea betonului armat dispers, în funcție de granula maximă din agregatul folosit, se face plecând de la dimensiunea maximă a agregatelor folosite în diferite situații, de ex:

- microbetoane cu agregate cu granula maximă 1; 2; 3; 5; 7 (8) mm sau microbetoane 0-1; 0-2; 0-3; 0-5; 0-7 (8) mm. În proiecte dau documente de livrare un MBFM clasa 50/60 cu grad de impermeabilitate  $P_8$  și agregat 0-5 mm, va fi notat MBFM C50/60- $P_8$ -0-5 sau cu altă notație stabilită de comun acord de producător, proiectant și beneficiar;
- betoane cu agregate cu granula maximă 10; 16 (15); 20; 25; 31; 40 mm sau betoane cu agregate 0-10; 0-16 (15); 0-20; 0-25; 0-31; 0-40 mm. Un BFM clasa 70/85 cu agregate 0-16, grad de impermeabilitate  $P_{16}^{10}$ , lucrabilitate  $S_3$ , va fi notat BFM C70/85;  $S_3$ ;  $P_{16}^{10}$ ; 0-16 sau conform convenției dintre proiectant, beneficiar, producător.

**4.8.** Gradele de impermeabilitate pentru betoanele armate dispers se stabilesc conform STAS 3622; tabelul 10a. Pentru anumite lucrări, prin proiecte se pot stabili grade de impermeabilitate mai reduse, intermediare sau mai mari decât cele enunțate, ex. P2; P6 ... P20; P24.

Tabelul 10a

Nivele de performanță în funcție de gradul de impermeabilitate al betoanelor

Adâncimea limită de pătrundere a apei (mm)		Presiunea apei bari
100	200	
$P_4^{10}$	$P_4^{20}$	4
$P_8^{10}$	$P_8^{20}$	8
$P_{12}^{10}$	$P_{12}^{20}$	12

**4.9.** Gradele de gelivitate pentru betoanele armate dispers se stabilesc conform STAS 3622, tabelul 10b. În funcție de condițiile concrete, se pot prevedea prin proiecte grade de gelivitate mai mari, de exemplu G200 ... G300 etc.

Nivele de performanță în funcție de gradul de gelivitate al betoanelor

Gradul de gelivitate al betoanelor	Numărul de cicluri de îngheț-dezgeț
G50	50
G100	100
G150	150

**4.10.** Betonul expus în timpul exploatării în una din clasele XF1 ... XF4, trebuie să conțină aer antrenat, conform tabelului 11.

Conținutul de aer antrenat în beton

Dimensiunea maximă a agregatului, mm	Aer antrenat ( $\pm 1$ )%
40	4
31	4,5
20	5
16 (15)	5,5
10	6
7	6,5
5	7

**4.11.** În funcție de clasele de expunere, betonul armat dispers trebuie să reprezinte un material durabil, care rezistă în bune condiții solicitărilor fizico-mecanice și fizico-chimice datorate condițiilor de exploatare și de mediu înconjurător. Durabilitatea betonului fiind asigurată printr-un ansamblu de măsuri de la concepția și proiectarea lucrărilor, la execuția, exploatarea și întreținerea acestora, dintre măsurile necesare asigurării durabilității betoanelor armate dispers, ce trebuie avute în vedere la proiectarea compozițiilor, se menționează:

- selecția cimentului adecvat și un dozaj suficient;
- selecția unui amestec de agregate de bună calitate și densitate maximă;
- asigurarea lucrabilității necesare betonului proaspăt, la un raport A/C minim în condițiile date, prin folosirea aditivilor plastifianți sau superplastifianți;
- asigurarea unei tehnologii corecte de preparare și punere în operă;
- asigurarea unei structuri a betonului întărit, fără defecte de structură, cu un grad de impermeabilitate maxim posibil în condițiile concrete de lucru, pentru a se asigura o bună protecție a armăturilor;
- asigurarea procentului de aer oclus conform tabelului 11 pentru betoanele supuse în exploatare acțiunii fenomenului de îngheț-dezgeț repetat;
- pH-ul în betonul armat dispers sau/și cu armătură formată din bare OB și etrieri trebuie să fie minim 12, iar în cel cu armătură precomprimată minim 12,5. Conținutul în cloruri din beton trebuie să fie în limitele din tabelul 9;
- în tabelul 12 sunt redate valorile maxime pentru raportul A/C, dozajul minim de ciment, gradul de impermeabilitate și gelivitatea pentru diferite clase de expunere a betonului armat dispers;
- dozajele maxime de ciment se stabilesc la proiectarea compozițiilor de BFM în funcție de scopul urmărit și caracteristicile materialelor disponibile, astfel:
  - max. 600 kg/m<sup>3</sup> beton preparat cu ciment tip I; SRI; HI, inclusiv SUF (dacă se folosește) în cazul betoanelor de clasă  $\geq 50/60$ ;
  - max. 700 kg/m<sup>3</sup> beton preparat cu ciment tip II/A-S, în cazul betoanelor de clasă  $\geq 50/60$ ;
  - în cazul microbetoanelor armate dispers de clasele  $\geq 80/95$  se poate ajunge la dozaje de ciment tip I de 700 ... 1000 kg/m<sup>3</sup> și dozaje de SUF de 100 ... 250 kg/m<sup>3</sup>.

**4.12.** Cerințele de la pct. 4.1 ... 4.9 se transformă în niveluri de performanță la proiectarea fiecărei lucrări sau la elaborarea tehnologiei de execuție, pe baza datelor din tabelul 13, când se stabilesc prin documentele tehnice adecvate:

- clasa betonului armat dispers;
- tipul și dozajul de ciment;
- tipul și adaosul mineral dacă este cazul;
- tipul și dozajul de aditiv;
- tipul fibrelor metalice și dozajul acestora;
- raportul A/C;
- lucrabilitatea betonului proaspăt având în vedere condițiile de transport și punere în operă și de protecție a betonului după punerea în operă;
- alte cerințe ex. conținutul de aer antrenat, grad de impermeabilitate, de gelivitate etc.



Tabelul 12

Valori maxime și minime pentru compoziția betoanelor din elemente monolite și prefabricate în diferite condiții de expunere

	Clase de expunere																		
	Fără risca de coroziune sau atac	Carbonatarea			Coroziunea datorată clorurilor								Acțiunea îngheț-dezghețului				Mediu conținând substanțe chimice agresive		
		XO	XC1	XC2	XC3	din apa de mare				din alte surse				XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2
Raport A/C maxim	-	0.60	0.55	0.50	0.50	0.50	0.45	0.40	0.55	0.55	0.45	0.55	0.50	0.45	0.40	0.50	0.45	0.45	
Clasa de rezistență minimă	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	
Dozajul de ciment minim <sup>1)</sup>	300	330	350	380	400	400	400	400	380	380	400	380	380	380	380	380	380	400	
Cimenturi indicate																			
	II/A-S32,5 II/A-V32,5	<sup>3)</sup>	II/A-S42,5; SRII/A-S42,5 II/A-V42,5; SRI42,5; I42,5			SRII/A-S42,5; SRI42,5			HII/A-842,5; SRII/A-S42,5 SRI42,5			II/A-S42,5; I42,5; SRI42,5; HI42,5				SRII/A-S42,5 SRI42,5-52,5			
Aer antrenat la preparare min.%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4 <sup>2)</sup>	4 <sup>2)</sup>	4 <sup>2)</sup>	4 <sup>2)</sup>	-	-	-	
Agregate rezistente la îngheț-dezgheț	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ind	ind	0	0	-	-	-	
Grad de gelivitate minim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	G50	G100	G150 (100)	G150	-	-	-	
Grad de impermeabilitate minim		P4	P8	P8 <sup>10)</sup>	P8 <sup>10)</sup>	P8 <sup>10)</sup>	P	P12 <sup>10)</sup>	P8	P8	P12 <sup>10)</sup>	P8	P8 <sup>10)</sup>	P12 <sup>10)</sup>	P12 <sup>10)</sup>	P8 <sup>10)</sup>	P12 <sup>10)</sup>	P12 <sup>10)</sup>	

<sup>1)</sup> dozajul minim de ciment I32,5 este prevăzut pentru betoanele cu agregate 0 - 31 mm și crește cu 8 - 10% la betoanele cu agregate 0 - 16 mm și cu 15 - 20 pentru betoanele cu agregate 0 - 7(8) mm.

