

R E P U B L I C A M O L D O V A

C O D P R A C T I C Î N C O N S T R U C Ț I I

H.01.01

M A T E R I A L E D E C O N S T R U C Ț I I

CP H.01.01:2026

**Betoane și mortare
Beton. Specificație, performanță,
producție și conformitate**

EDIȚIE OFICIALĂ

MINISTERUL INFRASTRUCTURII ȘI DEZVOLTĂRII REGIONALE

CHIȘINĂU 2026

COD PRACTIC ÎN CONSTRUCȚII

CP H.01.01:2026**Betoane și mortare****Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate**

Cuvinte cheie: performanță, producție și conformitate, specificație, beton greu, beton ușor, beton rutier, beton preamestecat, beton autocompactant, criterii de conformitate, proceduri de control, produse prefabricate, clase de expunere, risc de coroziune, clase de consistență

Preambul

1 ELABORAT de către I.P. „Oficiul Amenajarea Teritoriului, Urbanism, Construcții și Locuințe”, grup de creație:

2 ACCEPTAT de către Comitetul Tehnic pentru Normare Tehnică în Construcții CT-C H (01-02) „Materiale și elemente de construcții”, procesul-verbal nr. _____ din _____20__.

3 APROBAT prin Ordinul Viceprim-ministrului, ministru al infrastructurii și dezvoltării regionale nr. _____ din _____20__ (Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 20__, nr. __, art. ____), cu aplicare din _____20__.

4 ÎNLOCUIEȘTE CP H.04.04:1018 Betoane și mortare. Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate.

NOTĂ - În conformitate cu articolului 54 alineatul (3) din Legea nr. 100/2017 *privind actele normative*, în cazul în care apar discrepanțe între textul în limba română și traducerea acestuia în altă limbă, prevalează prevederile stabilite de textul în limba română.

Cuprins

Introducere	V
1 Domeniu de aplicare	1
2 Referințe normative	2
3 Termeni și definiții	4
4 Simboluri și abrevieri	
5 Clasificări	5
5.1 Clase de expunere în funcție de acțiunile datorate mediului înconjurător	5
5.2 Clase pentru caracteristici ale betonului proaspăt	9
5.3 Clasificarea conform caracteristicilor betonului întărit	11
5.4 Categoriile privind emisiile de CO ₂	
6 Cerințe pentru beton și metode de verificare	12
6.1 Cerințe de bază pentru materiale componente	12
6.2 Cerințe de bază pentru compoziția betonului	14
6.3 Cerințe referitoare la clasele de expunere	20
6.4 Cerințe pentru betonul proaspăt	21
6.5 Cerințe pentru betonul întărit	22
7 Specificația betonului	25
7.1 Generalități	25
7.2 Specificația betonului cu proprietăți specificate	26
7.3 Specificația betoanelor de compoziție prescrisă	27
7.4 Specificația betoanelor de compoziție prescrisă printr-un standard	27
8 Livrarea betonului proaspăt	28
8.1 Informații de la utilizatorul betonului pentru producător	28
8.2 Informații de la producătorul de beton pentru utilizator	28
8.3 Bon de livrare pentru betonul gata de utilizare	29
8.4 Informații la livrare pentru betonul de șantier	29
8.5 Modificări ale amestecului după amestecarea principală înainte de descărcare	30
9 Controlul producției în fabrică și încercările inițiale de tip	30
9.1 Generalități	30
9.2 Sisteme de control al producției	31
9.3 Date înregistrate și alte documente	38
9.4 Încercări	39
9.5 Compoziția betonului și încercările inițiale de tip	
9.6 Personal, echipament și instalații	
9.7 Dozarea materialelor componente	
9.8 Amestecarea betonului	
9.9 Proceduri de control al producției	
10 Criterii de evaluare a valorilor individuale	39
10.1 Generalități	39
10.2 Criterii de evaluare a rezistenței la compresiune	39
10.3 Criterii de evaluare a rezistenței la tracțiune	40
10.4 Criterii de evaluare pentru proprietățile altele decât rezistența	41
11 Proiectarea și notarea betonului cu proprietăți specificate	47
Anexa A (normativă) Încercări inițiale de tip	48
Anexa B (normativă) Încercări de identificare pentru rezistența la compresiune	50
Anexa C (normativă) Dispoziții pentru evaluarea, supravegherea și certificarea controlului producției.....	53

Anexa D (normativă) Cerințe suplimentare pentru specificația și conformitatea betonului pentru lucrări geotehnice speciale	58
Anexa E (informativă) Recomandări privind utilizarea agregatelor	60
Anexa F (normativă) Valori pentru limitele compozițiilor betonului	65
Anexa G (informativă) Recomandări privind cerințele betonului autocompactant în stare proaspătă	68
Anexa H (informativă) Reguli de aplicare a diagramelor de control.....	75
Anexa J (normativă) Metode bazate pe performanțele pentru durabilitate.....	77
Anexa K (informativă) Recomandări generale pentru alegerea tipului de liant	78
Anexa L (normativă) Tratarea betonului în funcție de evoluția rezistenței betonului	80
Anexa M (normativă) Cerințe minime privind calificarea și experiența profesională a responsabilului pentru controlul producției.....	82
Anexa N (informativă) Verificarea impermeabilității la apă a betoanelor.....	99
Anexa P (informativă) Exemple de rețete de beton.....	100
Anexa Q (informativă) Clasele de expunere și de umiditate ale betonului.....	103
Anexa R (normativă) Controlul materialelor componente.....	107
Anexa S (informativă) Conținutul cadru al comenzii pentru beton	109
Anexa T (informativă) Criterii de conformitate la determinarea claselor de beton	
Bibliografie	114
Traducerea autentică a prezentului document în limba rusă	116

Introducere

Prezentul Cod practic în construcții prezintă regulile de producere a betonului în Republica Moldova pentru structurile turnate „in situ” și structurile prefabricate pentru clădiri și construcții ingineresti.

Producerea betonului se realizează în conformitate cu prevederile prezentului Cod practic, rezultat din revizuirea documentului CP H.04.04:2018 „Betoane și mortare. Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate” prin utilizarea textelor din standardele SM EN 206-1:2026 „Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate. Partea 1: Performanță, cerințe, controlul producției în fabrică și criterii de evaluare pentru valori individuale” și SM EN 206-2:2026 Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate. Partea 2: Evaluarea conformității și certificare.

În cazul în care s-au efectuat completări/adaptări ale unor părți ale standardului SM EN 206-1, pentru facilitarea urmăririi și înțelegerii paragrafelor, s-a preluat integral textul, respectându-se numerotările din standard.

În particular, următoarele puncte au făcut obiectul revizuirii normativului:

- a) adăugarea regulilor de aplicare pentru betonul armat dispers cu fibre și betonul cu agregate reciclate;
- b) introducerea principiilor referitoare la conceptul de performanță pentru utilizarea adaosurilor, de exemplu, conceptul de performanță echivalentă a betonului și conceptul de performanță echivalentă a combinațiilor;
- c) revizuirea și adăugarea de noi concepte pentru evaluarea conformității;
- d) includerea regulilor suplimentare pentru betonul autocompactant;
- e) includerea unor principii, concepte și metode referitoare la abordarea de performanță a durabilității.

Contextul de aplicare a prezentului Cod în raport cu standardele și reglementările tehnice pentru producerea betonului (materiale componente, proiectare, execuție, metode de încercări etc.) este prezentat în Figura 0.

Pentru facilitarea utilizării, Codul practic în construcții reconstituie în totalitate sau parțial părți din cele două documente în relație cu aplicațiile prezentate.

Prezentul Cod practic în construcții nu conține reguli în contradicție cu SM EN 206-1:2026 și SM EN 206-2:2026 fiind utilizate în mod obligatoriu împreună cu acesta.

Acest Cod practic în construcții conține reguli de utilizare a materialelor componente care sunt acoperite de standarde europene adoptate în calitate de naționale sau evaluări tehnice, emise în Republica Moldova.

Dacă betonul este conform valorilor specificate, se consideră că și în structură acesta satisface cerințele de durabilitate pentru utilizarea prevăzută în condițiile de mediu specificate în măsura în care:

- a) clasele de expunere au fost corect selectate;
- b) grosimea stratului de acoperire cu beton este cel puțin egală cu cea prevăzută în standarde de calcul relevante pentru condiții de mediu specifice, prezentate în SM EN 1992-1-1 *Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton*;
- c) betonul a fost pus în operă corespunzător, compactat și tratat/protejat, în conformitate cu SM SR EN 13670 *Execuția structurilor de beton* sau alte standarde relevante;
- d) este realizată o întreținere corespunzătoare pe durata de viață a construcției.

Conceptele bazate pe performanță sunt prezentate ca alternativă informativă la conceptul prescriptiv al valorilor limită.

Acest Cod practic în construcții va fi aplicat, în diferite condiții climatice și geografice, cu niveluri de protecție și tradiții ale Republicii Moldova. Clasele pentru proprietățile betonului au fost introduse în prezentul Cod practic în construcții pentru a acoperi aceste situații, când astfel de soluții generale nu au fost posibile, articolele respective conțin permisiunea pentru aplicarea de prevederi în vigoare în Republica Moldova.

Alte materiale componente care nu sunt acoperite de actualul Cod practic în construcții pot fi utilizate în conformitate cu prevederile în vigoare din Republica Moldova.

Figura 0 ilustrează relațiile între SM EN 206-1:2026 și standardele pentru proiectare și execuție, standardele pentru materialele componente și standardele de încercări.

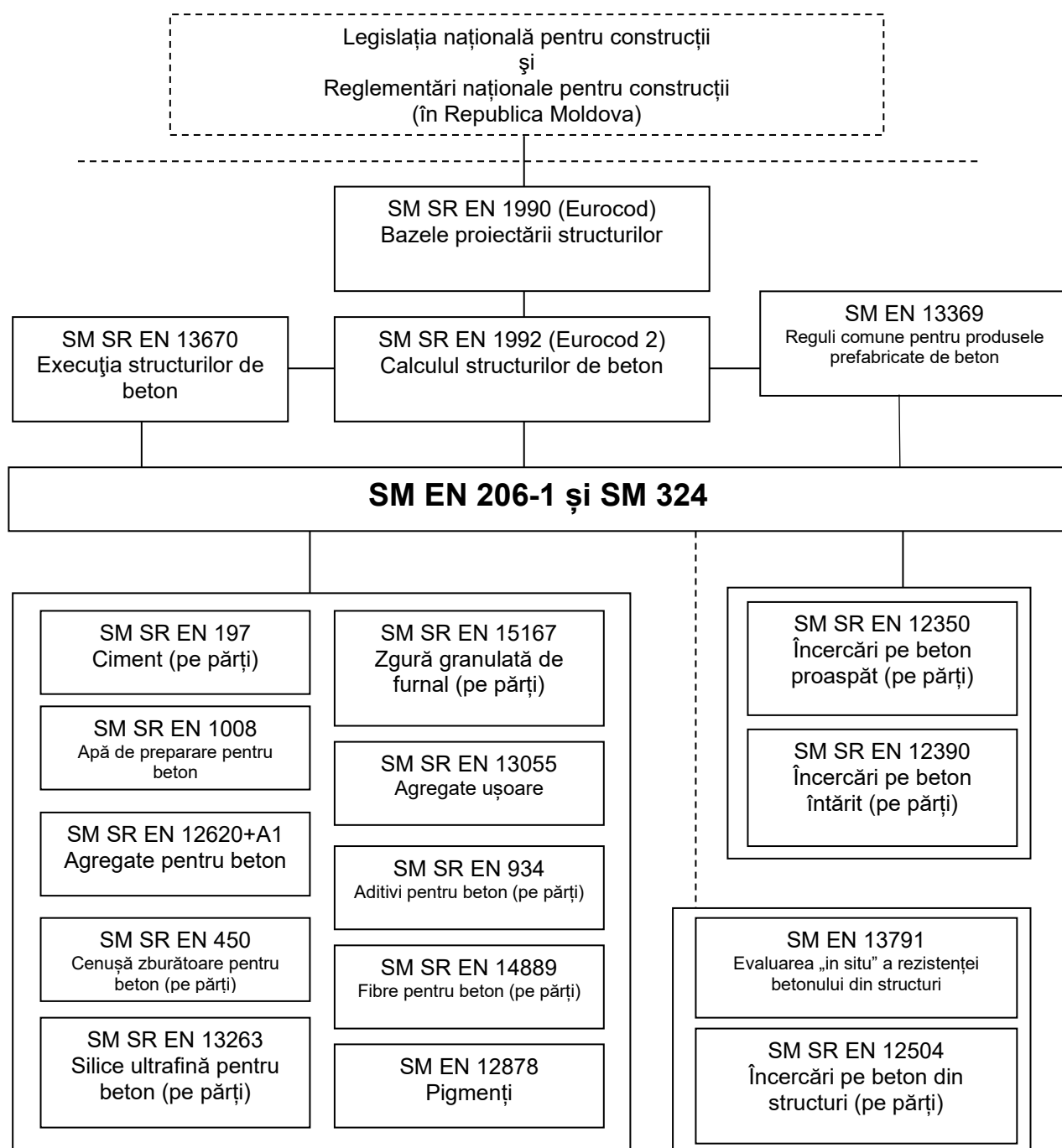


Figura 0 - Relații între SM EN 206-1, SM 324 și standardele pentru concepție și execuție, standardele pentru materialele componente și standardele de încercări

Un beton, în conformitate cu prezentul Cod practic în construcții, poate fi considerat că satisface cerințele fundamentale ale materialelor, care se utilizează în cele trei clase de execuție definite în SM SR EN 13670 Execuția structurilor de beton.

Acest Cod practic în construcții definește sarcinile elaboratorului de specificații (proiectant), producătorului și utilizatorului. De exemplu elaboratorul de specificații este responsabil de specificația betonului, capitolul 7, iar producătorul este responsabil de controlul producției în fabrică și încercările inițiale de tip, capitolul 9.

Utilizatorul este responsabil de punerea în operă a betonului, în structură. În practică, este posibil ca mai multe părți să specifice cerințele în diferite stadii de proiectare și execuție, de exemplu clientul, proiectantul, antreprenorul, subcontractantul responsabil cu betonarea.

Fiecare este responsabil să transmită cerințele specificate în același timp cu cerințele complementare, următorului din lanț până la producător. În sensul acestui Cod practic în construcții, prescripția finală este denumită prin termenul „specificație”. În sens invers, proiectantul, producătorul și utilizatorul, pot să fie aceeași entitate (de exemplu un producător de prefabricate sau un antreprenor realizează proiectarea și execuția). În cazul betonului gata de utilizare, cumpărătorul de beton proaspăt este și elaboratorul specificației, el trebuie să furnizeze specificațiile producătorului. Acest Cod practic în construcții tratează de asemenea și schimburile de informații necesare între diferite părți. Problemele contractuale nu sunt abordate. Când responsabilitățile sunt atribuite părților în cauză, acestea sunt responsabilități tehnice.

Numerotarea articolelor și alineatelor din acest Cod și titlurile articolelor corespondente sunt identice cu cele din SM EN 206-1. Capitolele și subcapitolele omise în prezentul Cod se vor citi în SM EN 206-1 și SM EN 206-2.

În cazul în care un articol al acestui document este inclus în referința generală, numărul său este omis și din această cauză poate apărea o discontinuitate în numerotare. Această discontinuitate poate apărea și în cazul tabelelor și anexelor: Anexa F (informativă) a documentului de referință a fost adaptată la condițiile particulare climatice ale Republicii Moldova și are caracter normativ pentru acest document.

Anexele A, B, C, D, F, J, L, M, și R din acest Cod sunt normative, iar Anexele E, G, H, K, N, P, Q, S și T sunt informative.

Domeniile de utilizare a cimenturilor, inclusiv a celor ce au un conținut ridicat de adaosuri, s-au stabilit având în vedere experiența națională și internațională în utilizarea acestora, precum și rezultatele unor cercetări experimentale.

Notele din tabelele din acest Cod practic în construcții sunt normative dacă nu există precizări contrarii, iar alte note și notele din josul paginii sunt informative.

Alte explicații și recomandări asupra aplicării acestui Cod practic în construcții, sunt date în alte documente, ca de exemplu în rapoartele Comitetului European de Standardizare (CEN).

C O D P R A C T I C Î N C O N S T R U C Ț I I

Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate

Concrete. Specification, performance, production and conformity

Бетон. Технические условия, эксплуатационные характеристики, производство и критерии соответствия

Data punerii în aplicare: 2026-00-00

1 Domeniu de aplicare

1.1 Prezentul Cod practic în construcții (în continuare - Cod) se aplică betonului destinat structurilor turnate „în situ” și structurilor prefabricate pentru clădiri și construcții ingineresti, pentru următoarele tipuri de beton:

- a) greu, ușor sau de densitate normală;
- b) gata de utilizare sau produs într-o fabrică de prefabricate;
- c) compactat sau autocompactant, în așa fel încât cantitatea de aer occlus, alta decât din aerul antrenat, să fie neglijabilă;
- d) preparat pe șantier utilizat numai în condițiile formulate în SM SR EN 13670.

1.2 Prezentul Cod specifică cerințele pentru:

- a) materialele componente ale betonului;
- b) proprietățile betonului proaspăt și întărit și verificarea lor;
- c) limitările impuse compoziției betonului;
- d) specificațiile betonului;
- e) livrarea betonului proaspăt;
- f) procedurile de control ale producției;
- g) criteriile de conformitate și evaluarea conformității;
- h) calificarea și experiența profesională a personalului implicat în producția și controlul producției de beton (a se vedea Anexa M).

1.3 Alte documente normative (standarde, ghiduri etc.) referitoare la produsele specifice, de exemplu, produsele prefabricate (SM EN 13369), unde procedeele intră în domeniul de aplicare al prezentului Cod, pot necesita sau autoriza derogări în raport cu prezentul Cod.

1.4 Cerințe complementare sau diferite pot fi date în alte documente normative specifice, de exemplu:

- a) beton rutier sau alte suprafețe circulabile (de exemplu, îmbrăcămînți rutiere din beton în conformitate cu SM EN 13877-1 și SM EN 13877-2);

NOTĂ – În Republica Moldova, utilizarea betonului rutier vibrocilindrat (BVC) – cunoscut pe plan internațional ca Roller-Compacted Concrete (RCC), pentru construcția fundațiilor și îmbrăcămînților rutiere este reglementat, în principal prin CP D.02.01.

- b) tehnologii speciale (de exemplu, beton pulverizat în conformitate cu SM EN 14487-1 și SM SR EN 14487-2).

1.5 Cerințe complementare sau modalități diferite de efectuare a încercărilor, sunt necesare, de exemplu pentru:

- a) beton pentru structuri masive (de exemplu, baraje), conform prEN 206-3 [1];
- b) beton preamestecat uscat;
- c) beton cu dimensiunea agregatului $D_{\max}$ inferioară sau egală cu 4 mm (mortar);
- d) beton autocompactant (BAC) ce conține agregate ușoare sau grele, sau armat cu fibre;
- e) beton cu structura deschisă (de exemplu, beton poros pentru drenaj).

1.6 Acest Cod nu se aplică pentru:

- a) beton aerat;
- b) beton spumat;
- c) beton ușor cu masă volumică mai mică de 800 kg/m³;
- d) beton refractar.

1.7 Acest Cod nu conține cerințe referitoare la sănătate și securitate, pentru protecția operatorilor în timpul producției și livrării betonului.

2 Referințe normative

Următoarele documente, în totalitate sau parțial, sunt referințe normative în acest Cod și sunt indispensabile pentru aplicarea acestuia. Pentru referințele datate, se aplică numai ediția citată. Pentru referințele nedatate, se aplică ultima ediție a documentului la care se face referire (inclusiv, eventualele amendamente).

NCM E.04.04	Protecția contra acțiunilor mediului ambiant.
CP D.02.01	Proiectarea protecției anticorozive a construcțiilor
CP F.02.03	Ghid privind construcția fundațiilor și îmbrăcăminților din beton de ciment vibrocilindrat
SM EN 196-1	Evaluarea in-situ a rezistenței la compresiune a betonului din structuri și din elemente prefabricate
SM EN 196-2	Metode de încercări ale cimenturilor. Partea 1: Determinarea rezistențelor mecanice
SM EN 196-3	Metode de încercări ale cimenturilor. Partea 2: Analiza chimică a cimentului
SM EN 196-6	Metode de încercări ale cimenturilor. Partea 3: Determinarea timpului de priză și a stabilității
SM SR EN 197-1	Metode de încercări ale cimenturilor. Partea 6: Determinarea fineții
SM EN 197-5	Ciment. Partea 1: Compoziție, specificații și criterii de conformitate ale cimenturilor uzuale
SM EN 197-6	Ciment. Partea 5: Ciment Portland compozit CEM II/C-M și ciment compozit CEM VI
SM EN 206-1	Ciment. Partea 6: Ciment cu materiale de construcții reciclate
SM EN 206-2	Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate
SM 324	Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate. Partea 2: Evaluarea conformității și certificare
SM SR EN 450-1	Document național de aplicare a standardului SM SR EN 206:2016
SM EN 933-1	Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate
SM SR EN 934-1	Cenușă zburătoare pentru beton. Partea 1: Definiții, condiții și criterii de conformitate
SM EN 934-2+A1	Încercări pentru determinarea caracteristicilor geometrice ale agregatelor. Partea 1: Determinarea granulozității. Analiza granulometrică prin cernere
SM EN 934-7	Aditivi pentru beton, mortar și pastă. Partea 1: Cerințe comune
SM SR EN 1008	Aditivi pentru beton, mortar și pastă. Partea 2: Aditivi pentru beton. Definiții, condiții, conformitate, marcare și etichetare
SM EN 1097-1	Aditivi pentru beton, mortar și pastă. Partea 7: Aditivi pentru reducerea contracției. Definiții, cerințe, conformitate, marcare și etichetare
SM EN 1097-2	Apă de preparare pentru beton. Specificații pentru prelevare, încercare și evaluare a aptitudinii de utilizare a apei, inclusiv a apelor recuperate din procese ale industriei de beton, ca apă de preparare pentru beton
	Încercări pentru determinarea proprietăților mecanice și fizice ale agregatelor. Partea 1: Determinarea rezistenței la uzură (micro-Deval)
	Încercări pentru determinarea caracteristicilor mecanice și fizice ale agregatelor. Partea 2: Metode pentru determinarea rezistenței la sfărâmare

SM EN 1097-6	Încercări pentru determinarea caracteristicilor mecanice și fizice ale agregatelor. Partea 6: Determinarea densității și a absorbției de apă a granulelor
SM SR EN 1338	Pavele de beton. Condiții și metode de încercări
SM SR EN 1339	Dale de beton. Condiții și metode de încercări
SM EN 1340	Elemente de borduri de beton. Condiții și metode de încercări
SM EN 1536	Execuția lucrărilor geotehnice speciale. Piloți foraj
SM EN 1538+A1	Execuția lucrărilor geotehnice speciale. Pereți mulați
SM EN 1990	Eurocod: Bazele proiectării structurale și geotehnice
SM EN 1992-1-1	Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri, poduri și structuri de inginerie civilă
SM ISO 3310 (pe părți)	Site pentru cernere. Condiții tehnice și verificări. Partea 1: Site pentru cernere de țesături metalice
SM ISO 4316	Agente activi de suprafață. Determinarea pH-ului soluțiilor apoase. Metoda potențiometrică
SM SR ISO 7150-1	Calitatea apei. Determinarea conținutului de amoniu. Partea 1: Metoda spectrometrică manuală
SM ISO 7870-2	Fișe de control. Partea 2: Fișe de control Shewhart
SM ISO 7870-3	Fișe de control. Partea 3: Fișe de control pentru acceptare
SM SR EN ISO 7980	Calitatea apei. Determinarea conținutului de calciu și magneziu. Metoda prin spectrometrie de absorbție atomică
SM EN ISO 9001	Sisteme de management al calității. Cerințe
SM EN 12350-1	Încercare pe beton proaspăt. Partea 1: Eșantionare și aparate
SM EN 12350-2	Încercare pe beton proaspăt. Partea 2: Încercarea de tasare
SM EN 12350-3	Încercare pe beton proaspăt. Partea 3: Încercare Vebe
SM EN 12350-4	Încercare pe beton proaspăt. Partea 4: Grad de compactare
SM EN 12350-5	Încercare pe beton proaspăt. Partea 5: Încercare cu masa de răspândire
SM EN 12350-6	Încercare pe beton proaspăt. Partea 6: Densitate
SM EN 12350-7	Încercare pe beton proaspăt. Partea 7: Conținut de aer. Metode prin presiune
SM EN 12350-8	Încercări pe beton proaspăt. Partea 8: Beton autocompactant. Încercarea la răspândire din tasare
SM EN 12350-9	Încercare pe beton proaspăt. Partea 9: Beton autocompactant. Metoda de determinare a timpului de curgere cu pâlnia V
SM EN 12350-10	Încercare pe beton proaspăt. Partea 10: Beton autocompactant. Metoda de determinare a capacității de curgere utilizând cutia în L
SM EN 12350-11	Încercare pe beton proaspăt. Partea 11: Beton autocompactant. Metoda de determinare a rezistenței la segregare utilizând site
SM EN 12350-12	Încercare pe beton proaspăt. Partea 12: Beton autocompactant. Metoda de determinare a capacității de curgere cu inelul J
SM EN 12390-1	Încercări pe beton întărit. Partea 1: Formă, dimensiuni și alte cerințe pentru epruvete și tipare
SM EN 12390-2	Încercare pe beton întărit. Partea 2: Pregătirea și păstrarea epruvetelor pentru încercări de rezistență
SM EN 12390-3	Încercare pe beton întărit. Partea 3: Rezistența la compresie a epruvetelor
SM EN 12390-5	Încercare pe beton întărit. Partea 5: Rezistența la încovoiere a epruvetelor
SM EN 12390-6	Încercare pe beton întărit. Partea 6: Rezistența la întindere prin despicare a epruvetelor
SM EN 12390-7	Încercare pe beton întărit. Partea 7: Densitatea betonului întărit
SM EN 12390-8	Încercare pe beton întărit. Partea 8: Adâncimea de pătrundere a apei sub presiune
SM CEN/TS 12390-9	Încercare pe beton întărit. Partea 9: Rezistență la îngheț-dezghet cu ajutorul sărilor de dezghetare. Exfoliere
SM EN 12390-10	Încercare pe beton întărit. Partea 10: Determinarea rezistenței la carbonatare a betonului la nivelurile atmosferice de dioxid de carbon
SM EN 12390-11	Încercări pe beton întărit. Partea 11: Determinarea rezistenței betonului la cloruri, difuzie unidirecțională
SM EN 12390-12	Încercări pe beton întărit. Partea 12: Determinarea rezistenței la carbonatare a betonului. Metodă de carbonatare accelerată

SM EN 12390-16	Încercare pe beton întărit. Partea 16: Determinarea contracției betonului
SM EN 12390-18	Încercări pe beton întărit. Partea 18: Determinarea coeficientului de migrare al clorurilor
SM EN 12390-19	Încercări pe beton întărit. Partea 19: Determinarea rezistivității electrice
SM EN 12504-1	Încercări pe beton în structuri. Partea 1: Carote. Prelevare, examinare și încercări la compresiune
SM EN 12504-2	Încercări pe beton în structuri. Partea 2: Încercări nedistructive. Determinarea indicelui de recul
SM EN 12504-3	Încercări pe beton în structuri. Partea 3: Determinarea forței de smulgere
SM EN 12504-4	Încercări pe beton în structuri. Partea 4: Determinarea vitezei de propagare a ultrasunetelor
SM SR EN 12620+A1	Agregate pentru beton
SM EN 12699	Execuția lucrărilor geotehnice speciale. Piloți de îndesare
SM EN 12878	Pigmenți pentru colorarea materialelor de construcții pe bază de ciment și/sau var. Specificații și metode de încercare
SM EN 13055	Agregate ușoare
SM SR EN 13263-1+A1	Silice ultrafină pentru beton. Partea 1: Definiții, condiții și criterii de conformitate
SM EN 13369	Reguli comune pentru produsele prefabricate de beton
SM SR 13536	Evaluarea agresivității apei, solului și gazelor asupra betonului. Prelevarea și analizarea eșantioanelor de apă și sol
SM SR EN 13577	Atac chimic asupra betonului. Determinarea conținutului de dioxid de carbon agresiv din apă
SM SR EN 13670	Execuția structurilor de beton
SM EN 13791	Evaluarea „in situ” a rezistenței la compresiune a betonului din structuri și din elemente prefabricate
SM EN 13877-1	Structuri rutiere de beton. Partea 1: Materiale
SM EN 13877-2	Îmbrăcămînți rutiere din beton de ciment. Partea 2: Caracteristici funcționale pentru îmbrăcămînțile rutiere din beton de ciment
SM EN 13892-3	Metode de încercare a materialelor pentru șape. Partea 3: Determinarea rezistenței la uzură-Böhme
SM CR 13901	Utilizarea conceptului de familii de beton pentru producerea și controlul conformității betonului
SM CR 13902	Metode de încercare pentru determinarea raportului apă/ciment în betonul proaspăt
SM EN 14199	Execuția lucrărilor geotehnice speciale. Micropiloți
SM EN 14216	Ciment. Compoziție, specificații și criterii de conformitate ale cimenturilor speciale cu căldura de hidratare foarte redusă
SM SR EN 14487-2	Beton torcretat. Partea 2: Executare
SM SR EN 14488-7	Încercări pe beton care se aplică prin pulverizare. Partea 7: Conținutul de fibre al betonului armat cu fibre
SM SR EN 14647	Ciment de aluminat de calciu. Compoziție, specificații și criterii de conformitate
SM SR EN 14651+A1	Metode de încercare a betonului cu fibre metalice. Măsurarea rezistenței la tracțiune prin încovoiere (limită de proporționalitate (LOP), rezistență reziduală).
SM SR EN 14721+A1	Metodă de încercare pentru beton cu fibre metalice. Măsurarea conținutului de fibre în betonul proaspăt și întărit
SM SR EN 14889-1	Fibre pentru beton. Partea 1: Fibre de oțel. Definiții, specificații și conformitate
SM SR EN 14889-2	Fibre pentru beton. Partea 2: Fibre de polimer. Definiții, specificații și conformitate
SM SR EN 15167-1	Zgură granulată de furnal măcinată pentru utilizare în beton, mortar și pastă. Partea 1: Definiții, specificații și criterii de conformitate
SM CEN/TR 15177	Testarea rezistenței la îngheț-dezgheț a betonului. Defecțiuni structurale interioare
SM CEN/TR 15697	Ciment. Încercări de performanță pentru rezistență la sulfați. Raport privind stadiul tehnicii
SM EN 15743+A1	Ciment supersulfatat. Compoziție, specificații și criterii de conformitate

SM ISO 16204	Durabilitate. Calculul duratei de viață a structurilor din beton
SM CEN/TR 16349	Cadru pentru o specificație privind evitarea unei reacții dăunătoare dintre alcaline și silice (ASR) în beton
SM CEN/TR 16369	Utilizarea diagramelor de control la fabricarea betonului
SM EN 16502	Metodă de încercare pentru determinarea gradului de aciditate a solurilor conform Baumann-Gully
SM CEN/TR 16563	Principiile procedurii pentru stabilirea durabilității echivalente
SM CEN/TR 16639	Utilizarea conceptului <i>k</i> -viscozitate, conceptului performanțelor tehnologice echivalente ale betonului și a conceptului performanțelor tehnologice echivalente ale componentelor
SM EN 16757	Dezvoltarea durabilă a lucrărilor de construcție. Declarații de mediu pentru produse. Reguli pentru categoria produselor pentru beton și elemente din beton.
SM EN ISO/IEC 17025	Cerințe generale pentru competența laboratoarelor de încercări și etalonări
SM EN ISO/CEI 17065	Evaluarea conformității. Cerințe pentru organisme care certifică produse, procese și servicii
SM SR EN ISO/CEI 17067	Evaluarea conformității. Principii fundamentale ale certificării produselor și linii directe pentru schemele de certificare a produselor.
SM EN 18136	Calcar măcinat pentru utilizare în beton, mortar și pastă de ciment. Definiție, specificații și criterii de conformitate

NOTA 1 - Documentele de referință prezentate sunt indispensabile pentru aplicarea acestui Cod. Pentru referințele date, se aplică numai ediția citată. Pentru referințele nedatate, se aplică ultima ediție a documentului la care se face referire (inclusiv erate și amendamente), cu excepția standardelor armonizate, caz în care trebuie aplicată ediția citată în ordinul aprobat de organul central de specialitate al administrației publice în domeniul construcțiilor, conform prevederilor [2].

NOTA 2 - În cazul unei referințe la un proiect de standard european, prevederile naționale pot fi aplicate până când acesta va fi disponibil în forma finală.

3 Termeni și definiții

Pentru necesitățile prezentului Cod se aplică termenii și definițiile prevăzute la art. 3 din SM EN 206-1 și SM EN 206-2, cu următoarele completări:

3.1

conținut de apă eficace

diferența dintre cantitatea totală de apă conținută în betonul proaspăt și cantitatea de apă absorbită de agregate

3.2

conținut de liant eficace

masa de liant pe metru cub de beton, calculată pe baza masei efective a cimenturilor și a adaosurilor

NOTĂ - Masa cimenturilor și a adaosurilor, care poate fi considerată ca conținut efectiv de liant, depinde de opțiunea aplicată de utilizare a adaosurilor.

3.3

conținut de liant total

masa liantului pe metru cub de beton, calculată pe baza masei totale a cimenturilor și a adaosurilor

3.4

conținut total de apă

apa adăugată, plus apa conținută în și la suprafața agregatelor, plus apa din aditivi și adaosuri utilizate sub formă de suspensii și apa rezultată din adăugare de gheață sau din încălzire cu vapori

3.5

element masiv

elemente structurale masive se consideră acele elemente a căror cea mai mică dimensiune este de cel puțin 0,8 m sau cele cu grosimea de > 0,5 m, dacă volumul acestora depășește 100 m³

3.6**liant**

ciment, sau combinație de cimenturi, sau combinație de ciment(uri) și adaos(uri)

3.7**raport apă/liant (A/L)**

raport de masă între conținutul de apă eficace (A_{ef}) și conținutul de liant eficace (L_{ef})

A/C		A/L	
Apă + Ciment	Apă+	Apă+	
	Ciment 1 + Ciment 2	Ciment 1+ Adaos 1 + Adaos 2	

3.8**raport apă/liant total (A/L_t)**

raport de masă între conținutul de apă eficace (A_{ef}) și conținutul de liant total (L_t)

3.9**raport apă total/liant total (A_t/L_t)**

raport de masă între conținutul de apă total (A_t) [3.5] și conținutul de liant total (L_t)

4 Simboluri și abrevieri

În prezentul Cod se aplică simbolurile și prescurtările prevăzute la art. 4 din SM EN 206-1, SM EN 206-2 și SM EN 13877-1, cu următoarele completări:

OEC	Organism de evaluare a conformității
A/C	Raport apă/ciment
A/L	Raport apă/liant
A_{ef}	Apa eficace
A_t	Apa totală
F_R	Flexural-strength concrete (beton rezistent la încovoiere)
L_{ef}	Liant eficace
L_t	Liant total
LH	Low Hydration (degajare redusă de căldură de hidratare)
De la F_2 până la F_{10}	Clase de rezistență la încovoiere beton

5 Clasificări

Clasificarea betonului se face conform prevederilor art. 5 din SM EN 206-1.

5.1 Clase de expunere în funcție de acțiunile datorate mediului înconjurător

5.1.1 Pentru Republica Moldova clasele de expunere sunt definite în funcție de mecanismele de degradare avute în vedere pe durata de viață a betonului. Notăția utilizată pentru identificarea acestor clase este formată din două litere și o cifră.