<sup>2)</sup> În funcție de granulozitatea agregatelor, vezi tab. 11; ind-indicat; o-obligatoriu

<sup>3)</sup> II/A-S32,5; II/A-V32,5; I32,5



Niveluri de performanță pentru lucrările executate cu BFM

Nr. crt.	Lucrări ce se execută*)	Caracteristici ce se determină	Metoda de determinare	Nivelul de performanță
0	1	2	3	4
1	BFM torcretat în căptușelile tunelelor rutiere, miniere, cale ferată, diverse canale colectoare	- Rezistență la compresiune - Gradul de impermeabilitate	STAS 1275-88 STAS 3519-76	Minim C25/30 Minim P <sub>8</sub> <sup>10</sup>
2	BFM torcretat în căptușelile tunelelor hidrotehnice	- Rezistență la compresiune - Gradul de impermeabilitate - Rezistență la uzură	STAS 1275-88 STAS 3519-76 STAS 5501-76	Minim C30/37 Minim P <sub>12</sub> <sup>10</sup> Maxim 0,60 mm
3	BFM torcretat sau turnat în pâlnii de silozuri, bunkere de minereuri.	- Rezistență la compresiune - Rezistență la întindere - Rezistență la uzură - Gradul de impermeabilitate	STAS 1275-88 STAS 1295-88 STAS 5501-76 STAS 3519-76	Minim C30/37 Minim 6 N/mm <sup>2</sup> Maxim 0,60 Minim P <sub>4</sub> <sup>10</sup>
4	BFM în straturi de uzură la autostrăzi, drumuri și străzi cu trafic greu, piste, căi de rulare și platforme la aeroporturi interne și internaționale, pardoseli în hale industriale puternic solicitate.	- Rezistența la compresiune - Rezistența caracteristică la încovoiere pe prisme de 10x10x55 cm - Rezistența la uzură - Gradul de impermeabilitate - Gradul de gelivitate	STAS 1275-88 STAS 183/1-95  STAS 5501-76 STAS 3519-76 STAS 3518-89	Minim C35/45 Minim 6 N/mm <sup>2</sup>  Maxim 0,50 mm Minim P <sub>8</sub> <sup>10</sup> Minim G100
5	BFM în stratul de uzură al drumurilor și străzilor, platformelor industriale cu trafic mediu.	- Rezistența la compresiune - Rezistența caracteristică la încovoiere pe prisme de 10x10x55 cm - Rezistența la uzură - Gradul de gelivitate	STAS 1275-88 STAS 183/1-95  STAS 5501-76 STAS 3518-89	Minim C30/37 Minim 5,4 N/mm <sup>2</sup>  Maxim 0,60 mm Minim G100
6	BFM în stratul de uzură al locurilor de staționare-parcare autovehicule, platforme portuare	- Rezistență la compresiune - Rezistența caracteristică la încovoiere pe prisme de 10x10x55 cm - Rezistența la uzură - Gradul de gelivitate	STAS 1275-88 STAS 183/1-95  STAS 5501-76 STAS 3518-89	Minim C25/30 Minim 4,2 N/mm <sup>2</sup>  Maxim 0,70 mm Minim G100
7	Pardoseli industriale cu solicitări medii (fără acțiunea unor medii agresive)	- Rezistența la compresiune - Rezistența la întindere	STAS 1275-88 STAS 1275-88	Minim C25/30 Minim 4,5 N/mm <sup>2</sup>
8	BFM în piloți foraj, fundații pe terenuri dificile, curelaje etanșe în subsoluri situate sub pânza freatică.	- Rezistența la compresiune - Rezistența la întindere - Gradul de impermeabilitate	STAS 1275-88 STAS 1275-88 STAS 3519-76	Minim C25/30 Minim 5,0 N/mm <sup>2</sup> Minim P <sub>4</sub> <sup>10</sup>
9	BFM în fundațiile mașinilor de prelucrat metale și în lucrări antiexplozive, postamente, pompe, etc.	- Rezistența la compresiune - Rezistența la întindere - Rezistență la șoc mecanic	STAS 1275-88 STAS 1275-88 STAS 6200/8-89	Minim C50/60 Minim 7 N/mm <sup>2</sup> Minim 12 kg·cm/cm <sup>2</sup>
10	BFM în structuri masive, elemente sparge val și de protecție a cheiurilor, unele lucrări hidrotehnice ca deversoare, praguri de fund, disipatoare de energie, culele podurilor, lucrări de geniu militar.	- Rezistența la compresiune - Rezistența la întindere - Rezistența la uzură - Rezistența la șoc mecanic - Gradul de gelivitate - Gradul de impermeabilitate	STAS 1275-88 STAS 1275-88 STAS 5501-76 STAS 6200/8-81 STAS 3518-89 STAS 3519-76	Minim C30/37 Minim 5,4 N/mm <sup>2</sup> Maxim 0,60 mm Minim 12 kg·cm/cm <sup>2</sup> Minim G100 Minim P <sub>8</sub> <sup>10</sup>

11	BFM în stabilizări de pante	- Rezistența la compresiune - Gradul de impermeabilitate - Gradul de gelivitate	STAS 1275-88 STAS 3519-76 STAS 3518-89	Minim C20/25 Minim P <sub>4</sub> <sup>10</sup> Minim G50
12	BFM în lucrări de beton armat (situațiile în care armătura dispersă înlocuiește total sau parțial armătura din bare și etrieri)	- Rezistența la compresiune - Rezistența la întindere - Conținutul în cloruri	STAS 1275-88 STAS 1275-88 Conf. cap. 4, tab. 9, ghid	Se stabilește prin proiect, însă minim C20/25 idem, însă minim 4 N/mm <sup>2</sup> idem, însă maxim 0,40%
13	BFM în elemente din beton precomprimat (în situațiile în care înlocuiește total sau parțial armătura cu bare OB și etrieri)	- Rezistența la compresiune - Rezistența la întindere - Conținutul în cloruri	STAS 1275-88 STAS 1275-88 Conf. cap. 4, tab. 9, ghid	Se stabilește prin proiect, însă minim C30/37 idem, însă minim 6 N/mm <sup>2</sup> idem, însă maxim 0,20%
14	BFM în lucrări de reparații la îmbrăcămințile drumurilor, podurilor, aeroporturilor, pardoseli în hale puternic solicitate.	- Rezistență la compresiune - Rezistență caracteristică la încovoiere pe prisme de 10x10x55 cm - Rezistență la uzură - Gradul de impermeabilitate - Gradul de gelivitate	STAS 1275-88 STAS 183/1-95  STAS 5501-76 STAS 3519-76 STAS 3518-89	Se stabilește prin proiect, însă minim C35/45 idem, însă minim 6 N/mm <sup>2</sup> Maxim 0,50 mm Minim P <sub>8</sub> <sup>10</sup> Minim G100
15	BFM în unele tipuri de elemente prefabricate din beton armat pentru acoperișuri cu pânze subțiri, grinzi, stâlpi, etc.	- Conform pct. 12, tab. 13 din prezentul ghid.	STAS 1275-88 STAS 1275-88	Se stabilește prin proiect, însă minim C25/30
16	BFM în unele tipuri de elemente prefabricate din beton precomprimat	- Conform pct. 13, tab. 13 din prezentul ghid.	STAS 1275-88 STAS 1275-88 Conf. cap. 4, tab. 9, ghid	Se stabilește prin proiect, însă minim C30/37
17	BFM în elemente spațiale pentru cabane, case de vacanță, garaje, posturi de transformare a energiei electrice, cabine de pază, stații de pompare etc.	- Rezistența la compresiune  - Gradul de impermeabilitate	STAS 1275-88  STAS 3519-76	Se stabilește prin proiect, însă minim C20/25 Minim P <sub>4</sub>
18	BFM în piloți prefabricați.	- Rezistența la compresiune - Gradul de impermeabilitate	STAS 1275-88 STAS 3519-76	Minim C30/40 Minim P <sub>8</sub> <sup>10</sup>

\*) Prin proiectul lucrărilor ce se execută pe baza condițiilor concrete din exploatare, se pot stabili alte niveluri de performanță care se vor aproba odată cu proiectul de elemente sau structuri.