Prima literă este X (de la eXposure în limba engleză) urmată de o alta care se referă la mecanismul de degradare considerat, astfel:

C de la Carbonation (Carbonatare*);

D de la Deicing Salt (Sare pentru dezgheț);

F de la Frost (Îngheț);

A de la Aggressive environment (Mediu agresiv chimic);

M de la Mechanical abrasion (Atac mecanic prin abraziune).

*Carbonatarea este o îmbătrânire naturală în timp a betonului. Fenomenul de carbonatare determină o reducere a pH-ului betonului de la 13 pH la 8,5 sau 9 pH, valori care sunt sub pragul necesar pentru asigurarea condițiilor de pasivitate pentru armături. În consecință, armătura începe să se oxideze, formând rugina, care expandează și creează tensiuni superioare rezistenței la rupere a betonului.

A doua literă este urmată de o cifră care se referă la nivelul de umiditate (XC, XD, XF) sau nivelul de agresivitate (XA, XM).

NOTA 1 - Alegerea claselor de expunere depinde de cerințele în vigoare la locul unde betonul este utilizat. Această clasificare a expunerilor nu exclude luarea în considerare a unor condiții de mediu particulare existente la locul unde betonul este utilizat, sau aplicarea unor măsuri de protecție suplimentare cum ar fi utilizarea de oțel inoxidabil sau alt metal rezistent la coroziune și/sau utilizarea de acoperiri protectoare pentru beton sau armături.

Betonul poate fi supus la mai multe din acțiunile descrise în Tabelul 1, în acest caz, condițiile de mediu înconjurător la care el este supus, pot să fie exprimate sub formă de combinații de clase de expunere. Părțile unui anumit element structural pot fi expuse la diferite acțiuni de mediu.

NOTA 2 - Ori de câte ori este cazul, se va acorda atenția cuvenită prevenirii apariției coroziunii electrochimice a oțelului beton cu consecințe negative asupra funcționalității elementelor/structurilor din beton armat și precomprimat.

5.1.2 Acțiunile datorate mediului înconjurător sunt clasificate în clase de expunere și sunt prezentate în Tabelul 1. Exemplele sunt indicate cu titlul informativ.

5.1.3 Intră în atribuțiile factorilor decizionali (proiectanți, executanți, verficatori de proiecte atestați etc.) verificarea și încadrarea corectă a elementelor/structurilor în clase de expunere la acțiunea mediului înconjurător în vederea stabilirii caracteristicilor betonului pentru asigurarea durabilității, respectiv a duratei de viață pentru elementele/structurile care-l încorporează. Producătorii de beton trebuie să asigure corespondența dintre clasele de expunere și criteriile privind compoziția betonului și să notifice eventualele neconcordanțe executantului.

Tabelul 1 – Clase de expunere

Denumirea clasei	Descrierea mediului înconjurător	Exemple informative ilustrând alegerea claselor de expunere
1 Nici un risc de coroziune sau atac		
X0	Beton simplu și fără piese metalice înglobate. Toate expunerile, cu excepția cazurilor de îngheț-dezgheț, de abraziune și de atac chimic. Pentru beton armat sau cu piese metalice înglobate: Foarte uscat.	Beton la interiorul clădirilor unde conținutul de umiditate al aerului ambiant este foarte redus. Beton de umplutură/egalizare.
2 Coroziunea datorată carbonatării		
Când betonul care conține armături sau piese metalice înglobate, este expus la aer și umiditate, expunerea este clasificată în modul următor:		
NOTĂ - Condițiile de umiditate luate în considerare sunt cele din betonul ce acoperă armăturile sau piesele metalice înglobate, dar în numeroase cazuri, această umiditate poate fi considerată că reflectă umiditatea ambiantă. În acest caz, o clasificare fondată pe diferite medii ambiante poate fi acceptabilă. Situația nu poate fi aceeași dacă există o barieră între beton și mediul său înconjurător (acoperirea betonului cu un material de protecție, conform NCM E.04.04).		
XC1	Uscat sau permanent umed	Beton în interiorul clădirilor unde gradul de umiditate al mediului ambiant este redus (inclusiv bucătăriile, băile și spălătoriile clădirilor de locuit) Beton submersat permanent în apă
XC2	Umed, rareori uscat	Suprafețe de beton în contact cu apa pe termen lung (de exemplu, elemente ale rezervoarelor de apă). Un mare număr de fundații.
XC3	Umiditate moderată	Beton în interiorul clădirilor unde umiditatea mediului ambiant este medie sau ridicată (bucătării, băi, spălătorii profesionale altele decât cele ale clădirilor de locuit) Beton la exterior, însă la adăpost de intemperii (elemente la care aerul din exterior are acces constant sau des, de exemplu: hale deschise)
XC4	Alternanța umidității și uscării	Suprafețe supuse contactului cu apa, dar care nu intră în clasa de expunere XC2 (elemente exterioare expuse intemperiilor)
3 Coroziunea datorată clorurilor		

În cazurile în care betonul care conține armături sau piese metalice înglobate, este în contact cu apa conținând cloruri, inclusiv din sărurile pentru dezgheț, clasele de expunere trebuie să se clasifice după cum urmează:

NOTĂ - În ceea ce privește condițiile de umiditate, a se vedea Anexa Q din prezentul Cod.

XD1	Umiditate moderată	Suprafețe de beton expuse la cloruri transportate de curenți de aer (de exemplu, suprafețele expuse agenților de dezghețare de pe suprafața carosabilă, pulverizați și transportați de curenții de aer, la garaje etc.)
XD2	Umed, rar uscat	Piscine, rezervoare. Beton expus apelor industriale conținând cloruri.
XD3	Alternanța umidității cu uscarea	Elemente ale podurilor, ziduri de sprijin, expuse stropirii apei conținând cloruri. Șosele, dalele parcajelor de staționare a vehiculelor.

4 Atacul îngheț-dezgheț cu sau fără agenți pentru dezgheț

În cazurile în care betonul este supus la un atac semnificativ datorat ciclurilor de îngheț-dezgheț, atunci când este umed, clasele de expunere trebuie să se clasifice după cum urmează:

XF1	Saturație moderată cu apă fără agenți de dezgheț	Suprafețe verticale ale betonului expuse la ploaie și la îngheț.
XF2	Saturație moderată cu apă, cu agenți de dezgheț	Suprafețe verticale ale betonului din lucrări rutiere expuse la îngheț și curenților de aer ce vehiculează agenți pentru dezgheț
XF3	Saturare puternică cu apă, fără agenți de dezgheț	Suprafețe orizontale ale betonului expuse la ploaie și la îngheț
XF4	Saturare puternică cu apă, cu agenți de dezgheț sau ape naturale conținând cloruri	Șosele și tabliere de pod expuse la agenți de dezgheț. Suprafețele verticale ale betonului expuse direct stropirii cu agenți de dezgheț și la îngheț.

5 Atac chimic

În cazurile în care betonul este expus la atac chimic, care survine din soluri naturale și ape subterane, clasele de expunere trebuie să se clasifice după cum urmează:

XA1	Mediu înconjurător cu agresivitate chimică slabă	Beton expus la atac chimic din sol natural și apă subterană, în conformitate cu Tabelul 3
XA2	Mediu înconjurător cu agresivitate chimică moderată	Beton expus la atac chimic din sol natural și apă subterană, în conformitate cu Tabelul 3
XA3	Mediu înconjurător cu agresivitate chimică intensă	Beton expus la atac chimic din sol natural și apă subterană, în conformitate cu Tabelul 3

6 Solicitarea mecanică a betonului prin uzură

Dacă betonul este supus unor solicitări mecanice care produc uzura acestuia, atunci acest tip de expunere poate fi clasificat după cum urmează:

XM1	Solicitare moderată de uzură	Elemente din incinte industriale supuse la circulația vehiculelor echipate cu anvelope
XM2	Solicitare intensă de uzură	Elemente din incinte industriale supuse la circulația stivuitoarelor echipate cu anvelope sau bandaje de cauciuc
XM3	Solicitare foarte intensă de uzură	Elemente din incinte industriale supuse la circulația stivuitoarelor echipate cu bandaje de elastomeri/metalice sau mașini cu șenile

NOTA 1 - Betonul poate fi supus la mai multe din acțiunile descrise în Tabelul 1, în acest caz, condițiile de mediu înconjurător la care el este supus, pot fi exprimate sub formă de combinații de clase de expunere. În Tabelul 3 se prezintă exemple de astfel de combinații. Părțile unui anumit element structural pot fi expuse la diferite acțiuni de mediu.

NOTA 2 - Când betonul este expus la atac chimic care provine din atmosferă cu agenți agresivi în stare gazoasă și solidă, clasificarea se face după cum se indică în Anexa A din NCM E.04.04.

5.1.4 Încadrarea eronată sau neîncadrarea elementelor/structurilor de beton în clase de expunere la acțiunea mediului înconjurător are consecințe negative asupra durabilității elementelor/structurilor.

5.1.5 În cazul atacului chimic, determinarea agresivității apei, solului și gazelor asupra betonului se va face conform SM SR 13536. Pot fi necesare studii particulare pentru determinarea claselor de expunere adecvate în cazul în care:

- a) nu se încadrează în limitele Tabelului 2;
- b) conțin alte substanțe agresive;
- c) solul sau apa sunt poluate chimic;
- d) prezintă o viteză de curgere a apei ridicată în combinație cu anumite substanțe chimice prezentate în Tabelul 2.

NOTĂ - Dispozițiile în vigoare la locul de utilizare pot acoperi unele din aceste situații.

Tabelul 2 – Valorile limită pentru clasele de expunere corespunzătoare la atacul chimic al solurilor naturale și apelor subterane

Caracteristici chimice	Metode de încercări de referință	Notarea clasei		
		XA1	XA2	XA3
Ape subterane				
Sulfați SO ₄ ²⁻ , mg/l	SM EN 196-2	≥ 200 și ≤ 600	> 600 și ≤ 3000	> 3000 și ≤ 6000
Factor pH	SM ISO 4316	≤ 6,5 și ≥ 5,5	≤ 5,5 și ≥ 4,5	> 4,5 și ≥ 4,0
Carbonați CO ₂ agresiv, în mg/l	SM SR EN 13577	≥ 15 și ≤ 40	> 40 și ≤ 100	> 100 până la saturație
Săruri de amoniu NH ₄ ⁺ , mg/l	SM SR ISO 7150-1	≥ 15 și ≤ 30	> 30 și ≤ 60	> 60 și ≤ 100
Ionii de magneziu Mg ₂ ⁺ , mg/l	SM SR EN ISO 7980	≥ 300 și ≤ 1000	> 1000 și ≤ 3000	> 3000 până la saturație
Sol				
Sulfați SO ₄ ²⁻ , mg/l ^{a)} total	SM EN 196-2 ^{b)}	≥ 2000 și ≤ 3000 ^{c)}	>3000 ^{c)} și ≤ 12000	>12000 ^{c)} și ≤24000
Gradul de aciditate în conformitate cu Baumann Gully, ml/kg	SM EN 16502	> 200	Nu sunt întâlnite în practică	
a) Solurile argiloase a căror permeabilitate este inferioară la 10⁻⁵ m/s, pot să fie clasate într-o clasă inferioară. b) Metoda de încercare prevede extracția ionilor SO₄²⁻ cu acid clorhidric; alternativ este posibil de a proceda la această extracție cu apă, dacă aceasta este admisă pe locul de utilizare a betonului. c) Limita de 3000 mg/kg trebuie redusă la 2000 mg/kg în caz de risc de acumulare de ioni de sulfați în beton datorită ciclurilor uscare-umezire sau prin secțiune capilară.				

NOTĂ - Valorile limită pentru clasele de expunere corespunzătoare atacului chimic a pământurilor naturale și apelor subterane indicate în Tabelul 2 se aplică și apelor supraterane staționare în contact cu suprafața betonului.

5.1.6 Mediile înconjurătoare chimic agresive, clasificate în Tabelul 2, sunt bazate pe soluri și ape subterane naturale la o temperatură apă/sol cuprinsă între plus 5 °C și plus 25 °C și în cazurile în care viteza de scurgere a apei este suficient de mică pentru a fi considerată în condiții hidrostatice. Valoarea cea mai severă pentru orice caracteristică chimică determină clasa.

Alegerea claselor se face în raport de caracteristicile chimice ce conduc la agresiunea cea mai intensă.

5.1.7 Când cel puțin două caracteristici agresive conduc la aceeași clasă, mediul înconjurător trebuie clasificat în clasa imediat superioară, dacă un studiu specific nu a demonstrat că aceasta nu este necesar (a se vedea exemplele de mai jos).

NOTA 1 – Valorile limită admisibile pentru clase de expunere XC.... și XA... se vor adopta conform prevederilor NCM E.04.04.

NOTA 2 - Pentru caracterizarea expunerii betonului este necesară, în general, combinarea mai multor clase de expunere. În Tabelul 3 și Anexa Q se prezintă exemple de astfel de combinații.

Tabelul 3 - Combinații de clase de expunere

Expunere		Combinații de clase de expunere	
Descriere	Exemple	BNA ¹⁾	BA ²⁾ / BP ³⁾
La interior	Interiorul clădirilor cu destinație de locuit sau birouri	X0	XC1
La exterior			
Fără îngheț	Fundații sub nivelul de îngheț	X0	XC2
Cu îngheț dar fără contact cu ploaia	Garaje deschise, acoperite, pasaje etc.	XF1	XC3 + XF1
Îngheț și contact cu ploaia	Elemente exterioare expuse la ploaie	XF1	XC4+ XF1
Îngheț-dezgheț cu agenți de dezghețare	Elemente ale infrastructurii rutiere orizontale	XM2+XF4	XM2 + XD3 + XF4 + (XC4)
	Verticale (în zona de stropire)	XF4	XF4 + XD3 + XC4
¹⁾ Beton nearmat ²⁾ Beton armat ³⁾ Beton precomprimat			

EXEMPLUL 1

Dacă din calculele structurale a rezultat clasa structurii de beton C20/25, proiectantul are obligația să încadreze, ulterior structura, în clase de expunere „X”, corespunzătoare condițiilor particulare, existente la locul unde betonul va fi utilizat.

Dacă, în urma încadrării s-a stabilit combinația claselor de expunere XC2, XF2, ceea ce corespunde clasei de rezistență, minimă C25/30 (conform Tabelului F.1 din SM 324), atunci mediul înconjurător trebuie clasificat în clasa imediat superioară XC3 sau XF3, de unde rezultă clasa de rezistență, minimă C30/37, care va fi indicată în proiect de către proiectant.

EXEMPLUL 2

Dacă, în urma încadrării s-a stabilit combinația claselor de expunere XC3, XF2, atunci mediul înconjurător trebuie clasificat în clasa cea mai agresivă XC3 de unde rezultă clasa de rezistență, minimă C30/37 (conform Tabelului F.1 din SM 324), care va fi indicată în proiect de către proiectant.

5.2 Clase pentru caracteristici ale betonului proaspăt

Clasificarea proprietăților betonului proaspăt se face conform prevederilor art. 5.2 din SM EN 206-1.

5.2.1 Clase de consistență

5.2.1.1 Tabelele 4, 5, 6, 7 și 8 sunt aplicabile în cazurile în care betonul este clasificat în funcție de consistență. În cazul betonului autocompactant se aplică numai clasele indicate în Tabelul 8.

5.2.1.2 Consistența poate fi specificată și printr-o valoare țintă cu toleranțe, conform celor prezentate în Tabelul 30.

NOTĂ - Nu există relații directe între clasele de consistență indicate în tabelele 4, 5, 6, 7 și 8. Pentru betoanele semiumede, adică betonul cu un conținut redus de apă, proiectat pentru a fi compactat printr-un procedeu special, consistența nu este clasificată.

Tabelul 4 – Clase de tasare

Clase de tasare, încercare în conformitate cu SM EN 12350-2, mm				
Clasa	Caracteristici	Consistența	Pompabil	Tipul de elemente
S1	de la 10 până la 40	Vârtos	Nu	Fundații din beton simplu sau slab armat, elemente masive. Betoane rutiere.
S2	de la 50 până la 90	Moale	Nu	Fundații din beton armat, stâlpi, grinzi, pereți structurali, având armături rare și procente mici de armare.
S3	de la 100 până la 150	Foarte moale	Da	Elemente din beton armat având procente de armare medii, fără aglomerări de armături și care permit compactarea corespunzătoare a betonului (de ex.

				majoritatea elementelor din beton armat), beton turnat sub apă, beton turnat în uscat pentru fundații de adâncime (ex. piloți forți).
S4	de la 160 până la 210	Fluid	Da	Elemente sau monolitizări cu armături dese sau cu dificultăți de compactare, precum și elemente zvelte (de ex. elemente prefabricate de acoperiș, alte elemente filigrane, monolitizarea stâlpilor prefabricați în pahare ș.a.), beton turnat sub apă folosind tub etanș (ex. piloți forți, alte fundații de adâncime).
S5^{a)}	≥ 220	Foarte fluid	Da	Elemente din beton a căror realizare necesită o tehnologie de execuție cu betoane foarte fluide (de ex. subturnări în spații înguste, injectări), beton turnat sub fluid de foraj (ex. piloți forți și alte fundații de adâncime turnat sub soluție de bentonită).
^{a)}Intervalul de sensibilitate al încercării în care standardul SM EN 12350-2 prezintă o sensibilitate adecvată pentru a determina cu certitudine o tasare ≥ 10 mm și ≤ 210 mm. Pentru o tasare > 220 mm, această metodă poate fi mai utilă. NOTĂ - Încercarea nu se aplică dacă dimensiunea maximă a agregatelor din beton depășește 40 mm.				

Tabelul 5 – Clase Vebe

Clase Vebe, încercare în conformitate cu SM EN 12350-3, s				
Clasa	Caracteristici	Consistența	Pompabil	Tipul de elemente
V0	mai mare de 31 s	Extrem de uscat (pământ umed)	Nu	-
V1	între 30 și 21 s	Foarte vârtos (mai ud decât pământul umed)	Nu	-
V2	între 20 și 11 s	Vârtos	Nu	-
V3	între 10 și 6 s	Vârtos-Plastic	Nu	Fundații din beton simplu sau slab armat, elemente masive.
V4	între 5 și 3 s	Plastic-Semifluid	Nu	Fundații din beton armat, stâlpi, grinzi, pereți structurali, având armături rare și procente mici de armare.
NOTA 1 - Dacă timpul Vebe este mai mic de 5 s sau mai mare de 30 s, betonul are o consistență, care nu poate fi apreciată prin încercarea Vebe. NOTA 2 - În cazul betonului rutier este util să fie specificată consistența prin timpul Vebe. Standardul nu se aplica betonului cu dimensiunea maximă a agregatului de peste 63 mm.				

Tabelul 6 – Clase de compactare

Indice de compactare, încercare în conformitate cu SM EN 12350-4				
Clasa	Caracteristici	Consistența	Pompabil	Tipul de elemente
C0^{a)}	peste 1,46	Foarte vârtos	Nu	-
C1	între 1,45 și 1,26	Vârtos	Nu	Fundații din beton simplu sau slab armat, elemente masive.
C2	între 1,25 și 1,11	Plastic	Nu	Fundații din beton simplu sau slab armat, elemente masive.
C3	între 1,10 și 1,04	Vârtos-Plastic	Moale	Fundații din beton armat, stâlpi, grinzi, pereți structurali, având armături rare și procente mici de armare.
C4^{b)}	sub 1,04 (doar la betoane ușoare)	-	Da	Elemente din beton armat având procente de armare medii, fără aglomerări de armături și care permit compactarea corespunzătoare a betonului (de ex. majoritatea elementelor din beton armat), beton turnat sub apă, beton turnat în uscat pentru fundații de adâncime (ex. piloți forți).
^{a)}Intervalul de sensibilitate al încercării în care standardul SM EN 12350-4 prezintă o sensibilitate adecvată pentru a determina cu certitudine gradul de compactare este ≤ 1,46 și > 1,04. ^{b)}C4 se aplică numai betonului ușor.				

Tabelul 7 – Clase de răspândire

Diametrul răspândirii, încercare în conformitate cu SM EN 12350-5, mm				
Clasa	Caracteristici	Consistența	Pompabil	Tipul de elemente
F1^{a)}	sub 340 mm	Vârtos	Nu	Fundații din beton simplu sau slab armat, elemente masive
F2	între 350 și 410 mm	Plastic	Nu	Fundații din beton simplu sau slab armat, elemente masive.
F3	între 420 și 480 mm	Moale	Nu	Fundații din beton armat, stâlpi, grinzi, pereți structurali, având armături rare și procente mici de armare.
F4	între 490 și 550 mm	Foarte moale	Da	Elemente din beton armat având procente de armare medii, fără aglomerări de armături și care permit compactarea corespunzătoare a betonului (de ex. majoritatea elementelor din beton armat), beton turnat sub apă, beton turnat în uscat pentru fundații de adâncime (ex. piloți forți).
F5	între 560 și 620 mm	Fluid	Da	Elemente sau monolitizări cu armături dese sau cu dificultăți de compactare, precum și elemente zvelte (de ex. elemente prefabricate de acoperiș, alte elemente filigrane, monolitizarea stâlpilor prefabricați în pahare ș.a.), beton turnat sub apă folosind tub etanș (ex. piloți forți, alte fundații de adâncime).
F6^{a)}	peste 630 mm	Foarte fluid	Da	Elemente din beton a căror realizare necesită o tehnologie de execuție cu betoane foarte fluide (de ex. subturnări în spații înguste, injectări), beton turnat sub fluid de foraj (ex. piloți forți și alte fundații de adâncime turnat sub soluție de bentonită).

^{a)}Intervalul de sensibilitate al încercării, în care standardul SM EN 12350-5 prezintă o sensibilitate adecvată, pentru a determina cu certitudine răspândirea > 340 mm și ≤ 620 mm.

Tabelul 8 – Clase de răspândire din tasare

Răspândire din tasare^{a)}, încercare în conformitate cu SM EN 12350-8, mm				
Clasa	Caracteristici	Consistența	Pompabil	Tipul de elemente
SF0	de la 460 până la 540	Foarte moale	Da	Elemente din beton armat având procente de armare medii, fără aglomerări de armături și care permit compactarea corespunzătoare a betonului (de ex. Majoritatea elementelor din beton armat), beton turnat sub apă, beton turnat în uscat pentru fundații de adâncime (ex. Piloți forți).
SF1	de la 550 până la 650	Fluid	Da	Elemente sau monolitizări cu armături dese sau cu dificultăți de compactare, precum și elemente zvelte (de ex. elemente prefabricate de acoperiș, alte elemente filigrane, monolitizarea stâlpilor prefabricați în pahare ș.a.), beton turnat sub apă folosind tub etanș (ex. piloți forți, alte fundații de adâncime).
SF2	de la 660 până la 750*	Foarte fluid	Da	Elemente din beton a căror realizare necesită o tehnologie de execuție cu betoane foarte fluide (de ex. subturnări în spații înguste, injectări), beton turnat sub fluid de foraj (ex. piloți forți și alte fundații de adâncime turnat sub soluție de bentonită).
SF3	de la 760 până la 850	Foarte fluid	Da	Elemente puternic armate, secțiuni înguste sau forme complexe, unde betonul curge liber doar sub propria greutate, fără vibrație. Pereți subțiri, stâlpi masivi sau grinzi cu densitate mare de oțel beton. Forme curbe, pereți texturați sau cu geometrii dificile. Turnări rapide în cadre înguste sau reabilitări structurale.

^{a)}Clasificarea nu este aplicabilă betonului cu dimensiunea maximă a agregatului mai mare de 40 mm.

*Peste 700 mm se aplică prevederile de la betoane autocompactante.

5.2.1.3 Cele mai des utilizate metode sunt metoda tasării conului și metoda răspândirii, acestea fiind adecvate pentru betoanele cu o lucrabilitate medie și mare. Pentru betoane foarte vâtoase (cu lucrabilitate redusă) se recomandă utilizarea metodei compactării sau a metodei Vebe.

Între metodele specifice menționate de evaluare a consistenței betonului proaspăt nu există o corelare, consistența betonului necesară punerii în operă fiind stabilită de la caz la caz, în funcție de metoda utilizată.

5.2.1.4 Factorii care influențează consistența betonului sunt:

- a) tipul de ciment și clasa de rezistență;
- b) dozajul de liant;
- c) sursa și tipul de agregate utilizate;
- d) forma agregatului grosier utilizat;
- e) finețea și puritatea agregatului fin utilizat;
- f) curba granulometrică pentru agregatele utilizate;
- g) raportul apă-liant și cantitatea de apă utilizată;
- h) aditivii utilizați;
- i) adaosurile utilizate;
- j) temperatura mediului.

5.2.2 Clase pentru proprietăți suplimentare ale betonului autocompactant

5.2.2.1 În cazul în care betonul autocompactant este clasificat în funcție de vâscozitatea sa aparentă, de abilitatea de trecere sau de rezistența la segregare se aplică tabelele 9 ÷ 13.

5.2.2.2 Vâscozitatea poate fi specificată printr-o valoare țintă, cu toleranțele date în Tabelul 30.

5.2.2.3 Abilitatea de trecere poate fi, de asemenea, specificată printr-o valoare minimă când încercarea se efectuează prin metoda cutiei L sau printr-o valoare maximă când încercarea se determină prin metoda inelului J.

5.2.2.4 Rezistența la segregare (încercarea prin sitare) poate fi specificată printr-o valoare maximă.

Tabelul 9 – Clase de vâscozitate t_{500}

Clasa	$T_{500}^{a)}$, încercare în conformitate cu SM EN 12350-8, s
VS1	< 2,0
VS2	≥ 2,0
^{a)} Clasificarea nu este aplicabilă betonului cu dimensiunea maximă a agregatului D_{max} mai mare de 40 mm	

Tabelul 10 – Clase de vâscozitate t_v

Clasa	$t_v^{a)}$ încercare în conformitate cu SM EN 12350-9, s
VF1	< 9,0
VF2	de la 9,0 până la 25,0
^{a)} Clasificarea nu este aplicabilă betonului cu dimensiunea maximă a agregatului D_{max} mai mare de 22,4 mm	

NOTA 1 - Clasele prezentate în tabelele 9 și 10 sunt similare, dar nu sunt corelate exact.

Tabelul 11 – Clase de abilitate de trecere - cutia L

Clasa	Raport cutie L, încercare în conformitate cu SM EN 12350-10
PL1	≥ 0,80 cu 2 armături
PL2	≥ 0,80 cu 3 armături

Tabelul 12 – Clase de abilitate de trecere - inel J

Clasa	Pasul inel J ^{a)} , încercare în conformitate cu SM EN 12350-12, mm
PJ1	≤ 10 cu 12 armături
PJ2	≤ 10 cu 16 armături
^{a)} Clasificarea nu este aplicabilă betonului cu dimensiunea maximă a agregatului D_{max} mai mare de 40 mm.	

NOTA 2 - Clasele prezentate în tabelele 11 și 12 sunt similare, dar nu sunt corelate exact.

Tabelul 13 – Clase de rezistență la segregare, încercarea prin utilizarea sitelor

Clasa	Porțiune segregată ^{a)} , încercare în conformitate cu SM EN 12350-11, %
SR1	≤ 20
SR2	≤ 15

^{a)}Clasificarea nu este aplicabilă betonului cu dimensiunea maximă a agregatului D_{max} mai mare de 40 mm.

5.3 Clasificarea conform caracteristicilor betonului întărit

5.3.1 Clase de rezistență la compresiune

5.3.1.1 Când betonul este clasificat după rezistența la compresiune se aplică Tabelul 14 pentru betoanele de densitate normală și betoanele grele și Tabelul 15 pentru betoanele ușoare.

5.3.1.2 Pot fi utilizate pentru clasificare rezistența caracteristică la compresiune la 28 de zile măsurată pe cilindri de 150 mm diametru și 300 mm înălțime ($f_{ck,cil}$) sau rezistența caracteristică la compresiune la 28 de zile măsurată pe cuburi cu latura de 150 mm ($f_{ck,cub}$), încercate în conformitate cu SM EN 12390-3.

NOTĂ – Pot fi specificate și alte perioade de timp pentru evaluarea rezistenței la compresiune; a se vedea 10.1 din SM EN 206-1.

Tabelul 14 – Clasele de rezistență la compresiune pentru betoane de densitate normală și betoane grele

Clase de rezistență la compresiune	Rezistența caracteristică minimă pe cilindri $f_{ck,cil}$, N/mm ²	Rezistența caracteristică minimă pe cuburi $f_{ck,cub}$, N/mm ²
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	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

NOTĂ - Corespondența clasei (mărcii) de beton B (M) cu clasa de beton C este indicată în CP H.04.04:2018 [3].

Tabelul 15 – Clase de rezistență pentru betoane ușoare

Clase de rezistență la compresiune	Rezistența caracteristică minimă pe cilindri $f_{ck,cil}$, N/mm ²	Rezistența caracteristică minimă pe cuburi ^{a)} $f_{ck,cub}$, N/mm ²
LC8/9	8	9
LC12/13	12	13
LC16/18	16	18
LC20/22	20	22
LC25/28	25	28
LC30/33	30	33
LC35/38	35	38

Clase de rezistență la compresiune	Rezistența caracteristică minimă pe cilindri $f_{ck,cil}$, N/mm ²	Rezistența caracteristică minimă pe cuburi ^{a)} $f_{ck,cub}$, N/mm ²
LC40/44	40	44
LC45/50	45	50
LC50/55	50	55
LC55/60	55	60
LC60/66	60	66
LC70/77	70	77
LC80/88	80	88
^{a)} Alte valori pot fi utilizate dacă relația lor cu rezistența determinată pe cilindri de referință este stabilită și documentată.		

5.3.2 Clasele de densitate pentru beton ușor

5.3.2.1 Când betonul este clasificat după densitate (beton aerat, spumat sau celular, beton ușor, beton cu densitate normală, beton greu), se aplică Tabelul 16.

5.3.2.2 Clasele intermediare sau valorile țintă pentru densitatea betonului ușor (încercate în conformitate cu SM EN 12390-7), pot fi specificate în dispozițiile în vigoare la locul de utilizare sau într-un proiect specific.

Tabelul 16 – Clase de densitate (masă volumică) corespunzătoare betoanelor

Clasele de densitate	Beton aerat, spumat sau celular			Beton ușor						Beton cu densitate normală	Beton greu
	D0,4	D0,5 D0,6 D0,7	D,08	D1,0	D1,2	D1,4	D1,6	D1,8	D2,0	D2,2 D2,4 D2,6	D2,8 D3,0
Densitate în stare uscată (kg/m ³)	≤400	401-700	701-800	801-1000	1001-1200	1201-1400	1401-1600	1601-1800	1801-2000	2001-2600	2601-3000
Densitatea betonului simplu (kg/m ³)	400	500, 600, 700	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200, 2400, 2600	2800, 3000

5.3.3 Clase de beton armat cu fibre

În cazul betonului armat cu fibre, clasele sau valorile țintă, care caracterizează proprietățile reziduale de rezistență la încovoiere pot fi stabilite în conformitate cu SM SR EN 14651+A1, precum și în conformitate cu dispozițiile în vigoare la locul de utilizare.

NOTĂ – Anexa L din SM EN 1992-1-1, prevede clase pentru proiectarea betonului armat cu fibre de oțel.

5.4 Categoriile privind emisiile de CO₂

5.4.1 În cazul în care betonul este clasificat în funcție de emisiile de CO₂, se aplică metoda de calcul prevăzută la 5.4.2 din SM EN 206-1;

5.4.2 Atunci când se utilizează clasele GWR – (clase privind reducerea încălzirii globale), pentru clasificare (a se vedea 5.4.3 din SM EN 206-1), se va folosi clasificarea din Tabelul 13 din SM EN 206-1. Alte clase de reducere GWR pot fi definite în dispozițiile aplicabile la locul de utilizare a betonului.

5.4.3 Clasele sunt definite prin raportul dintre emisiile de CO₂ ale betonului evaluat și cele ale unui beton de referință produs cu ciment CEM I fără adaosuri, pe baza experienței naționale. Acest beton de referință trebuie să aibă aceleași caracteristici de performanță (de exemplu, clasa de rezistență și performanța de durabilitate) ca și betonul evaluat (a se vedea Anexa G din SM EN 206-1, care oferă îndrumări privind modul în care poate fi definit betonul de referință național), cu excepția cazului în care acest beton de referință este definit altfel în dispozițiile în vigoare la locul de utilizare.

NOTĂ - Acest concept este definit pentru 1 m³ de beton și poate fi utilizat pentru specificarea betonului. Cu toate acestea, comparația are sens doar la nivelul unității funcționale (a se vedea SM EN 16757).

5.4.4 Metoda de calcul a emisiilor de CO₂ ale betonului evaluat și ale betonului de referință, precum și determinarea clasificării betonului sunt prezentate la 5.4.2 și 5.4.3 în SM EN 206-1 respectiv.

6 Cerințe pentru beton și metode de verificare

Cerințele pentru beton și metodele de verificare sunt cele prevăzute la art. 6 din SM EN 206-1.

6.1 Cerințe de bază pentru materiale componente

Cerințele de bază pentru materialele componente sunt cele prevăzute la art. 6.1 din SM EN 206-1 și anume: art. 6.1.2 pentru ciment, art. 6.1.3 pentru agregate, art. 6.1.4 pentru apă, art. 6.1.5 pentru aditivi, art. 6.1.6 pentru adaosuri și art. 6.1.7 pentru fibre.

6.1.1 Generalități

6.1.1.1 În betonul produs în conformitate cu acest Cod trebuie să se utilizeze numai materiale componente cu aptitudinea de utilizare stabilită pentru cerințele specificate.

6.1.1.2 Când nu există standarde pentru un material special, care se referă la utilizarea acestui material component în beton, în conformitate cu acest Cod, sau când un standard existent nu tratează un produs special, sau când un constituent anume diferă semnificativ de standard, aptitudinea de utilizare poate fi stabilită prin:

- a) evaluarea tehnică, care se referă în special la utilizarea materialului component în beton, în conformitate cu SM EN 206-1;
- b) prevederi în vigoare la locul unde betonul este utilizat, referitor la utilizarea materialului component în beton, în conformitate cu acest Cod sau standarde relevante.

6.1.1.3 Materialele componente nu trebuie să conțină substanțe nocive în cantități care pot avea un efect dăunător asupra durabilității betonului sau provoacă coroziunea armăturilor, ele trebuie să fie potrivite pentru utilizarea preconizată – prepararea betonului.

NOTA 1 - Atunci când aptitudinea de utilizare a unui material component a fost stabilită, aceasta nu semnifică că poate fi utilizat în toate aplicațiile prevăzute și pentru toate compozițiile de beton.

NOTA 2 - Evaluările tehnice în construcții pentru materialele componente stabilesc aptitudinea generală de utilizare în conformitate cu acest Cod. SM EN 206-1 nu este un standard european armonizat și regulile privind durabilitatea betonului sunt date în conformitate cu acest Cod, la locul de utilizare. Pentru stabilirea unei aptitudini de utilizare particulare este necesar să se evalueze „procedeu”/materialul component în raport cu regulile privind asigurarea durabilității în conformitate cu acest Cod, SM EN 1992-1-1, SM SR EN 13670 și anexele lor naționale.

6.1.2 Ciment

6.1.2.1 Aptitudinea generală de utilizare pentru cimenturi este stabilită conform SM SR EN 197-1, SM EN 197-5 și SM EN 197-6. Aptitudinea de utilizare pentru betonul destinat structurilor masive (de exemplu barajele) poate fi stabilită pentru cimenturile speciale cu căldură de hidratare redusă (Low heat cement - „LH”) sau foarte redusă, fabricate în conformitate cu SM SR EN 197-1 sau SM EN 14216.

NOTĂ - Armonizarea reglementărilor naționale cu cele europene a condus la modificări importante în ceea ce privește alegerea tipurilor de ciment precum și a regulilor de producere a betonului, de proiectare și executare a elementelor și structurilor.