## 5. MATERIALE UTILIZATE ÎN COMPOZIȚIA BETOANELOR ARMATE DISPERS CU FIBRE METALICE - BFM

### 5.1. Cimenturile

5.1.1. Cimenturile utilizate la prepararea betoanelor armate dispers trebuie să satisfacă exigențele prevăzute în standardele române de produs și să asigure:

- rezistențele BFM la diferite termene prevăzute în proiectele lucrărilor ce se execută;
- buna-conservare a armăturilor disperse, a armăturilor din bare, etrieri și precomprimare și durabilitatea elementelor și lucrărilor din BFM în diferite condiții de exploatare.

5.1.2. La prepararea betoanelor armate dispers se utilizează cimenturile prevăzute în tabelul 14.

Cimenturile utilizate la prepararea BFM

Tipul cimentului	Compoziția	Standardul	Adaos în fabricație		Clasele de rezistență
I	Portland	SREN 197/1	-	-	32,5; 32.5R; 42,5; 42,5R 52,5 52.5R
II/A-S	Portland cu zgură granulată	SREN 197/1	6-20	Zgură granulată	32,5; 42,5; 52,5 32,5R; 42,5R;
II/A-V	Portland cu cenușă volantă	SREN 197/1	6-20	Cenușă volantă	32,5; 42,5; 52,5
II/A-M	Portland cu adaosuri	SREN 197/1	6-20	Zgură cenuși	32,5; 42,5
HI	Portland având căldură de hidratare redusă	SR 3011-96	-	-	32,5; 42,5; 52,5
HIII/A-S	Portland cu zgură granulată și căldură de hidratare redusă	SR 3011-96	6-20	Zgură granulată	32,5; 42,5; 52,5
SRI	Portland rezistent la sulfați	SR 3011-96	-	-	32,5; 42,5; 52,5
SRII/A-S	Portland cu zgură granulată, rezistent la sulfați	SR 3011-96	6-20	Zgură granulată	32,5; 42,5; 52,5

## 5.2. Agregatele

**5.2.1.** La prepararea betoanelor armate dispers se folosesc agregate minerale grele de balastieră și de concasaj, sortate și spălate care trebuie să provină din roci cu compoziție mineralogică omogenă, să nu aibă urme vizibile de dezagregare fizică sau chimică, să fie lipsite de pirită, limonită și alte impurități și să nu conțină silice cristalină sau amorfă ce poate reacționa cu alcalii din ciment.

**5.2.2.** Agregatele de balastieră trebuie să îndeplinească condițiile tehnice prevăzute de STAS 1667-76 și 5440-70, iar agregatele de concasaj trebuie să îndeplinească condițiile tehnice prevăzute de STAS 667-90 și 5440-70.

**5.2.3.** Nisipurile cuarțoase fine cu granulozitatea 0 - 0,3 mm cu un conținut de părți levigabile sub 0,3% sunt utilizate în compoziția BFM, ca material de corecție a granulozității agregatelor deficitare în părți fine.

## 5.3. Aditivii

**5.3.1.** La prepararea betoanelor armate dispers sunt utilizați în funcție de cerințele concrete aditivi din grupele:

- reducători și superreducători de apă;
- micști cu efect de plastifiant și antrenor de aer;
- aditivi pe bază de silice amorfă precipitată;
- antrenori de aer;
- acceleratori de priză și întărire fără cloruri.

**5.3.2.** Aditivii trebuie să îndeplinească cerințele standardelor și Acordurilor tehnice române în vigoare, să nu conțină cloruri sau alte substanțe ce pot produce coroziunea armăturilor (dispersă, din bare și etrieri, precomprimată etc.).

## 5.4. Adaosuri minerale

**5.4.1.** La prepararea betoanelor armate dispers, pot fi utilizate adaosuri de cenușă volantă de termocentrală - C.V. sau silice ultrafină S.U.F. în următoarele condiții:

- Cenușa volantă folosită ca adaos trebuie să îndeplinească condițiile STAS 8819-88;
- Silicea ultrafină - S.U.F. care îndeplinește cerințele EN 13.263 poate fi utilizată ca adaos la prepararea BFM în proporție de 6 - 12% din dozajul de ciment în cazul betoanelor preparate cu ciment de tip I; HI; SRI.

**5.5.** Fibrele metalice din producție internă sau din import, trebuie să satisfacă condițiile din Acordurile Tehnice române aflate în valabilitate, în tabelul 15 sunt prezentate fibrele metalice agreate în țară.

Fibre metalice utilizate în compoziția BFM

Nr. crt.	Denumirea fibrei	lungime/diametru l/Φ, mm	Abateri dimensionale admise, mm	Rezistența sârmei la tracțiune N/mm <sup>2</sup>	Obs.
<b>A. Fibre metalice cu ciucuri la capete</b>					
1	F.M.C	25/0,40	$l \pm 0,5; \Phi \pm 0,02$	$\geq 1200$	
2	F.M.C	30/0,40	$l \pm 0,5; \Phi \pm 0,02$	$\geq 1200$	
3	F.M.C	25/0,50	$l + 0,5; \Phi + 0,02$	$\geq 1200$	
4	F.M.C	30/0,50	$l \pm 0,5; \Phi \pm 0,02$	$\geq 1200$	
5	F.M.C	25/0,60	$l \pm 0,5; \Phi \pm 0,02$	$\geq 1200$	
6	F.M.C	30/0,60	$l \pm 0,5; \Phi \pm 0,02$	$\geq 1200$	
7	F.M.C	50/1,05	$l \pm 1,0; \Phi \pm 0,065$	$\geq 1200$	
8	Fibis 1	31,5/0,50	$l \pm 0,5; \Phi \pm 0,02$	1400 - 1700	
9	Fibis 2	31,5/0,50	$l \pm 0,5; \Phi \pm 0,02$	1050 - 1400	
<b>B. Fibre metalice lise (drepte)</b>					
10	F.M.L.	12,5/0,40	$l \pm 0,5; \Phi \pm 0,02$	$\geq 1200$	
11	F.M.L.	25/0,40	$l \pm 0,5; \Phi \pm 0,02$	$\geq 1200$	
12	F.M.L.	50/1,05	$l \pm 0,5; \Phi \pm 0,02$	$\geq 1200$	
<b>C. Fibre metalice ondulate</b>					
13	F.M.O.	6/0,175	$l + 0,5; \Phi \pm 0,02$	$\geq 2200$	
14	F.M.O.	12,5/0,175	$l \pm 0,5; \Phi \pm 0,02$	$\geq 2200$	
15	F.M.O.	50/1,05	$l + 0,5; \Phi \pm 0,03$	$\geq 1200$	

**5.6. Apa de preparare**

**5.6.1.** La prepararea betoanelor armate dispers se folosește apă potabilă din rețelele publice. Apa din alte surse poate fi utilizată, dacă îndeplinește cerințele STAS 790-84.

**6. PROIECTAREA COMPOZIȚIILOR BETOANELOR ARMATE DISPERS - BFM**

**6.1.** Betoanele armate dispers cu fibre metalice (sau fibre de oțel) denumite prescurtat BFM, se obțin prin introducerea în compoziția betonului la preparare a unei cantități de fibre metalice.

**6.2.** Cimenturile, agregatele minerale, adaosurile minerale, aditivii și apa, folosite în compoziția BFM, trebuie să satisfacă exigențele prezentate la cap. 5 din prezentul ghid.

**6.3.** Fibrele metalice care apar suplimentar în compoziția BFM (comparativ cu betonul produs curent) reprezintă armătura dispersă. Armătura dispersă este livrată în diferite tipuri care se diferențiază prin:

- secțiune care poate fi circulară, pătrată, rectangulară;
- forma care poate fi rectilinie sau lisă, ondulată, cu ciucuri la capete etc.;
- aspectul de suprafață, modul de fabricare;
- modul de prezentare individuală sau ancolate în plachete de 25 - 50 fibre;
- lungimea fibrelor l, care poate fi de 5 - 6 ... 70 - 80 mm;
- diametrul d (pentru fibrele cu secțiune circulară) care variază între 0,13 - 0,15 ... 1,0 - 1,2 mm;

- raportul l/d (lungime/diametru) cuprins între 20 ... 100;
  - latura fibrelor cu secțiunea pătrată sau rectangulară cuprinsă între 0,50 x 0,50 ... 1,00 x 1,00;
  - rezistența la tracțiune a sârmelor din oțel carbon din care sunt fabricate fibrele, care variază frecvent între 1000 ... 3000 N/mm<sup>2</sup>;
  - tratamente de suprafață pentru unele fibre prin galvanizare, acoperire cu pelicule epoxi etc.;
  - fibre fabricate din oțeluri speciale, oțel inoxidabil, oțel refractar;
  - fibre fabricate din fontă;
  - densitatea fibrelor de oțel este de 7850 kg/m<sup>3</sup>;
  - modulul de elasticitate E = 210 kN/mm<sup>2</sup>;
  - alungirea la rupere de 3 - 4%;
  - unele caracteristici ale fibrelor metalice, produse actualmente în țară sunt prezentate în tabelul 15, pe baza agrementelor tehnice elaborate. Alte tipuri de fibre metalice vor putea fi utilizate pe bază de Acorduri Tehnice românești aflate în valabilitate.
- 6.4.** Dozajele de fibre metalice pentru betoanele din clasele C16/20 ... C100/115 variază frecvent, în funcție de scopul urmărit astfel:
- 55 - 60 ... 160 - 200 kg/m<sup>3</sup>, fibre lise;
  - 25 - 30 ... 80 - 100 kg/m<sup>3</sup>, fibre cu ciocuri la capete, sau cu diverse forme speciale;
  - procentele de armare volumetrică folosite variază între 0,50 ... 2,50 - 3,00% sau în masă între 1,7 - 8,2%;
  - pentru lucrări speciale (lucrări de geniu militar, rezistente la explozii, lucrări cu betoane de foarte înaltă performanță, (Re = 200 ... 250 N/mm<sup>2</sup>, unele blindaje de protecție împotriva radioactivităților nucleare etc.) se utilizează dozaje mai ridicate de fibre metalice ajungându-se uneori până la 500 - 600 kg/m<sup>3</sup> beton în funcție de scopul urmărit;
  - pentru o matrice dată (pastă de ciment + agregate) lucrabilitatea betoanelor armate dispers se reduce cu creșterea dozajului de fibre din beton. Reducerea lucrabilității betoanelor armate dispers fiind mai accentuată în cazul compozițiilor de beton cu conținut ridicat de agregate mari;
  - lucrabilitatea betonului cu același dozaj de fibre se reduce cu creșterea raportului l/d (lungime/diametru fibră);
  - pentru selecția fibrelor metalice se fac următoarele precizări:
    - l fibră aprox. = 2D (D = diametrul granulei maxime a agregatului utilizat)
    - sunt preferate fibrele cu d ≤ 0,60 mm deoarece la același dozaj de fibre, prin reducerea d se asigură un număr mai mare de fibre pe cm<sup>2</sup> secțiune și deci o mai bună repartizare a eforturilor în secțiune etc.;
    - dozajele maxime de fibre ce pot fi încorporate în betoanele de clasele C16/20 ... C45/55 sub aspect tehnologic sunt indicate în tabelul 16, rezultând reducerea acestora cu creșterea Dmax agregat, a raportului l/d și modul de punere în operă a betonului.

Tabelul 16

Dozajele maxime de fibre indicate sub aspect tehnologic pentru utilizare în compoziția BFM de clasele ≤ C45/55

Dmax agregat	dozajul de fibre kg/m <sup>3</sup>							
	l/d = 45		l/d = 60		l/d = 75		l/d = 100	
	modul de punere în operă al betonului							
	normal	pompat	normal	pompat	normal	pompat	normal	pompat
0 - 3 (4)	200	160	160	120	130	95	95	70
0 - 7 (8)	160	120	125	95	100	75	75	55
0 - 16	120	80	85	65	70	55	55	40
0 - 31	80	60	50	40	40	30	30	25

**6.5.** În situațiile în care este necesar să se utilizeze dozaje de fibre mai ridicate decât cele indicate la pct. 6.4., pentru a se asigura o bună lucrabilitate betonului și o punere în operă corectă a acestuia se recurge la armarea "binodală", cu două tipuri de fibre, denumite fibre scurte și fibre lungi. În astfel de situații fibrele scurte au l/d < 45 (de exemplu fibrele lise FML 12,5/0,4, fibrele ondulate FMO 6/0,175 etc.) și fibrele lungi l/d > 60. În astfel de procedee fibrele scurte reprezintă de regulă 50 - 75% din masa fibrelor din amestec.

**6.6.** Granulozitatea agregatelor folosite în compoziția betoanelor armate dispers trebuie să se încadreze în limitele indicate în tabelul 17 pentru BFM clasele 16/20 ... 40/50 și în tabelul 18 pentru BFM clasele 50/60 ... 100/115.

Cu privire la alcătuirea amestecurilor de agregate se vor avea în vedere următoarele:

- betoanele armate dispers de clasele C16/20 - C45/55 se prepară cu agregate de balastieră;
- în compoziția betoanelor armate dispers de clasele C50/60 ... C100/115 agregatul de concasaj din roci dure, cu formă bună a granulelor, trebuie să reprezinte 25 ... 60% din masa agregatului din compoziție;
- nu se admite folosirea nisipului de concasaj în compoziția betoanelor armate dispers, întrucât afectează negativ unele proprietăți ale betonului în stare proaspătă și întărită;
  - nisipul de balastieră 0 - 3 mm, de bună calitate din compoziția BFM trebuie să reprezinte cel puțin 40% din masa amestecului de agregate, tabelele 17 și 18;
  - din diferitele amestecuri de agregate posibile se vor selecționa pentru folosire compozițiile ce asigură densitatea maximă;
  - se recomandă limitarea pe cât posibil a granulozității maxime a agregatului la 20 mm în BFM pus în operă prin procedee uzuale și la 16 mm pentru BFM pus în operă prin pompare.

Granulozitatea amestecurilor de agregate pentru  
BFM de clasele ≤ C45/55

Granulozitatea amestecurilor de sorturi*) mm	limite	% trecerii în masă prin sită sau ciur						
		0,2	1	3	7(8)	10	16	20
0 - 7	Max	14	38	66	100	-	-	-
	Min	6	26	54	95	-	-	-
0 - 10	Max	12	35	60	-	100	-	-
	Min	6	25	50	-	95	-	-
0 - 16	Max	10	35	58	72	-	100	-
	Min	5	25	48	62	-	95	-
0 - 20	Max	8	35	56	74	-	-	100
	Min	4	24	44	62	-	-	95

\*) În cazul folosirii de agregate cu D<sub>max</sub> 31, 40 mm se vor avea în vedere după caz limitele de granulozitate indicate pentru zonele I sau II de Codul de practică pentru execuția lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat.

\*\*) Granulozități ce nu se încadrează în limitele indicate în tabelul 16 și 17, vor putea fi utilizate pe bază de încercări preliminare concludente efectuat într-un laborator autorizat.

Granulozitatea amestecurilor de agregate pentru  
BFM de clasele ≤ C50/60

Granulozitatea amestecurilor de sorturi*) mm	limite	% trecerii în masă prin sită sau ciur							
		0,2	1	3	5	7(8)	10	16	20
0 - 7 (8)	Max	12	36	64	-	100	-	-	-
	Min	4	24	52	-	95	-	-	-
0 - 10	Max	10	36	60	67	-	100	-	-
	Min	4	24	48	66	-	95	-	-
0 - 16	Max	8	34	58	-	66	-	100	-
	Min	3	22	46	-	54	-	95	-
0 - 20	Max	8	32	56	-	72	-	-	100
	Min	3	20	44	-	60	-	-	95

**6.7.** Adaosurile minerale vor fi utilizate în compoziția betoanelor armate dispers în condițiile următoare:

- adaosurile de tip I considerate ca materiale inerte, pot fi utilizate în compoziția BFM de clasele C16/20 ... C70/85 ca materiale pentru corecția granulozității agregatelor fine în proporție de max 15% din masa cimentului pe bază de încercări preliminare după cum urmează:

- nisipurile cuarțoase 0 - 0,3 mm cu un conținut în părți levigabile de max 0,3%;
- filelele de calcar fine după verificarea influenței acestora asupra proprietăților betonului proaspăt preparat cu cimentul și superplastifiantul ce urmează a fi utilizat pentru o anumită lucrare;
- cenușile de termocentrală STAS 8819, pot fi utilizate după asigurarea garanției producătorului că nu conțin substanțe radioactive și numai în compoziția betoanelor preparate cu cimenturi de tip I, HI și SRI (cenușile nu pot fi utilizate în compoziția betoanelor preparate cu cimenturi cu adaosuri de tipul II/A-S; II/A-V etc);
- procentul de adaosuri de tipul I va fi astfel stabilit încât granulozitatea agregatelor + adaosurile utilizate să se încadreze în limitele indicate în tabelele 17 și 18 după caz;

- adaosul de tip II - silicea ultrafină SUF, se utilizează în proporție de 6 - 12% (recomandat 8 - 10%) din dozajul de ciment în compoziția betoanelor armate dispers de clasele C50/60 - C100/115. În condițiile utilizării de SUF și CV în aceeași compoziție de beton, masa totală a acestora nu va depăși 15% din dozajul de ciment.