6.1.2.2 Aptitudinea de utilizare pentru cimenturile cu aluminat de calciu (în conformitate cu SM SR EN 14647) și pentru cimenturile supersulfatate (în conformitate cu SM EN 15743+A1) pot fi stabilite prin reglementări naționale sau dispoziții în vigoare la locul de utilizare. Când se utilizează cimenturi în conformitate cu SM SR EN 14647 sau SM EN 15743+A1, vehiculele de transport, silozurile, sistemele locale de transport sunt golite înainte de utilizarea acestor cimenturi și după utilizarea acestora.

6.1.2.3 Aptitudinea de utilizare pentru betonul uzual, fabricat cu cimenturi în conformitate cu standarde europene nearmonizate poate fi stabilită după acceptarea acestor standarde ca standarde de referință și definirea regulilor de proiectare, respectiv utilizare, în SM EN 1992-1-1, SM EN 13369 și SM SR EN 13670 cu anexele lor naționale, cu includerea rezultatelor experimentale conform Anexei K.

NOTA 1 - Pentru alte cimenturi care nu sunt cuprinse în SM SR EN 197-1 aptitudinea generală de utilizare se face pe baza prevederilor altor standarde de cimenturi în vigoare, privind proiectarea și executarea lucrărilor, a standardelor naționale elaborate, având în vedere principii și proceduri recunoscute care sunt în conformitate cu prezentul Cod. Pentru toate cimenturile pentru care nu există experiență de utilizare în betoane în țară, introducerea acestora în reglementări se va face numai pe baza unor rezultate ale cercetărilor experimentale prin care să se demonstreze comportarea betoanelor la diferite tipuri de solicitări fizico-mecanice și de mediu, în conformitate cu acest Cod. Detalii sunt prezentate în Anexa J.

NOTA 2 – Pentru beton rutier sau alte suprafețe circulabile aptitudinea de utilizare pentru cimenturile rutiere poate fi stabilită conform ГОСТ 33174 [22]. Cimentul trebuie să corespundă SM SR 197-1 sau SN EN 197-5 și tipurilor de ciment care sunt selectate în conformitate cu prevederile din SM EN 206-1 pentru clasele de expunere specificate.

6.1.2.4 Compatibilitatea aditivilor cu cimenturile utilizate se verifică prin încercări inițiale de tip, conform Anexei A din SM EN 206-1.

6.1.3 Agregate

6.1.3.1 Aptitudinea generală de utilizare este stabilită pentru:

- a) agregate de densitate normală și agregate grele și pentru zgura de furnal răcită în aer în conformitate cu SM SR EN 12620+A1;
- b) agregate ușoare conform SM EN 13055;
- c) agregate recuperate în conformitate cu 6.2.3.3 din SM EN 206-1 și în conformitate cu categoriile indicate în SM SR EN 12620+A1 sau în conformitate cu SM EN 13055, stabilite prin dispoziții la locul de utilizare.

NOTĂ - Recomandări privind utilizarea agregatelor (categorii) sunt date în Anexa E din SM EN 206-1 și prezentul Cod, iar compoziția granulometrică în Anexa H din SM 324 (exemple de compoziții granulometrice optime sunt prezentate în Anexa E din CP H.04.04:2018 [3]).

6.1.3.2 Alte tipuri de agregate reciclate sau artificiale față de cele din zgură de furnal răcită în aer, pot fi utilizate dacă aptitudinea lor de utilizare este stabilită prin dispoziții în vigoare la locul de utilizare.

NOTĂ – Anexa N din SM EN 1992-1-1 conține reguli suplimentare de proiectare pentru betonul produs cu agregate reciclate.

6.1.3.3 Tipurile de agregate se aleg și în funcție de rezistența betonului care se proiectează, betoanele de înaltă rezistență sau cele rutiere necesitând folosirea unor agregate concasate pentru sorturile mari.

6.1.4 Apa de amestecare

Aptitudinea generală de utilizare este stabilită pentru apa de amestecare în conformitate cu SM SR EN 1008.

6.1.5 Aditivi

6.1.5.1 Aptitudinea generală este stabilită pentru aditivi în conformitate cu SM EN 934-2+A1 și SM EN 934-7.

6.1.5.2 Aditivii care nu sunt descriși în SM EN 934-2+A1 sau SM EN 934-7 (de exemplu, agenții de pompă) trebuie să respecte cerințele generale în conformitate cu SM SR EN 934-1 și dispozițiile în vigoare la locul de utilizare.

NOTA 1 - SM SR EN 934-1 prezintă cerințele generale în Tabelul 1, articolele 5 și 6.

NOTA 2 - Compatibilitatea aditivilor cu cimenturile utilizate trebuie verificată prin încercări preliminare.

6.1.6 Adaosurile (inclusiv filerele minerale și pigmenții)

6.1.6.1 Aptitudinea generală de utilizare ca adaos este stabilită pentru:

- a) filere în conformitate cu SM SR EN 12620+A1 sau SM EN 13055;
- b) cenuși volante conform SM SR EN 450-1;
- c) zgură granulată de furnal măcinată în conformitate cu SM SR EN 15167-1.
- d) calcar măcinat conform SM EN 18136;
- e) pigmenți în conformitate cu SM EN 12878; pentru betonul armat, numai pigmenții din categoria B sunt apti pentru utilizare.
- f) silicea ultrafină conform SM SR EN 13263-1+A1;

Adaptarea altor adaosuri poate fi stabilită prin dispozițiile aplicabile la locul de utilizare.

6.1.7 Fibre

Aptitudinea generală de utilizare este stabilită pentru:

- a) fibre de oțel în conformitate cu SM SR EN 14889-1;
- b) fibre polimerice în conformitate cu SM SR EN 14889-2.

Adaptarea altor fibre poate fi stabilită prin dispozițiile în vigoare la locul de utilizare.

6.2 Cerințe de bază pentru compoziția betonului

Cerințele de bază pentru compoziția betonului sunt cele prevăzute la art. 6.2 din SM EN 206-1 și anume alegerea liantului (cimentului) – art. 6.2.2, utilizarea agregatelor – art. 6.2.3, utilizarea apelor reciclate – art. 6.2.4, utilizarea adaosurilor – art. 6.2.5, utilizarea aditivilor – art. 6.2.6, utilizarea fibrelor – art. 6.2.7, conținutul de cloruri - art. 6.2.8, conținutul de ciment, adaosuri, apă și raportul apă/liant (A/L) - art. 6.2.9, temperatura betonului - art. 6.2.10.

NOTĂ – Stabilirea compoziției pentru betoane cu aplicații practice este prezentată în Anexa G din CP H.04.04:2018 [3].

6.2.1 Generalități

6.2.1.1 Compoziția betonului și materialele componente pentru betonul cu proprietăți specificate sau cu compoziția prescrisă sunt alese (a se vedea 7.1) astfel încât să satisfacă cerințele specificate pentru betonul proaspăt și întărit, inclusiv consistența, densitatea, rezistența, durabilitatea, protecția contra coroziunii a pieselor din oțel înglobate, ținând seama de procedeele de producție și metoda prin care se intenționează să se execute lucrările de beton.

6.2.1.2 Când acestea nu sunt precizate în specificație, producătorul trebuie să selecționeze tipurile și clasele de materiale componente dintre cele a căror aptitudine de utilizare este stabilită prin dispoziții la locul de utilizare pentru condițiile de mediu specifice.

NOTĂ - Intră în responsabilitatea proiectantului, ca pentru oricare element/structură, alături de evaluările de rezistență (calcul structural), să fie făcută și evaluarea durabilității, alegând în mod corect tipul de ciment precum și toți parametrii compoziționali ai betonului în conformitate cu prezentul Cod, plecând de la încadrarea elementului/structurii în (combinații de) clase de expunere „X”.

6.2.1.3 Dacă nu există prescripții contrare (de exemplu, betonul drenant), compoziția betonului se stabilește astfel încât să fie asigurată o densitate maximă a scheletului mineral și să reducă la minimum fenomenele de segregare și de separare a apei din betonul proaspăt.

6.2.1.4 În cazul betonului cu proprietăți specificate, valorile limită trebuie specificate în termeni de valori minime sau maxime, iar în cazul betonului cu compoziția prescrisă, compoziția sa trebuie specificată în valori țintă.

NOTĂ - Proprietățile cerute ale betonului pentru utilizarea într-o structură, nu sunt atinse decât respectând reglementările tehnice și procedurile de punere în operă ale betonului proaspăt în șantier. De asemenea, suplimentar față de condițiile prevăzute în acest Cod este necesar ca, înainte de a elabora specificația betonului să fie luate în considerare cerințele referitoare la proiectare, transport, la punerea în operă, compactare, la tratarea inițială și ulterioară (a se vedea SM SR EN 13670).

Aceste cerințe sunt adesea independente. Dacă toate aceste cerințe sunt satisfăcute, diferențele dintre calitatea betonului din structură și cea a epruvetelor standardizate de încercat, sunt luate în considerare prin coeficientul parțial de siguranță al materialului definit pentru stările limită ultime (a se vedea SM EN 1992-1-1).

6.2.1.5 Pentru betonul de compoziție specificată într-un standard, specificarea compoziției este limitată la:

- a) agregatele naturale de masă volumică normală;
- b) adaosurile în pulbere cu condiția ca acestea să nu fie luate în considerație la calculul dozajului în liant eficace (L_{ef}) și al raportului apă/liant (A/L) (a se vedea definiția dată în acest Cod la 3.7);
- c) dozajul minim de liant eficace (L_{ef}), în conformitate cu Tabelele F.1.1 și F.1.2 (Anexa F);
- d) tipul cimentului, în conformitate cu Tabelele F.2.1, F.2.2, F.2.3 și F.2.4 (Anexa F);
- e) aditivi;
- f) compozițiile ce îndeplinesc criteriile pentru efectuarea încercărilor inițiale de tip descrise la A.5 din Anexa A al prezentului Cod și SM EN 206-1.

NOTA 1 - Proiectantul răspunde strict de aspectele tehnice, teoretice și de performanță ale structurii, fiind obligat să stabilească clasele de expunere, în funcție de mediul înconjurător și condițiile specifice ale amplasamentului, să specifice clasa de rezistență a betonului, tipul de ciment, raportul maxim apă/liant și acoperirea minimă cu beton a armăturii, precum și detalieria cerințelor obligatorii în Caietul de sarcini și în planșele proiectului tehnic.

NOTA 2 - Constructorul (prin Responsabilul tehnic) are obligația să identifice și să aleagă o stație de betoane certificată, care deține rețetele și capacitatea tehnică de a produce betonul conform specificațiilor din proiect, să solicite stației de betoane Certificatul de conformitate pentru clasele comandate, să verifice, prin intermediul Dirigintului de șantier, conform prezentului Cod, ca betonul sosit la fața locului să corespundă cu clasele de expunere cerute în proiect.

6.2.1.6 prEN 206-3 [1] specifică cerințe suplimentare privind betonul destinat lucrărilor geotehnice speciale (a se vedea Anexa D din prezentul Cod).

NOTĂ - Standardul prEN 206-3 [1] stabilește cerințe suplimentare, specificații și criterii de conformitate pentru betoanele utilizate în lucrări geotehnice speciale, cum ar fi piloții forajați și pereții mulați. Acesta completează prevederile din SM EN 206-1.

6.2.2 Alegerea compoziției liantului

6.2.2.1 Liantul trebuie ales dintre cele a căror aptitudine de utilizare este stabilită, luând în considerație:

- a) tehnologia de execuție a lucrărilor;
- b) utilizarea finală a betonului;
- c) condițiile de tratare (de exemplu, tratare termică);
- d) dimensiunile structurii (dezvoltarea căldurii de hidratare);
- e) condițiile de mediu la care este expusă structura (a se vedea 5.1 din prezentul Cod și Anexa C din SM EN 206-1);
- f) reactivitatea potențială a agregatelor față de alcaliile din materiale componente.

NOTĂ - Tipul liantului se alege în conformitate cu Tabelul K.2 (Anexa K). De asemenea în Anexa K se prezintă recomandări generale pentru alegerea unui anumit tip de liant.

6.2.3 Utilizarea agregatelor

6.2.3.1 Generalități

Zonele de granulozitate recomandate pentru prepararea betonului sunt prezentate în figurile H.1, H.2, H.3, H.4 și H.5 în Anexa H din SM 324 pentru diferite dimensiuni nominale maxime ale agregatelor 0-8, 0-16, 0-22, 0-32 și 0-63 mm.

NOTĂ - Informații suplimentare referitor la utilizarea zonelor de granulozitate recomandate (recomandări privind utilizarea sitelor SM ISO 3310, exemple compoziții granulometrice optime) sunt prezentate în Anexa E din Codul practic CP H.04.04:2018 [3].

În general, se folosesc agregate de balastieră, astfel încât dimensiunea maximă a granulelor de agregat să fie cel mult 1/6 din grosimea elementului de beton, care se toarnă în cofraj glisant. În cazurile în care se utilizează agregate de concasare, granulozitatea agregatului total se înscrie în zona imediat

superioară (cu conținut mai ridicat în părți fine) celei indicate în mod normal la dozajul de ciment respectiv.

Tipul, dimensiunile și categoriile de agregate privind de exemplu, aplatizarea, rezistența la îngheț-dezghet, abraziunea, rezistența, conținutul de fin etc. trebuie să fie selecționate ținând seama de:

- a) tehnologia de execuție a lucrărilor;
- b) utilizarea finală a betonului;
- c) cerințele de mediu înconjurător la care va fi supus betonul;
- d) toate cerințele pentru agregatele aparente sau agregatele pentru betonul decorativ.

$$D_{\max} \geq D_{\inf} \text{ și } D_{\max} \leq D_{\sup}.$$

Dispozițiile în vigoare la locul de utilizare pot prevedea cerințe suplimentare privind potrivirea agregatelor.

6.2.3.2 Balast (agregate de balastieră)

Balastul de clasa de granulozitate mai mare de 0-8 (neconcasat), în conformitate cu SM SR EN 12620+A1, trebuie utilizat numai în betoane având clasa de rezistență la compresiune $\leq C12/15$.

6.2.3.3 Agregate recuperate

- a) agregatele recuperate pot fi utilizate ca agregate pentru beton, numai intern, de către producător sau un grup de producători;
- b) dacă agregatele recuperate nu sunt sortate, cantitatea de agregate recuperate care se adaugă nu va depăși 5 % (în masă) din cantitatea totală de agregate;
- c) când cantitatea de agregate recuperate prin spălare reprezintă mai mult de 5 % (în masă) din cantitatea totală de agregate, acestea trebuie sortate separând pietrișul și nisipul și trebuie să fie în conformitate cu SM SR EN 12620+A1;
- d) când cantitatea de agregate recuperate prin concasare reprezintă mai mult de 5 % (în masă) din cantitatea totală de agregate, agregatele recuperate trebuie considerate agregate reciclate.

6.2.3.4 Agregate reciclate

Recomandări privind utilizarea agregatelor reciclate sunt date în Anexa E din prezentul Cod și 6.2.3.4 din SM EN 206-1.

NOTĂ – În prezentul Cod nu se prezintă nicio recomandare privind utilizarea agregatelor fine reciclate.

6.2.3.5 Rezistența la reacția alcalii-silice

Când agregatele conțin varietăți de silice sensibile la atacul alcaliilor (Na_2O și K_2O prezente în ciment, în sărurile de dezghet sau provenind din alte surse) și betonul este expus în mediu umed, trebuie luate măsuri pentru a preveni reacția alcalii-silice, dăunătoare prin aplicarea unor dispoziții în vigoare la locul de utilizare utilizând proceduri cu eficacitate stabilită.

NOTĂ – Standardul SM CEN/TR 16349 oferă un cadru pentru stabilirea cerințelor privind minimizarea riscului de apariție a reacției alcalii-silice.

6.2.4 Utilizarea apelor reciclate

Apa recuperată din procesele de fabricare a betonului, utilizată ca atare sau amestecată cu apa potabilă sau subterană, în conformitate cu SM SR EN 1008, poate fi utilizată ca apă de amestecare pentru beton armat sau nearmat, cu sau fără piese metalice înglobate și, de asemenea, pentru betonul precomprimat cu condiția respectării cerințelor din standardul SM SR EN 1008.

6.2.5 Utilizarea adaosurilor

6.2.5.1 Generalități

Cantitățile de adaosuri, care urmează să fie utilizate în beton trebuie să facă obiectul încercărilor inițiale de tip, în conformitate cu Anexa A din prezentul Cod.

Trebuie luată în considerare influența adaosurilor asupra proprietăților, altele decât rezistența.

NOTĂ - A se vedea 6.2.2 pentru alegerea compoziției liantului.

Prevederile din 6.2.5.2 – 6.2.5.5 nu se aplică betonului din clasa de rezistență la expunere. Dispoziții suplimentare privind utilizarea adaosurilor în betonul din clasa de rezistență la expunere ERC (a se vedea 3.1.13 din SM EN 206-1) pot fi prevăzute în dispozițiile în vigoare la locul de utilizare.

6.2.5.2 Adaosurile și conținutul de liant eficace

a) adaosurile enumerate la punctul 6.1.6 pot fi luate în considerare în compoziția betonului în ceea ce privește conținutul de liant eficace (L_{ef}) și raportul A/L , dacă compatibilitatea acestora este stabilită prin oricare dintre conceptele prevăzute la e). Adaosurile, altele decât cei definiți la punctul 6.1.6, pot fi luate în considerare dacă potrivirea acestora a fost stabilită în conformitate cu dispozițiile în vigoare la locul de utilizare.

NOTA 1 - Influența adaosurilor asupra altor proprietăți, decât rezistența, se va verifica prin încercări (de exemplu, privind durabilitatea, conform Anexei J).

b) sunt stabilite aptitudinea de utilizare, conceptul coeficientului k și principiile conceptelor de performanță echivalentă (concept de performanță echivalentă a betonului (ECPC), concept de performanță echivalentă a combinațiilor (EPCC)).

c) 6.2.5.3 furnizează valorile coeficientului k pentru cenușa zburătoare, pentru silicea ultrafină și, de asemenea, recomandări pentru zgura granulată de furnal măcinată care sunt apte pentru o utilizare generală. Modificări ale regulilor de aplicare a conceptului coeficientului k date în 6.2.5.3.2, 6.2.5.3.3 și 6.2.5.2.4 pot fi făcute dacă aptitudinea de utilizare a fost stabilită (de exemplu, coeficienți k superiori, proporții crescute de adaosuri, amestecuri de adaosuri și de alte cimenturi).

d) conceptele de performanță echivalentă (a se vedea 6.2.5.4 și 6.2.5.5) pot fi aplicate pentru utilizarea adaosurilor când aptitudinea lor de utilizare a fost stabilită, prin încercări.

NOTA 2 - Aptitudinea de utilizare menționată la c) și d) se va stabili în conformitate cu Anexa J.

e) principiile generale și condițiile suplimentare de aplicare ale conceptului coeficientului k și, de asemenea, principiile generale ale conceptului de performanță echivalentă a betonului sau a combinațiilor pentru utilizarea adaosurilor sunt date în paragrafele următoare.

NOTA 3 - SM CEN/TR 16639 furnizează informații mai detaliate asupra acestor concepte.

Utilizarea cenușilor ca adaosuri în betoane se face pe baza avizelor sanitare eliberate de organismele abilitate ale autorității de reglementare din domeniul sănătății și numai pe baza rezultatelor unor cercetări experimentale prin care să se demonstreze comportarea betonului expus în anumite medii specifice în ceea ce privește caracteristicile de rezistență și durabilitate în conformitate cu cerințele formulate în Anexa J din prezentul Cod. De asemenea, betonul care conține cenușă trebuie să fie evaluat continuu datorită variațiilor adaosurilor, pe centre de colectare de adaosuri.

6.2.5.3 Conceptul coeficientului k pentru cenuși zburătoare, silicea ultrafină și zgură granulată de furnal măcinată

6.2.5.3.1 Generalități

a) conceptul coeficientului k este un concept prescriptiv. Acesta se bazează pe compararea performanței de durabilitate a unui beton de referință, realizat cu un anumit tip de ciment, cu cea a unui beton ce trebuie testat în care o parte din acest ciment este înlocuită cu un adaos, în funcție de raportul apa/liant (A/L) și de conținutul de adaos. Valoarea k va depinde de performanța efectivă de durabilitate (de exemplu, carbonatare, rezistență la cloruri, rezistență chimică).

b) conceptul coeficientului k permite luarea în considerare a adaosurilor la calcularea conținutului de liant eficace:

- conținutul de liant eficace (L_{ef}) egal cu suma (ciment + $k \times$ adaos) pentru fiecare combinație;

- cantitatea de (ciment + $k \times$ adaos) nu trebuie să fie mai mică decât conținutul minim de liant eficace (L_{ef}) necesar pentru clasa de expunere considerată (a se vedea 6.3.2);

c) regulile de aplicare ale conceptului coeficientului k la cenuși volante, în conformitate cu SM SR EN 450-1, la silicea ultrafină, în conformitate cu SM SR EN 13263-1+A1, și la zgura granulată

de furnal măcinată conform SM SR EN 15167-1, utilizate împreună cu un ciment de tip CEM I sau CEM II/A, în conformitate cu SM SR EN 197-1, este definită în paragrafele următoare.

6.2.5.3.2 Conceptul coeficient k pentru cenuși zburătoare, în conformitate cu SM SR EN 450-1:

- a) o valoare a coeficientului k de 0,4 este permisă pentru betonul preparat cu CEM I și CEM II/A, în conformitate cu SM SR EN 197-1;
- b) în cazul utilizării unui ciment de tip CEM I, cantitatea maximă de cenușă zburătoare care poate fi utilizată trebuie să respecte următoarea cerință: - cenușă/ciment $\leq 0,33$ (în masă);
- c) în cazul utilizării unui ciment de tip CEM II/A, cantitatea maximă de cenușă zburătoare care poate fi utilizată trebuie să respecte următoarea cerință: - cenușă/ciment $\leq 0,25$ (în masă);
- d) dacă se utilizează o cantitate mai mare de cenușă zburătoare, suplimentul nu va fi luat în considerare la calcularea raportului A/L și a conținutului de liant eficace (L_{ef}).

6.2.5.3.3 Conceptul coeficient k pentru silicea ultrafină de clasa 1, în conformitate cu SM SR EN 13263-1+A1:

- a) valorile următoare ale lui k sunt permise, pentru un beton preparat cu ciment de tip CEM I și CEM II/A (cu excepția cimenturilor cu silice ultrafină), în conformitate cu SM SR EN 197-1:
 - pentru un raport A/L specificat $\leq 0,45$ $k = 2,0$;
 - pentru un raport A/L specificat $> 0,45$ $k = 2,0$, cu excepția claselor de expunere XC și XF, unde $k = 1,0$;
- b) cantitatea maximă de silice ultrafină de clasa 1, ce poate fi luată în considerație, trebuie să respecte cerința: - silice ultrafină/ciment $\leq 0,11$ (în masă);
- c) dacă se utilizează o cantitate mai mare de silice ultrafină de clasă 1, suplimentul nu trebuie luat în considerare nici pentru calculul raportului A/L , nici pentru dozajul de liant eficace (L_{ef}).
- d) dozajul minim de liant eficace (L_{ef}) nu trebuie redus cu mai mult de 30 kg/m³ față de cantitatea de liant eficace (L_{ef}), necesară pentru încadrarea în clasele de expunere corespunzătoare.

NOTĂ - Dispozițiile în vigoare la locul de utilizare se aplică pentru silicea ultrafină clasa 2.

6.2.5.3.4 Coeficientul k pentru zgură granulată de furnal măcinată, în conformitate cu SM SR EN 15167-1:

- a) valoarea k și cantitatea maximă de zgură granulată de furnal măcinată (GGBS), care trebuie luată în considerare pentru conceptul coeficientului k , trebuie să fie în conformitate cu dispozițiile în vigoare la locul de utilizare;
- b) pentru GGBS, conform cu SM SR EN 15167-1, se recomandă o valoare a coeficientului k de 0,6 pentru betonul care conține tipuri de ciment CEM I și CEM II/A conform cu SM SR EN 197-1. Cantitatea maximă de GGBS trebuie să respecte recomandarea: GGBS/ciment $\leq 1,0$ în masă. Dacă se utilizează o cantitate mai mare de GGBS, cantitatea suplimentară nu va fi luată în considerare la calcularea raportului A/L și nici a conținutului de liant eficace (L_{ef}).

6.2.5.4 Conceptul de performanță echivalentă a betonului (ECPC)

- a) conceptul de performanță echivalentă a betonului constă în demonstrarea unei performanțe de durabilitate, cel puțin egale în raport cu conținutul minim total de lianți (L_t) și raportul maxim apă/liant total (A_{ef}/L_t) (a se vedea definiția dată în acest Cod la 3.8), atunci când se utilizează unul sau mai multe adaosuri specifice și unul sau mai multe tipuri specifice de ciment, pentru care sursa de proveniență și caracteristicile fiecăruia sunt clar definite și documentate;
- b) conform cerințelor de la 6.2.5.2, trebuie demonstrat că betonul are performanțe echivalente, în special în ceea ce privește reacția sa la acțiunile mediului înconjurător, în comparație cu un beton de referință, în conformitate cu cerințele pentru clasa de expunere relevantă (a se vedea 6.3.2);
- c) conceptul trebuie utilizat numai pentru cimenturi în conformitate cu SM SR EN 197-1, SM EN 197-5 sau SM EN 197-6 cu unul sau mai multe adaosuri.

NOTA 1 - Dispozițiile în vigoare la locul de utilizare pot impune restricții față de tipurile de ciment și de categoriile de pierdere la calcinare ale cenușilor la adoptarea compozițiilor.

NOTA 2 - SM CEN/TR 16639 furnizează informații mai detaliate despre acest concept.

6.2.5.5 Principiile Conceptului de performanță echivalentă a combinațiilor (EPCC)

a) principiile „Conceptului de Performanță Echivalentă a Combinațiilor” (EPCC) permit definirea unei game de combinații de ciment în conformitate cu SM SR EN 197-1, SM EN 197-5 sau SM EN 197-6 și un amestec (amestecuri) pentru care aptitudinea de utilizare a fost stabilită (a se vedea 6.1.1), care pot lua integral în considerare cerințele privind raportul A/L maxim și dozajul minim de liant eficace (L_{ef}), care sunt specificate pentru beton;

b) etapele metodei sunt:

- 1) identificarea unui tip de ciment în conformitate cu standardul european pentru cimenturi și care are aceeași sau o compoziție similară cu a combinației planificate;
- 2) evaluarea dacă betoanele produse cu combinația prezintă o durabilitate similară cu betoanele fabricate cu tipul de ciment identificat pentru clasa de expunere relevantă;
- 3) implementarea unui control al producției care asigură că cerințele pentru betonul conținând combinația este definit și îndeplinit.

NOTĂ – SM CEN/TR 16639 furnizează informații asupra aplicării conceptului în trei state membre CEN.

6.2.6 Utilizarea aditivilor în betoane

6.2.6.1 Aditivii vor fi utilizați obligatoriu, în conformitate cu prevederile din prezentul Cod (a se vedea Tabelul S.2 din Anexa S), fiind necesară verificarea inițială a compatibilității acestora, în cazurile în care se utilizează mai mulți aditivi.

6.2.6.2 Cantitatea totală de aditivi utilizați nu trebuie să depășească dozajul maxim recomandat de producătorul de aditivi și nu trebuie să fie mai mare de 50 g aditiv (așa cum au fost achiziționați) pe kg de liant total (L_t), cu excepția cazului când s-a determinat și s-a luat în considerare influența unui dozaj mai ridicat asupra performanțelor și durabilității betonului.

6.2.6.3 Aditivii utilizați în cantitate mai mică de 2 g/kg din conținutul total de liant (L_t) trebuie dispersați într-o parte din apa de amestecare, cu excepția aditivilor care nu pot fi dispersați omogen (de exemplu, pentru că formează un gel). În acest caz vor fi utilizate alte metode de adăugare în beton.

6.2.6.4 Dacă cantitatea totală de aditiv lichid (în soluție), este mai mare de 3 l/m³ de beton, conținutul său de apă este luat în considerare la calculul conținutului de apă eficace (A_{ef}).

6.2.6.5 Când sunt utilizați mai mulți aditivi, compatibilitatea lor trebuie verificată, atunci când se efectuează încercările inițiale de tip.

6.2.6.6 Aditivii reducători de apă/plastifianți, respectiv intens reducători de apă/superplastifianți se utilizează în toate cazurile având în vedere rolul principal de reducere a raportului A/L sau de creștere a lucrabilității la raport A/L constant. Aceste tipuri de aditivi se asociază în cazurile în care betonul este expus la îngheț-dezgheț cu utilizarea aditivilor antrenori de aer în clasele de expunere XF4, în mod obligatoriu și ca alternativă în cazul claselor de expunere XF2 și XF3, în conformitate cu Tabelul F.1.2.

6.2.6.7 Utilizarea altor tipuri de aditivi se face în funcție de tehnologie, de condițiile de mediu la punerea în operă, caracteristici speciale precizate în proiect sau la punerea în operă. Condițiile de utilizare a aditivilor sunt date în Tabelul S.2 din prezentul Cod.

6.2.6.8 Consistența comandată a betonului obișnuit se referă la valoarea obținută și verificabilă la locul de punere în operă.

6.2.7 Utilizarea fibrelor

6.2.7.1 Fibrele conforme cu tipul și cantitatea specificată, trebuie să fie adăugate în amestec printr-un procedeu care să asigure că acestea sunt distribuite uniform în întregul amestec de beton.

NOTĂ - SM SR EN 14889-1 și SM SR EN 14889-2 cer ca fibrele pentru utilizarea structurală să fie certificate în baza sistemului 1 de evaluare și verificare a constanței performanței, iar fibrele destinate altor utilizări să fie supuse certificării în baza sistemului 3 de conformitate, conform SM EN 206-2 și [2].

6.2.7.2 Fibrele de oțel zincate, în conformitate cu SM SR EN 14889-1, vor fi utilizate în beton numai dacă se dovedește că se previne formarea hidrogenului în beton.

6.2.8 Conținut de cloruri

6.2.8.1 Pentru conținutul maxim de cloruri al agregatelor se recomandă încadrarea în următoarele limite:

- a) maximum 0,15 % pentru beton fără armătură sau alte piese metalice înglobate;
- b) maximum 0,04 % pentru beton armat și cu piese metalice înglobate;
- c) maximum 0,02 % pentru beton precomprimat.

6.2.8.2 Conținutul de cloruri a unui beton, exprimat ca procent de masă al ionilor de cloruri raportat la masa conținutul de liant total (L_t), nu trebuie să depășească pentru clasa selectată valorile date în Tabelul 17.

Tabelul 17 – Conținutul maxim de clor din beton

Utilizarea betonului	Clasa de cloruri ^a conținute	Conținutul maxim de Cl ⁻ raportat la masa liantului total ^b
Beton care nu conține armături de oțel, sau alte piese metalice înglobate (cu excepția pieselor de ridicare rezistente la coroziune)	Cl 1,0	1,00%
Beton conținând armături de oțel sau piese metalice înglobate	Cl 0,10	0,10%
	Cl 0,20	0,20%
	Cl 0,40 ^b	0,40%
Beton conținând armături precomprimare de oțel, aflate în contact direct cu betonul	Cl 0,10	0,10%
	Cl 0,20	0,20%
^a Pentru o utilizare specifică a betonului, clasa de utilizare este în funcție de prevederile valabile la locul de utilizare a betonului. ^b Pot fi admise diferite clase de conținut de cloruri pentru betonul, care conține cimenturi CEM III, în conformitate cu dispozițiile în vigoare la locul de utilizare. NOTĂ – În cazul betonului rutier sau alte suprafețe circulabile conținutul de cloruri total trebuie să fie conform SM EN 13877-1.		

6.2.8.3 Clorura de calciu și aditivii pe bază de cloruri nu se utilizează în betonul ce conține elemente metalice încorporate.

6.2.8.4 Metoda de determinare a conținutului de cloruri al materialelor componente este metoda de încercare corespunzătoare materialului component.

6.2.8.5 Pentru a determina conținutul de cloruri din beton se calculează suma contribuțiilor materialelor componente, cu ajutorul uneia dintre metodele următoare sau prin combinarea lor:

- a) calculul bazat pe conținutul maxim în cloruri al componentelor dacă este stabilit prin standardul de component sau cel declarat de către producător pentru fiecare dintre materialele componente;
- b) calculul bazat pe conținutul de cloruri al materialelor componente, calculat lunar din suma mediilor ultimelor 25 determinări a conținutului de cloruri, majorat de 1,64 ori abaterea standard calculată pentru fiecare constituent.

NOTĂ - Această ultimă metodă se aplică în special agregatelor extrase din mare, pentru cazurile în care valoarea maximă nu este standardizată sau declarată.

6.2.9 Ciment, adaosuri, conținutul de apă și raportul apă/liant (A/L)

6.2.9.1 În cazul în care trebuie determinat conținutul de ciment, de adaosuri sau de apă, acesta se va considera cel înregistrat pe imprimanta înregistratorului echipamentului sau, în cazul în care nu se utilizează echipamente de înregistrare automată, cel indicat în registrul de producție al instrucțiunii de dozare.

6.2.9.2 Absorbția de apă a agregatelor cu greutate normală și a celor cu greutate mare se determină în conformitate cu SM EN 1097-6. Absorbția de apă a agregatului grosier ușor din betonul proaspăt se consideră a fi valoarea obținută după 1 oră, în baza metodei descrise în Anexa C din SM EN 1097-6:2022, utilizând valoarea umidității agregatelor în stare naturală în locul celei obținute după uscarea în etuvă.

NOTĂ - Pentru aditivi lichizi, a se vedea 6.2.6.

6.2.9.3 În cazul în care trebuie determinat raportul A/L al betonului, acesta se calculează pe baza conținutului de liant eficace (L_{ef}) și a conținutului de apă eficace (A_{ef}) determinate.

6.2.9.4 În cazul în care se impune determinarea raportului A_{ef}/L_t total, acesta se calculează pe baza conținutului înregistrat de liant total (L_t) și a conținutului de apă eficace (A_{ef}).

6.2.9.5 Pentru agregatele fine ușoare, metoda de încercare și criteriile trebuie să respecte dispozițiile în vigoare în locul de utilizare a betonului.

NOTĂ – Încercarea efectuată în conformitate cu SM EN 1097-6 poate fi modificată, luând în considerare toate părțile de agregate, atunci când prevederile în vigoare la locul de utilizare a betonului permit acest lucru.

6.2.9.6 În cazul în care aditivii sunt luați în considerare în compoziția betonului în raport cu conținutul minim de liant eficace (L_{ef}) și raportul apă/liant maxim, conținutul de liant eficace (L_{ef}) se determină prin: conceptul coeficientului k (6.2.5.3) sau conceptul performanței echivalente a combinațiilor - EPCC (6.2.5.5).

6.2.9.7 Dacă este necesară determinarea, prin analiză, a conținutului efectiv (L_{ef}) sau total (L_t) de lianți sau a raportului apă/liant (A/L) sau apă/liant total (A/L_t) al betonului proaspăt, metoda de încercare și toleranțele trebuie convenite între autorul specificației tehnice (proiectant) și producător.

NOTĂ - A se vedea SM CR 13902.

6.2.9.8 Raportul A/L este parametrul esențial pentru asigurarea rezistenței (la toate termenele de încercare) și durabilității betonului, acesta putând fi estimat conform SM CR 13902.

6.2.9.9 Raportul A/L se stabilește din condiția realizării clasei de rezistență prescrisă și diferă în funcție de tipul de liant și de clasa de rezistență a acestuia, de curba granulometrică a agregatelor, de utilizarea adaosurilor și fibrelor, iar valoarea aleasă nu va fi mai mare decât cea limită indicată în Anexa F, Tabelele F.1.1 și F.1.2, în funcție de clasele de expunere.