**6.8.** Aditivii din tipurile indicate la pct. 5.3. se utilizează în proporțiile recomandate prin Acordurile Tehnice române aflate în valabilitate. Se recomandă ca pentru BFM de clase  $\geq$  C45/55, preparate cu aditivi superplastifianți să se efectueze în prealabil testul de compatibilitate a cimentului cu aditivul utilizat.

**6.9.** La utilizarea cimenturilor indicate în tabelul 14, pentru prepararea betoanelor armate dispers de diferite clase, vor fi avute în vedere datele din tabelele 12, 19 și 20 privind dozajele minime de ciment, tipurile de ciment recomandate și raportul A/C maxim în funcție de clasa betoanelor și modul de utilizare, lucrări din beton monolit/beton în prefabricate.

Tabelul 19a

Cimenturile indicate pentru lucrări de beton executate monolit

Nr. Crt.	Clasa betonului	Elemente și lucrări monolite executate în afara perioadei de timp friguros	Cimenturi recomandate	Cimenturi utilizabile
1	C16/20	elemente cu grosimi sub 1,5 m	II/A-S 32,5 II/A-V 32,5 II/A-M 32,5	HII/A-S 32,5 SRII/A-S 32,5 I 32,5
2	C20/25	elemente cu grosimi sub 1,5 m	II/A-S 32,5 II/A-V 32,5 II/A-M 32,5	HII/A-S 32,5 SRII/A-S 32,5 I 32,5
3	C25/30	elemente cu grosimi sub 1,5 m	I 32,5 II/A-S 42,5	HII/A-S 42,5 SRII/A-S 42,5 I 42,5
4	C30/37	elemente cu grosimi sub 1,5 m	I 42,5 HI 42,5 SRI 42,5	HI/A-S 42,5 SRII/A-S 42,5 II/A-S 42,5
5	C35/45	elemente cu grosimi sub 1,5 m	I 42,5	SRI/42,5; II/A-S 42,5 HI 42,5; II/A-S 52,5
6	C40/50	elemente cu grosimi sub 1,5 m	I 42,5	HI 42,5; II/A-S 42,5 SRI/42,5; SRII/A-S 52,5
7	C50/60	elemente cu grosimi sub 1,5 m	I 42,5	HI 42,5; II/A-S 52,5 SRI/42,5
8	C55/67	elemente cu grosimi sub 1,5 m	I 42,5	HI 42,5; 52,5; II/A-S 52,5 SRI/42,5; 52,5; I 52,5
9	C60/75	elemente cu grosimi sub 1,5 m	I 52,5	HI 42,5; 52,5; II/A-S 52,5 SRI/42,5; 52,5
10	C70/85 C80/95 C90/105 C100/115	elemente cu grosimi sub 1,5 m	I 52,5	HI 52,5 SRI/52,5

Cimenturile indicate a fi utilizate la prepararea betoanelor  
pentru elementele prefabricate

Nr. Crt.	Clasa betonului	Elemente prefabricate	Cimenturi recomandate	Cimenturi utilizabile
1	C16/20	elemente prefabricate	I 32,5 R	I 32,5 II/A-S 32,5 R II/A-V32,5 R
2	C20/25	elemente prefabricate	I 32,5 R	I 32,5 II/A-S 32,5 R II/A-V32,5 R
3	C25/30	elemente prefabricate	I 32,5 R II/A-S42,5	I 42,5; II/A-S 42,5 II/A-S 42,5 II/A-V 42,5
4	C30/37	elemente prefabricate	I 42,5 R II/A-S42,5R	I 42,5; II/A-S 42,5 II/A-V 42,5; SRII/A-S 42,5
5	C35/45	elemente prefabricate	I 42,5 R II/A-S42,5R	I 42,5; II/A-S 42,5 II/A-V 42,5; II/A-S 42,5 SRII/A-S 42,5; HI 42,5 SRI 42,5
6	C40/50	elemente prefabricate	I 42,5 R II/A-S42,5R	I 42,5; II/A-S 42,5; II/A-V 42,5; HII/A-S 42,5 SRII/A-S 42,5; HI 42,5
7	C50/60	elemente prefabricate	I 42,5 R II/A-S42,5R	I 42,5; II/A-S 42,5; SRI 42,5 HIII/A-S 42,5; SRII/A-S 42,5 HI 42,5; HII/A-S 52,5
8	C55/67	elemente prefabricate	I 42,5 R II/A-S42,5R	I 42,5; HI 42,5; SRI 42,5; HII/A-S 42,5; SRII/A-S 42,5 II/A-S 52,5
9	C60/75	elemente prefabricate	I 52,5 HI 52,5 SRI 52,5	I 42,5; HI 42,5; SRI 42,5 II/A-S 52,5
10	C70/85 C80/95 C90/105 C100/115	elemente prefabricate	I 52,5	HI 52,5; SRI 52,5 II/A-S 52,5

Rapoartele A/C maxime pentru BFM folosit la realizarea lucrărilor  
din beton monolit și a elementelor prefabricate

Clase BFM	Clasa cimentului/tipul betonului					
	32,5		42,5		52,5	
	Monolit*)	Prefabricat*)	Monolit*)	Prefabricat*)	Monolit*)	Prefabricat*)
C16/20	0,56	0,54	-	0,56	-	*
C20/25	0,50	0,45	0,60	0,47	-	-
C25/30	0,47	0,44	0,58	0,45	-	-
C30/37	0,40	0,38	0,47	0,43	-	-
C35/45	-	-	0,42	0,40	0,49	0,45
C40/50	-	-	0,40	0,35	0,45	0,38
C50/60	-	-	0,35	0,33	0,36	0,35
C55/67	-	-	0,34	0,32	0,35	0,34
C60/75	-	-	-	0,30	0,33	0,32
C70/85	-	-	-	0,27	0,32	0,30
C80/95	-	-	-	-	0,30	0,28
C90/105	-	-	-	-	0,28	0,26
C100/115	-	-	-	-	0,27	0,25

\*) Rapoarte A/C prevăzute în tabelul 20 sunt maxime și în funcție de clasele de expunere, indicate în tabelul 12 trebuie puse în acord cu rapoartele A/C prevăzute în acest tabel.

**6.10.** La stabilirea compoziției betoanelor armate dispers, pentru încercările preliminare în afară de clasa betonului trebuie luați în considerație factorii:

- de acțiune a mediului asupra betonului cap. 4, tab. 2, 3, 9, 10, 11 și 12;
- de compoziție cap. 5, tab. 14, 15; cap. 6, tab. 16 - 20;
- tehnologici ce includ dimensiunea maximă a granulelor de agregat, raportul dintre lungimea și diametrul fibrelor metalice folosite ca armătură dispersă (l/d) tabelul 15;
- modul de dozare a componentilor BFM și toleranțele la dozarea acestora, modul de preparare, modul de transport și intervalul preparare-punere în operă finisare, perioada și temperaturile din perioada execuției, rezistențe la decofrare, livrare etc, lucrabilitatea betonului cap. 4, tab. 4 - 8 etc.

**6.11.** Factorii de compoziție, ce influențează proprietățile betoanelor armate dispers în stare proaspătă și întărită sunt prezentați condensat în tabelul 21.