6.2.9.10 Raportul A/L se calculează după alegerea raportului A_t/L_t (a se vedea definiția dată în acest Cod la 3.9), (A_t - cantitatea totală de apă care reprezintă cantitatea de apă introdusă în compoziția betonului, inclusiv cantitatea de aditiv, dacă aceasta este mai mare de 3 litri), în cazurile speciale ale unor betoane supuse presiunii unor lichide și în funcție de anumite cerințe legate de asigurarea unor grade de permeabilitate în conformitate cu 6.5.3 din acest Cod), ulterior fiind necesară verificarea experimentală pentru încadrarea în gradul de permeabilitate corespunzător (a se vedea Anexa N).

6.2.10 Temperatura betonului

6.2.10.1 Temperatura betonului proaspăt nu trebuie să fie mai mică de 5 °C în momentul livrării. Dispozițiile în vigoare la locul de utilizare pot stabili limite maxime de temperatură pentru beton în momentul livrării. În cazul în care este necesară o cerință privind o temperatură minimă sau maximă diferită a betonului proaspăt, acestea trebuie specificate împreună cu toleranțele admise. Orice cerință privind răcirea sau încălzirea artificială a betonului înainte de livrare trebuie convenită între producător și utilizator.

6.2.10.2 Temperatura betonului proaspăt nu va depăși 30 °C, se acceptă numai în cazuri speciale în care au fost luate măsuri pentru a se asigura că depășirea temperaturii peste 30 °C nu va avea consecințe negative asupra calității betonului întărit (de exemplu, încercări prelabile prin utilizarea unui aditiv întârziator).

6.2.10.3 În cazul în care temperatura aerului este situată între - 3 °C și + 5 °C, temperatura betonului va fi mai mare de + 5 °C. În cazul în care dozajul de ciment este mai mic de 240 kg/m³ sau dacă se folosește ciment cu căldură de hidratare redusă (de exemplu, de clasa 32,5N) temperatura betonului va fi mai mare de + 10 °C la locul de punere în operă.

6.2.10.4 La temperaturi ale aerului mai mici de - 3 °C, temperatura betonului va fi mai mare de + 10 °C. Se iau măsuri corespunzătoare de turnare pe timp friguros care constau în protejarea betonului

împotriva înghețului. Este recomandată utilizarea cimenturilor cu căldură de hidratare mare (de exemplu, de clasa 42,5R) și/sau aditivi acceleratori de întărire și anti-îngheț.

6.2.10.5 Nu se recomandă punerea în operă a betonului la temperaturi ale aerului situate sub minus 10 °C.

6.2.10.6 În cazul în care este necesară o altă cerință referitoare la temperatura maximă sau minimă pentru betonul proaspăt, aceasta se va specifica dând, de asemenea, și toleranțele.

NOTA 1 - Pentru perioade caniculare se recomandă să fie folosit un tip de ciment, cu rezistența inițială normală „N” și degajare redusă de căldură (în cazul betoanelor masive, conform prEN 206-3 [1]). În general aceste cimenturi sunt cele cu clasă redusă de rezistență (32,5). Cimenturile cu degajare redusă de căldură de hidratare se recunosc prin marcajul „LH” (Low Hydration) în codificarea acestora. La astfel de lucrări se va urmări prevenirea pierderii accelerate a apei de consistență a betonului (prin acoperire cu folii impermeabile), respectiv împiedicarea fisurării din contracție plastică sau prin uscare.

NOTA 2 - Pentru perioade friguroase, inclusiv în perioada oficială de timp friguros (15 noiembrie – 15 martie) se recomandă să fie folosite, în elementele obișnuite, un tip de ciment cu degajare ridicată de căldură, care trebuie păstrată (protejată) timp cât mai îndelungat, prevenindu-se înghețarea betonului. În general, aceste cimenturi sunt cele cu rezistența inițială mare „R” și clasă ridicată de rezistență (42,5 și 52,5). Trebuie ținut cont de faptul că prin înghețarea betonului crud (fără ca structura matricei de piatră de ciment să fie formată) este afectată rezistența sa la compresiune.

6.3 Cerințe referitoare la clasele de expunere

Cerințele referitoare la clasele de expunere se aplică conform prevederilor art. 6.3 din SM EN 206-1.

6.3.1 Generalități

Cerințele privind betonul specificat, în funcție de clasele de expunere, pentru a rezista la acțiunile mediului înconjurător, sunt prezentate fie sub forma unor valori limită pentru compoziția betonului și proprietățile stabilite ale betonului (a se vedea 6.3.2), fie pot fi deduse din metode bazate pe performanță (a se vedea 6.3.3). Cerințele trebuie să țină seama de durata de viață proiectată a structurii din beton.

Prevederile din 6.3.2 nu se aplică betonului din clasa de rezistență la expunere (ERC). Cerințele referitoare la clasele de expunere pentru betonul ERC pot fi prevăzute în dispozițiile în vigoare la locul de utilizare.

6.3.2 Valori limită pentru compoziția betonului

6.3.2.1 Cerințele referitoare la metodele specificate ale rezistenței la agresiunile mediului înconjurător sunt date în prezentul Cod în termenii de proprietăți stabilite pentru beton și de valori limită de compoziție specifice Republicii Moldova.

NOTĂ - Având în vedere lipsa de experiență a Republicii Moldova cu privire la modul în care clasificarea acțiunilor de mediu înconjurător asupra betonului reflectă diferențele locale în cadrul aceleiași clase nominale de expunere, valorile specifice ale acestor cerințe pentru clasele de expunere aplicabile sunt prevăzute în dispozițiile în vigoare la locul de utilizare.

6.3.2.2 Cerințele pentru fiecare clasă de expunere trebuie specificate în termeni de:

- a) tipuri și clase de materiale componente permise;
- b) raport maxim apă/liant;
- c) conținut minim eficace sau total de liant;
- d) clase minime de rezistență la compresiune a betonului (opțional);
- și, dacă este cazul:
- e) conținut minim de aer din beton;
- f) exigențe privind procedee tehnologice (de exemplu, șlefuirea sau acoperirea de protecție).

NOTĂ – Recomandări privind alegerea valorilor limită pentru compoziția și proprietățile betonului sunt date în Anexa F în caz de utilizare a cimenturilor în conformitate cu SM SR EN 197-1 pentru care aptitudinea de utilizare într-o clasă de expunere a fost stabilită. Tabelele F.1.1 și F.1.2 (Anexa F) prezintă condițiile compoziționale, proprietățile betonului și utilizarea cimenturilor. Conținutul maxim de părți fine din beton este prezentat în tabelele F.3.1 și F.3.2 din Anexa F.

6.3.2.3 Dispozițiile în vigoare, la locul de utilizare a betonului, trebuie să includă cerințe care să țină seama de o durată de viață nominală de proiect de cel puțin 50 de ani, în condițiile de mentenanță stabilite prin proiect.

NOTĂ - Pentru o durată de viață inferioară (de exemplu de 20 de ani) sau superioară (de exemplu de 100 de ani), pot fi necesare valori limită specificate mai puțin severe sau mai severe. Interpretări privind "Sfârșitul duratei de viață" și modalitatea de calibrare/validare a valorilor limită pentru compoziția betonului, care sunt furnizate de dispoziții la locul de utilizare a betonului, sunt disponibile în SM ISO 16204. În acest caz sau pentru compozițiile specificate de beton, sau în condiții speciale în materie de protecție contra coroziunii, referitor la grosimea betonului ce acoperă armăturile (de exemplu, când grosimea este inferioară specificațiilor/prevederilor SM EN 1992-1-1 relativ la protecția contra coroziunii), se efectuează studii speciale de către elaboratorul specificației, pentru o construcție anume, sau mai general pentru prescripții naționale (de exemplu, NCM E.04.04). Detalii sunt date în Anexa J.

6.3.2.4 În cazul unor combinații de clase de expunere se vor considera cerințele cele mai exigente dintre cele indicate pentru fiecare clasă.

NOTA 1 - În conformitate cu SM EN 206-1, s-a stabilit ca raportul apă/liant (*A/L*) maxim să fie indicat prin creștere de 0,05 și conținutul minim de ciment prin creștere de 20 kg/m³. Când privește rezistența la compresiune, este recomandat să fie indicată în clase, conform Tabelului 14, pentru betonul greu și conform Tabelului 15, pentru betonul ușor. Tabelele F.1.1, F.1.2, F.2.1, F.2.2, F.2.3, F.2.4 (Anexa F) prezintă condițiile compoziționale, proprietățile betonului și utilizarea cimenturilor. Conținutul maxim de părți fine din beton este prezentat în Tabelele F.3.1 și F.3.2 din Anexa F.

NOTĂ 2 – Domeniile de utilizare ale cimenturilor nu pot fi stabilite decât prin aplicarea unor metode accelerate, de preferință bazate pe performanță, ținând seama de experiența internațională și de comportamentul în timp și în condiții reale de mediu al unor cimenturi despre care se știe că au rezistat bine testului timpului [4].

6.3.2.5 Dacă betonul este conform cu valorile limită specificate, se consideră că betonul din structură satisface cerințele de durabilitate în raport cu utilizarea preconizată luând în considerare condițiile de mediu înconjurător specifice, cu condiția ca:

- a) betonul să fie corect pus în operă, compactat și tratat/protejat conform prevederilor din SM SR EN 13670;
- b) betonul ce acoperă armătura să aibă grosimea minimă impusă prin proiect/reglementarea de proiectare pentru condițiile de mediu înconjurător specifice, de exemplu SM EN 1992-1-1;
- c) clasa (combinația claselor) de expunere la mediul înconjurător să fie corect selectată;
- d) întreținerea preventivă să fie corect realizată.

6.3.3 Metode de concepție bazate pe performanțe

6.3.3.1 Cerințele referitoare la clasele de expunere pot fi stabilite utilizând metode de concepție bazate pe performanță pentru durabilitate, în termeni de parametri de performanță, de exemplu, pătrunderea clorurilor și a dioxidului de carbon, măsurarea exfolierii printr-o încercare de îngheț-dezgheț. Detalii sunt prezentate în Anexa J.

6.3.3.2 Dispozițiile în vigoare la locul de utilizare pot prevedea metode bazate pe performanță pentru beton, menite să prevină deteriorarea și să asigure protecția împotriva coroziunii pentru toate clasele de expunere relevante.

6.3.3.3 Clasele de rezistență la expunere (ERC) trebuie utilizate pentru clasificarea betonului în funcție de rezistență:

- a) împotriva coroziunii provocate de carbonatare (XRC) sau de cloruri (XRD) și a deteriorărilor cauzate de acestea;
- b) prin atacul provocat de îngheț-dezgheț (XRF) sau agresivitate chimică (XRA).

6.3.3.4 Metoda bazată pe performanță pentru atacurile cauzate de carbonatare și cloruri trebuie să se bazeze pe conceptul ERC. În cazul altor tipuri de atacuri, aplicarea unei metode bazate pe performanță depinde de dispozițiile în vigoare în locul de utilizare a betonului.

NOTA 1 - Au fost publicate o serie de metode de încercare bazate pe performanță, de exemplu SM CEN/TS 12390-9, SM EN 12390-10, SM EN 12390-11, SM EN 12390-8, SM EN 12390-12, SM EN 12390-16, SM EN 12390-18, SM CEN/TR 16349, SM CEN/TR 15177 și cadrul pentru procedura echivalentă de durabilitate SM CEN/TR 16563.

NOTA 2 – SM EN 1992-1-1: clauza 6, specifică dispozițiile de proiectare bazate pe clasele ERC.

6.3.3.5 Aplicarea metodelor bazate pe performanță permite utilizarea materialelor componente, în conformitate cu procedurile și în condițiile asigurării cerințelor de rezistență și durabilitate prezentate în Cod.

6.3.4 Cerințe pentru betonul turnat sub apă

6.3.4.1 Betonul turnat sub apă are proprietăți speciale în stadiile proaspăt și întărit, are consistența necesară pentru a putea fi pus în operă ușor, o structură densă chiar și fără compactare și nu are segregări.

6.3.4.2 În cazul betonului turnat sub apă pentru execuția unor elemente portante, raportul A/L va fi mai mic de 0,60. În cazul unor expuneri suplimentare agresive, de exemplu de tip XA, dozajul minim de liant va fi de cel puțin 350 kg/m³, cu dimensiunea maximă a agregatelor de 32 mm.

6.4 Cerințe pentru betonul proaspăt

6.4.1 Consistența, vâscozitatea aparentă, abilitatea de curgere, rezistența la segregare

6.4.1.1 Consistența betonului trebuie determinată prin încercări prin una din metodele următoare:

- a) încercarea de tasare, în conformitate cu SM EN 12350-2;
- b) încercarea Vebe, în conformitate cu SM EN 12350-3;
- c) gradul de compactare, în conformitate cu SM EN 12350-4;
- d) încercarea de răspândire pe masă, în conformitate cu SM EN 12350-5;
- e) încercarea de răspândire din tasare, în conformitate cu SM EN 12350-8;
- f) metode de încercări specifice care au făcut obiectul unui acord între elaboratorul de specificație și producător, pentru betonul destinat unor aplicații speciale (de exemplu, beton semiumed).

6.4.1.2 Când se determină vâscozitatea aparentă a betonului autocompactant, aceasta trebuie măsurată prin aplicarea uneia dintre metodele următoare:

- a) timpul t_{500} , în conformitate cu SM EN 12350-8;
- b) timpul t_v , în conformitate cu SM EN 12350-9.

6.4.1.3 Când se determină abilitatea de trecere, aceasta trebuie măsurată prin aplicarea uneia din metodele următoare:

- a) încercarea utilizând cutia L, în conformitate cu SM EN 12350-10 ;
- b) încercarea utilizând inelul J, în conformitate cu SM EN 12350-12.

6.4.1.4 Când rezistența la segregare a betonului autocompactant trebuie să se determine, aceasta va fi măsurată prin încercarea de determinare a rezistenței la segregare utilizând site în conformitate cu SM EN 12350-11.

NOTĂ - Consistența, vâscozitatea aparentă, abilitatea de trecere și rezistența la segregare pot fi determinate prin metode de încercare alternative, în vigoare la locul de utilizare a betonului, dacă este stabilită și probată o relație (a se vedea 9.4 din prezentul Cod).

6.4.1.5 Conformitatea cu proprietățile specificate trebuie stabilită în momentul utilizării betonului sau, în cazul betonului gata de utilizare, în momentul livrării sale.

6.4.1.6 Dacă un beton este livrat într-un camion autobetonieră sau o cuvă agitatoare, proprietățile trebuie măsurate fie pe un eșantion global, fie pe un eșantion punctual, în conformitate cu SM EN 12350-1.

6.4.1.7 Proprietățile pot fi specificate fie prin referire la o clasă, în conformitate cu 5.2.1 sau 5.2.2, fie printr-o valoare țintă. Toleranțele corespunzătoare valorilor țintă sunt date în Tabelul 30.

6.4.1.8 Pot fi prevăzute specificații suplimentare pentru betonul cu fibre, pentru a asigura o omogenitate adecvată, fluiditate, capacitatea de a-și menține panta, precum și pentru a controla orientarea fibrelor etc.

6.4.2 Conținut de aer

6.4.2.1 Conținutul de aer al betonului trebuie determinat, prin măsurare în conformitate cu SM EN 12350-7, pentru betonul de densitate normală și betonul greu și în conformitate cu ASTM C 173 [5], pentru betonul ușor. Conținutul volumului de aer antrenat este prescris printr-o valoare minimă. Limita superioară pentru conținutul de aer este valoarea minimă specifică plus 4% în valoare absolută.

6.4.2.2 Valorile minime ale volumului de aer antrenat (în conformitate cu Anexa F, Tabelele F.1.1 și F.1.2) sunt prezentate în Tabelul 18 în funcție de dimensiunea maximă a agregatelor.

Tabelul 18 - Valori minime ale volumului de aer antrenat în funcție de dimensiunea maximă a agregatelor

Dimensiunea maximă a agregatelor (mm)	Aer antrenat (% volum) valori medii	Aer antrenat (% volum) valori individuale
8	$\geq 6,0$	$\geq 5,5$
16	$\geq 5,5$	$\geq 5,0$
22	$\geq 5,0$	$\geq 4,5$
32	$\geq 4,5$	$\geq 4,0$
63	$\geq 4,0$	$\geq 3,5$

6.4.3 Dozajul de fibre

Când dozajul de fibre din betonul proaspăt trebuie determinat, acesta se va lua în considerare ca înregistrare pe imprimanta înregistratorului sau, în cazul în care un astfel de echipament nu este utilizat, din înregistrările efectuate în legătură cu instrucțiunile de dozare.

NOTĂ - În unele cazuri, se poate opta pentru spălarea betonului.

6.4.4 Dozajul de liant și raportul apă/liant

6.4.4.1 Atunci când trebuie să se determine dozajul de liant, de apă sau de adaosuri, cantitatea de liant, cantitatea de adaosuri și cantitatea de apă adăugată trebuie înregistrată, fie prin înregistrarea pe imprimanta înregistratorului echipamentului, sau când nu este utilizat înregistratorul, în registrul de producție în legătură cu instrucțiunile de dozare.

6.4.4.2 Atunci când trebuie să se determine raportul apă/liant din beton acesta trebuie calculat pe baza conținutului de liant determinat și a conținutului de apă eficace (A_{ef}) (pentru aditivii lichizi, a se vedea 6.2.6.3). Coeficientul de absorbție a apei din agregatele cu densitate normală și din agregatele grele, trebuie determinat în conformitate cu SM EN 1097-6. Coeficienții de absorbție a apei din agregatele ușoare, din betonul proaspăt, trebuie să corespundă valorii obținute la 1 h, determinată conform metodei descrise în Anexa C din SM EN 1097-6, utilizând valoarea umidității agregatelor în stare naturală în locul celei obținute după uscarea în etuvă.

NOTĂ - Încercările efectuate în conformitate cu SM EN 1097-6 pot fi modificate luând în considerare toate sorturile fine de agregate, atunci când prevederile în vigoare la locul de utilizare a betonului permit acest lucru.

6.4.4.3 Când adaosurile sunt luate în considerare în compoziția betonului, dozajul minim de liant, raportul maxim A/L, dozajul de ciment, sunt înlocuite prin:

- dozajul (ciment + $k \times$ adaos), sau
- dozajul (ciment + adaos), în funcție de conceptul utilizat.

6.4.4.4 Când determinarea dozajului de liant, a dozajului de adaosuri sau a raportului A/L din betonul proaspăt este cerută, metodele de determinare și toleranțele, trebuie să facă obiectul unei înțelegeri între utilizator și producător.

NOTĂ - A se vedea SM CR 13902.

6.4.4.5 Valoarea dozajului de liant prezentată în Tabelele F.1 și F.2 din Anexa F este cea minimă și nu există întotdeauna o relație directă între prevederea acestui dozaj și obținerea rezistenței corespunzătoare clasei de rezistență minimă indicată în aceste tabele, fiind în cele mai multe cazuri, necesară majorarea acestuia pentru clasele de consistență și procedeele tehnologice de punere în operă, uzual folosite pentru lucrări de construcții.

6.4.4.6 Valorile prezentate în Tabelele F.1 și F.2 se referă la asigurarea unei durate de viață proiectate de 50 de ani pentru o structură. În cazul necesității asigurării unei durate mai mari, de exemplu 100 de ani, se recomandă aplicarea metodelor de performanță pentru asigurarea durabilității betonului, metode care fac legătura între clasele de rezistență la acțiunea mediului, clasele de expunere și prevederea unei anumite grosimi și calități¹ a stratului de acoperire cu beton a armăturilor. În abordarea actuală din SM EN 1992-1-1 singura măsură aplicabilă, și aceasta numai în cazul coroziunii, este majorarea grosimii stratului de acoperire cu beton a armăturii cu 10 mm în cazul trecerii de la o durată de viață de 50 de ani la 100 de ani, indiferent de clasa de expunere, dar cu respectarea unor clase minime de rezistență la compresiune a betonului în funcție de clasa de expunere, prin majorarea clasei structurale cu două clase, pentru construcțiile obișnuite, de la S4 la S6.

6.5 Cerințe pentru betonul întărit

Cerințele pentru betonul întărit se aplică conform prevederilor art. 6.5 din SM EN 206-1.

6.5.1 Rezistența

6.5.1.1 Generalități

- a) când trebuie determinată rezistența la compresiune, aceasta se efectuează pe baza încercărilor pe cuburi de 150 mm sau pe cilindri de 150 mm/300 mm în conformitate cu SM EN 12390-1, confecționate și conservate în conformitate cu SM EN 12390-2, din probele prelevate în conformitate cu SM EN 12350-1;
- b) pentru evaluarea rezistenței pot fi utilizate alte dimensiuni de epruvete și alte moduri de tratare, cu condiția ca relațiile stabilite cu valorile de referință să aibă o precizie suficientă și să fie documentate și înregistrate.

NOTĂ - În cazul determinării rezistenței betonului pe probe prelevate la locul de punere în operă, din care se confecționează epruvete, care sunt conservate în alte condiții de temperatură și umiditate decât cele descrise în SM EN 12390-2, rezultatele pot servi numai la determinarea controlului întăririi betonului și nu la controlul calității, în sensul atribuirii unei clase de beton.

6.5.1.2 Rezistența la compresiune

- a) când trebuie determinată rezistența la compresiune, aceasta trebuie simbolizată $f_{c,cub}$, când este determinată pe epruvete cubice și respectiv $f_{c,cil}$ când este determinată pe epruvete cilindrice, în conformitate cu SM EN 12390-3;

NOTA 1 - Se pot utiliza și epruvete de alte dimensiuni, rezistențele la compresiune pot fi echivalate cu rezistența obținută pe cuburi de 150 mm pe baza unor relații de echivalență adecvate, fără ca rezultatele să fie utilizate pentru determinarea clasei betonului.

NOTA 2 - Se recomandă ca echipamentele de încercare să fie dotate astfel încât să poată înregistra automat rezultatele obținute prin încercarea la compresiune a epruvetelor.

- b) alegerea încercărilor pe cub sau pe cilindri pentru evaluarea rezistenței, trebuie declarată la timp de producător, înainte de livrare. Dacă trebuie utilizată o metodă diferită, aceasta trebuie stabilită de comun acord între elaboratorul specificației și producător;
- c) dacă nu există prevederi contrarii, rezistența la compresiune se determină pe epruvete încercate la 28 zile. Pentru anumite utilizări poate fi necesar de a specifica rezistența la compresiune la termene mai scurte sau mai lungi de 28 zile (de exemplu elemente structurale masive), sau după conservare în condiții speciale (de exemplu, tratarea termică);
- d) rezistența caracteristică a betonului trebuie să fie egală sau superioară rezistenței la compresiune caracteristice minime, pentru clasa de rezistență specificată (a se vedea tabelele 14 și 15), cu o marjă de siguranță definită;
- e) când este probabil ca încercările de rezistență la compresiune să dea valori nereprezentative, de exemplu betonul având clasa de consistență C0, mai vârtos decât S1 sau betonul vacuumat, atunci metoda de încercare trebuie modificată (convenită între autorul specificației și producător) sau rezistența la compresiune poate fi evaluată în structura existentă sau în elemente de structură (de exemplu, conform SM EN 12504-4).

¹ Tratarea și protecția betonului vor fi în conformitate cu SR EN 13670.

NOTA 3 - SM EN 13791 prezintă metode și proceduri pentru evaluarea rezistenței structurii sau a elementului structural.

6.5.1.3 Rezistența la tracțiune prin despicare

- a) dacă se impune determinarea rezistenței la tracțiune a betonului, frecvența și metoda de încercare, precum și criteriile de conformitate pot fi stabilite în conformitate cu dispozițiile în vigoare la locul de utilizare și trebuie să facă parte din specificația betonului;
- b) când trebuie determinată rezistența la tracțiune prin despicare a betonului, aceasta se va face prin încercări în conformitate cu SM EN 12390-6. Dacă nu există prevederi contrare, rezistența la tracțiune se determină pe epruvete încercate la 28 zile.
- c) rezistența caracteristică la tracțiune prin despicare a betonului, trebuie să fie egală sau superioară rezistenței caracteristice la tracțiune prin despicare specificate.

NOTĂ - Aceeași abordare poate fi utilizată când trebuie determinată rezistența la încovoiere. În acest caz se aplică standardul SM EN 12390-5.

6.5.1.4 Caracteristicile de rezistență la tracțiune prin încovoiere ale betonului armat cu fibre

În cazul în care trebuie determinate caracteristicile reziduale de încovoiere ale betonului armat cu fibre, frecvența încercărilor și criteriile de conformitate pot fi stabilite în conformitate cu dispozițiile în vigoare la locul de utilizare și trebuie să facă parte din specificația betonului.

NOTĂ - Caracteristicile de proiectare pentru betonul armat cu fibre de oțel, conform Anexei L din SM EN 1992-1-1, sunt obținute pe baza încercărilor de rezistență la încovoiere reziduală, conform SM SR EN 14651.

6.5.2 Densitatea

6.5.2.1 În funcție de densitatea sa, betonul după uscare în etuvă este definit ca beton ușor, greu sau cu densitate normală (a se vedea definițiile din SM EN 206-1).

6.5.2.2 Când se impune determinarea densității betonului, aceasta se măsoară în conformitate cu standardul SM EN 12390-7.

6.5.2.3 Pentru betonul ușor, betonul cu densitatea normală și betonul greu, densitatea după uscare în etuvă, trebuie să fie cuprinsă între limitele claselor de densitate prescrise (a se vedea Tabelul 16).

În cazuri particulare, când densitatea este specificată în termeni de valori țintă, se aplică o toleranță de $\pm 100 \text{ kg/m}^3$, dacă nu sunt specificații contrare.

6.5.2.4 Când este evaluată conformitatea betonului ușor de clasă volumică specificată, densitatea betonului ușor trebuie determinată în conformitate cu SM EN 12390-7, după uscarea betonului în etuvă. Atunci când conformitatea betonului ușor de densitate țintă este evaluată în conformitate cu 5.3.2, determinarea densității betonului ușor trebuie făcută în conformitate cu SM EN 12390-7, după uscarea în etuvă sau în conformitate cu condițiile specificate.

6.5.3 Rezistența la pătrunderea apei

6.5.3.1 Dacă betonul trebuie să prezinte rezistență la pătrunderea apei (impermeabilitatea), cerințele referitoare la clasa de rezistență minimă, dozajul de liant, raportul A/L maxim trebuie să fie cele corespunzătoare claselor XC1-XC4, XD1-XD3, XA1-XA3, în conformitate cu Anexa F.

6.5.3.2 Când trebuie determinată rezistența betonului la pătrunderea apei pe epruvete, (de exemplu, în conformitate cu SM EN 12390-8), metoda și criteriile de conformitate trebuie să facă obiectul unui acord între elaboratorul specificației tehnice (proiectantul) și producător.

6.5.3.3 În absența unei metode de încercări agreeată, rezistența la pătrunderea apei, poate să fie specificată indirect prin valori limită asupra compoziției betonului.

Pentru lucrările care sunt supuse presiunii apei se adoptă una dintre clasele de permeabilitate exprimate prin $P_{x,y}$, realizate conform metodei descrise în Anexa N.

6.5.3.4 Pentru clasele de permeabilitate uzuale se impune respectarea condițiilor privind raportul A_f/L_t , după cum urmează:

- a) P_4^{10} raport $A_f/L_t \leq 0,60$;
- b) P_8^{10} raport $A_f/L_t \leq 0,50$;
- c) P_{12}^{10} raport $A_f/L_t \leq 0,45$.

6.5.3.5 Determinarea impermeabilității la apă a betonului se efectuează prin încercarea unor epruvete de control (martor) confecționate sau a unor carote prelevate din produse prefabricate din beton și beton armat, în conformitate cu standardele în vigoare.

6.5.3.6 Determinarea rezistenței la impermeabilitatea la apă prin metoda petei umede

6.5.3.6.1 Determinarea impermeabilității la apă a betonului prin metoda „petei umede” (sau a presiunii maxime) este o procedură tradițională, standardizată prin vechile norme naționale, utilizată în paralel sau înlocuită prin standardele europene de determinare a adâncimii de pătrundere a apei sub presiune, conform SM EN 12390-8.

6.5.3.6.2 Principiul metodei constă în supunerea unei serii de epruvete de beton la o presiune hidrostatică crescătoare în trepte (0,2 MPa, 0,4 MPa, 0,6 MPa, 0,8 MPa etc.), urmărind momentul în care apa traversează epruveta și apare sub formă de pată umedă sau sub formă de picături pe fața opusă.

6.5.3.6.3 Metoda constă în determinarea impermeabilității la apă (W), pe minim 6 epruvete martor cubice sau cilindrice, cu lungimea unei muchii sau diametru, care să nu depășească 150 mm (a se vedea N.4 din Anexa N), confecționate conform SM EN 12390-2 (a se vedea Tabelul N.2 din Anexa N).

6.5.3.6.4 Determinarea rezistenței la impermeabilitate la apă prin adâncimea de pătrundere a apei sub presiune, conform SM EN 12390-8, este o metoda rapidă (alternativă).

Clasa de impermeabilitate la apă (W) este preluată din Tabelul N.3 din Anexa N.

NOTĂ - Atunci când se utilizează această metodă, se aplică standardele SM EN 12390-2 la pregătirea/confecționarea epruvetelor martor și SM EN 12504-1 la prelevarea de carote din produse prefabricate din beton și beton armat sau structuri monolit.

6.5.3.6.5 Rezultatul încercării este adâncimea maximă vizibilă de pătrundere a apei în beton, exprimată rotunjit în mm. Se calculează media aritmetică a rezultatelor obținute pe cele 6 epruvete de beton din serie.

Correspondența dintre adâncimea de pătrundere și clasa de impermeabilității de determinare a impermeabilității la apă este prezentată în Tabelul N.4 din Anexa N.

6.5.4 Rezistența la îngheț – dezgheț

6.5.4.1 În cazul în care betonul trebuie să prezinte rezistență la îngheț-dezgheț, cerințele referitoare la clasa de rezistență minimă, dozajul minim de liant, raportul A/L maxim trebuie să fie cele corespunzătoare claselor XF1, XF2, XF3 și XF4, în conformitate cu Anexa F. Trebuie să se utilizeze agregate rezistente la îngheț-dezgheț, conform SM SR EN 12620+A1, SM EN 1367-1 și SM EN 1367-2.

6.5.4.2 Când trebuie determinată rezistența la îngheț-degheț a betonului, în conformitate cu SM CEN/TS 12390-9 și criteriile de conformitate trebuie să facă obiectul unui acord între elaboratorul specificației tehnice (proiectant) și producător.

6.5.4.3 În conformitate cu Anexa J performanța betonului încercat prezintă o rezistență suficientă la îngheț-dezgheț dacă cantitatea de beton exfoliată este mai mică de o valoare stabilită, exprimată ca procent de masă (3%, 5%, 10%), după ciclurile respective (56, 100) sau o valoare a exfolierii mai mică de 1,3 kg/m² pentru XF1, XF2 și mai mică de 1,0 kg/m² pentru XF3, XF4 din valoarea inițială. Utilizarea unei variante depinde de prevederile în vigoare la locul unde betonul este utilizat.

6.5.5 Reacția la foc

Betonul compus din agregate naturale conform art. 6.1.3, ciment conform art. 6.1.2, aditivi conform art. 6.1.5, agregate mărunte conform art. 6.1.6, fibre conform art. 6.1.7, sau alte materiale minerale conform art. 6.1.1 este clasificat ca Euroclasa A1 și nu necesită încercări¹⁾.

6.5.6 Rezistența la uzură

6.5.6.1 În cazul în care betonul trebuie să prezinte rezistență la uzură, cerințele referitoare la clasa de rezistență minimă, dozajul de ciment, raportul A/L maxim trebuie să fie cele corespunzătoare claselor XM1, XM2 și XM3 în conformitate cu punctul 6.3.2 și Anexa F.

6.5.6.2 Trebuie să se utilizeze agregate rezistente la uzură la prepararea betonului, conform SM SR EN 12620+A1, verificările fiind efectuate conform SM EN 1097-1 și SM EN 1097-2.

6.5.6.3 Valorile maxime ale rezistenței la uzură iau în considerare condițiile locale, în conformitate cu cerințele prezentate în Tabelul 19.

Tabelul 19 – Valori maxime ale rezistenței la uzură

Clasa ^{a)}	Rezistența la uzură ^{b)} , g/cm ²
XM1	≤ 0,9
XM2	≤ 0,8
XM3	≤ 0,7
^{a)} Clasificarea nu este aplicabilă betonului ușor; ^{b)} Încercări efectuate în conformitate cu SM EN 13892-3 (metoda Böhme).	

Rezistența la uzură a betonului trebuie determinată, prin măsurare (de exemplu, în conformitate cu SM SR EN 1338, SM SR EN 1339, SM EN 1340 și SM EN 13892-3).

NOTĂ - În caz de disconcordanță, pentru determinarea rezistenței la uzură pot fi utilizate și alte metode alternative corespunzătoare.

7 Specificația betonului

Specificația betonului este conform prevederilor art. 7 din SM EN 206-1.

7.1 Generalități

7.1.1 Elaboratorul specificației betonului (proiectantul), trebuie să se asigure că toate cerințele pentru obținerea proprietăților necesare ale betonului, sunt incluse în specificația dată producătorului. Elaboratorul trebuie, de asemenea, să prevadă toate cerințele asupra proprietăților betonului, care sunt necesare la transportul după livrare, la punerea în operă, la compactare, la tratarea inițială și la tratările ulterioare. Specificația trebuie să includă, dacă este necesar, toate cerințele speciale (de exemplu, pentru obținerea unui aspect arhitectural).

7.1.2 Elaboratorul trebuie să ia în considerare:

- utilizarea betonului proaspăt și întărit;
- condițiile de tratare;
- dimensiunile structurii (dezvoltarea căldurii de hidratare);
- agresivitatea mediului înconjurător la care va fi expusă structura;
- durata de viață a construcției, prevăzută în proiect;
- toate cerințele aplicabile agregatelor aparente și agregatelor pentru betoanele decorative;
- toate cerințele care influențează asupra D_{sup} și D_{inf} specificate;

NOTA 1 - Asemenea cerințe sunt date în SM EN 1992-1-1 și SM SR EN 13670.

¹⁾ A se vedea Decizia Comisiei (96/603/CE) [6].

h) toate restricțiile de utilizare a materialelor componente cu aptitudine de utilizare stabilită, de exemplu, în funcție de clasele de expunere.

NOTA 2 - Prevederile valabile la locul de utilizare a betonului pot conține cerințe pentru câteva din considerațiile de mai sus.

7.1.3 Betonul trebuie specificat fie ca beton cu proprietăți specificate și se referă, în general, la clasificarea dată la capitolul 5 și la cerințele enunțate la subcapitolele 6.3 și 6.5 (a se vedea subcapitolul 7.2), fie ca beton cu compoziție prescrisă (a se vedea subcapitolul 7.3). Bazele proiectării betonului sau prescrierea compoziției acestuia, trebuie să se facă pe baza rezultatelor încercărilor inițiale de tip (a se vedea Anexa A) sau a informațiilor obținute dintr-o lungă experiență acumulată cu un beton comparabil, luând în considerare condițiile de bază asupra materialelor componente (a se vedea subcapitolul 6.1) și compoziția betonului (a se vedea subcapitolul 6.2 și 6.3.2).

7.1.4 Pentru betonul având compoziția specificată este responsabilitatea elaboratorului de specificație de a se asigura că specificațiile sunt conforme cu cerințele generale ale acestui Cod și compoziția prescrisă este capabilă să atingă performanțele așteptate pentru beton atât în stare proaspătă cât și întărită. Elaboratorul trebuie să țină și să aducă la zi documentația referitoare la specificație, pentru obținerea performanțelor așteptate (a se vedea 9.5). În cazul betonului având compoziția prescrisă într-un standard, această sarcină este responsabilitatea organismului național de standardizare.

NOTĂ - Pentru betonul având compoziția specificată, evaluarea conformității este bazată numai pe conformitatea compoziției specificate și nu pe performanțele așteptate de elaboratorul specificației.

În cazuri particulare (de exemplu betonul aparent, beton de înaltă rezistență la uzură, beton turnat sub apă etc.) producătorul, utilizatorul și beneficiarul trebuie să se pună de acord cu cerințele particulare privind compoziția betonului și specificațiile de aplicare a materialelor în beton.

7.2 Specificația betonului cu proprietăți specificate

7.2.1 Generalități

7.2.1.1 Specificația betonului cu proprietăți specificate trebuie elaborată pe baza cerințelor de la 7.2.2, care, trebuie indicate în toate cazurile, și a condițiilor suplimentare de la 7.2.3, care trebuie indicate atunci când sunt cerute.

7.2.1.2 Abrevierile utilizate în specificații sunt prezentate la capitolul 4 din SM EN 206-1 și din prezentul Cod.

7.2.2 Cerințe de bază

7.2.2.1 Specificația betonului trebuie să cuprindă:

- a) cerințe de conformitate cu acest Cod;
- b) clasa de rezistență la compresiune;
- c) clasă/clase de expunere ca denumire a betonului și/sau clasă/clase de rezistență la expunere (a se vedea 6.3 și capitolul 11, pentru formatul prescurtat);
- d) D_{sup} și D_{inf} ;

NOTĂ - D_{sup} nu va fi mai mare decât d_g , în conformitate cu SM EN 1992-1-1.

- e) clasa de conținut de cloruri conform Tabelului 17;

7.2.2.2 Pentru betonul ușor, specificația trebuie să cuprindă suplimentar: clasa de densitate sau densitatea țintă.

7.2.2.3 Pentru betonul greu și densitatea normală, specificația trebuie să cuprindă suplimentar: densitatea țintă.

7.2.2.4 Pentru betonul gata de utilizare și betonul de șantier, specificația trebuie să cuprindă suplimentar: clasa de consistență sau în cazuri speciale valoarea țintă a consistenței.

NOTĂ – A se vedea Anexa G din prezentul Cod pentru recomandări privind specificațiile betonului autocompactant.

7.2.3 Cerințe suplimentare

Punctele următoare pot fi specificate prin cerințe de performanță și prin metodele de încercare dacă sunt adecvate:

- a) tipuri sau clase speciale de ciment;
- b) tipuri sau clase speciale de agregate;
- c) tipuri sau clase speciale de adaosuri;

NOTA 1 - În acest caz, compoziția betonului stabilită, pentru a reduce la minim efectele dăunătoare ale reacției alcalii-silice, este în responsabilitatea (proiectantului) elaboratorului specificației (a se vedea 6.2.3.5).

d) tipul, funcția (de utilizare structurală sau nestructurală) și dozajul minim de fibre sau clasa de performanță a betonului armat dispers cu fibre. În cazul claselor de performanță, clasele, metodele de determinare și criteriile de conformitate trebuie precizate;

NOTA 2 - Funcțiile nestructurale pot include, de exemplu, contracția totală sau rezistența la exfoliere provocată de foc.

- e) caracteristicile cerute pentru rezistența la îngheț-dezghet (de exemplu, conținutul de aer, a se vedea 6.4.2);
- f) cerințele pentru temperatura betonului proaspăt, când ele diferă de cele de la 6.2.10;
- g) evoluția rezistenței (a se vedea Tabelul 20);
- h) degajarea căldurii în cursul hidratării;
- i) priza întârziată;
- j) rezistența la pătrunderea apei;
- k) rezistența la abraziune;
- l) rezistența la tracțiune prin despicare sau rezistența la încovoiere (a se vedea 6.5.1.3);
- n) contracția la uscare, curgerea lentă și modulul de elasticitate (de exemplu, cum se indică în A.4.8; Anexa A din prezentul Cod și în A.4 din SM EN 206-1);
- m) specificații complementare pentru betonul destinat lucrărilor geotehnice speciale (a se vedea Anexa D și prEN 206-3 [1]);
- p) proprietăți complementare pentru betonul autocompactant (a se vedea Anexa G)
- r) alte cerințe tehnice (de exemplu, cerințe privind obținerea unui anumit aspect, o metodă specială de punere în operă sau timpul de păstrare a lucrabilității).

Tabelul 20 – Evoluția rezistenței betonului la plus 20 °C

Evoluția rezistenței	Raportul rezistențelor $r = f_{cm,2}/f_{cm,28}$
Rapidă	$\geq 0,5$
Medie	$\geq 0,3$ și $< 0,5$
Lentă	$\geq 0,15$ și $< 0,3$
Foarte lentă	$< 0,15$

7.3 Specificația betoanelor de compoziție prescrisă

7.3.1 Generalități

Betonul trebuie specificat pe baza cerințelor de la 7.3.2, care trebuie indicate în toate cazurile și a cerințelor complementare de la 7.3.3, care trebuie indicate la cerere.

7.3.2 Cerințe de bază

Specificația trebuie să cuprindă:

- a) cerințele de conformitate cu acest Cod;
- b) tipul de ciment și, dacă este cazul, tipul de adaos;
- c) dozajul țință de ciment și conținutul de adaos;
- d) fie raportul apă/liant țință sau raportul apă/liant total, fie consistența în funcție de clasă sau de valoarea țință, în care valoarea țință specificată a raportului apă/liant țință sau apă/liant total, trebuie să fie cu cel puțin 0,02 mai mică decât orice valoare limită prevăzută;
- e) tip, categorie și conținutul maxim în cloruri ale agregatelor;
- f) pentru betonul ușor și greu, densitatea maximă și minimă a agregatelor, după caz;

g) dimensiunea maximă a agregatelor D_{sup} și minimă D_{inf} și toate limitele care se aplică claselor de granulozitate;

NOTĂ - D_{sup} nu va fi mai mare decât d_g , în conformitate cu SM EN 1992-1-1.

h) tip și cantitate de aditivi, adaosuri sau fibre, dacă este cazul;

i) în caz de utilizare de aditivi, adaosuri sau fibre, indicații privind originea acestor componente și a cimentului, ca un substitut pentru caracteristicile nedefinibile prin alte modalități.

7.3.3 Cerințe suplimentare

Specificația betonului poate conține:

- a) indicații privind originea unora sau a tuturor componentelor betonului ca înlocuitor pentru caracteristicile, care nu pot fi definite altfel;
- b) cerințe suplimentare pentru agregate;
- c) cerințe privind temperatura betonului proaspăt la livrare când ea este diferită de cea de la 6.2.10;
- d) alte cerințe tehnice.

7.4 Specificația betoanelor de compoziție prescrisă printr-un standard

7.4.1 Betoanele având compoziția prescrisă într-un standard trebuie specificate indicând:

- a) standardul valabil la locul de utilizare a betonului, care furnizează cerințele corespunzătoare;
- b) notarea betonului după acest Cod sau SM 324.

7.4.2 Betonul având compoziția prescrisă într-un standard trebuie utilizat numai pentru:

- a) beton de densitate normală pentru structuri armate sau nearmate;
- b) clase de rezistență la compresiune pentru proiectare $\leq C16/20$, în afara cazului în care clasa C20/25 este permisă prin prevederile în vigoare la locul de utilizare a betonului;
- c) clasele de expunere X0 și XC.1, în afara cazului în care prevederile în vigoare la locul de utilizare a betonului permit și alte clase de expunere.

8 Livrarea betonului proaspăt

Livrarea betonului proaspăt este conform prevederilor art. 8 din SM EN 206-1.

8.1 Informații de la utilizatorul betonului pentru producător

8.1.1 Utilizatorul va preciza, când emite comanda (a se vedea Anexa S), date privind condițiile/cerințele specifice despre: punerea în operă, prelucrarea suprafeței, evoluția rezistențelor etc. pentru ca rețeta betonului să fie proiectată cu luarea în considerare a acestor informații.

8.1.2 Utilizatorul se pune de acord cu producătorul asupra:

- a) datei, orei și ritmului (frecvenței) livrării;
- și dacă este necesar, să informeze producătorul asupra:
- b) distanțelor de transport;
- c) temperatura betonului proaspăt, în funcție de dimensiunea minimă a secțiunii elementului;
- d) gabaritului, accesului, transporturilor speciale pe șantier;
- e) metodelor speciale (utilizate) de punere în operă (inclusiv prin pompare);
- f) volumului autobetonierelor, pentru a se putea respecta programul de punere în operă a betonului;
- g) limitărilor asupra tipului de vehicule de livrare; exemplu de tip: echipament cu sau fără agitare, dimensiuni, înălțime sau greutate totală.

8.2 Informații de la producătorul de beton pentru utilizator

8.2.1 Informațiile următoare sunt furnizate de producător, la cerere, pentru betoanele cu performanțe specificate:

- a) tipul și clasa de rezistență a cimentului și tipul de agregate;
- b) tipul de aditivi, tipul și conținutul aproximativ de adaosuri, dacă este cazul;

- c) descrierea fibrelor în conformitate cu SM SR EN 14889-1 sau SM SR EN 14889-2 și dozajul, dacă este cazul;
- d) descrierea fibrelor în conformitate cu SM SR EN 14889-1 sau SM SR EN 14889-2, dacă sunt specificate prin clase de performanță ale betonului armat dispers;
- e) raportul țintă apă/liant sau apă/liant total;
- f) rezultatele încercărilor efectuate asupra betonului, de exemplu: cele de control al producției, de conformitate sau încercări inițiale de tip;
- g) evoluția rezistenței;
- h) sursa materialelor componente;
- i) pentru betonul la care, cu acordul producătorului, se adaugă fibre, adaosuri sau aditivi pe șantier, clasa de consistență sau consistența prevăzută înainte și după adăugarea aditivilor, fibrelor sau adaosurilor;
- j) dimensiunea maximă a agregatului D_{max} .

8.2.2 În cazul betonului gata de utilizare, informațiile pot fi furnizate, când ele sunt cerute, prin referință la catalogul de compoziții de beton al producătorului unde se găsesc informații detaliate referitor la clasele de rezistență, clasele de consistență, densitatea și alte date utile.

8.2.3 Pentru determinarea duratei de tratare, informațiile referitoare la evoluția rezistenței betonului pot să fie date sub forma prezentată în Tabelul 20 (a se vedea Anexa L) sau sub forma unei curbe de evoluție a rezistenței la plus 20 °C între 2 zile și 28 zile.

8.2.4 Raportul rezistențelor indică evoluția rezistenței, corespunzătoare raportului între rezistența medie la compresiune la 2 zile ($f_{cm,2}$) și rezistența medie la compresiune la 28 zile ($f_{cm,28}$), determinate prin încercările inițiale de tip sau pe baza performanțelor cunoscute ale unui beton având compoziție comparabilă. Pentru aceste încercări inițiale de tip, epruvetele destinate determinării rezistenței trebuie prelevate, confecționate, conservate și încercate conform SM EN 12350-1, SM EN 12390-1, SM EN 12390-2 și SM EN 12390-3.

Pentru estimarea rezistențelor la alte termene pot fi utilizate relațiile din SM EN 1992-1-1.

8.2.5 Producătorul informează utilizatorul despre riscurile asupra sănătății la care se expune manipulând betonul proaspăt, în conformitate cu prevederile în vigoare la locul unde este utilizat betonul proaspăt (elaborarea fișei de securitate pentru beton proaspăt)².

NOTĂ - Acest Cod nu cere ca informațiile să fie furnizate sub o formă specială, pentru că aceasta depinde de relațiile dintre producător și utilizator; de exemplu, în cazul betonului de șantier sau pentru produse prefabricate, producătorul de beton poate fi și utilizator.

8.3 Bon de livrare pentru betonul gata de utilizare

8.3.1 La livrarea betonului, producătorul trebuie să emită utilizatorului un bon de livrare pentru fiecare șarjă de beton pe care sunt imprimate, ștampilate sau înscrise cel puțin informațiile următoare:

- a) numele operatorului economic, care produce betonul gata de utilizare;
- b) numărul de serie al bonului de livrare;
- c) data și ora de încărcare, aceasta înseamnă momentul primului contact între ciment și apă;
- d) durata maximă de transport pentru care nu se modifică performanțele și caracteristicile betonului comandat;
- e) numărul autovehiculului sau identificarea vehiculului;
- f) numele cumpărătorului;
- g) numele și localizarea șantierului;
- h) detalii sau referințe privind specificațiile, de exemplu numărul de cod, numărul de comandă;
- i) cantitatea de beton în metri cubi;
- j) declarația de conformitate cu referințe la specificații și la standardul SM EN 206-1;
- k) numele sau marca organismului de certificare, dacă este cazul;
- l) ora exactă de sosire a betonului pe șantier;
- m) ora exactă de începere a descărcării;
- n) ora exactă de terminare a descărcării (punerii în operă).

² Informațiile sunt furnizate în fișa cu date de securitate pentru beton proaspăt, conform prevederilor Regulamentului (UE) Nr. 2020/878 de modificare a Regulamentului (CE) nr.1907/ 2006 (REACH), respectiv conform Regulamentului (CE) Nr. 1272/2008 (CLP).

8.3.2 Suplimentar, bonul de livrare trebuie să furnizeze detaliile următoare:

a) pentru betonul cu proprietăți specificate:

- 1) clasa de rezistență;
- 2) clasă/clase de expunere ca denumire a betonului și/sau clasă/clase de rezistență la expunere (clasele de expunere sau categoriile de beton în conformitate cu Tabelul 1 și Anexa F cu indicarea combinațiilor de clase de expunere);
- 3) clasa de conținut de cloruri;
- 4) clasa de consistență sau valoarea specificată (producătorul stabilește tasarea betonului proaspăt care trebuie obținută la stația de betoane, astfel încât la locul de punere în operă, ținând seama de condițiile de mediu și de durata totală de transport, să se realizeze tasarea prevăzută de constructor);
- 5) valorile limită de compoziție a betonului, când sunt specificate (inclusiv conținutul de apă al agregatelor);
- 6) tipul și clasa de rezistență a cimentului, când sunt specificate;
- 7) tipul aditivilor și adaosurilor, dacă sunt specificate;
- 8) tipul și conținutul de fibre sau clasa de performanță a betonului armat dispers cu fibre, dacă este cazul;
- 9) proprietățile speciale, dacă au fost cerute;
- 10) dimensiunea maximă a agregatului D_{max} ;
- 11) pentru betonul ușor, beton cu densitate normală sau betonul greu, clasa de densitate sau densitatea țintă;

b) pentru betonul având compoziția prescrisă:

- 1) detalii referitoare la compoziție, de exemplu dozajul de ciment și dacă este cerut, tipul de aditiv;
- 2) fie conținutul de apă eficient (A_{ef}) sau consistența, în termeni de clasă sau de valori țintă, în funcție de cum se specifică;
- 3) dimensiunea maximă a agregatului D_{max} ;
- 4) tipul și dozajul de fibre, dacă este cazul.

8.3.3 În cazul unui beton având compoziția prescrisă într-un standard, informațiile care sunt date trebuie să fie conforme cu prevederile din standardul corespondent.

8.3.4 În cazul în care se adaugă aditiv pe șantier se va specifica în copiile bonului de livrare: ora exactă la care s-a adăugat aditivul, tipul aditivului, cantitatea adăugată, volumul de beton din autobetonieră și timpul de amestecare, precum și persoana (nume și prenume) responsabilă de adăugarea aditivului.

8.4 Informații la livrare pentru betonul de șantier

Este, de asemenea, important de a utiliza informațiile corespunzătoare, precum cele cerute în 8.3 pentru bonul de livrare în cazul betonului fabricat pe șantier, pentru șantieri mari când sunt utilizate mai multe tipuri de beton, sau când producătorul de beton nu este cel responsabil de punerea sa în operă.

8.5 Modificări ale amestecului după amestecarea principală înainte de descărcare

8.5.1 În general, schimbarea proporțiilor compoziției betonului, după amestecarea principală înainte de descărcare, nu este permisă.

8.5.2 Este interzis adaosul de apă la livrarea betonului proaspăt la șantier.

NOTĂ - Supradozarea apei în compoziția betonului are efecte profund negative asupra durabilității, reducând rezistența la compresiune a pietrei de ciment și crescând porozitatea acesteia.

8.5.3 În anumite cazuri particulare, este posibil să se adauge aditivi, adaosuri, pigmenți, fibre, dacă:

- a) această operațiune se efectuează sub responsabilitatea producătorului de beton sau în cazul existenței unui acord de preluare a responsabilității, de către constructor (de exemplu, pentru adăugarea de aditivi de impermeabilizare sau de fibre în șantier);
- b) consistența și valorile limită nu sunt conforme cu valorile specificate, și;
- c) există o procedură consemnată în scris pentru efectuarea acestei operațiuni într-o modalitate sigură în cadrul controlului producției;

d) aditivii, pigmentii sau fibrele (dacă dozajul de fibre este specificat) adăugate în autobetonieră trebuie consemnate în bonul de livrare. Pentru amestecarea complementară, a se vedea 9.8.

NOTĂ - În cazul în care se efectuează ajustări ale compoziției înainte de livrare și fără aprobarea producătorului, partea, care a autorizat ajustarea, este responsabilă pentru conformitatea și performanța betonului respectiv.

8.5.4 În cazurile speciale în care este necesară adăugarea de aditivi pentru corectarea consistenței betonului, acest lucru se va realiza de către reprezentantul producătorului de beton, cu respectarea cantității maxime admise în fișa produsului, fără a avea efecte negative asupra omogenității amestecului și proprietăților betonului întărit.

NOTĂ - Obiectivul adăugării controlate de aditiv (super)plastifiant pe șantier este de a se aduce betonul la consistența specificată, adăugarea acestuia fiind însă anterior prevăzută în compoziția betonului. Durata de reamestecare în autobetonieră, după adăugarea aditivului, este în funcție de tipul utilajului de amestecare însă nu poate fi mai mică de 1 min/m³ beton sau de 5 minute, pentru o cantitate mai mică de 5 m³ beton.

8.5.5 În cazul adăugării aditivului de impermeabilizare, fibrelor sau pigmentilor în șantier, este necesară prelevarea de probe înainte și după introducerea acestora în beton, de către executantul lucrării. Producătorul betonului nu răspunde de calitatea betonului cu impermeabilizant, fibre sau pigmenti decât dacă acestea au fost utilizate la elaborarea rețetei de beton.

8.5.6 În toate cazurile, cantitățile de aditivi, pigmenti sau fibre adăugate în autobetonieră sunt consemnate în bonul de livrare. Pentru amestecarea complementară, a se vedea 9.8.

NOTĂ - Dacă pe șantier aditivii, adaosurile, pigmentii și fibrele sunt adăugate în betonul din autobetonieră fără autorizarea/supravegherea personalului cu atribuții în verificarea calității producătorului de beton, numit de conducere (personalul managerial cheie, de luare a deciziilor sau tehnic) și cantitatea este superioară cantității permise în specificația betonului, este necesar ca fiecare amestec sau șarjă de beton să fie înregistrat ca fiind neconform pe bonul de livrare. Partea care a autorizat aceste suplimentări este responsabilă de consecințe și înregistrată pe bonul de livrare.

9 Controlul producției în fabrică și încercările inițiale de tip

Controlul producției în fabrică și încercările inițiale de tip sunt cele prezentate la art. 9 din SM EN 206-1, iar controlul conformității și criteriile de conformitate la art. 5 din SM EN 206-2.

9.1 Generalități

9.1.1 Toate betoanele trebuie să facă obiectul unui control al producției în fabrică, sub responsabilitatea producătorului (a se vedea Anexa C).

9.1.2 Controlul producției cuprinde toate măsurile necesare pentru menținerea proprietăților betonului în conformitate cu cerințele declarate sau specificate. Acestea includ:

- a) selectarea materialelor componente;
- b) proiectarea betonului;
- c) producția betonului;
- d) inspecțiile și încercările;
- e) utilizarea rezultatelor încercărilor asupra materialelor componente, betonului proaspăt și întărit;
- f) etalonarea echipamentelor;
- g) dacă este cazul, inspecția echipamentului de transport al betonului proaspăt;
- h) controlul conformității.

NOTĂ - Standardul SM EN 206-2 specifică dispozițiile privind controlul conformității betonului. Seria de standarde SM EN 1992 se bazează pe ipoteza că betonul conform cu SM EN 206-1 îndeplinește criteriile de evaluare a conformității prevăzute în SM EN 206-2.

9.1.3 Cerințele pentru alte aspecte ale controlului producției sunt date în următoarele paragrafe. Aceste cerințe trebuie să fie considerate ținând seama de modul și volumul producției, de lucrare, de echipamentele speciale, de procedurile și regulile în vigoare la locul de producere și de utilizare a betonului. Cerințe suplimentare pot fi necesare în funcție de situația specială la locul de producere sau pentru cerințele specifice ale structurilor sau elementelor structurale speciale.

NOTĂ – Capitolul 9 ține seama de principiile standardului SM EN ISO 9001.

9.2 Sisteme de control al producției

9.2.1 Responsabilitatea, autoritatea și relațiile între persoanele însărcinate cu conducerea, execuția și verificarea lucrărilor ce pot afecta calitatea betonului trebuie definite și documentate într-un sistem de control al producției (manual de control al producției). În particular, aceasta înseamnă că întreg personalul are nevoie de o anumită libertate de organizare și de anumită putere de decizie pentru reducerea riscului de beton neconform și pentru a identifica și consemna toate problemele de calitate.

9.2.2 Sistemul de control al producției trebuie revizuit cel puțin o dată la doi ani de către conducerea producătorului pentru a se asigura de aptitudinea sa de utilizare și de eficacitatea sa. Dosarele acestor revizui trebuie păstrate cel puțin trei ani, dacă nu există obligații legale care să impună o perioadă mai lungă.

9.2.3 Sistemul de control al producției, trebuie să conțină proceduri și instrucțiuni atent documentate. Aceste prevederi și instrucțiuni trebuie, dacă este cazul, să fie stabilite în raport cu prescripțiile de control prevăzute în tabelele 27 și 28. Frecvența încercărilor și inspecțiilor prevăzute de către producători trebuie să fie consemnată în scris. Rezultatele încercărilor și inspecțiilor trebuie să fie înregistrate.

9.3 Date înregistrate și alte documente

Toate datele referitoare la controlul producției trebuie să fie înregistrate, a se vedea Tabelul 21. Datele referitoare la controlul producției trebuie păstrate timp de minimum 3 ani, dacă nu există obligații care să impună o perioadă mai lungă.

Tabelul 21 – Datele înregistrate și alte documente, dacă este cazul

Obiect	Datele înregistrate și alte documente
Cerințe specificate	Specificație tehnică la contract sau rezumatul cerințelor
Materiale componente	Numele furnizorilor, sursele și declarația de performanță
Încercări asupra apei de amestec (nu se cer pentru apa potabilă)	Data și locul prelevării Rezultatul încercărilor
Încercări asupra materialelor componente	Data și rezultatele încercărilor
Compoziția betonului	Descrierea betonului Înregistrarea maselor componentelor pentru un amestec sau pentru o șarjă (de exemplu dozajul de ciment) Raportul apă/liant Conținutul de cloruri Codul de membru al familiei
Încercări pe betonul proaspăt	Data și locul prelevării probei Destinația în lucrare, dacă este cunoscută Consistența (metoda utilizată și rezultatele) Vâscozitatea aparentă, când este specificată Rezistența la segregare, când este specificată Abilitatea de trecere, când este specificată Densitatea, când este specificată Dozajul de fibre, când este specificat Temperatura betonului, când este specificată Conținutul de aer, când este specificat Volumul de beton din amestecul sau din șarja testată Numărul și codul epruvetelor pentru încercări Raportul apă/ciment, când este specificat
Încercări pe betonul întărit	Data încercării Codul și vârsta epruvetelor Rezultatul încercărilor de densitate și de rezistență Observații speciale (de exemplu profilul de rupere neobișnuit al epruvetelor)
Evaluarea conformității	Conformitate/neconformitate cu specificațiile

Suplimentar pentru betonul gata de utilizare	Numele cumpărătorului Identificarea șantierului, de exemplu locul de construcție Numărul și data bonului de livrare, corespunzător încercărilor Bonul de livrare
Suplimentar pentru elementele prefabricate	Date suplimentare sau diferite, pot să fie cerute de standardul specific de produs

9.4 Încercări

9.4.1 Încercările trebuie efectuate conform cu metodele de încercare date în prezentul Cod (metode de încercare de referință) sau alte metode de încercare pot, de asemenea, să fie utilizate în măsura în care a putut să fie stabilită o corelație sau o relație fiabilă între rezultatele obținute cu aceste metode de încercări și cele de la metodele de referință. Valabilitatea acestei relații fiabile sau a acestei corelații trebuie să fie verificată la intervale adecvate. În caz de litigiu, prevalează metoda de referință.

9.4.2 Această verificare trebuie să fie efectuată separat pentru fiecare loc de producție în care se lucrează în condiții diferite exceptând situațiile în care corelația a fost stabilită prin prevederi în vigoare la locul unde este utilizat betonul.

9.5 Compoziția betonului și încercările inițiale de tip

9.5.1 Când se utilizează o compoziție de beton nouă, trebuie efectuate încercări inițiale de tip, care să permită verificarea conformității betonului cu proprietățile specificate și a performanței prevăzute cu o marjă de siguranță suficientă (a se vedea Anexa A). Dacă se dispune de o experiență îndelungată cu un beton sau o familie de betoane similare, nu este necesar să se efectueze încercări inițiale de tip cu excepția betonului autocompactant. În cazul unor schimbări semnificative ale materialelor componente, proiectarea betonului și regulile de proiectare trebuie redefinite. În cazul betonului prescris sau având compoziția prescrisă printr-un standard, nu este necesar ca producătorul să efectueze încercări inițiale de tip.

9.5.2 Compozițiile noi ale betoanelor obținute prin interpolarea compozițiilor de beton cunoscute sau când extrapolarea rezistenței la compresiune nu depășește 5 N/mm² sunt considerate că satisfac cerințele pentru încercările inițiale de tip.

9.5.3 Compozițiile de beton trebuie să fie revizuite periodic, pentru a se asigura că acestea sunt conforme cu prescripțiile în vigoare, ținând seama de schimbările proprietăților materialelor componente și de rezultatele încercărilor de conformitate efectuate pe compozițiile de beton și de rezultatele evaluării conformității.

9.5.4 Pot fi aplicate variații ale unei singure compoziții de beton fără a se repeta încercările inițiale de tip, cu condiția ca raportul apă/liant (*A/L*) să nu varieze cu mai mult de $\pm 0,02$. Limite suplimentare ale variațiilor pot fi stabilite de dispozițiile în vigoare la locul de utilizare.

9.5.5 Pentru betonul din clasa de rezistență la expunere pot fi aplicate dispoziții alternative sau suplimentare.

9.6 Personal, echipament și instalații

9.6.1 Personal

Cunoștințele, instruirea și experiența întregului personal implicat în producția și controlul producției (prelevarea de probe, încercări și control) trebuie să fie adaptate la tipul de beton, de exemplu, beton autocompactant, beton ușor, beton armat cu fibre. Dispozițiile în vigoare la locul de utilizare pot prevedea cerințe suplimentare privind cunoștințele, pregătirea și experiența necesare pentru diferitele sarcini.

Înregistrările corespunzătoare (Registru privind instruirea periodică a personalului), referitoare la instruirea și la experiența personalului implicat în producție și la controlul producției trebuie ținute la zi.

Cerințele privind calificarea și experiența profesională a responsabilului pentru controlul producției sunt prezentate în Anexa M.

9.6.2 Echipament și instalații

9.6.2.1 Depozitarea materialelor

- a) materialele componente trebuie să fie depozitate și manipulate astfel încât caracteristicile lor să nu se schimbe în mod semnificativ, de exemplu din motive de climat, prin amestecul lor, sau prin contaminare, astfel încât să fie menținută conformitatea acestora cu standardele respective.
- b) compartimentele de depozitare trebuie să fie clar identificate (marcate), de manieră a evita erorile asupra materialelor componente de utilizat.
- c) trebuie luate în considerație instrucțiunile speciale ale furnizorilor de materiale componente.
- d) trebuie să existe mijloacele necesare prelevării de probe reprezentative din depozite, silozuri sau buncăre.

9.6.2.2 Echipament de dozare

- a) performanțele echipamentului de dozare trebuie să fie astfel încât în condiții practice de funcționare să poată fi obținute și menținute toleranțele indicate în subcapitolul 9.7.
- b) echipamentul de dozare trebuie să fie în conformitate cu cerințele din Tabelul 22.

Tabelul 22 – Cerințe pentru echipamentul de dozare

În caz de dozare în funcție de masă		
Încărcarea în % din capacitatea maximă	Încărcarea minimă ^{a)} la 20 % din încărcarea maximă	20 % din capacitatea maximă la încărcarea maximă ^{a)}
Eroarea maximă admisă, în %, a încărcării,	± 2 %	± 1 %
În caz de dozare în funcție de volum		
Volum măsurat	< 30 l	≥ 30 l
Eroarea maximă admisă în % de volum	± 3 %	± 2 %
^{a)} Încărcarea minimă și încărcarea maximă sunt indicate de producătorul echipamentului.		

9.6.2.3 Malaxoare

- a) malaxoarele trebuie să fie capabile să asigure un amestec omogen al materialelor componente și o consistență uniformă a betonului pentru un timp și o capacitate de malaxare date.
- b) autobetonierele și cuvele agitatoare trebuie să fie echipate astfel încât să poată livra betonul perfect omogen. În plus, autobetonierele trebuie să fie dotate cu un echipament de măsurare și de distribuție corespunzător în cazul în care, apa sau aditivii vor fi adăugate la șantier, sub responsabilitatea producătorului.

Dacă fibrele sunt adăugate în autobetonieră sub responsabilitatea producătorului, trebuie să fie disponibile la locul unde se adaugă fibrele echipamente de măsură, dozare și de dispersie adecvate.

9.6.2.4 Echipament de încercare

- a) toate facilitățile, echipamentele și instrucțiunile necesare unei utilizări corecte trebuie să fie disponibile când se cer pentru inspecție și pentru încercările ce trebuie efectuate asupra echipamentului, materialelor componente și betonului.
- b) echipamentul de încercare trebuie să fie etalonat corect în momentul măsurării și producătorul trebuie să utilizeze un program de etalonare.

9.7 Dozarea materialelor componente

9.7.1 La locul de dozare al betonului, trebuie să fie disponibilă o procedură documentată de dozare, care să dea instrucțiuni detaliate despre tipul și cantitatea materialelor componente.

9.7.2 Toleranțele de dozare a materialelor componente nu trebuie să depășească limitele date în Tabelul 23 pentru toate cantitățile de beton de 1 m³ sau mai mari, cu excepția cazurilor în care alte toleranțe sunt indicate prin dispoziții în vigoare la locul de utilizare. Când mai multe amestecuri sunt reamestecate într-o autobetonieră, toleranțele din Tabelul 23 se aplică la șarjă.

Tabelul 23 –Toleranțe pentru dozarea materialelor componente

Materiale componente	Toleranțe
Ciment Apă Toate agregatele Adaosuri utilizate în cantitate > 5 % din masa cimentului Aditivi și fibre utilizate în proporție > 5 % din masa totală a liantului	± 3 % din cantitatea cerută
Adaosuri utilizați în cantitate ≤ 5 % din masa cimentului Aditivi și fibre utilizate în cantitate ≤ 5 % din masa liantului	± 5 % din cantitatea cerută
NOTĂ – Toleranța este diferența dintre valoarea țintă și valoarea măsurată.	

9.7.3 Cimentul, agregatele de densitate normală și agregatele grele, fibrele și adaosurile sub formă de pulberi trebuie dozate în funcție de masă; sunt admise alte metode dacă pot fi respectate toleranțele la dozare cerute, și dacă aceste metode sunt documentate.

9.7.4 Apa de amestec, agregatele ușoare, aditivii și adaosurile lichide pot fi dozate în masă sau în volum.

9.8 Amestecarea betonului

9.8.1 Amestecarea materialelor componente trebuie efectuată în malaxoare conform 9.6.2.3 și continuată până la obținerea unui amestec de beton cu aspect omogen.

9.8.2 Malaxoarele nu trebuie încărcate peste capacitatea lor nominală de amestecare.

9.8.3 În cazul dispozițiilor care stipulează utilizarea materialelor componente enumerate la 8.5 după amestecarea principală, betonul trebuie supus unei amestecări suplimentare până la dispersia completă a materialelor adăugate în amestec sau șarjă, iar în cazul aditivilor până la obținerea completă a efectului acestora.

9.8.4 Într-o autobetonieră, durata de reamestecare după adăugarea aditivilor sau a fibrelor trebuie să se stabilească în funcție de tipul utilajului de amestecare, dar nu trebuie să fie mai mică de 1 min/m³ sau de 5 min pentru o cantitate mai mică de 5 m³.

9.8.5 Pentru betonul ușor preparat cu agregate nesaturate cu apă, perioada între amestecarea inițială și sfârșitul amestecării finale (de exemplu amestecarea suplimentară într-o autobetonieră) trebuie prelungită până ce absorbția de apă de către agregate și evacuarea cvasicompletă a aerului oclus din agregatele ușoare nu mai are nici un efect negativ asupra proprietăților betonului întărit.

9.8.6 Se interzice modificarea compoziției betonului proaspăt după descărcarea din autobetonieră.

9.9 Proceduri de control al producției

9.9.1 Generalități

9.9.1.1 Materialele componente, echipamentele, procedurile de producție a betonului trebuie să fie controlate în ce privește conformitatea cu specificațiile și cerințele din prezentul Cod. Controlul trebuie să permită detectarea schimbărilor semnificative susceptibile de a influența caracteristicile betonului, în vederea întreprinderii unei acțiuni corective adecvate.

9.9.1.2 Procedura care trebuie implementată pentru a asigura livrarea, depozitarea și utilizarea corectă a materialelor componente trebuie să conțină următoarele puncte:

- a) verificarea ca materialele livrate să corespundă comenzii (a se vedea Anexa S);
- b) verificarea că materialele sunt descărcate și amplasate corect;

- c) evitarea descărcării materialelor care sunt cu claritate neconforme;
- d) depozitarea materialelor astfel încât să se reducă la minimum riscul contaminării sau deteriorării;
- e) păstrarea înregistrărilor livrării;
- f) determinarea experimentală a livrărilor suspecte pentru toate caracteristicile pentru care există îndoieli asupra conformității cu un anumit standard;
- g) verificarea conținutului de apă a agregatelor.

NOTA 1 -Tipul și frecvența inspecțiilor, și încercărilor materialelor componente sunt cele date în Anexa R din prezentul Cod. S-a considerat, că producătorii de materiale componente ale betonului, efectuează un control corect al producției și că materialele constituente sunt livrate cu declarație de performanță/conformitate, în funcție de specificațiile corespunzătoare (standarde de produs, evaluări tehnice etc.). În caz contrar, producătorul de beton are obligația să verifice conformitatea materialelor, în laboratoarele notificate, cu standardele/evaluările corespundente.

NOTA 2 – Este esențial pentru producerea unui beton autocompactant de calitate constantă să se dispună de materiale constituente cu proprietăți stabile. Aceste proprietăți pot necesita un control mai frecvent decât în cazul betonului obișnuit.

9.9.1.3 Dacă un producător de beton produce propriile agregate, acesta trebuie să se considere ca un producător de agregate și să se conformeze aspectelor tehnice corespunzătoare standardului european relevant de agregate.

9.9.2 Evaluarea rezistenței la compresiune

9.9.2.1 Generalități

Prelevarea probelor și încercările de rezistență se efectuează fie pe compoziții individuale de beton, fie pe familii de beton a căror potrivire a fost stabilită (a se vedea Anexa B).

Adaptarea conceptului de familie de beton se stabilește în conformitate cu punctul 9.9.2.2. Modificările aduse normelor de aplicare a conceptului de familie de beton pot fi prevăzute în dispozițiile în vigoare la locul de utilizare.

9.9.2.2 Conceptul de familie de beton

9.9.2.2.1 Conceptul de familie se poate aplica betonului cu greutate normală și betonului greu din clasele de rezistență de la C8/10 la C55/67 sau betonului ușor din clasele de la LC8/9 la LC55/60. Conceptul de familie nu se aplică betonului cu clase de rezistență superioare. Betonul ușor nu trebuie inclus în familii care conțin beton cu greutate normală. Betonul ușor, care conține agregate cu caracteristici similare dovedite, poate fi clasificat într-o familie proprie.