Tabelul 21

Nr. Crt.	Factorii de compoziție	Caracteristici sau elemente ce condiționează selecția	Capitolul din ghid la care se referă
1	Cimentul (tipul și dozajul)	- clasa betoanelor rezistențele betoanelor pe faze tehnologice și finale; durabilitatea - intervalul preparare-punere în operă - masivitatea elementelor	cap. 4, 5 și 6
2	Armătura dispersă, lungimea, diametrul, l/d, dozajul	- clasa betonului durabilitatea acestuia, în principal rezistența la întindere, șoc mecanic ductilitatea, aptitudinea de fisurare a betonului - modul de dozare, preparare, punere în operă și finisare a betonului - modul de armare a elementelor din beton armat și precomprimat - un conținut de părți fine ceva mai ridicat în agregat și reducerea Dmax etc	cap. 4, 5 și 6
3	Tipul și dozajul de adaosuri minerale	- omogenitatea betonului proaspăt și întărit, porozitatea, permeabilitatea la apă și gaze, rezistența și protecția armăturilor	cap. 5 și 6
4	Tipul și dozajul de aditivi	- omogenitatea betonului proaspăt și întărit - condițiile de preparare, transport și punere în operă - dozajul și tipul armăturii disperse - performanțele betonului proaspăt și întărit (durabilitate, rezistențe mecanice și la îngheț-dezghet repetat, permeabilitatea la apă și gaze etc.)	cap. 4, 5 și 6
5	Raportul A/C	- omogenitatea și caracteristicile betonului proaspăt (lucrabilitate, caracteristici fizico-chimice, impermeabilitate, durabilitate etc) - dozajul și tipul armăturii disperse	cap. 4, 5 și 6
6	Lucrabilitatea	- condițiile de preparare, transport și punere în operă, finisare - forma și dimensiunile elementelor - modul de armare și desimea armăturilor - dozajul și tipul armăturii disperse	cap. 4 și 6
7	Granula maximă a agregatului	- forma și dimensiunile elementelor - modul de armare și desimea armăturilor - condițiile de preparare și transport	cap. 5 și 6
8	Granulozitatea agregatului	- dozajul de ciment dozajul de adaosuri minerale - tipul și dozajul de lucrabilitate adoptată - tipul și dozajul armăturii - modul de punere în operă	cap. 5 și 6
9	Cantitatea de apă de preparare	- lucrabilitatea prestabilită - tipul și dozajul de aditiv - granulozitatea amestecului de agregate și adaosuri inerte etc.	cap. 6

**6.12.** Dozajul minim de ciment pentru betoanele armate dispers va fi cel prevăzut în tabelul 12 ținând cont de limitele de granulozitate a agregatelor folosite în compoziție.

**6.13.** Dozajul maxim de ciment tip I, SRI, și HI inclusiv adaosurile active - SUF pentru betoanele cu agregate 0 - 31 și 0 - 16 mm, se recomandă să fie limitat la 600 kg/m<sup>3</sup> și la maxim 670 - 700 kg/m<sup>3</sup> pentru betoanele armate dispers cu preparate cu agregate 0 - 7(8) mm. În situația folosirii unor cimenturi cu adaosuri de zgură granulată la măcinare, de tipul II/AS-S 42,5 respectiv II/A-S 52,5 dozajele maxime de ciment sunt limitate la 700 kg/m<sup>3</sup> în astfel de situații nu se vor folosi adaosuri de SUF la prepararea betoanelor armate dispers.

**6.14.** Dozajul minim de ciment în cazul betoanelor de înaltă rezistență este de 400 - 450 kg/m<sup>3</sup> în funcție de dozajul SUF.

**6.15.** În cazul betoanelor armate dispers ce trebuie să asigure un anumit grad de impermeabilitate tabelul 12, este obligatoriu ca raportul A/C să nu depășească valorile:

- 0,56 pentru gradul de impermeabilitate  $ro_4^{10}$ ;
- 0,52 pentru gradul de impermeabilitate  $ro_8^{10}$ ;
- 0,45 pentru gradul de impermeabilitate  $ro_{12}^{10}$ .

**6.16.** Dimensiunea maximă a granulelor agregatelor se stabilește având în vedere prevederile de la pct. 6.6. din prezentul ghid și următoarele reguli din tehnologia betonului:

- $\Phi_{max}$  agregat  $\leq$  1/3 din grosimea plăcilor;
- $\Phi_{max}$  agregat  $\leq$  1/5 din dimensiunea minimă a elementelor;
- $\Phi_{max}$  agregat  $\leq$  1/6 din dimensiunea minimă a recipientilor sau monolitizărilor.

**6.17.** Lucrabilitatea betonului armat dispers la locul de punere în operă se stabilește experimental având în vedere prevederile din tabelul 22.

**6.18.** Pentru stabilirea compozițiilor betoanelor armate dispers sunt parcurse următoarele etape:

- a) Se stabilește tipul de ciment conform tabelelor 12 și 19a, 19 b sau pe baza prevederilor proiectului lucrării ce se execută care trebuie să fie în acord cu prevederile tabelului 12;
- b) Se stabilește tipul și dozajul de fibre metalice pe baza datelor din tabelul 15 și cap. 6.3. sau conform prevederilor proiectului lucrărilor ce se execută;
- c) Se stabilește dozajul de adaosuri minerale inerte sau active SUF (dacă este cazul) conform pct. 6.6.;
- d) Se stabilește raportul A/C maxim în funcție de clasa betonului, clasele de expunere tabelul 12, tipul și clasa cimentului tablele 19a, 19b și 20;
- e) Se stabilește dimensiunea maximă a granulelor agregatului folosit, având în vedere prevederile de la pct. 6.6. și 6.13. din prezentul ghid;
- f) Se stabilește preliminar cantitatea de apă de preparare a BFM, A' conform tabelului 23;
- g) Dozajele de ciment preliminar pentru betoanele armate dispers de clasele C16/20 ... C45/55 se stabilesc aplicând relația (6.1):

$$\frac{A'}{C} = \frac{A'}{A/C} \quad (6.1.)$$

În relația (6.1.) A/C este raportul maxim stabilit conform pot. 6.17 în funcție de clasa betonului, clasa de expunere și clasa cimentului. Dozajul preliminar de ciment C se compară cu dozajul minim indicat în tabelul. 12, în funcție de limitele de granulozitate ale agregatului folosit, reținându-se dozajul cu valoarea cea mai ridicată:

Tabelul 22

Lucrabilitatea BMF la locul de punere în operă

Nr. Crt.	Tipuri de elemente	Lucrabilitatea exprimată prin							
		Tasare <sup>3)</sup>		Grad de compactare Gc <sup>2)</sup>		Remodelare VEBE <sup>1)</sup>		Răspândire	
		clasa	mm	clasa	Gc	clasa	sec	clasa	mm
1	Straturi de rezistență la pardoseli industriale și drumuri, fundații, elemente masive.	S1	10 – 40	C2	1,25 - 1,10	V3	10 -6	F3	420 - 480
		S2	50 - 80						
2	Stâlpi, grinzi, pereți, diafragme și elemente similare.	S3	100 - 150	C3	1,10 - 1,04	V4	5 - 3	F4	490 - 520
3	Elemente cu secțiuni reduse	S4	160 - 210	-	-	-	<	F5	560 - 620

<sup>1)</sup>; <sup>2)</sup> Metode recomandate cu precădere, pentru determinarea lucrabilității betonului armat dispers.

<sup>3)</sup> Metode orientative folosite în paralel cu metodele 1, 2 sau în lipsa acestora.