NOTĂ - Pentru îndrumări privind selectarea familiilor de beton, a se vedea Anexa B din SM EN 206-1. Informații mai detaliate privind aplicarea conceptului de familie de beton în SM CR 13901, precum și utilizarea diagramelor de control (a se vedea Anexa H din prezentul Cod) sunt prezentate în CEN/TR 16369.

9.9.2.2.2 Trebuie asigurat controlul asupra tuturor membrilor familiei de produse, iar prelevarea de probe se va efectua pe întreaga gamă de compoziții de beton produse în cadrul familiei respective.

9.9.2.2.3 În cazul în care se aplică conceptul de familii de beton, se alege un beton de referință, care este fie cel mai frecvent produs sau unul situat în intervalul mediu al claselor de rezistență ale familiei respective de beton. Se vor stabili relații între fiecare compoziție concretă a familiei și betonul de referință, pentru a putea transpune rezultatele încercărilor de rezistență la compresiune obținute pentru fiecare compoziție concretă în parte la betonul de referință. Relațiile vor fi revizuite pe baza datelor obținute ale încercărilor de rezistență la compresiune la fiecare perioadă de evaluare și atunci când apar modificări semnificative ale condițiilor de producție. Pentru a confirma că fiecare membru în parte aparține familiei, media tuturor rezultatelor încercărilor netranspuse (f_{cm}) pentru un singur membru al familiei va fi evaluată în raport cu criteriul prezentat în Tabelul 24. Oricare beton care nu îndeplinește acest criteriu, va fi înlăturat din familie și va fi evaluat ca un beton individual.

Tabelul 24 - Criteriul de evaluare pentru membrii familiei

Numărul „n” de rezultate ale încercărilor de rezistențe la compresiune pentru un beton din familie	Media a „n” rezultate (f_{cm}), pentru un beton din familie, N/mm ²
2	$\geq f_{ck} - 1,0$
3	$\geq f_{ck} + 1,0$
4	$\geq f_{ck} + 2,0$
5	$\geq f_{ck} + 2,5$
6	$\geq f_{ck} + 3,0$
7, 8, 9	$\geq f_{ck} + 3,5$
10, 11, 12	$\geq f_{ck} + 4,0$
13, 14	$\geq f_{ck} + 4,5$
≥ 15	$\geq f_{ck} + 1,48\sigma$
NOTĂ - Pentru îndrumări privind selectarea familiilor de beton, a se vedea Anexa B din SM EN 206-1.	

9.9.2.2.4 Betonul (sau betoanele) înlăturat(e) trebuie evaluat(e) individual, utilizând criteriile de evaluare stabilite pentru producția inițială. Reintroducerea în familie a betoanelor înlăturate este acceptată numai după revizuirea relațiilor stabilite între compoziția înlăturată și betonul de referință.

9.9.2.3 Producția inițială și continuă

9.9.2.3.1 În planul de prelevare a probelor și de încercări se va face distincție între producția inițială și producția continuă.

9.9.2.3.2 Producția inițială se referă la perioada de producție până când sunt disponibile cel puțin 35 de rezultate ale încercărilor (a se vedea art. 5.2 din SM EN 206-2).

9.9.2.3.3 Se consideră că producția este continuă atunci când se obțin cel puțin 35 de rezultate ale încercărilor pe o perioadă, care nu depășește 12 luni.

9.9.2.3.4 În cazul în care producția unei compoziții concrete individuale sau a unei familii de beton a fost suspendată pentru o perioadă mai mare de 12 luni, se vor adopta criteriile, planul de prelevare a probelor și planul de încercări prevăzute pentru producția inițială.

9.9.2.3.5 Pe parcursul producției continue, pot fi adoptate planul de prelevare de probe și de încercări, precum și criteriile pentru producția inițială.

9.9.2.3.6 La încheierea etapei inițiale de producție, abaterea standard (σ) a populației se estimează pe baza a cel puțin 35 de rezultate consecutive ale încercărilor, obținute pe o perioadă mai mare de 3 luni. La inițierea producției în serie, această valoare a abaterii standard va fi utilizată pentru evaluarea conformității pe parcursul primei perioade de evaluare. La sfârșitul primei perioade de evaluare și al celor ulterioare, se va verifica abaterea standard pentru a stabili, dacă aceasta s-a modificat în mod semnificativ, utilizând limitele indicate în Tabelul 25. În cazul în care nu s-a modificat în mod semnificativ, estimarea curentă a abaterii standard se aplică perioadei de evaluare următoare. Dacă se înregistrează o variație semnificativă a abaterii standard, se calculează o nouă abatere standard, pe baza celor mai recente 35 de rezultate consecutive, care se aplică perioadei de evaluare următoare.

Tabelul 25 – Valorile de verificare a abaterii standard

Numărul de rezultate	Limitele pentru s_n
De la 15 la 19	$0,63\sigma \leq s_n \leq 1,37\sigma$
De la 20 la 24	$0,68\sigma \leq s_n \leq 1,31\sigma$
De la 25 la 29	$0,72\sigma \leq s_n \leq 1,28\sigma$
De la 30 la 34	$0,74\sigma \leq s_n \leq 1,26\sigma$
35 ^{a)}	$0,76\sigma \leq s_n \leq 1,24\sigma$

a) În cazul în care numărul rezultatelor încercărilor depășește 35, se aplică următoarea formulă:

$$\sqrt{\frac{\chi_{0,975;n-1}^2}{(n-1)}} \sigma \leq s_n \leq \sqrt{\frac{\chi_{0,025;n-1}^2}{(n-1)}} \sigma$$

În care,
 $\chi_{\alpha,v}^2$ - este α -fractila unei distribuții chi-pătrat cu $v = n - 1$ grade de libertate;
 s_n - este abaterea standard a n rezultate consecutive ale încercării.

9.9.2.4 Plan de eșantionare și încercări

9.9.2.4.1 Planul de eșantionare și încercări trebuie să respecte procedurile prevăzute în prezenta clauză. Aceste dispoziții se aplică și betonului destinat produselor prefabricate, cu excepția cazului în care standardul specific al produsului conține un set echivalent de dispoziții. În cazul în care elaboratorul specificației impune rate de prelevare mai ridicate, acest lucru trebuie convenit în prealabil. Pentru proprietățile care nu sunt prevăzute în aceste clauze, planul de prelevare de probe și de încercare, metoda de încercare și criteriile de evaluare trebuie convenite de comun acord între producător și elaboratorul specificației.

9.9.2.4.2 Locul de prelevare a probelor pentru încercările de conformitate trebuie ales astfel încât proprietățile relevante ale betonului și compoziția acestuia să nu se modifice în mod semnificativ între locul de prelevare și locul de livrare. În cazul betonului ușor, produs cu agregate nesaturate, probele trebuie prelevate la locul de livrare.

9.9.2.4.3 Probele de beton trebuie selecționate obligator și prelevate în conformitate cu SM EN 12350-1. Eșantionarea trebuie efectuată pentru o compoziție de beton individual sau pentru fiecare familie de betoane produs în condiții dovedite ca fiind uniforme. Frecvența minimă de eșantionare și de încercare a betonului trebuie să fie, conform cu Tabelul 26, alegând frecvența care dă cel mai mare număr de probe, pentru producțiile inițiale sau continuă după caz. Dispozițiile în vigoare la locul de utilizare pot stabili clasa de eșantionare aplicabilă.

Tabelul 26 – Frecvența minimă de eșantionare pentru evaluarea conformității

Producția	Frecvența minimă de eșantionare		
	Primii 50 m ³ din producție	De la primii 50 m ³ de producție ^{a)} , frecvența cea mai mare dată de:	
		Clasa de eșantionare 400	Clasa de eșantionare 150
Inițială (până ce au fost obținute minimum 35 rezultate)	3 probe	o probă la fiecare 200 m ³ sau o probă la 3 zile de producție ^{d)}	o probă la fiecare 150 m ³ sau o probă pe zi de producție ^{d)}
Continuă ^{b)} (odată ce au fost obținute minimum 35 rezultate)	-	o probă la fiecare 400 m ³ sau o probă la 5 zile de producție ^{c), d)} sau o probă la o lună calendaristică	

a) Eșantionarea trebuie repartizată pe ansamblul producției și normal nu trebuie să comporte mai mult de o probă la fiecare 25 m³.
b) Când abaterea standard calculată, pentru ultimele 15 rezultate ale încercărilor este superioară limitei s_n , în conformitate cu Tabelul 24, frecvența de eșantionare trebuie să fie (adusă la) frecvența cerută pentru producția inițială până la obținerea următoarelor 35 rezultate de încercări.
c) Dacă sunt mai mult de 5 zile de producție din 7 zile calendaristice consecutive, o dată pe săptămână calendaristică.
d) Noțiunea „zi de producție” - producerea betonului într-un schimb de 8 ore - trebuie să fie indicată în prevederile în vigoare la locul de utilizare.

9.9.2.4.4 Probele sunt prelevate după adăugarea apei sau a aditivilor în beton; cu toate acestea, este permisă prelevarea probelor înainte de adăugarea plastifiantului sau a superplastifiantului pentru ajustarea consistenței (a se vedea 8.5), în cazul în care există dovezi, obținute în urma încercărilor inițiale de tip, că plastifiantul sau superplastifiantul, în cantitatea care urmează să fie utilizată, nu are niciun efect negativ asupra rezistenței betonului.

9.9.2.4.5 Rezultatul încercării trebuie să fie cel obținut pe o epruvetă individuală sau media rezultatelor, atunci când sunt supuse încercărilor la aceeași vârstă minimum două epruvete provenind din același eșantion.

9.9.2.4.6 Atunci când domeniul rezultatelor încercărilor, obținute pe cel puțin două epruvete confecționate din același eșantion, este mai mare de 15 % din media lor, rezultatele nu trebuie luate în considerare, cu excepția cazului în care o investigație foarte, aprofundată permite să se găsească o explicație valabilă pentru justificarea eliminării unuia dintre rezultatele individuale.

9.9.3 Controlul echipamentelor

9.9.3.1 Controlul echipamentelor trebuie să asigure că sunt într-o stare ce asigură buna funcționare a dispozitivelor de stocare, a echipamentelor de dozare în masă și în volum, a aparatelor de amestecare și de comandă (de exemplu, cele pentru măsurarea conținutului de apă al agregatelor) se află în stare bună de funcționare și că respectă cerințele prezentului Cod. Frecvența inspecțiilor și a încercărilor pentru echipamente (acolo unde se utilizează) este prezentată în Tabelul 27.

Tabelul 27 – Controlul echipamentului

Nr.	Echipament	Inspecția/Încercarea	Scop	Frecvența minimă
1	Depozite la sol, în buncăre etc.	Inspecție vizuală	Asigurare a conformității cu cerințele	O dată pe săptămână
2	Echipamentul de cântărire	Inspecția vizuală a funcționării	Asigurarea funcționării în condiții de curățenie și a funcționării corecte a echipamentului de cântărire	Zilnic
3		Încercarea echipamentului de cântărire	Asigurarea exactității conform 9.6.2.2	La instalare Periodic ^{a)} în funcție de dispozițiile în vigoare la locul de utilizare În caz de dubiu
4	Dozatoarele de aditivi (inclusiv cele montate pe autobetoniere)	Inspecție vizuală a funcționării	Asigurarea funcționării în condiții de curățenie și a funcționării corecte a dozatorului	Pentru fiecare aditiv la primul amestec al zilei
5		Încercarea echipamentului și realizarea unei descărcări complete	Asigurarea exactității conform 9.6.2.2	La instalare Periodic ^{a)} după instalare În caz de dubiu
6	Contorul de apă montat pe autobetonieră	Compararea cantității reale cu valorile afișate pe contor	Asigurarea exactității conform 9.6.2.2	La instalare Periodic ^{a)} după instalare În caz de dubiu
7	Echipamentul de măsurare continuă a conținutului de apă a agregatelor	Compararea cantității reale cu valorile înregistrate pe umidometru	Asigurarea exactității	La instalare Periodic ^{a)} după instalare În caz de dubiu
8	Sistemul de dozare	Inspecție vizuală	Asigurarea că echipamentul funcționează corect	Zilnic

Nr.	Echipament	Inspecția/Încercarea	Scop	Frecvența minimă
9		Compararea (prin metode adecvate conform sistemului de dozare utilizat) masei reale măsurată a componentelor prezentă în amestec cu masa țintă, și în caz de înregistrare automată a înregistrărilor cu valorile programate	Pentru asigurarea cerințelor de la 9.7	La instalare În caz de dubiu Periodic ^{a)} după instalare
10	Aparatura de încercări	Etalonare sau calibrare conform normelor naționale sau europene corespunzătoare	Verificarea conformității	Periodic ^{a)} Pentru aparatele de încercare a rezistenței, minim o dată pe an
11	Malaxoare (inclusiv autobetonierele)	Inspecție vizuală	Verificarea gradului de uzură a echipamentului de amestecare	Periodic ^{a)}

^{a)} Frecvența este în funcție de tipul materialului, de sensibilitatea sa în funcționare și de condițiile de producție a stației.

9.9.3.2 Stațiile de beton, echipamentul și mijloacele de transport trebuie să fie supuse unui sistem de întreținere planificată și trebuie să fie menținute în condiții de funcționare eficientă, astfel încât să nu afecteze caracteristicile și cantitatea de beton.

9.9.4 Controlul altor proprietăți

9.9.4.1 Caracteristicile betonului proiectat trebuie să fie verificate în raport cu cerințele specificate în Tabelul 28.

Tabelul 28 – Controlul procedurilor de producție și al proprietăților betonului

Nr.	Tip de încercare	Inspecția/Încercarea	Scop	Frecvența minimă
1	Proprietățile betonului cu proprietăți specificate	Încercări inițiale de tip (a se vedea Anexa A)	Pentru a demonstra că proprietățile specificate sunt obținute prin compoziția propusă cu o marjă de siguranță adecvată	Înainte de a utiliza o nouă compoziție de beton
2	Umiditatea nisipului	Sistem de măsurare continuă, încercări de uscare sau echivalente	Determinarea masei uscate a agregatelor și cantității de apă adăugate	Zilnic pentru o verificare discontinuă. Frecvența cerută pentru încercări poate să fie în funcție de condițiile locale și atmosferice, pot fi necesare teste mai mult sau mai puțin frecvente
3	Umiditatea pietrișului	Încercări de uscare sau echivalente	Determinarea masei uscate a agregatelor și apei ce trebuie adăugată	În funcție de condițiile locale și atmosferice
4	Conținutul de apă al betonului proaspăt	Verificarea cantității de apă de amestec adăugată ^{b)}	Obținerea de date pentru raportul apă/liant sau raportul apă/liant total	Fiecare amestec sau șarjă
5	Conținutul de cloruri al betonului	Determinare inițială prin calcul	Asigurare că nu este depășit conținutul maxim de cloruri	La efectuarea încercărilor inițiale de tip. În cazul creșterii conținutului de cloruri al materialelor componente

Nr.	Tip de încercare	Inspecția/Încercarea	Scop	Frecvența minimă
6	Consistența	Examen vizual	Comparare cu un beton cu aspect normal	Fiecare amestec sau șarjă
7		Încercarea de consistență în conformitate cu: SM EN 12350-2 sau SM EN 12350-3 sau SM EN 12350-4 sau SM EN 12350-5	Evaluarea obținerii valorilor consistenței specificate și detectarea eventualelor variații ale conținutului de apă	Când consistența este specificată, conform Tabelului 26 pentru rezistența la compresiune (a se vedea Anexa B). La încercările privind conținutul de aer. În caz de dubiu după examenul vizual
8		Încercarea de consistență în conformitate cu SM EN 12350-8		Cel puțin o dată pe zi. Când se determină rezistența la compresiune (aceeași frecvență). Când se determină conținutul de aer. În caz de dubiu după inspecția vizuală.
9	Vâscozitatea betonului	SM EN 12350-8 sau SM EN 12350-9	Evaluarea atingerii valorii declarate a consistenței	Când se efectuează încercările inițiale de tip. Înainte de utilizarea unei noi compoziții de beton. În cazul schimbării materialelor componente. În caz de dubiu după efectuarea inspecției vizuale sau testului de tasare
10	Abilitatea de trecere	SM EN 12350-10 sau SM EN 12350-12		
11	Rezistența la segregare	SM EN 12350-11		
12	Densitatea betonului proaspăt	Determinarea densității conform SM EN 12350-6	Pentru betonul ușor sau greu, pentru supervizarea amestecurilor și controlul densității	Zilnic
13	Conținutul de ciment al betonului proaspăt	Verificarea cantității de ciment dozată ^{b)}	Verificarea conținutului de ciment și obținerea de date privind raportul apă/liant sau raportul apă/liant total	Fiecare amestec sau șarjă
14	Conținutul de adaosuri în betonul proaspăt	Verificarea cantității de adaosuri adăugate ^{b)}	Verificarea conținutului de adaosuri și obținerea de date pentru raportul apă/liant sau raportul apă/liant total (a se vedea 6.2.9)	Fiecare amestec sau șarjă
15	Conținutul de aditivi în betonul proaspăt	Verificarea masei sau a volumului de aditiv adăugat ^{b)}	Verificarea conținutului de aditiv	Fiecare amestec sau șarjă
16	Conținutul de fibre în betonul proaspăt	Verificarea masei fibrelor adăugate ^{b)}	Verificarea conținutului de fibre	Fiecare amestec sau șarjă
17	Raportul apă/liant în betonul proaspăt	Prin calcul sau printr-o metodă de încercare (a se vedea 6.2.9)	Evaluarea obținerii raportului apă/liant sau raportul apă/liant total specificat	Zilnic dacă este specificat
18	Conținutul de aer al betonului proaspăt dacă este specificat	Încercare conform SM EN 12350-7, pentru betonul de densitate normală și betonul greu și ASTM C 173 [5] pentru betonul ușor	Evaluare a obținerii conținutului specificat de aer antrenat	Pentru betoanele conținând aer antrenat: primele amestecuri sau șarje din fiecare producție zilnică, până la stabilizarea valorilor.

Nr.	Tip de încercare	Inspekția/încercarea	Scop	Frecvența minimă
19	Temperatura betonului proaspăt	Măsurarea temperaturii	Evaluarea obținerii temperaturii minime de + 5 °C sau a valorii specificate	În caz de dubiu: Când temperatura este specificată: - periodic după caz; - fiecare amestec sau șarjă când temperatura este aproape de limită
20	Densitatea betonului întărit ușor sau greu	Încercare conform SM EN 12390-7 ^{a)}	Pentru evaluarea obținerii densității specificate	Când densitatea este specificată, la fel de frecvent ca pentru rezistența la compresiune
21	Încercări de rezistență la compresiune pe epruvete confecționate în tipare	Încercare conform SM EN 12390-3	Pentru evaluarea obținerii rezistenței specificate	Când rezistența la compresiune a betonului este specificată, la fel de frecvent ca și pentru controlul de conformitate a se vedea Tabelul 26.
^{a)} Pot, de asemenea, să fie încercate în condiții de saturare, dacă este stabilită o relație sigură cu densitatea determinată după uscare în etuvă; ^{b)} Când nu este utilizat echipamentul de înregistrare și când toleranțele de cântărire pentru amestecuri sau șarje sunt depășite, cantitățile cântărite se înregistrează în registrul de producție.				

9.9.4.2 Compoziția betonului cu compoziție prescrisă, precum și consistența și temperatura sa dacă sunt specificate trebuie să fie controlate în raport cu cerințele din Tabelul 28 (rândurile aplicabile betonului cu compoziție prescrisă).

9.9.4.3 Controlul trebuie să includă producția, transportul până la locul de descărcare și livrare.

9.9.4.4 Pentru anumite betoane, pot fi necesare cerințe suplimentare pentru controlul producției. Aceste cerințe nu sunt definite în acest Cod. Dacă contractul specifică anumite cerințe particulare pentru beton, controlul producției trebuie să includă acțiuni corespunzătoare în plus față de cel menționate în Tabelul 28.

9.9.4.5 Acțiunile prevăzute în tabelele 27 și 28 pot să fie adaptate la condițiile specifice la locul de producție, și să fie înlocuite prin altele care asigură un nivel echivalent de control al producției.

10 Criterii de evaluare a valorilor individuale

Criteriile de evaluare a valorilor individuale sunt prezentate în art. 10 din SM EN 206-1.

10.1 Generalități

Cu excepția cazului în care se specifică altfel, rezistența se evaluează după 28 de zile.

NOTĂ - Rezultatul evaluării conformității depinde de partea care efectuează evaluarea sau de rezultatele acesteia. Rezultatul unei evaluări a conformității efectuate de producător este o declarație de conformitate. Evaluarea efectuată de o a doua parte are ca rezultat un raport de evaluare. Rezultatul unei evaluări efectuate de o a treia parte este un raport de evaluare și, opțional, o certificare acordată de partea a treia. Evaluările pozitive efectuate de a doua și de a treia parte sporesc încrederea în declarația de conformitate, emisă de producător. Evaluările negative creează îndoeli cu privire la declarația de conformitate și declanșează o serie de acțiuni.

10.2 Criterii de evaluare a rezistenței la compresiune

10.2.1 Conformitatea rezistenței la compresiune a betonului se evaluează pe eșantioane testate în conformitate cu 6.5.1.2.

10.2.2 Pentru clasele de rezistență C8/10, C12/15 și C16/20, fiecare rezultat individual al încercării f_{ci} trebuie să îndeplinească criteriile prezentate în următoarele formule:

$$\text{- C8/10: } f_{ci} \geq (f_{ck} - 1) \text{ N/mm}^2; \quad (1)$$

$$\text{- C12/15: } f_{ci} \geq (f_{ck} - 2) \text{ N/mm}^2; \quad (2)$$

$$\text{- C16/20: } f_{ci} \geq (f_{ck} - 3) \text{ N/mm}^2; \quad (3)$$

10.2.3 Pentru toate celelalte clase de rezistență, fiecare rezultat individual al încercării (f_{ci}) trebuie să îndeplinească criteriul prezentat în următoarea formulă:

$$f_{ci} \geq (f_{ck} - 4) \text{ N/mm}^2 \quad (4)$$

10.3 Criterii de evaluare a rezistenței la tracțiune

10.3.1 Conformitatea rezistenței la tracțiune a betonului se evaluează pe eșantioane testate în conformitate cu 6.5.1.3.

10.3.2 Fiecare rezultat al încercării f_{cti} trebuie să îndeplinească criteriul din următoarea formulă:

$$f_{cti} \geq (f_{ctk} + 0,5) \text{ N/mm}^2; \quad (5)$$

10.4 Criterii de evaluare pentru proprietățile altele decât rezistența

10.4.1 În cazul în care sunt specificate alte proprietăți ale betonului, evaluările conformității se efectuează pe baza sarcinilor individuale pentru valorile privind consistența, vâscozitatea, capacitatea de trecere prin sită, rezistența la segregare, conținutul de aer și, în cazul în care se adaugă fibre în betonieră, omogenitatea distribuției fibrelor în betonul proaspăt, conform prevederilor din Tabelul 29.

Tabelul 29 — Evaluarea claselor de consistență, a proprietăților betonului autocompactant, a conținutului de aer și a omogenității distribuției fibrelor în betonul proaspăt la locul de livrare

Proprietatea	Metoda de încercare sau metoda de determinare	Abaterea maximă admisă ^{a)} la locul de livrare a rezultatelor încercărilor individuale în raport cu valorile limită sau cu limitele claselor specificate pentru consistență	
		Limita inferioară	Limita superioară
Aspect	Compararea, prin inspecție vizuală, a aspectului acestui beton în comparație cu aspectul său normal	-	-
Tasare	Conform SM EN 12350-2	- 10 mm	+ 10 mm
		- 20 mm ^{b)}	+ 20 mm ^{b)}
Vebe	Conform SM EN 12350-3	- 2 sec.	+ 4 sec.
		- 4 sec ^{b)}	+ 6 sec ^{b)}
Grad de compactare	Conform SM EN 12350-4	- 0,03	+0,03
		- 0,04 ^{b)}	+0,04 ^{b)}
Răspândire	Conform SM EN 12350-5	- 10 mm	+ 10 mm
		- 20 mm ^{b)}	+ 20 mm ^{b)}
Răspândire din tasare	Conform SM EN 12350-8	Nu este permisă nici o abatere	Nu este permisă nici o abatere
Vâscozitate	Conform SM EN 12350-8 sau SM EN 12350-9		
Capacitatea de trecere	Conform SM EN 12350-10 sau SM EN 12350-12		
Rezistența la segregare	Conform SM EN 12350-11		
Conținut de aer din betonul proaspăt cu aer antrenat ^{c)}	Conform SM EN 12350-7 pentru beton cu greutate normală și betonul greu, și ASTM C 173 [5] pentru betonul ușor	- 0,5% în volum	+ 0,5% în volum
Amestecarea omogenă a fibrelor în betonul proaspăt, în cazul în care fibrele sunt	Procedura de încercare privind conținutul și omogenitatea fibrelor de oțel și a fibrelor polimerice de clasa II trebuie să fie conformă cu una dintre următoarele: a) SM SR EN 14721, metoda B, utilizând trei probe pe șarjă, probele urmând a fi prelevate în timpul descărcării din prima.	Fiecare eșantion: ≥ 0,80 din valoarea minimă specificată; Media a 3 eșantioane dintr-un lot: ≥ 0,85 din valoarea minimă specificată;	

adăugate în autobetonieră	a) două și ultima treime a șarjei; b) Evaluarea continuă, cu condiția ca întreaga șarjă să fie controlată. Media continuă pentru 0,1 m³ se consideră un rezultat individual, în timp ce media continuă pentru 1 m³ se consideră rezultatul mediu. Primele 5 % și ultimele 5 % nu se iau în considerare la evaluarea rezultatului evaluării. Pentru alte tipuri de fibre, metodele de încercare pot fi specificate în conformitate cu dispozițiile în vigoare la locul de utilizare.	În cazul în care se utilizează evaluări continue: - 95 % din rezultatele individuale: $\geq 0,80$ din conținutul mediu de fibre a șarjei complete; - toate rezultatele medii: $\geq 0,85$ din conținutul mediu de fibre a șarjei complete.
a) În cazul în care nu există o limită inferioară sau superioară în clasa de consistență relevantă, aceste abateri nu se aplică; b) Se aplică numai în cazul încercării consistenței la descărcarea inițială din betoniera cu remorcă sau din echipamentul de agitare (a se vedea 6.4.1). c) A se vedea 7.2.3 d).		

10.4.2 Conformitatea cu proprietatea cerută este confirmată în cazul în care fiecare rezultat individual al încercării se încadrează în abaterea maximă admisă indicată în Tabelul 29 sau toleranța față de o valoare țintă este conformă cu Tabelul 30, cu excepția cazurilor în care sunt prevăzute valori alternative în prEN 206-3 [1]. Dispozițiile în vigoare la locul de utilizare pot prevedea valori alternative pentru abaterile admise din Tabelul 29 și pentru toleranțele din Tabelul 30.

Tabelul 30 — Criterii de conformitate pentru valorile țintă ale consistenței și vâscozității

Tasare			
Valoarea țintă în mm	≤ 40	de la 50 până la 90	≥ 100
Toleranță în mm	±10	±20	±30
Timp Vebe			
Valoare țintă în s	≥ 11	de la 10 la 6	≤ 5
Toleranță în s	± 3	± 2	± 1
Grad de compactare			
Valoarea țintă	≥ 1,26	de la 1,25 până la 1,11	≤ 1,10
Toleranță	±0,13	±0,11	±0,08
Diametrul răspândirii			
Valoarea țintă în mm	Toate valorile		
Toleranță în mm	±40		
Diametrul răspândirii din tasare			
Valoarea țintă în mm	Toate valorile		
Toleranță în mm	±50		
t₅₀₀			
Valoarea țintă în s	Toate valorile		
Toleranță în s	±1		
t_v			
Valoarea țintă în s	< 9	≥ 9	
Toleranță în s	±3	±5	

NOTĂ - Criteriile de conformitate pentru rezistența la compresiune a betonului în diferite etape sunt prezentate în Anexa T.

11 Proiectarea și notarea betonului cu proprietăți specificate

11.1 În cazul în care caracteristicile esențiale ale betonului cu proprietăți specificate trebuie furnizate într-o formă prescurtată, trebuie aplicat următorul format:

- referință la standardul SM EN 206-1:2026;
- clasa de rezistență la compresiune: clasa de rezistență așa cum este definită în tabelele 14 și 15, de exemplu, C30/37;

- c) clasa (clasele) de expunere ca denumire concretă și/sau clasa (clasele) de rezistență la expunere (conform Tabelului 1);
- d) conținutul maxim de cloruri: clasa definită în Tabelul 17, de exemplu CI 0,20;
- e) dimensiunea maximă nominală a agregatului; valoarea $D_{\max}$; de exemplu $D_{\max}$ 16;
- f) densitatea: specificarea clasei simbolizate în Tabelul 16 sau valoarea specificată, de exemplu D2,4;
- g) consistența: prin clase așa cum este definită în 5.2.1 sau valoarea țintă.

11.2 Astfel, un beton obișnuit, cu densitate (masă volumică) normală, cu proprietăți specificate, trebuie să fie notat și identificat printr-un cod, așa cum este de exemplu:

SM EN 206-1:2026
C30/37 XC3, XF2, XA1; CEM II/A-LL 42,5R; CI 0,20; $D_{\max}$ 16; D2,4; S3

În cuprinsul căruia apar identificate, raportat la prevederile obligatorii ale prezentului Cod următoarele elemente:

- SM EN 206-1:2026 - standardul de producere a betonului livrat (ultima ediție);
- C30/37 - clasa de rezistență la compresiune „C” a betonului definită în Tabelul 14 și Anexa F din prezentul Cod;
- XC3, XF2, XA1 - clasa sau combinația de clase de expunere „X” în care se încadrează elementul/structura, definite conform Tabelul 1 din prezentul Cod;
- CEM II/A-LL 42,5R – tipul/clasa de rezistență de ciment utilizat în funcție de combinația claselor de expunere și cerințele în vigoare la locul unde betonul este utilizat;
- CI 0,20 - conținutul maxim de cloruri, raportat la masa cimentului, %, din beton prin clasa de cloruri, definită în Tabelul 17 din prezentul Cod;
- $D_{\max}$ 16 - dimensiunea maximă nominală a agregatului („ $D_{\max}$ ”) din beton în funcție de densitatea armării elementului de beton armat;
- D2,4 - clasa de densitate a betonului, conform Tabelului 16 din prezentul Cod;
- S3 - consistența (lucrabilitatea) betonului prin clase de tasare „S”, definită în Tabelul 4 din prezentul Cod, sau valoarea specificată.

NOTA 1 - La utilizarea în proiecte a acestei modalități de notare și de identificare a betonului, alături de specificarea tuturor tipurilor de cimenturi aplicabile și de alte eventuale exigențe (așa cum ar fi conținutul de aer antrenat), riscul de apariție a unor neînțelegeri tehnice cu executantul, cu producătorul de betoane sau beneficiarul, după predarea proiectului, se reduce considerabil.

NOTA 2 - Includerea unei astfel de codificări a betonului în proiect permite ca specificația lui să poată fi preluată complet în contractele de furnizare, iar la recepție să se poată confrunța (pe șantier) documentele emise de producătorul de beton cu specificația proiectului. Astfel, factorii de decizie (furnizorul de beton, executantul, responsabilul tehnic cu execuția, etc.) vor avea o bază comună și completă de discuție.

NOTA 3 – Proiectantul, fiind implicat în supravegherea executării lucrărilor, trebuie să se asigure, că se comandă în mod corect betonul (cu toate elementele care-l caracterizează) și că se livrează din stație (exact) betonul comandat, conform prevederilor din proiect.

11.3 Exemple pentru betonul proiectat pentru diferite medii de utilizare

- a) exemplu de specificație cu proprietăți specificate și cerințe suplimentare pentru betonul de clasa de rezistență la compresiune C35/45 – rezistent la sulfați, proiectat pentru utilizarea în mediile agresive la atac sulfatic XA3 și la îngheț-dezghet XF3.

SM EN 206-1:2026
**C35/45 XC4, D3, XF3, XA3; CEM IV/A(P)42,5N-LH/SR; CI 0,20; $D_{\max}$ 16; D2,4; S5;
W12**

- SM EN 206-1:2026 - standardul de producere a betonului livrat (ultima ediție);
- C35/45 - clasa de rezistență la compresiune „C” a betonului definită în Tabelul 14 și Anexa F din prezentul Cod;
- XC4, XD3, XF3, XA3 - clasa sau combinația de clase de expunere „X” în care se încadrează elementul/structura, definite conform Tabelul 1 din prezentul Cod;

- CEM IV/A(P) 42,5N-LH/SR – tipul/clasa de rezistență cu rezistență inițială uzuală și o căldură de hidratare redusă „LH” și rezistent la sulfați „SR”, utilizat în funcție de combinația claselor de expunere și cerințele în vigoare la locul unde betonul este utilizat;
- CI 0,20 - conținutul maxim de cloruri, raportat la masa cimentului, %, din beton prin clasa de cloruri, definită în Tabelul 17 din prezentul Cod;
- D_{max16} - dimensiunea maximă nominală a agregatului („ D_{max} ”) din beton în funcție de densitatea armării elementului de beton armat;
- D2,4 - clasa de densitate a betonului, conform Tabelului 16 din prezentul Cod;
- S5 - consistența (lucrabilitatea) betonului prin clase de tasare „S”, definită în Tabelul 4 din prezentul Cod, sau valoarea specificată;
- W12 - impermeabilitatea betonului prin clase de tasare „W”, definită în Anexa N din prezentul Cod și NCM.04.04 sau valoarea specificată.

b) exemplu de specificație cu proprietăți specificate și cerințe suplimentare pentru betonul de clasă de rezistență la încovoiere F_{R5} și de clasă rezistență la compresiune C35/45a, cu utilizarea aditivilor plastifianți și antrenori de aer, proiectat pentru utilizarea la construcție drumurilor cu un strat de uzură (beton nearmat), și în mediile agresive XC4+XC3 și la îngheț-dezgheț XF4, inclusiv la solicitare mecanică XM2.

SM EN 206-1:2026

F_{R5} C35/45a XC4, XD3, XF4, XM2; CEM I 42,5R; CI1,0; D_{max32} ; D2,4; S1

- SM EN 206-1:2026 - standardul de producere a betonului livrat (ultima ediție);
- F_{R5} - clasa de rezistență la încovoiere (intermediară) „F” a betonului definită în conformitate cu standardul pentru betoane rutiere SM EN 13877-1 și litera „R” – beton rutier;
- C35/45 - clasa de rezistență la compresiune „C” a betonului definită în Tabelul 14 și Anexa F din prezentul Cod
- XC4, XD3, XF4, XM2 - clasa sau combinația de clase de expunere „X” în care se încadrează structura, definite conform Tabelul 1 din prezentul Cod;
- CEM I 42,5R – tipul/clasa de rezistență de ciment utilizat în betoane rutiere;
- CI 1,0 - conținutul maxim de cloruri, raportat la masa cimentului, %, din beton prin clasa de cloruri, definită în Tabelul 17 din prezentul Cod;
- D_{max32} - dimensiunea maximă nominală a agregatului („ D_{max} ”) din beton cu valoarea specificată;
- D2,4 - clasa de densitate a betonului, conform Tabelului 16 din prezentul Cod;
- S1 - consistența (lucrabilitatea) betonului prin clase de tasare „S” cu utilizarea „sistemului de cofraje fixe”, definită în Tabelul 4 din prezentul Cod, sau valoarea specificată;
- „C35/45a” – utilizarea aditivului antrenor de aer în beton, conform cu Tabelul F.1 din Anexa F din prezentul Cod sau valoarea specificată.

Anexa A (normativă)

Încercări inițiale de tip

A.1 Generalități

A.1.1 Această anexă furnizează detalii privind încercările inițiale de tip așa cum sunt indicate în 9.5.

A.1.2 Încercările inițiale de tip trebuie să stabilească că un beton satisface toate cerințele specificate pentru betonul proaspăt și întărit. Dacă producătorul sau elaboratorul specificației pot demonstra că o compoziție este corespunzătoare plecând de la datele rezultate pe baza încercărilor precedente sau pe baza unei experiențe dobândite pe o durată lungă, aceasta poate constitui o alternativă la încercările inițiale de tip.

A.1.3 Dispozițiile în vigoare la locul de utilizare pot prevedea dispoziții alternative sau suplimentare privind încercările inițiale de tip pentru betoanele din clasele de rezistență la expunere.

A.1.4 Dispozițiile în vigoare în locul de utilizare pot prevedea dispoziții alternative sau suplimentare privind încercările inițiale de tip pentru betonul armat cu fibre.

A.2 Partea responsabilă de încercările inițiale de tip

Încercările inițiale de tip trebuie să fie în responsabilitatea producătorului, pentru betonul cu proprietăți specificate, responsabilitatea elaboratorului specificației, pentru betonul de compoziție prescrisă și cea a organismelor de standardizare pentru betonul cu compoziție prescrisă într-un standard.

A.3 Frecvența încercărilor inițiale

A.3.1 Încercările inițiale de tip trebuie efectuate înainte de a utiliza un nou beton sau o nouă familie de betoane.

A.3.2 Încercările inițiale de tip trebuie repetate dacă a avut loc o schimbare semnificativă, fie a componentelor betonului sau a cerințelor specificate, pe care s-au bazat încercările precedente.

A.3.3 Materialele componente pot fi considerate ca fiind în mod demonstrabil similare, fără modificări semnificative ale performanțelor betonului în comparație cu materialele utilizate pentru încercarea inițială de tip, dacă proprietățile acestora se încadrează în criteriile prezentate în Tabelul A.1. Dispozițiile în vigoare la locul de utilizare pot prevedea criterii alternative față de cele prezentate în Tabelul A.1.

Materialele componente pot fi considerate ca fiind în mod demonstrabil similare, fără modificări semnificative ale performanțelor betonului în comparație cu materialele utilizate pentru încercarea inițială de tip, dacă proprietățile acestora se încadrează în criteriile din Tabelul A.1. Dispozițiile în vigoare la locul de utilizare pot prevedea criterii alternative față de cele prezentate în Tabelul A.1.

Tabelul A.1 – Criterii pentru materialele componente considerate ca fiind în mod demonstrabil similare

Caracteristici	Criterii	Observații
Agregate		
Tip geologic	Similar	de exemplu, calcar din Neogen, pietriș din valea Nistrului
Dimensiuni nominale	Idem	de exemplu, 4 – 20 mm
Forma și textura agregatului grosier	Similar	de exemplu, natural sau concasat
Forma și textura agregatului fin	Similar	de exemplu, natural sau concasat
Densitatea particulelor	$\pm 100 \text{ kg/m}^3$	
Densitatea aparentă în vrac	$\pm 100 \text{ kg/m}^3$	
Absorbția de apă	$\pm 1,5 \%$	
Ciment		
Tip	Idem	
Rezistența standard	La fel sau mai mare	28 de zile

Caracteristici	Criterii	Observații
Rezistența inițială	La fel sau mai mare	Clasa inițială de rezistență
Adaosuri		
Tip	Idem	
Aditivi		
Tip	Idem	
Sursă	Idem	Același furnizor
Fibre		
Tip	Idem	
Proprietăți	Idem	

A.4 Condiții de încercare

A.4.1 Ca regulă generală, încercările inițiale de tip trebuie efectuate pe un beton în stare proaspătă a cărui temperatură este cuprinsă între plus 15 °C și plus 22 °C.

A.4.2 Pentru fiecare încercare inițială de tip a unui beton trebuie realizate minim trei amestecuri și din fiecare amestec trebuie confecționate și supuse la încercări minim trei epruvete. Dacă o încercare inițială de tip se efectuează pentru o familie de betoane, numărul de betoane de eșantionat trebuie să acopere gama de compoziții a familiei. În acest caz numărul de amestecuri pentru o compoziție poate să se reducă la unul.

A.4.3 Rezistența unui amestec sau a unei șarje este media rezultatelor încercărilor. Rezultatul încercării inițiale de tip pe beton este rezistența medie a amestecurilor sau șarjelor.

A.4.4 Intervalul de timp între amestecare și încercările de consistență, precum și rezultatele încercărilor trebuie să fie înregistrate.

A.4.5 Când betonul conține fibre, încercările inițiale de tip trebuie să verifice dacă procedurile documentate de producător permit obținerea unei distribuții omogene a fibrelor în amestec. Această cerință este satisfăcută dacă rezultatele încercărilor sunt conforme cu criteriile indicate în Tabelul 29 și dozajul de fibre din șarjă este același cu conținutul de fibre specificat.

A.4.6 În cazul betonului autocompactant încercările inițiale de tip trebuie să includă și un studiu al robusteții compoziției amestecului în ceea ce privește variația dozajului de apă. Aceste investigații trebuie să determine intervalul în care se situează cantitatea de apă pentru care cerințele betonului proaspăt (consistență, vâscozitate, abilitatea de trecere și rezistența la segregare) sunt îndeplinite.

A.4.7 Când este utilizată apa recuperată în producerea betonului autocompactant, încercările inițiale de tip vor demonstra că cerințele betonului proaspăt sunt adecvate, având în vedere variația conținutului de materiale solide și analizele chimice asupra apei recuperate la locul de producere a betonului.

A.4.8 Când betonul conține agregate reciclate este necesară determinarea contracției din uscare, a curgerii lente și a modulului de elasticitate.

A.4.9 Pentru a prescrie compoziția unui beton având compoziția prescrisă, a cărui utilizare este prevăzută la scară națională printr-un standard astfel încât să se țină seama de toate materialele componente permise, este necesar un număr de încercări semnificativ mai ridicat. Rezultatele încercărilor inițiale de tip trebuie documentate de către organismul de standardizare responsabil.

NOTĂ – SM EN 1992-1-1:2023 la N.3 oferă informații privind utilizarea agregatelor reciclate în betonul structural.

A.5 Criterii de acceptare a încercărilor inițiale de tip

A.5.1 Pentru evaluarea proprietăților betoanelor în special cele ale betonului proaspăt și, după caz, distribuției golurilor de aer în betonul întărit, diferențele între tipul de amestecare și condițiile de amestecare utilizate pentru încercările inițiale de tip și cele utilizate pentru producția curentă trebuie luate în considerație.

A.5.2 Rezistența la compresiune a betonului având compoziția corespunzătoare celei alese pentru cazul real trebuie să fie superioară valorilor f_{ck} din Tabelul 14 sau din Tabelul 15, cu o anumită marjă de siguranță adecvată. Trebuie ca marja să fie în jur de dublul abaterii standard așteptate, sau cel puțin de

la 6 N/mm² (MPa) până la 12 N/mm² (MPa), în funcție de instalațiile de producție, materialele componente și de informațiile disponibile referitoare la variații.

A.5.3 Criteriul de acceptare a încercărilor inițiale de tip ale betonului având compoziția prescrisă printr-un standard este următorul:

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 12 \quad (\text{A.1})$$

A.5.4 Consistența betonului trebuie să se situeze în limitele claselor de consistență în momentul în care betonul este susceptibil de a fi pus în operă sau înainte de livrare în cazul betonului gata de utilizare.

A.5.5 Pentru betonul autocompactant, încercările inițiale de tip trebuie să demonstreze că, în intervalul de răspândire din tasare permis, compoziția betonului își menține proprietățile declarate ale vâscozității, abilității de trecere și rezistenței la segregare.

A.5.6 Pentru alte proprietăți specificate, betonul trebuie să satisfacă valorile specificate având o marjă de siguranță corespunzătoare.

Anexa B (normativă)

Încercări de identificare pentru rezistența la compresiune

B.1 Generalități

B.1.1 Această anexă prezintă detaliile pentru încercările de identificare cum sunt cele indicate în 9.9.2 și 9.9.4.1.

B.1.2 Încercările de identificare indică dacă un anumit volum de beton aparține aceleiași totalități generale pentru care conformitatea a fost confirmată de către producător prin proceduri stabilite.

B.2 Plan de eșantionare și de încercări

B.2.1 Când se procedează la încercări de identificare, volumul particular de beton trebuie definit, de exemplu:

- a) un singur amestec sau șarjă în caz de dubiu asupra calității lor;
- b) betonul furnizat pentru fiecare etaj al unei clădiri sau a unui ansamblu de grinzi/planșee sau de stâlpi/pereți ai unui etaj, a unei clădiri sau părți comparabile ale altor structuri;
- c) betonul livrat pe un șantier în timpul unei săptămâni, însă nu mai mult de 400 m³.

B.2.2 Numărul de probe de prelevat dintr-un volum particular de beton trebuie definit.

B.2.3 Probele trebuie prelevate din diferite amestecuri sau șarje în conformitate cu SM EN 12350-1.

B.2.4 Epruvetele trebuie să fie preparate și conservate în conformitate cu SM EN 12390-2. Rezistența la compresiune a epruvetelor trebuie determinată în conformitate cu SM EN 12390-3. Rezultatele încercărilor trebuie să provină din media a două sau mai multe epruvete realizate pornind de la aceeași probă pentru a fi încercate la aceeași vârstă. Când două sau mai multe epruvete sunt realizate pornind de la același eșantion și când împrăștierea rezultatelor este mai mare 15 % din valoarea medie, rezultatele trebuie eliminate exceptând situațiile în care investigația permite identificarea unui motiv care să justifice eliminarea unui rezultat individual.

B.2.5 Consistența, conținutul de aer al betonului proaspăt, vâscozitatea, abilitatea de trecere și rezistența la segregare vor fi testate în conformitate cu Tabelul 29.

B.3 Criterii de identificare pentru rezistența la compresiune

B.3.1 Beton supus unei certificări a controlului producției

B.3.1.1 Identificarea betonului este evaluată pentru fiecare rezultat de rezistență individual și pentru media de „n” rezultate discrete care nu se suprapun.

B.3.1.2 Betonul este considerat ca provenit dintr-o populație conformă, dacă cele două criterii din Tabelul B.1 sunt satisfăcute pentru „n” rezultate derivate din rezultatele rezistențelor probelor prelevate din volumul de beton definit.

Tabelul B.1 - Criterii de identificare pentru rezistența la compresiune

Numărul „n” al rezultatelor de rezistență la compresiune pentru volumul de beton definit	Criteriul 1	Criteriul 2
	Media a „n” rezultate f_{cm} , N/mm ²	Orice rezultat individual al încercării f_{ci} , N/mm ²
1	Neaplicabil	$\geq f_{ck} - 4$
de la 2 până la 4	$\geq f_{ck} + 1$	$\geq f_{ck} - 4$
de la 5 până la 6	$\geq f_{ck} + 2$	$\geq f_{ck} - 4$

NOTĂ - Criteriile de identificare din Tabelul B.1, dau o probabilitate de 1 % de eliminare a unui volum de beton conform.

B.3.2 Beton nesupus unei certificări a controlului producției

B.3.2.1 Pentru volumul de beton definit, trebuie să fie prelevate pentru încercări minimum 3 probe.

B.3.2.2 Betonul este considerat ca provenind dintr-o populație conformă dacă criteriile de conformitate indicate în art. 5 din SM EN 206-2 și 9 din prezentul Cod pentru o producție inițială sunt satisfăcute.

B.4 Criterii de identificare pentru consistență și conținutul de aer

Identificarea betonului este evaluată pentru fiecare rezultat individual, așa cum se indică în Tabelul 29. Betonul este considerat ca provenind dintr-o populație conformă dacă criteriile din Tabelul 29 sunt satisfăcute pentru fiecare rezultat individual obținut plecând de la încercările efectuate pe eșantioane prelevate dintr-un volum de beton definit.

B.5 Criterii de identificare a dozajului de fibre și a omogenității betonului proaspăt

B.5.1 Procedurile de determinare a conținutului de fibre și a omogenității trebuie să fie în conformitate cu SM SR EN 14721+A1, utilizând câte trei probe pe șarjă. Procedura de încercare (exceptând prelevarea) a determinării conținutului de fibre și omogenității fibrelor polimerice de clasa II trebuie să fie în conformitate cu SM SR EN 14488-7. Pentru fibrele polimerice de clasa *Ia* și *Ib*, pot fi aplicate metodele de încercare prevăzute la locul de utilizare. În toate cazurile trebuie prelevate trei probe per șarjă, prima în timpul primei descărcări, a doua de la mijloc și a treia din ultima descărcare.

B.5.2 Betonul este considerat ca provenind dintr-o populație conformă dacă ambele criterii din Tabelul B.2 sunt îndeplinite.

Tabelul B.2 - Criterii de identificare combinate pentru dozajul de fibre și omogenitatea betonului proaspăt

Aplicabil la	Criteriu
Fiecare probă	$\geq 0,80$ din valoarea minimă specificată
Media a trei probe dintr-o șarjă	$\geq 0,85$ din valoarea minimă specificată

Anexa C (normativă)

Dispoziții pentru evaluarea, supravegherea și certificarea controlului producției

Dacă este necesar, certificarea trebuie efectuată în conformitate cu standardul SM EN ISO/CEI 17065, cu excepția cazului în care dispozițiile în vigoare în locul de utilizare prevăd alte cerințe.

NOTA 1 - Cerințele privind certificarea pot fi specificate în contracte și în reglementările naționale.

Organismul de evaluare a conformității (în continuare OEC), elaborează o schemă de certificare care include etapele de solicitare, analiză, stabilire, revizuire, luare a deciziei, certificare și supraveghere.

NOTA 2 - Standardul SM SR EN ISO/CEI 17067 oferă îndrumări privind posibila implementare a schemelor de certificare referitoare la controlul producției în fabrică sau la produs. În Anexa B din SM EN 206-2 este descris un exemplu de schemă de certificare posibilă.

C.1 Generalități

Când sunt cerute pentru controlul producției (a se vedea capitolul 9), prevederile pentru evaluarea, supravegherea și certificarea controlului producției de către un organism de evaluare a conformității (în continuare OEC), acreditat și recunoscut în vederea notificării, conform [7], sunt date în această anexă.

C.2 Sarcinile organismului de evaluare a conformității

C.2.1 Evaluarea inițială a controlului producției

C.2.1.1 O inspecție inițială a stației de beton și a controlului producției trebuie efectuată de OEC acreditat și recunoscut în vederea notificării. Inspecția inițială are ca scop să determine dacă condițiile esențiale, în ce privește personalul și echipamentele pentru o producție corectă și pentru controlul corespunzător al producției sunt asigurate.

C.2.1.2 OEC trebuie, între altele, să examineze și să verifice:

- a) manualul de control al producției de la producător și să evalueze prevederile pe care aceasta le conține. În special el trebuie să verifice dacă aceste prevederi sunt conforme cu cerințele pentru controlul producției de la articolul 9 și dacă el ține seama de cerințele acestui Cod, SM EN 206-1 și SM EN 206-2;
- b) disponibilitatea la locurile prevăzute și la persoanele implicate a documentelor elaborate necesare, pentru inspecția echipamentelor și care sunt la dispoziția personalului stației;
- c) dacă toate mijlocele și echipamentele necesare sunt disponibile pentru efectuarea inspecțiilor și încercărilor necesare asupra echipamentelor, materialelor componente (a se vedea Anexa R) și betonului;
- d) cunoștințele, pregătirea și experiența personalului de producție și de control a producției;
- e) dacă o încercare inițială a fost bine efectuată conform cu Anexa A a acestui Cod și dacă ea a fost raportată de o manieră adecvată.

C.2.1.3 Dacă se efectuează încercări indirecte sau, dacă conformitatea pentru rezistență a fost stabilită pe bază de rezultate transpuse din conceptul de familie, producătorul trebuie să demonstreze OEC de o manieră satisfăcătoare, corelarea sau relația fiabilă între încercările directe și indirecte.

C.2.1.4 Pentru a da încredere în rezultatele controlului producției, OEC trebuie să efectueze încercări punctuale în paralel cu cele ale producătorului. Astfel de încercări pot fi înlocuite printr-o supraveghere aprofundată a datelor producătorului și a sistemului de control când laboratorul de încercări al producătorului este acreditat și sub supravegherea unui organism de acreditare.

C.2.1.5 Toate aspectele semnificative ale inspecției inițiale, în special în ce privește echipamentul pe locul de producție, sistemul de control al producției și evaluarea acestui sistem trebuie consemnate într-un raport de evaluare.

C.2.1.6 Când unitatea de producție a trecut de inspecția inițială care satisface OEC, acesta trebuie să emită un raport de evaluare (un exemplar va fi transmis producătorului) din care să rezulte conformitatea controlului producției în conformitate cu capitolul 9 din prezentul Cod.

NOTĂ - Pe baza acestui raport, OEC va decide asupra certificării controlului de producție (a se vedea C.3.1).

C.2.2 Supravegherea continuă a controlului producției

C.2.2.1 Inspecțiile periodice

C.2.2.1.1 Inspecțiile periodice efectuate de OEC au ca obiectiv principal de a verifica dacă sunt menținute condițiile inițiale pentru producție și controlul producției convenit. Raportul de evaluare a inspecției inițiale este utilizat ca o declarație pentru controlul de producție convenit.

C.2.2.1.2 Producătorul este responsabil de menținerea sistemului de control al producției. Dacă au fost aduse schimbări semnificative la locul de producție, sistemului de control al producției sau manualului de control al producției, producătorul trebuie să notifice aceste schimbări OEC care poate să ceară repetarea inspecției.

C.2.2.1.3 În cursul inspecțiilor periodice, OEC trebuie să evalueze cel puțin:

- a) procedurile de producție, de eșantionare și de încercări;
- b) datele înregistrate;
- c) rezultatele obținute la încercările de control al producției în timpul perioadei de inspecție;
- d) că încercările cerute au fost efectuate prin procedurile și cu frecvența adecvată;
- e) că echipamentele de producție au fost verificate și întreținute conform prevederilor planificate;
- f) că aparatura de încercare a fost întreținută și etalonată conform programării;
- g) acțiunile întreprinse în cazul neconformității produselor;
- h) bonurile de livrare și declarațiile de conformitate, dacă este cazul.

C.2.2.1.4 Pentru a da încredere în eșantionarea și încercările de control a producției ale producătorului, OEC trebuie să preleveze, pe durata inspecției periodice probe punctuale pentru încercările din producția curentă. Prelevarea pentru acest scop nu trebuie anunțată înainte. OEC trebuie să stabilească frecvența corespunzătoare pentru fiecare unitate de producție, pentru care este indicat să conducă aceste încercări ținând seama de condițiile particulare. Astfel de încercări, în condiții adecvate, pot să fie înlocuite printr-o supraveghere a datelor producătorului și a sistemului de control când laboratorul de încercări al producătorului este acreditat și se găsește sub supravegherea unui organism de acreditare.

C.2.2.1.5 Betoanele proiectate trebuie încercate pentru proprietățile specificate, de exemplu: rezistența, consistența. Pentru betoanele având compoziția prescrisă, încercările trebuie să acopere numai consistența și compoziția.

C.2.2.1.6 Rezultatele încercărilor curente ale producătorului trebuie să fie comparate cu cele ale OEC.

C.2.2.1.7 OEC trebuie să examineze periodic relațiile fiabile între încercările directe și indirecte ca și relațiile între membrii familiilor de betoane.

C.2.2.1.8 Rezultatele inspecțiilor periodice trebuie consemnate într-un raport care este transmis producătorului.

C.2.2.1.9 Inspecțiile periodice trebuie efectuate cel puțin de două ori pe an, exceptând situațiile în care procedurile de verificare sau regulile de certificare definesc condiții pentru reducerea sau creșterea frecvenței acestora.

C.2.2.2 Inspecții excepționale

C.2.2.2.1 O inspecție excepțională este necesară:

- a) dacă au fost detectate divergențe importante la controlul periodic (reinspectare);
- b) dacă producția a fost întreruptă în timpul unei perioade mai mari de 6 luni;
- c) dacă este cerută de producător, de exemplu datorită schimbării condițiilor de producție;
- d) dacă este cerută de OEC și justificată cu documente.

C.2.2.2.2 Conținutul, tipul și perioada inspecției excepționale, depind de specificul situației.

C.3 Sarcinile organismului de evaluare a conformității

C.3.1 Certificarea controlului producției

C.3.1.1 OEC trebuie să certifice controlul producției pe baza raportului de evaluare, care a stabilit că unitatea de producție a trecut de evaluarea inițială a controlului de producție și care a satisfăcut cererile necesare.

C.3.1.2 OEC trebuie să decidă asupra valabilității certificatului pe bază de rapoarte de supraveghere continuă a controlului producției.

C.3.2 Acțiuni întreprinse în caz de neconformitate a produsului

C.3.2.1 Dacă OEC identifică neconformități ale betonului cu specificația sau deficiențe ale procesului de producție sau ale controlului producției și producătorul nu a reacționat corect într-un timp rezonabil (a se vedea 5.4 din SM EN 206-2), OEC trebuie să ceară producătorului remedierea neconformităților într-un timp suficient de scurt. Acțiunile producătorului trebuie verificate ulterior.

C.3.2.2 Dacă este cazul, trebuie efectuată o inspecție excepțională și încercări suplimentare în cazul în care s-au constatat neconformități pentru:

- a) rezistență;
- b) raportul apă/liant;
- c) limitele de bază impuse compoziției;
- d) clasele de performanță pentru betonul cu fibre;
- e) densitatea, în cazul când este specificată la proiectarea betonului ușor și greu;
- f) compoziția specificată în cazul betoanelor prescrise.

C.3.2.3 Dacă rezultatele inspecției excepționale nu sunt satisfăcătoare sau dacă încercările suplimentare nu au satisfăcut criteriile, OEC trebuie să suspende sau să retragă certificatul de conformitate a controlului producției, fără întârziere.

NOTĂ - După suspendarea sau retragerea certificatului de conformitate a controlului producției, producătorul nu trebuie să mai facă referință la certificatul de conformitate.

C.3.2.4 În cazul unor erori minore, OEC poate considera că nu este cazul de a proceda la o inspecție excepțională și poate accepta dovezi documentare, care atestă că erorile au fost rectificate. Aceste dovezi trebuie confirmate în timpul inspecției periodice următoare, de exemplu prin încercări conform SM EN 12504-4.

NOTĂ - Dacă producătorul a semnalat o neconformitate a betonului sau dacă rezultatele încercărilor nu demonstrează conformitatea cu cerințele, se vor efectua încercări suplimentare în conformitate cu prezentul Cod și standardele de încercări aferente (SM EN 12504-1, pe carote prelevate din structură sau o combinație de încercări pe carote și/sau încercări nedistructive pe structură sau elemente, de exemplu în conformitate cu SM EN 12504-2 sau SM EN 12504-3). Prevederile pentru evaluarea rezistenței în structură sau în elementele componente ale structurii sunt date în CP F.02.03, corelat cu prevederile din SM EN 13791.

Anexa D (normativă)

Cerințe suplimentare pentru specificația și conformitatea betonului pentru lucrări geotehnice speciale

NOTĂ – La punerea în aplicare a standardului prEN 206-3 [1] prezenta anexă își pierde valabilitatea.

D.1 Generalități

D.1.1 Prezenta anexă specifică cerințele suplimentare pentru specificația și conformitatea betonului utilizat pentru:

- a) piloți forati realizați în conformitate cu SM EN 1536;
- b) pereți mulați realizați în conformitate cu SM EN 1538+A1;
- c) piloți de îndesare realizați în conformitate cu SM EN 12699;
- d) micropiloți realizați în conformitate cu SM EN 14199.

NOTĂ - Această anexă este rezultatul integrării prezentului Cod cu regulile privind betonul destinat lucrărilor geotehnice speciale prezentate în SM EN 1536, SM EN 1538+A1, SM EN 12699 și SM EN 14199 în scopul armonizării sistemului de reguli pentru specificații și pentru conformitatea betonului utilizat în diferite lucrări de beton.

D.1.2 Cerințele furnizate în prezenta anexa trebuie să fie specificate în conformitate cu 6.2.

B.1.3 Pentru aplicațiile menționate mai sus, dispozițiile specifice date în prezenta anexă trebuie să prevaleze.

NOTĂ – Pentru lucrări geotehnice speciale, dispozițiile privind dozajul minim de ciment, conținutul minim de agregat fin, raportul maxim apă/ciment, valorile țintă ale consistenței și alte toleranțe maxime ce corespund unor valori țintă pot fi diferite față de dispozițiile relative la alte lucrări.

D.2 Constituenți

D.2.1 Ciment

D.2.1.1 Cimentul trebuie să fie în conformitate cu dispozițiile la locul de utilizare a betonului pentru clase de expunere specifice, iar aptitudinea sa de utilizare pentru aplicații geotehnice va fi acoperită de această anexă.

NOTĂ – La alegerea liantului se utilizează cimenturi cu degajare moderată sau redusă de căldură și rezistență la atacul sulfatic (dacă pământul sau apa freatică sunt agresive chimic).

D.2.1.2 Cimentul trebuie să fie ales din tipurile definite în SM SR EN 197-1 sau tipurile permise în D.2.1.3:

- a) ciment Portland CEM I;
- b) ciment Portland cu zgură CEM II/A-S și II/B-S;
- c) ciment Portland cu praf de silice ultrafină CEM II/A-D;
- d) ciment Portland cu puzzolana CEM II/A-P și II/B-P;
- e) ciment Portland cu cenușă zburătoare CEM II/A-V și II/B-V;
- f) ciment Portland cu șist calcinat CEM II/A-T și II/B-T;
- g) ciment Portland cu calcar CEM II/A-LL;
- h) ciment Portland compozit CEM II/A-M (S-V) și CEM II/B-M (S-V);
- i) ciment Portland compozit CEM II/A-M (S-LL, V-LL) și CEM II/B-M (S-LL, V-LL);
- j) ciment de furnal CEM III/A, III/B și III/C;
- k) ciment Puzzolanic CEM IV/A și/sau CEM IV/A-SR (rezistent la sulfati).

D.2.1.3 Tipurile de ciment permise la 5.1.2, dar necitate în D.2.1.2 pot fi utilizate când aptitudinea lor de utilizare în aplicații geotehnice acoperă prezenta anexă și este stabilită în dispozițiile în vigoare la locul de utilizare a betonului.

NOTĂ – Raportul apă/liant trebuie controlat riguros pentru a asigura durabilitatea în clasele de expunere stabilite (de exemplu, XC, XA).

D.2.2 Agregate

D.2.2.1 Pentru a reduce la minimum segregarea, agregatele vor avea o granulozitate continuă, de preferat agregate rotunde.

NOTĂ – Menținerea în timp a consistenței poate fi afectată de utilizarea agregatelor reciclate sau poroase.

D.2.2.2 Dimensiunea D_{sup} specificată nu trebuie să depășească:

- a) pentru piloți forți și pereți mulați: 32 mm și 1/4 din distanța dintre barele longitudinale;
- b) pentru piloți de îndesare: 32 mm și 1/3 din distanța dintre barele longitudinale;
- c) pentru micropiloți: 16 mm și 1/4 din distanța dintre barele longitudinale;
- d) în caz de punere în operă sub apă: 1/6 din diametrul interior al tubului imersat sau al tubului prin care se pompează betonul, se ia în considerare valoarea mai mică dintre acestea.

D.2.2.3 O dimensiune D_{inf} trebuie specificată.

D.3 Beton

D.3.1 Cerințe generale pentru specificație și pentru acceptarea proiectării amestecului

D.3.1.1 Proiectarea amestecului va satisface specificația betonului luând în considerare:

- a) necesitatea unei rezistențe mari împotriva segregării;
- b) necesitatea unei plasticități adecvate și a unei bune coezivități;
- c) necesitatea unei curgeri ușoare;
- d) necesitatea de a se compacta, într-o manieră adecvată, sub efectul gravitației;
- e) necesitatea de a fi suficient de lucrabil pe durata întregii betonări, inclusiv în timpul înlăturării provizorii a carcasei.

NOTĂ - Alegerea cimentului și utilizarea aditivilor poate îmbunătăți anumite proprietăți ale betonului.

D.3.1.2 Compoziția propusă trebuie să fie acceptată înainte de producere.

D.3.2 Conținutul minim de părți fine și dozajul minim de liant

D.3.2.1 Pentru piloți forți și pentru piloți de îndesare, se vor respecta cerințele din Tabelul D.1 pentru:

Tabelul D.1 - Conținutul minim de părți fine și dozajul minim de ciment pentru piloți forți și piloți de îndesare

Dozajul de ciment:		
pus în operă în condiții uscate		$\geq 325 \text{ kg/m}^3$
Pus în operă în condiții submersibile (turnare sub apă sau sub fluide)		$\geq 375 \text{ kg/m}^3$
Conținut de părți fine^{a)}		
pietriș	$D_{inf} > 8 \text{ mm}$ $D_{sup} > 8 \text{ mm}$	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$
pietriș	$D_{inf} \geq 4 \text{ mm}$ $D_{sup} \leq 8 \text{ mm}$	$\geq 450 \text{ kg/m}^3$
^{a)} Părți fine: dimensiuni $\leq 0,125 \text{ mm}$ (incluzând adaosurile și cimentul).		

D.3.2.2 Pentru betonul semi-uscat turnat la instalarea piloților de îndesare, dozajul minim de ciment va fi de 350 kg/m^3 iar clasa minimă de rezistență va fi C25/30.

D.3.2.3 Pentru micropiloți, conținutul minim de părți fine și dozajul minim de ciment trebuie specificate, astfel dozajul minim de ciment va fi 375 kg/m^3 iar D_{sup} nu va depăși 16 mm.

D.3.2.4 În funcție de dimensiunea D_{max} selectată de producătorul de beton, dozajul minim de ciment destinat pereților mulați se va conforma Tabelului D.2.

Tabelul D.2 - Dozajul minim de ciment pentru betonul destinat pereților mulați

$D_{\max}$, mm	Dozaj minim ciment, kg/m ³
32	350
22,4	380
16	400

D.3.2.5 Betonul cu $D_{\max} = 32$ mm utilizat în pereți mulați trebuie să respecte următoarele cerințe:

- a) conținutul de nisip ($D \leq 4$ mm) mai mare de 40 % din totalul de agregate;
- b) părțile fine ($D \leq 0,125$ mm) în amestecul de beton (incluzând cimentul și alte părți fine) între 400 kg/m³ și 550 kg/m³.

D.3.3 Raportul apă/liant

Raportul maxim apă/liant nu trebuie să fie superior:

- a) celui indicat în dispozițiile în vigoare la locul de utilizare astfel încât să se obțină rezistența corespunzătoare clasei de expunere specificată, și
- b) 0,60;

Se ia în considerare valoarea cea mai mică dintre cele două.

D.3.4 Beton proaspăt

D.3.4.1 Cu excepția betonului semiuscat, consistența va fi specificată ca și valoare țintă de răspândire, de tasare sau de răspândire din tasare. Valorile țintă specificate pentru diametrul de răspândire și tasare sunt indicate în Tabelul D.3.

Tabelul D.3 – Valori țintă ale consistenței betonului proaspăt în diferite condiții

Diametrul răspândirii în conformitate cu SM EN 12350-5, mm	Tasarea în conformitate cu SM EN 12350-2, mm	Condiții tip de utilizare (exemple)
500	150	- betonare în condiții uscate
560	180	- beton pus în operă prin pompare sau - beton turnat prin tuburi sub apă, în condiții submersibile
600	200	- beton turnat prin tuburi sub fluid stabilizator, în condiții submersibile

D.3.4.2 Dispoziții valabile la locul de utilizare pot defini valori țintă diferite față de cele din Tabelul D.3, de exemplu pentru a garanta un amestec de densitate ridicată și a furniza o specificație de beton care satisface cerințele legate de clasele de expunere.

D.3.4.3 Toleranțele maxime care corespund valorilor țintă ale consistenței trebuie să fie ± 30 mm pentru răspândire și mai mare sau cel mult egal cu 100 mm pentru tasarea betonului utilizat în lucrări geotehnice speciale.

D.3.4.4 Unde este relevant, trebuie specificată consistența după o anumită perioadă de amestecare.

NOTĂ – Se vor folosi clase înalte de consistență (tasare mare sau beton autocompactant) pentru a permite umplerea perfectă a forajului/cofrajului în jurul armăturii, asigurându-se stabilitatea la segregare.

Anexa E (informativă)

Recomandări privind utilizarea agregatelor

E.1 Generalități

Prezenta anexă furnizează recomandări pentru utilizarea:

- a) agregatelor de densitate normală, a agregatelor grele și a zgurii de furnal răcite în aer, în conformitate cu SM SR EN 12620+A1;
- b) agregatelor reciclate, în conformitate cu SM SR EN 12620+A1;
- c) agregatelor ușoare, în conformitate cu SM EN 13055.

Aplicarea prezentei anexe informative poate fi reglementată de dispozițiile în vigoare la locul de utilizare.

E.2 Agregate de densitate normală, agregate grele și zgura de furnal răcită în aer

Tabelul E.1 furnizează recomandări privind proprietățile agregatelor de densitate normală, a agregatelor grele și a zgurii de furnal răcite în aer.

Tabelul E.1 - Recomandări privind proprietățile agregatelor de densitate normală, a agregatelor grele și a zgurii de furnal răcite în aer

Proprietate ^{a)}	Articol din SM SR EN 12620+A1	Categoria în conformitate cu SM SR EN 12620+A1 ^{a)}
Conținutul în părți fine	4.6	Categorie sau valoare ce urmează a fi declarată
Coeficientul de aplatizare	4.4	$\leq FI_{50}$ sau $\leq SI_{55}$
Conținutul de elemente cochilifere ^{b)}	4.5	$\leq SC_{10}$
Rezistența la fragmentare	5.2	$\leq LA_{50}$ sau $\leq SZ_{32}$
Densitatea după uscarea în etuvă ρ_{rd}	5.5	Valoare ce urmează a fi declarată
Coeficientul de absorbție de apă	5.5	Valoare ce urmează a fi declarată
Sulfați solubili în acizi	6.3.1	Agregate naturale: $\leq AS_{0,8}$ Zgură de furnal răcită în aer: $\leq AS_{1,0}$
Conținutul total de sulf	6.3.2	Agregate naturale ≤ 1 % din masă Zgură de furnal răcită în aer: ≤ 2 % din masă
Conținutul de ioni de clorura solubili în apă	6.2	Valoare ce urmează a fi declarată
^{a)} Categoria NR (fără cerințe) poate fi aplicată altor proprietăți neindicate în acest tabel pentru care o categorie NR poate fi declarată în conformitate cu SM SR EN 12620+A1. ^{b)} Se aplică numai agregatelor de origine marină.		

E.3 Recomandări pentru utilizarea agregatelor reciclate

E.3.1 Prezentul articol furnizează recomandări de utilizare a agregatelor reciclate la care $d \geq 4$ mm.

NOTĂ – SM EN 1992-1-1:2023 la N.3 oferă informații privind utilizarea agregatelor reciclate în betonul structural.

E.3.2 Tabelul E.2 indică limitele de înlocuire a agregatelor de densitate normală prin agregate reciclate în funcție de clasa de expunere. Tabelul E.2 este aplicabil agregatelor reciclate în conformitate cu SM SR EN 12620+A1 și categoriilor menționate în Tabelul E.3.