Cantitățile orientative de apă de preparare pentru BFM

Clasa betonului	Apa, l/m <sup>3</sup> , pentru lucrabilitatea		
	S1, S2, C2, V3, F3	S3, C3, V4, F4	S4, F5
C16/20 ... C20/25	175 - 180	200	210
C25-30 ... C45/55	190 - 200	215	225

**h)** pentru betoanele de înaltă rezistență (înaltă performanță) de clasele C50/60 ... C100/115 cantitatea de apă de preparare A', se stabilește pornind de la o cantitate de apă de preparare de  $160 \pm 15$  l/m<sup>3</sup>, în funcție de clasa betonului, tipul și clasa cimentului, adaosul de SUF, tipul superplastifiantului utilizat și rapoarte A/C indicate în tabelul 20;

**i)** se stabilește dozajul minim de aditivi având în vedere recomandările din agremente și rezultatele testelor de compatibilitate în cazul superplastifiantilor;

**j)** se obține cantitatea de agregate în stare uscată cu formula (6.2.) și se repartizează pe sorturi:

$$A'(ag) = ro(ag) \cdot \left( 1000 - \frac{C'}{ro(c)} - \frac{SUF}{ro(suf)} - \frac{Ad}{ro(ad)} - \frac{FM}{ro(fm)} - P \right) \quad (6.2.)$$

În care ro(ag), ro(c), ro(suf), ro(ad), ro(fm) reprezintă densitățile aparente ale agregatelor, cimentului, SUF, aditivului și fibrelor metalice în kg/m<sup>3</sup>. P(ag) este obținut prin determinări de laborator sau estimat după cum urmează:

- pentru agregate de balastieră = 2700 kg/m<sup>3</sup>
- pentru agregate de natură calcaroasă = 2300 - 2700 kg/m<sup>3</sup>
- pentru agregate granitice = 2700 kg/m<sup>3</sup>
- pentru agregate bazaltice = 2900 kg/m<sup>3</sup>
- ro(c) = 3000 kg/m<sup>3</sup> pentru cimentul cu adaosuri;
- ro(c) = 3100 kg/m<sup>3</sup> pentru cimenturile de tip I, SRI și HI;
- ro(suf) = 2000 kg/m<sup>3</sup>
- ro(ad) conform document de calitate;
- ro(fm) = 7850 kg/m<sup>3</sup>

- P = volumul de aer oclus la prepararea betonului care se estimează egal cu 2% ( $20 \text{ dm}^3/\text{m}^3$ ) în cazul betoanelor cu lucrabilitate S2,

S3 preparate fără aditivi sau aditivi pe bază de NFS cu 1% ( $10 \text{ dm}^3/\text{m}^3$ ) pentru betoanele preparate cu aditivi MFS;

- C', A', SUF, Ad și FM reprezintă dozajele de ciment, apă, SUF, aditivi și fibre metalice stabilite conform pct. 6.18. a-i.

**6.19.** Pentru efectuarea încercărilor preliminare, se calculează compoziția pentru un volum de beton de 30-40 l și se prepară amestecul într-un malaxor (betonieră) de laborator, în care se introduc materialele componente în ordinea următoare:

- agregate în stare uscată;
- fibrele metalice;
- cimentul;
- o cantitate de 1/2 ... 2/3 din apa de preparare;
- se malaxează betonul 30-45";
- se adaugă restul de apă în care s-a dizolvat soluția de aditiv și se amestecă în continuare încă 2 minute.

**6.20.** Pe betonul proaspăt preparat, conform pct. 6.19, se determină lucrabilitatea și în funcție de valoarea acesteia se stabilește dacă cantitatea de apă de preparare folosită este corespunzătoare. Dacă lucrabilitatea nu se încadrează în domeniul prestabilit, se procedează astfel:

- se adaugă treptat apă, dintr-un cilindru gradat, în situația în care lucrabilitatea este mai redusă (și eficiența și procentul de aditiv folosit sunt cunoscute din alte lucrări sau testări recente);

- se reface amestecul cu cantitatea de apă mai mică în situația în care lucrabilitatea este mai mare decât cea prestabilită;

- se stabilește compoziția de bază, prin determinarea cantității de apă de preparare A și se recalculază cantitățile de ciment, agregate, SUF, aditiv și fibre.

**6.21.** Pentru determinarea rezistențelor mecanice și impermeabilității se prepară 3 amestecuri de beton de 40 l fiecare cu următoarele compoziții:

- compoziția de bază stabilită conform pct. 6.20.;

- 2 compoziții suplimentare, prima cu dozajul de ciment majorat și cea de-a doua cu dozajul de ciment redus, după cum urmează:

- cu  $\pm 7\%$ , însă minim 25 kg ciment pentru betoanele armate dispers de clasele C16/20 ... C45/55;
- cu  $\pm 8 - 9\%$  însă minim 40 kg ciment pentru betoanele armate dispers de clasele C50/60 ... C100/115;
- cantitățile de apă, agregate și fibre metalice din compozițiile de beton suplimentare se mențin egale cu cele din compoziția de bază;
- în situația în care la efectuarea calculelor pentru compozițiile suplimentare, cu dozaj redus de ciment rezultă un dozaj mai redus comparativ cu dozajul minim prevăzut în tabelul 12, pentru asigurarea durabilității betonului se renunță la această compoziție suplimentară deoarece nu are aplicabilitate;
- în cazul compozițiilor de beton de înaltă rezistență cu dozaje majorate de asemenea se renunță la prepararea compozițiilor ce depășesc dozajul maxim indicat la pct. 6.13.

**6.22.** Din fiecare din cele trei compoziții de beton armat dispers preparate se confecționează pentru încercări minim 12 epruvete cubice, confecționarea, păstrarea și încercarea epruvetelor se va înscrie în registrul de laborator și vor fi avute în vedere la analiza rezultatelor. Pentru determinarea rezistențelor BFM preparat cu superplastifianți, întărite fără tratament termic se recomandă următoarele termene de încercare: 18 - 24 ore; 36 ore; 3; 7 și 28 zile.

La determinarea rezistențelor BFM întărite cu tratament termic în condițiile concrete de producție, epruvetele confecționate vor fi în număr suficient pentru încercarea a trei epruvete pentru fiecare fază din procesul tehnologic (decofrare, livrare, transferul forțelor de precomprimare 28 zile etc.).

**6.23.** Se adoptă pentru producție compoziția preliminară de beton armat dispers care la dozajul minim de ciment asigură exigențele prestabilite, pentru lucrabilitate, rezistențele și gradul de impermeabilitate prevăzute în proiectele elementelor sau lucrărilor pentru diferite faze.

Pentru trecerea de la rezultatele încercărilor preliminare la fabricație valoarea rezistenței la 28 zile și gradul de impermeabilitate trebuie să fie cel puțin egale cu valorile din tabelul 24.

Tabelul 24

Clasa betonului	Betoane turnate in situ			Betoane în elemente prefabricate		
	fc preliminar	impermeabilitate		fc preliminar	impermeabilitate	
	cilindru	cub	P	cilindru	cub	P
C16/20	23	27	-	21	26	$P_4^{10}$
C20/25	29	36	$P_4^{10}$	26	32	$P_4^{10}$
C25/30	33,5	42	$P_8^{10}$	30	37	$P_8^{10}$
C30/37	38,5	48	$P_8^{10}$	36	45	$P_8^{10}$
C35/45	45	56,5	$P_{12}^{10}$	42	53	$P_{12}^{10}$
C40/50	50	62,5	$P_{12}^{10}$	48	60	$P_{12}^{10}$
C45/55	56	69	$P_{12}^{10}$	54	66	$P_{12}^{10}$
C50/60	62	75	$\geq P_{12}^{10}$	60	72	$\geq P_{12}^{10}$
C55/67	67	82	$\geq P_{12}^{10}$	66	79	$\geq P_{12}^{10}$
C60/75	72	90	$\geq P_{12}^{10}$	72	90	$\geq P_{12}^{10}$
C70/85	84	102	$\geq P_{16}^{10}$	84	102	$\geq P_{16}^{10}$
C80/95	96	114	$\geq P_{16}^{10}$	94	112	$\geq P_{16}^{10}$
C90/105	108	126	$\geq P_{16}^{10}$	105	123	$\geq P_{16}^{10}$
C100/115	120	138	$\geq P_{16}^{10}$	116	133	$\geq P_{16}^{10}$

Obs:

**1)** Proiectarea compozițiilor și introducerea în producție a BFM de clasele C50/60 ... C100/115 se face cu asistența tehnică a unui institut sau specialist autorizat.

**2)** Gradul de impermeabilitate pentru elementele monolite și prefabricate din BFM de clasele C50/60 ... C100/115 se stabilește în mod obligatoriu prin proiectul lucrărilor.

**6.24.** Societățile de construcții și prefabricate, ce asigură în producția curentă gradul I, respectiv III de omogenitate scad, respectiv adaugă valoarea delta din tabelul 25 la sau din valorile indicate în tabelul 24.

Tabelul 25

Clasa betonului	Delta (N/mm <sup>2</sup> ) (cilindru)	Delta (N/mm <sup>2</sup> ) (cub)
C16/20 ... C30/37	3	4
C35/45 ... C45/55	4	5
C50/60 ... C100/115	6	*)

\*) Societăților ce asigură în producția BFM gradul III de omogenitate nu le este permis să execute elemente sau lucrări din BFM de clasele C50/60 ... C100/115.

**6.25.** În cazuri urgente pentru execuția lucrărilor din BFM de clasele C16/20 ... C45/55 se poate adopta preliminar compoziția betonului pe baza rezistenței obținute la vârsta de 7 zile prevăzută în tabelul 23 corectată conform pct. 6.24. la care s-a obținut rezultatele următoare:

- minim 70% pentru BFM preparate cu cimenturi cu întărire normală;
- minim 80% pentru BFM preparate cu cimenturi cu întărire rapidă R.

Compoziția astfel stabilită se va corecta pe baza rezultatelor înregistrate la 28 zile.

**6.26.** În situațiile în care prin proiectele de elemente prefabricate nu sunt prevăzute rezistențele pe faze tehnologice la încercările preliminare, vor fi avute în vedere rezistențele indicate în tabelul 26.

**6.27.** Pe parcursul producției de beton armat dispers cu fibre metalice se va face corecția compozițiilor pe baza încercărilor efectuate curent, pentru determinarea umidității, granulozității, sorturilor și amestecurilor de agregate, pentru a se respecta parametrii compoziției adoptate în producție.

**6.28.** Încercarea și interpretarea rezultatelor obținute în producția curentă pentru fiecare clasă de BFM se va face conform:

- codului de practică pentru lucrările din beton, beton armat și beton precomprimat pentru lucrările executate monolit;
- codului de practică pentru execuția elementelor prefabricate din beton, beton armat și beton precomprimat pentru elementele prefabricate.

În funcție de rezultatele obținute la prelucrarea rezultatelor, compozițiile de BFM stabilite prin încercările preliminare se mențin sau se modifică corespunzător condițiilor de producție și exigențelor pentru asigurarea calității și conformității elementelor și structurilor realizate.

## 7. PREPARAREA, TRANSPORTUL ȘI PUNEREA ÎN OPERĂ A BETONULUI ARMAT DISPERS

**7.1.** Prepararea betoanelor armate dispers cu fibre metalice, trebuie să asigure dozarea acestora în limita a  $\pm 2\%$ , o dispersare uniformă a fibrelor în toată masa betonului și o bună omogenitate a acestuia, indicându-se următoarele procedee care trebuie verificate la încercările preliminare:

- a) amestecul fibrelor cu agregatele pe banda unui conveer sau jgheab înainte de introducerea în malaxor (betonieră). Amestecul se face apoi în continuare ca la betonul fără armătură dispersă;

Tabelul 26

Rezistențele pe faze tehnologice la încercările preliminare recomandate a fi avute în vedere

Rezistențele pe faze	Clasa betonului:/Rezistența la compresiune cilindru/cub - N/mm <sup>2</sup>													
	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	C55/67	C60/75	C70/85	C80/95	C90/105	C100/115
Rc decofrare elem. beton armat	12/13	14/16,5	17,5/20	20/23,5	22,5/27,5	24/30	27,5/32,5	32,5/35	32,5/38,5	35/42,5	40/47,5	45/52,5	50/57,5	55/62,5
Rc livrare elemente beton armat	15/18,5	18,5/23	23/28	28,5/35	31,5/40,5	35/43,5	38,5/47	42/50,5	45,5/55,5	50/61	56/68,5	64/75,5	71/83	82/90
Rc transfer*) elemente beton precomprimat	-	-	23,5/28	27,5/33,5	30/38,5	34/42	37,5/45,5	42/50	45/54,5	49/61	57/69	65/77	73,5/85,5	85/93,5

\*) Rezistențele la livrare pentru elemente din beton precomprimat se stabilesc prin proiectele de elemente și trebuie să fie  $\geq 1,20 R_{transfer}$ .

**b)** se amestecă sorturile de agregate în malaxor cu o parte din apa de preparare, după care se adaugă fibrele (care pot fi dispersate prin trecerea printr-un ciur vibrator cu  $\Phi 16$  mm la introducerea în malaxor în situațiile în care nu se dispune de dozator de fibre), apoi cimentul, restul de apă cu aditivii și se continuă malaxarea;

**c)** se introduc în malaxor agregatele, cimentul și adaosurile minerale și se amestecă cu o parte din apa de preparare, după care se adaugă fibrele, restul de apă și aditivii și se continuă amestecarea minim 1 minut. Se va avea în vedere că o durată de amestec prea mare a BFM poate conduce la aglomerarea fibrelor și formarea de ghemuri. Fibrele metalice se manipulează cu ajutorul furcilor și greblelor cu spații reduse, între dinți nefiind permisă manipularea acestora cu mâinile;

**d)** toleranțele maxime admise la dozarea materialelor componente de BFM sunt cele prevăzute în codurile de practică pentru beton, beton armat și elemente prefabricate.

**7.2.** La prepararea BFM se va avea în vedere ca volumul fiecărei șarje să nu depășească:

- 75% din capacitatea betonierei (malaxorului) în cazul BFM de clasele C16/20 ... C45/55;

- 70% din capacitatea malaxorului pentru BFM de clasele C50/60 ... C100/115.

**7.3.** Transportul și turnarea BFM se face cu aceleași mijloace și prin aceleași procedee ca la betonul fără armătură dispersă, cu următoarele precizări:

- vibrarea se face de regulă cu vibratoare plane, reazeme vibrante sau vibratoare de cofraj (nefiind indicate pervibratoarele care pot în anumite condiții să lase goluri în betonul armat dispers);

- lucrabilitatea BFM fiind uneori mai redusă, compactarea se face mai energic, pentru a obține pe cât posibil o bună compactare (densitatea maximă, structura omogenă) compactarea se face cu grijă însă, pentru a nu produce segregarea BFM.

**7.4.** Finisarea suprafețelor de BFM proaspăt, se face în funcție de dimensiunile acestora cu dreptarul, drișca și mistria, cilindri metalici, etc. și perii de sârmă pentru înlăturarea fibrelor ce apar pe suprafața finisată, care dacă rămân la suprafața elementelor decorative se oxidează creând un aspect inestetic și pot răni muncitori ce execută lucrări în fazele următoare. Pentru anumite lucrări, în special cele de suprafață mare, la drumuri, pardoseli etc. finisate prin cilindrare nu este necesar să se aplice finisajul cu peria de sârmă.

**7.5.** Tratarea și conservarea elementelor din BFM după execuție, se face după aceleași procedee ca la structurile și elementele din beton armat sau precomprimat.

## **8. CONTROLUL PRODUCȚIEI DE BETON ARMAT DISPERS ȘI REALIZAREA PERFORMANȚELOR ELEMENTELOR ȘI LUCRĂRILOR REALIZATE**

**8.1.** Controlul producției de BFM și realizarea performanțelor elementelor și lucrărilor realizate se face conform:

- codului de practică pentru lucrările din beton, beton armat și beton precomprimat pentru lucrările executate monolit;

- codului de practică pentru realizarea elementelor prefabricate din beton, beton armat și beton precomprimat pentru elementele prefabricate, cu următoarele precizări:

▪ fibrele metalice se controlează pentru fiecare lot pe baza documentului de calitate emis de producător;

▪ pentru lucrări importante și în caz de dubiu, fibrele sunt controlate la un laborator de specialitate cu determinarea rezistenței la tracțiune pe cel puțin trei probe din sârma din care sunt fabricate fibrele sau cel puțin 10 fibre. Se verifică și toleranțele dimensionale și aspectul suprafeței, procedându-se conform normelor în vigoare pentru fibrele neconforme;

▪ lucrabilitatea BFM este indicat să fie determinată prin metoda VE-BE sau a gradului de compactare și în mod informativ prin metoda răspândirii și a tasării.

## **9. PROTECȚIA MUNCII**

**9.1.** La prepararea betoanelor armate dispers și execuția elementelor și lucrărilor din beton armat dispers vor fi respectate prevederile din NORMELE REPUBLICANE DE PROTECȚIA MUNCII ÎN CONSTRUCȚII.

**9.2.** Manipularea elementelor prefabricate din BFM se face cu atenție de muncitori instruiți, care vor purta mănuși de protecție împotriva fibrelor ce apar la suprafața elementelor.