Tabelul E.2 - Procentul maxim de înlocuire a agregatelor (% din masă)

Tip de agregat reciclat	Clase de expunere			
	X0	XC1, XC2	XC3, XC4, XF1, XA1, XD1	Toate celelalte clase de expunere ^{a)}
Tip A: (Rc_{90} , Rcu_{95} , Rb_{10-} , Ra_{1-} , FL_{2-} , XRg_{1-})	50 %	30 %	30 %	0 %
Tip B ^{b)} : (Rc_{50} , Rcu_{70} , Rb_{30-} , Ra_{5-} , FL_{2-} , XRg_{2-})	50 %	20 %	0 %	0 %
^{a)} Agregatele reciclate de tipul A de origine cunoscută pot fi utilizate pentru clasele de expunere pentru care betonul original a fost proiectat la un procent de înlocuire maxim de 30 %. ^{b)} Agregatele reciclate de tip B nu vor fi utilizate în betonul având clasa de rezistență la compresiune > C30/37.				

NOTĂ - Pentru riscul reacției alcalii-agregate cu agregate reciclate a se vedea G.3.2 din Anexa G al standardului SM SR EN 12620+A1:2008.

Tabelul E.3 - Recomandări pentru agregate reciclate în conformitate cu SM SR EN 12620+A1

Proprietate ^{a)}	Articol din SM SR EN 12620+A1	Tip	Categoria în conformitate cu SM SR EN 12620+A1
Conținutul în părți fine	4.6	A + B	Categorie sau valoare ce urmează a fi declarată
Coeficientul de aplatizare	4.4	A + B	$\leq Fl_{50}$ sau $\leq Sl_{55}$
Conținutul de elemente cochilifere ^{b)}	5.2	A + B	$\leq LA_{50}$ sau $\leq SZ_{32}$
Rezistența la fragmentare Densitatea după uscarea în etuvă ρ_{rd}	5.5	A	$\geq 2\ 100\text{ kg/m}^3$
		B	$\geq 1\ 700\text{ kg/m}^3$
Coeficientul de absorbție de apă	5.5	A + B	Valoare ce urmează a fi declarată
Constituenți ^{b)}	5.8	A	Rc_{90} , Rcu_{95} , Rb_{10-} , Ra_{1-} , FL_{2-} , XRg_{1-}
		B	Rc_{50} , Rcu_{70} , Rb_{30-} , Ra_{5-} , FL_{2-} , XRg_{2-}
Conținutul în sulfatți solubili în apă	6.3.3	A + B	$SS_{0,2}$
Conținutul de ioni de clorură solubili în acid	6.2	A + B	Valoare ce urmează a fi declarată
Influența asupra începutului de priză	6.4.1	A + B	$\leq A_{40}$
^{a)} Categoria NR (fără cerințe) poate fi aplicată altor proprietăți neindicate în acest tabel pentru care o categorie NR poate fi declarată în conformitate cu SM SR EN 12620+A1. ^{b)} Pentru aplicații speciale ce necesită o finisare a suprafeței de calitate ridicată, constituentul FL va fi limitat la categoria $FL_{0,2-}$.			

E.4 Recomandări privind utilizarea agregatelor ușoare

F.4.1 Tabelul E.4 furnizează recomandări privind proprietățile agregatelor ușoare.

Tabelul E.4 - Recomandări privind agregatele ușoare în conformitate cu SM EN 13055

Proprietate	Cerință
Densitatea particulei	Valoare ce urmează a fi declarată
Granulozitatea	Valoare ce urmează a fi declarată
Conținutul de părți fine	Valoare ce urmează a fi declarată
Coeficient de absorbție a apei (5 min, 60 min și 24h)	Valoare ce urmează a fi declarată
Rezistență la sfărâmare	Valoare ce urmează a fi declarată
Conținutul în ioni clorură solubili în apă	Valoare ce urmează a fi declarată
Sulfatți solubili în acid	≤ 0,8 % din masă
Conținutul total de sulf	≤ 0,8 % din masă
Contaminanți organici ^{a)}	Cerință în conformitate cu SM EN 13055
^{a)} Numai pentru agregate ușoare naturale.	

NOTĂ - Pentru riscul reacției alcalii-silice cu agregate ușoare, a se vedea SM EN 13055.

Anexa F
(normativă)

Valori pentru limitele compozițiilor betonului

F.1 Această anexă furnizează recomandări pentru alegerea valorilor limită ale compoziției și proprietăților betonului în funcție de clasa de expunere conform 6.3.2.

F.2 Tabelele F.1.1 și F.1.2 prezintă valorile limită ale compoziției și proprietăților betonului în funcție de clasa de expunere bazate pe ipoteza unei durate de viață și întreținere a structurii prevăzute de 50 ani. Valorile din Tabelele F.1.1 și F.1.2 corespund diferitelor tipuri de cimenturi și agregatelor ale căror dimensiuni maxime sunt cuprinse între 20 și 32 mm.

F.3 În Tabelele F.2.1, F.2.2, F.2.3 și F.2.4 se prezintă domenii și exemple de utilizare a unor tipuri de cimenturi fabricate conform SM SR EN 197-1, SM EN 197-5 și SM EN 197-6 pentru diferite clase (combinații de clase) de expunere.

F.4 Pentru extinderea domeniilor de aplicare ale cimenturilor sau stabilirea acestora, se aplică prevederile Anexei J.

F.5 Se admite utilizarea în clasa X0 a cimenturilor noi, pentru care nu există experiență în aplicare, cu impunerea condiției minime de clasa de beton C16/20.

F.6 Tabelele F.3.1 și F.3.2 furnizează conținutul maxim admis de părți fine în betonul preparat cu diferite dimensiuni ale granulelor agregatelor.

În Tabelul F.2.1 se prezintă domenii și exemple de utilizare a unor tipuri de cimenturi fabricate în Republica Moldova conform SM SR EN 197-1 pentru diferite clase (combinații de clase) de expunere.

Tabelele F.3 și F.4 furnizează conținutul maxim admis de părți fine în betonul preparat cu diferite dimensiuni ale granulelor agregatelor.

NOTĂ - În Tabelul C.5 din CP H.04.04:2018 [3] sunt prezentate, cu titlu informativ, corespondența dintre clasele de expunere XC, XD, XF, XA, conform SM EN 206-1 și clasele de impermeabilitate (W) și rezistența la îngheț-dezghet (F), conform GOST 26633-91 [8].

Tabelul F.1.1 – Valorile limită pentru compoziția și proprietățile betonului pentru clasele de expunere X0, XC și XD

	Clasele de expunere							
	Niciun risc de coroziune sau atac chimic	Coroziunea oțelului beton indusă prin carbonatare				Coroziunea oțelului beton datorată clorurilor		
						Coroziune datorată clorurilor		
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3
Raport maxim apă /liant ^{b)}	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,55	0,50	0,45
Clasa minimă de rezistență	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
Dozaj minim de liant eficace (kg/m ³)	-	260	280	280	300	300	300 ^a	320 ^{a)}
Conținut minim de aer antrenat (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Alte condiții	-	-	-	-	-	-	-	-

^{a)} Pentru elemente masive (conform definiției de la art.3.1.4.5) se folosește un ciment cu căldură de hidratare redusă LH.

^{b)} Se consideră apa eficace A_{ef} (a se vedea definiția dată în SM EN 206-1 la pct. 3.3.5). Când este aplicat conceptul valorii k , raportul maxim apă/liant și dozajul minim de liant se modifică în conformitate cu 6.2.5.2.

Tabelul F.1.2. Valorile limită pentru compoziția și proprietățile betonului pentru clasele de expunere XF, XA și XM

	Clasele de expunere												
	Atac îngheț-dezgheț						Atac chimic			Atac mecanic			
	XF1	XF2		XF3		XF4	XA1	XA2 ^{c)}	XA3 ^{c)}	XM1	XM2		XM3
Raport maxim apă /liant ^{e)}	0,50	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,55	0,55	0,45	0,45
Clasa minimă de rezistență	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45
Dozaj minim de liant eficace (kg/m ³)	300	300	320	320	320	340 ^{d)}	300	320	360	300	300	320	320
Conținut minim de aer antrenat* (%)	-	4,0 ^{a)}	-	4,0 ^{a)}	-	4,0 ^{a)}	-	-	-	-	-	-	-
Alte condiții	Agregate rezistente la îngheț-dezgheț conform SM SR EN 12620+A1, SM EN 1367-1 și SM EN 1367-2							Ciment rezistent la sulfați			Tratarea suprafeței betonului ^{b)}		

*Utilizarea aditivilor antrenori de aer îmbunătățește substanțial rezistența la îngheț-dezghet a betonului, fiind necesară prevederea unui conținut minim pentru clasa de expunere XF4 în mod obligatoriu și, respectiv XF2 și XF3 ca variante ale unor compoziții. Adăugarea aditivilor antrenori de aer în compoziția betonului, cu respectarea dozajului minim este o obligație a producătorului de beton, iar verificarea conținutului minim de aer antrenat la locul de punere în operă a betonului, intră în sarcina executantului.

Dacă betonul nu conține aer antrenat, atunci performanța betonului trebuie să fie măsurată utilizând o metodă de încercări adecvată, prin comparație cu un beton, pentru care rezistența la îngheț-dezghet, pentru clasa de expunere corespunzătoare a fost stabilită.

a) Conținutul de aer antrenat se stabilește în funcție de dimensiunea maximă a granulei în conformitate cu 5.4.3. Dacă betonul nu conține aer antrenat cu intenție, atunci performanța betonului se măsoară conform unei metode de încercări adecvate, în comparație cu un beton pentru care a fost stabilită rezistența la îngheț-dezghet pentru clasa de expunere corespunzătoare.

b) Prin metode ce conferă suprafeței proprietăți superioare de impermeabilizare/durificare, de exemplu tratare prin vacuumare.

c) Când prezența de SO_4^{2-} conduce la o clasă de expunere XA2 și XA3 este esențial să fie utilizat un ciment rezistent la sulfat (a se vedea și tabelele F.2.1, F.2.2).

d) În cazul expunerii în zonele cu ape acide (pH cuprins între 3,5 și 5,5) se utilizează cimenturi rezistente la astfel de acțiuni (combinațiile specifice ale claselor de expunere).

e) Se consideră apa eficientă A_{ef} (a se vedea definiția dată în SM EN 206-1 la pct. 3.3.5). Când este aplicat conceptul valorii k , raportul maxim apă/liant și dozajul minim de liant se modifică în conformitate cu 6.2.5.2.

Tabelul F.2.1. Domenii de utilizare pentru cimenturi conform standardelor SM SR EN 197-1 și SM EN 206-1^{a)}

Tip ciment			Clasele de expunere							
			Niciun risc de coroziune sau atac chimic	Coroziunea oțelului beton indusă prin carbonatare				Coroziunea oțelului beton datorată clorurilor		
								Coroziune datorată clorurilor		
			X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3
CEM I			X	X	X	X	X	X	X	X
CEM II	A / B	S	X	X	X	X	X	X	X	X
	A / B	V	X	X	X	X	X	X	X	X
	A / B	P	X	X	X	X	X	X	X	X
	A	LL	X	X	X	X	X	X ^{g)}	X ^{g)}	X ^{g)}
	B		X	X	X ^{f)}	X ^{f)}	X ^{f)}	X ^{f)}	X ^{f)}	
	A	M	Se utilizează în conformitate cu prevederile tabelor F.2.2 și F.2.4							
	B		Se utilizează în conformitate cu prevederile tabelor F.2.2 și F.2.4							
CEM III	A		X	X	X	X	X	X	X	X
CEM III	B ^{e)}		X	O	O	O	O	O	O	O
CEM III	C ^{e)}		X	O	O	O	O	O	O	O
CEM IV	A	P	X	X	X	X	X	X	X	X

NOTĂ - În cazul utilizării altor tipuri de cimenturi fabricate în conformitate cu SM SR EN 197-1, domeniile de utilizare se stabilesc pe baza demonstrării performanțelor în conformitate cu Anexa J.

Tabelul F.2.1 (continuare)^{a)}

Tip ciment			Clasele de expunere									
			Atac îngheț-dezgheț				Atac chimic			Atac mecanic		
			XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2 ^{c)}	XA3 ^{c)}	XM1	XM2	XM3
CEM I			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CEM II	A / B	S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	A	V	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	B		X	O	O	O	X	X	X	X	X	X
	A	P	X	X ^{h)}	X	X ^{h)}	X	X	X	X	X	X
	B		X	X ^{h)}	X	X ^{h)}	X	X	X	X	X ⁱ⁾	X ⁱ⁾
	A	LL	X	X ^{g)}	X ^{g)}	X ^{g)}	X	X	X	X	X ^{g)}	X ^{g)}
	B		X ^{f)}	X ^{f)}	X ^{f)}	O	X ^{f)}	O	O	X ^{f)}	X ^{f)}	O
	A	M	Se utilizează în conformitate cu prevederile tabelor F.2.2 și F.2.4									
	B		Se utilizează în conformitate cu prevederile tabelor F.2.2 și F.2.4									
CEM III	A		X	X	X	X ^{b)}	X	X ^{d)}	X ^{d)}	X	X	X
CEM III	B ^{e)}		O	O	O	O	X	X	X	O	O	O
CEM III	C ^{e)}		O	O	O	O	X	X	X	O	O	O
CEM IV	A	P	X	X ^{h)}	X	X ^{h)}	X	X	X	X	X ⁱ⁾	X ⁱ⁾

X Se poate aplica.

O Nu se aplică (din lipsa experienței naționale).

a) Prezentul tabel prezintă domeniile de utilizare a unor cimenturi fabricate în conformitate cu SM SR EN 197-1. Condițiile de utilizare a cimenturilor sunt formulate la 5.1.2.

b) Se utilizează CEM III având clasa de rezistență $\geq 42,5$ sau $\geq 32,5$ cu zgură în cantitate ≤ 50 % din masă, exclusiv ghipsul, în cazul demonstrării comportării corespunzătoare la acțiunile de îngheț-dezgheț și agenți de dezghețare.

c) Când prezența de SO_4^{2-} conduce la o clasă de expunere XA2 și XA3 este esențial să fie utilizat un ciment rezistent la sulfați în conformitate cu SM SR EN 197-1.

d) Se poate aplica, pe baza demonstrării performanțelor în conformitate cu Anexa J normativă.

e) Se poate aplica pentru anumite expuneri pe baza demonstrării performanțelor în conformitate cu Anexa J.

f) Poate fi utilizat pe baza rezultatelor încercărilor pozitive, la un dozaj minim de liant de 400 kg/m³, raport apa/liant (A/L) $\leq 0,4$ conform SM CEN/TR 15868 și pe baza demonstrării performanțelor în conformitate cu Anexa J.

g) Pe baza demonstrării performanțelor, la un dozaj minim de liant de 350 kg/m³ în conformitate cu Anexa J.

h) Se utilizează CEM II/A-P și CEM II/B-P, CEM IV/A(P) având clasa de rezistență $\geq 42,5$ cu puzzolana naturală în cantitate $\leq 25\%$ din masă, în cazul demonstrării comportării corespunzătoare la acțiunile de îngheț-dezgheț și agenți de dezghețare.

i) Utilizarea posibilă pe baza rezultatelor încercărilor pozitive.

Tabelul F.2.2 - Domenii de utilizare pentru cimenturi de tip CEM II/M, IV, V și VI conform standardelor cu SM SR EN 197-1, SM EN 197-5 și SM EN 197-6

Tip ciment				Clasele de expunere							
				Niciun risc de coroziune sau atac chimic	Coroziunea oțelului beton indusă prin carbonatare				Coroziunea oțelului beton datorată clorurilor		
									Coroziune datorată clorurilor		
					X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2
CEM II	M	A	S-LL;P-LL;S-P; S-V;P-V;V-LL	X	X	X	X	X	X	X	X
		B	S-V;P-V	X	X	X	X	X	X	X	X
			S-LL;P-LL;S-P;V-LL	X	X	C	C	C	O	O	O
CEM II	M	B	S-V-LL;S-P-LL	X	C	C	O	O	O	O	O
CEM II	M	C ^{b)}	S-LL;P-LL;S-P; S-V;P-V;V-LL	X	O	O	O	O	O	O	O
CEM IVA ^{b)}				X	O	O	O	O	O	O	O
CEM IVB ^{b)}				X	O	O	O	O	O	O	O
CEM VA ^{b)}				X	O	O	O	O	O	O	O
CEM VB ^{b)}				X	O	O	O	O	O	O	O
CEM VI ^{b)}			S-P;S-V;S-LL;V-LL	X	O	O	O	O	O	O	O

Tabelul F.2.2 (continuare)

Tip ciment				Clasele de expunere									
				Atac îngheț-dezgheț				Atac chimic			Atac mecanic		
				XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2 ^a	XA3 ^a	XM1	XM2	XM3
CEM II	M	A	S-LL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
			S-V;V-LL; P-LL;S-P;P-V	X	C	X	C	X	X	X	X	X	X
		B	S-V;S-P;P-V	X	C	C	C	X	X	X	X	X	X
			S-LL;V-LL;P-LL	C ^{e)}	C ^{e)}	C ^{c); e)}	C ^{d); e)}	O	O	O	X	O	O
CEM II	M	C ^{b)}	S-LL;P-LL;S-P; S-V;P-V;V-LL	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
CEM IVA ^{b)}				O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
CEM IVB ^{b)}				O	O	O	O	X	X	X	O	O	O
CEM VA ^{b)}				O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
CEM Vb ^{b)}				O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
CEM VI ^{b)}			S-P; S-V; S-LL;V-LL	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O

X Se poate aplica;

O Nu se aplică (din lipsa experienței naționale);

C Aplicare condiționată de demonstrarea performanțelor conform Anexei J.

^{a)}Când prezența de SO_4^{2-} conduce la o clasă de expunere XA2 și XA3 este esențial să fie utilizat un ciment rezistent la sulfați în conformitate cu SR EN 197-1.

^{b)}Se poate aplica pentru alte expuneri pe baza demonstrării performanțelor în conformitate cu Anexa normativă J.

^{c)}Se poate aplica pentru beton cu aer antrenat

^{d)}Pentru aplicații specifice se tratează suprafața betonului prin acoperire cu pelicule de protecție sau șlefuire mecanică.

^{e)}Se pot utiliza pe baza demonstrării performanțelor în conformitate cu Anexa J. În cazul în care procentul de calcar (exclusiv ghips) depășește 15% LL, cimenturile trebuie să îndeplinească toate criteriile de performanță pentru rezistența la îngheț-dezghet, metodele ST și CT aplicabile.

Tabelul F.2.3. Exemple de utilizare a unor tipuri de cimenturi pentru diferite combinații de clase de expunere

Component / Construcție	Clase de expunere relevante pentru proiectare	CEM I	CEM II				CEM III	CEM IV
			A-S;B-S A-LL ⁸⁾ A-V A-P	B-V ²⁾	B-LL	A-M B-M		
Beton simplu (nearthat)	X0	X	X	X	X	Se utilizează în conformitate cu prevederile tabelului F.2.4	X	X
Elemente protejate împotriva înghețului (în interior sau în apă)	XC1, XC2, XC3, XC4	X	X	X	X ⁵⁾		X	X
Elemente exterioare	XC, XF1	X	X	X	X		X	X
Construcții hidrotehnice	XC, XF3	X	X	X	X		X	X
Elemente exterioare supuse la îngheț-dezghet și agenți de dezghetare	XC, XD, XF2, XF4	X	X	O	O ⁶⁾		X ¹⁾	X ⁶⁾
Structuri portuare	XC, XF2, XF4	X	X	O	O ⁶⁾		X ¹⁾	X ⁶⁾
Atac chimic ⁴⁾	XA	X	X	X	O		X	X
Zone cu trafic	XF4, XM	X	X	O	O ⁶⁾		X ¹⁾	X ⁶⁾
Abraziune fără îngheț-dezghet	XM	X	X	X	O ⁶⁾		X	X ⁶⁾

X Se poate aplica;

O Nu se aplică (din lipsa experienței naționale);

¹⁾ Pentru expunere în clasa XF4 se va utiliza, în cazul demonstrării comportării corespunzătoare a betonului aflat supus acțiunilor de îngheț-dezgheț și agenți de dezghețare, numai CEM III A cu clasa de rezistență $\geq 42,5$ sau $\geq 32,5$ R cu zgură în cantitate ≤ 50 % din masă.

²⁾ CEM II/B-V nu se va utiliza pentru clasa de expunere XF2, XF3, XF4.

³⁾ Nu se utilizează pentru clasele de expunere XF1 și XF3.

⁴⁾ În caz de atac chimic sulfatic peste clasa de expunere XA1 este obligatorie utilizarea cimenturilor rezistente la sulfați. Pentru CEM III A a se vedea Tabelul F.2.1 și Anexa J.

⁵⁾ Nu se utilizează pentru clasele de expunere XC3 și XC4, decât în cazul demonstrării performanțelor conform Anexei J.

⁶⁾ Se utilizează în conformitate cu prevederile Tabelului F.2.1

Tabelul F.2.4. Exemple privind utilizarea cimenturilor de tip CEM II/M (în funcție de componența principalilor constituenți), fabricate în conformitate cu standardul SM SR EN 197-1

Component / Construcție	CEM II-M									
	Clase de expunere relevante pentru proiectare	A	S-LL S-V	A	S-P P-V V-LL P-LL	B	S-P S-V P-V	B	S-LL V-LL P-LL	
Beton simplu (nearmat)	X0	X		X		X		X		
Elemente protejate împotriva înghețului (în interior sau în apă)	XC1, XC2, XC3, XC4	X		X		X		C ³⁾		
Elemente exterioare	XC, XF1	X		X		X		C ³⁾		
Construcții hidrotehnice	XC, XF3	X		X		C		C ⁴⁾		
Elemente exterioare supuse la îngheț-dezgheț și agenți de dezghețare	XC, XD, XF2, XF4	X		0		C		C ⁴⁾		
Structuri portuare	XC, XF2, XF4	X		X		C		C		
Atac chimic ¹⁾	XA	X		X		X		0		
Zone cu trafic	XF4, XM	X ²⁾		0		0		0		
Abraziune fără îngheț	XM	X		X		X		C		

X Se poate aplica.

O Nu se aplică (din lipsa experienței naționale).

C Aplicare condiționată de demonstrarea performanțelor conform Anexei normative J.

¹⁾ În caz de atac chimic sulfatic, peste clasa de expunere XA1 se utilizează ciment rezistent la sulfați (a se vedea Tabelele F.2.1 și F.2.3.);

²⁾ Nu este permisă utilizarea pentru beton de drumuri.

³⁾ Se poate utiliza pentru clasele de expunere XC3, XC4 și XF1, pe baza demonstrării performanțelor în conformitate cu Anexa J. A se vedea și Tabelul F.2.2

⁴⁾ Se poate utiliza pentru clasele de expunere XC3, XC4, XF2, XF3 și XF4 pe baza demonstrării performanțelor în conformitate cu Anexa J. A se vedea și Tabelul F.2.2.

Tabelul F.3.1 - Conținutul maxim admis de părți fine în betonul preparat cu agregate având dimensiunea granulelor cuprinsă de la 16 mm până la 63 mm pentru betoane de clasă $\leq C50/60$ și $LC \leq 50/55$

Dozaj liant eficace (kg/m ³)	Conținut maxim în părți fine (kg/m ³) < 0,125 mm
≤ 300	400
300 ... 400	Dozaj de ciment + 100
≥ 400	500

Tabelul F.3.2 - Conținutul maxim admis de părți fine în betonul preparat cu agregate având dimensiunea granulelor cuprinsă de la 16 mm până la 63 mm pentru betoane de clasă $> C50/60$ și $LC > 50/55$

Dozaj liant eficace (kg/m ³)	Conținut maxim în părți fine (kg/m ³) < 0,125 mm
≤ 400	500
400 ... 450	Dozaj de ciment + 100
450 ... 500	550
≥ 500	600

Anexa G (informativă)

Recomandări privind cerințele betonului autocompactant în stare proaspătă

G.1 Generalități

G.1.1 Cerințele specifice pentru betonul autocompactant în stare proaspătă depind de tipul aplicației și, în mod special de:

- a) condiții legate de geometria elementului de beton și de tipul, amplasarea și numărul de materiale înglobate (densitatea armăturii, distanța între bare, grosimea stratului de acoperire și alte degajări etc.);
- b) echipamentul de punere în operă (pompă, autobetonieră, benă basculantă etc.);
- c) metodele de punere în operă (distanțele dintre punctele de umplere în diferite secțiuni ale betonului);
- d) metodele de finisare.

G.1.2 Sistemul de clasificare, în conformitate cu art. 5, prevede o specificație adecvată a betonului autocompactant destinat a acoperi cerințele caracterizate prin patru parametri cheie de încercare:

- a) răspândirea din tasare SF;
- b) vâscozitatea VS sau VF;
- c) abilitatea de trecere PL sau PJ;
- d) rezistența la segregare SR.

G.1.3 Selectarea caracteristicilor betonului autocompactant adaptate unei anumite aplicații se face pornind de la acești patru parametri, iar apoi se specifică prin clase sau valori țintă în conformitate cu 6.4.1.

G.1.4 În cazul betonului prefabricat și al betonului de șantier uzual se va demonstra calitatea finală a betonului în produs. Pentru betonul gata de utilizare se convine să se selecționeze, controleze și justifice parametrii și clasele, cu cea mai mare atenție, pe baza experienței executantului și producătorului de beton, prin încercări specifice. În concluzie, este important ca elaboratorul de specificație și producătorul de beton să discute și să definească clar acești parametri înainte de începerea betonării.

G.1.5 Răspândirea din tasare face, în mod normal, obiectul unei specificații.

G.1.6 Când densitatea armăturilor este redusă sau elementul nu este armat poate să nu fie necesar să se specifice abilitatea de trecere ca cerință de calitate, a se vedea G.2.3. Vâscozitatea betonului autocompactant poate fi importantă în cazul în care se cere o bună finisare și armătura este foarte deasă, a se vedea G.2.2. Stabilitatea devine din ce în ce mai importantă când fluiditatea betonului autocompactant crește și vâscozitatea se reduce.

G.1.7 Durata de menținere a consistenței depinde de timpul de transport, de punere în operă și, de asemenea, de temperatura betonului. Este necesar să se determine și să se specifice aceste elemente astfel încât betonul autocompactant să-și conserve proprietățile sale în stare proaspătă în această perioadă.

G.1.8 Betonul autocompactant trebuie să se pună în operă în mod continuu, astfel că este necesar un acord cu producătorul pentru ca rata de livrare a betonului să fie adaptată cu cea corespunzătoare punerii în operă, pentru a evita toate întreruperile care ar avea drept cauză întârzierile de aprovizionare și de a evita așteptări prelungite odată ce betonul a fost livrat pe șantier.

NOTĂ – Pentru recomandări detaliate asupra betonului autocompactant, a se vedea [9].

G.2 Recomandări privind clasificarea betonului autocompactant

G.2.1 Consistența

Valoarea răspândirii este asociată cu cea a consistenței și va fi specificată.

G.2.2 Vâscozitate

G.2.2.1 Curgerea unui beton autocompactant având vâscozitate redusă este foarte rapidă la început, apoi se întrerupe. Un beton autocompactant având o vâscozitate ridicată poate curge o durată mai lungă. Vâscozitatea aparentă a betonului autocompactant poate fi evaluată prin măsurarea timpului t_{500} (în timpul încercării de răspândire cu conul Abrams) sau prin măsurarea timpului t_v (în cursul încercării de curgere cu pâlnia V).

G.2.2.2 Poate fi util a se măsura timpul t_{500} în timpul încercării de răspândire din tasare ca mijloc de confirmare a uniformității betonului autocompactant de la un amestec la altul.

G.2.3 Abilitatea de trecere

G.2.3.1 Abilitatea de trecere este asociată cu capacitatea amestecului în stare proaspătă de a curge fără a-și pierde omogenitatea sau să provoace blocaje în zonele aglomerate de armături. În definirea abilității de trecere este necesar să se considere geometria armării.

G.2.3.2 Dimensiunea determinantă este cel mai mic spațiu dintre armături în care betonul autocompactant curge continuu pentru a umple cofrajul („spațiu de curgere”).

G.2.3.3 Pentru structuri complexe cu un spațiu de curgere inferior valorii de 60 mm, pot fi necesare încercări la scară reală.

G.2.4 Rezistența la segregare

G.2.4.1 Rezistența la segregare descrie stabilitatea betonului autocompactant care este fundamentală pentru omogenitatea „in situ” și calitatea betonului.

G.2.4.2 Betonul autocompactant poate suferi a segregare dinamică în timpul punerii în operă și o segregare statică după turnare, dar înainte de întărire. Segregarea statică are consecințele negative cele mai accentuate asupra elementelor de mari dimensiuni, dar și asupra plăcilor de grosime redusă și poate produce defecte de suprafață, cum ar fi fisurarea sau suprafețe slăbite.

G.2.4.3 Rezistența la segregare nu se aplică betonului cu fibre sau cu agregate ușoare.

G.2.4.4 Detalii suplimentare privind producerea și alte aspecte ale betonului autocompactant sunt date în [9].

Anexa H (informativă)

Reguli de aplicare a diagramelor de control

H.1 Generalități

H.1.1 Producția de beton este bazată pe ipoteza că atunci când cantități identice de materiale componente de același tip sunt dozate și amestecate, betonul posedă aceleași proprietăți. Diagramele de control utilizează datele producției anterioare pentru a verifica dacă această supoziție este valabilă prin compararea rezultatelor reale obținute cu valorile așteptate. Acestea permit să se detecteze schimbări ale proprietăților care cer măsuri corective.

H.1.2 Următoarele reguli de aplicare satisfac cerințele pentru Metoda C din 5.2.1.3 al SM EN 206-2, pentru un AOQL inferior sau egal cu 5 %.

NOTĂ – SM CEN/TR 16369 furnizează recomandări pentru utilizarea diagramelor de control, informații de fond asupra metodelor acceptate care utilizează diagrame de control și, în particular, prezintă alte opțiuni pentru selectarea parametrilor și valorilor țintă prin metoda CUSUM masca V pentru a asigura o valoare a AOQL care să nu depășească 5 %.

H.2 Control bazat pe sistemul CUSUM

H.2.1 Un sistem de control al sumelor cumulate cumsum, bazat pe ISO 7870-4 [10] având următoarele caracteristici va satisface Metoda C din 5.2.1.3 al SM EN 206-2:

a) atunci când conformitatea este bazată pe rezistența la 28 de zile este recomandat un sistem de predicție a rezistenței la 28 de zile bazat pe încercarea rezistenței la o vârstă mai mică decât cea recomandată. Aceste valori ale rezistenței prevăzute sunt apoi înlocuite prin rezistențele reale la 28 de zile, atunci când devin disponibile.

NOTA 1 - Dacă rezistențele obținute la vârste mici indică rezistențe superioare celor cerute la 28 de zile, încercarea la 28 de zile nu mai este cerută.

- b) dacă este cazul, familiile de beton pot fi utilizate;
- c) trei proprietăți fac obiectul unei supravegheri și a unei reprezentări grafice continue: rezistența medie, abaterea standard și, dacă este cazul, corelarea dintre rezistența la vârste mici și datele privind rezistența la 28 de zile. Conformitatea se bazează numai pe rezistența medie;
- d) rezistența medie țintă este fixată la o valoare mai mare sau cel mult egală cu $(f_{ck} + 1,96\sigma)$;
- e) abaterea standard minimă estimată este de 3,0 N/mm²;
- f) masca în V pentru rezistența medie (pentru conformitate/ neconformitate) nu are decât ramură superioară cu un interval de decizie de 9σ , un gradient de $0,5\sigma$ și o înălțime de 35 rezultate;
- g) masca în V a limitelor de avertizare are o ramură superioară și una inferioară. Limitele de avertizare potrivite pentru rezistența medie și corelarea sunt date într-un interval de decizie de $8,1\sigma$ și un gradient de $\sigma/6$.

NOTA 2 - Trecerea unor asemenea linii de avertizare nu conduce la neconformitate.

h) conformitatea/neconformitatea se bazează pe rezistențe reale la 28 de zile și este evaluată pe cel puțin 35 de rezultate obținute pe o perioadă ce nu depășește 12 luni;

i) când sumele cumulate ale rezistenței medii taie linia de neconformitate, neconformitatea este declarată asupra a 35 de rezultate de încercări evaluate, cel puțin când nu se poate demonstra că declarația de neconformitate se datorează unor rezultate specifice de rezistență scăzută, caz în care declarația de neconformitate poate fi limitată la perioada în care au apărut aceste rezultate.

H.2.2 Când rezistența medie reală este superioară rezistenței medii țintă și când abaterea standard este inferioară valorii curente, se pot efectua, opțional, modificări ale proporțiilor amestecului.

H.3 Control bazat pe grafice Shewhart cu limitele modificate prin variabile

H.3.1 SM ISO 7870-2 furnizează informații generale asupra graficelor de control Shewhart, iar SM ISO 7870-3 specifică informații generale asupra graficelor de control Shewhart pentru acceptare.

Graficele de control Shewhart cu limitele modificate prin variabile reprezintă o aplicație specifică a acestor tipuri de grafice având ca obiectiv verificarea dacă rezistența caracteristică a unui beton produs este superioară valorii cerute.

H.3.2 Un grafic de control Shewhart care prezintă următoarele caracteristici satisface cerințele Metodei C de la 5.2.1.3 din SM EN 206-2:

- a) dacă este cazul, pot fi utilizate familii de beton;
- b) două proprietăți fac obiectul supravegherii și unei reprezentări grafice continue: rezistența medie și abaterea standard.
- c) conformitatea se bazează numai pe rezistența medie;
- d) abaterea minimă estimată este de 3,0 N/mm²;
- e) o neconformitate este declarată când media a două rezultate ale rezistenței măsurate este inferioară unei linii inferioare L_I situată la o distanță dată de f_{ck} cu:

$$L_I \geq f_{ck} + (q_n \sigma) \quad (\text{H.1})$$

în care:

q_n - depinde de n și de AOQL ales;

σ - este abaterea standard estimată, controlată prin graficul de control al abaterii standard.

H.3.3 În cazul în care $15 \leq n \leq 35$ și $q_n \geq 1,48$, graficul Shewhart va satisface cerințele Metodei C din 5.2.1.3.2 al SM EN 206-2.

Conformitatea/neconformitatea se bazează pe rezistența reală la 28 de zile și este evaluată pe un număr de n rezultate obținute pe o perioadă ce nu depășește 12 luni.

Anexa J (normativă)

Metode bazate pe performanțele pentru durabilitate

J.1 Introducere

J.1.1 Această anexă prezintă conceptul și principiile aplicabile pentru materiale componente /compoziții de beton bazate pe performanțe cu privire la durabilitate la care s-a făcut referire la art. 6.3.3.

J.1.2 Metodele pot fi utilizate în cazul în care este necesară testarea unor materiale noi, de exemplu cimenturi, adaosuri sau betoane cu proprietăți sau compoziții specificate, pentru care nu există experiență de utilizare în Republica Moldova pentru a fi utilizate în anumite domenii/medii de expunere sau pentru a le extinde domeniile de utilizare.

J.1.3 Aplicarea metodelor se va face în laboratoare notificate și cu experiență în aplicarea unor astfel de metode.

J.2 Definiții

J.2.1 Această variantă consideră cantitativ fiecare din mecanismele de deteriorare, durata de viață a elementelor sau a structurii.

J.2.2 Aceste metode se pot baza pe date obținute pornind de la o metodă de încercări de performanță stabilită pentru mecanismul studiat, sau pe utilizarea de modele predictive verificate.

J.3 Aplicații și recomandări generale

J.3.1 Acțiunile agresive pot fi tratate printr-o abordare prescriptivă și/sau de performanță, de exemplu: rezistența la îngheț-dezgheț, la atacul sulfatic, la coroziune din carbonatate sau datorită clorurilor, rezistența la pătrunderea apei (impermeabilitatea).

J.3.2 Criteriile de evaluare, prezentate la J.3.1, pentru fiecare clasă de expunere la îngheț-dezgheț, cu și fără agenți de dezghețare, având compoziții fixe de beton, caracterizate în principal prin dozaj de liant și raport maxim A/L . Compozițiile de beton care prevăd utilizarea aerului antrenat se referă la satisfacerea cerințelor de durabilitate pentru compoziții cu antrenor de aer, prevăzute în clasele de expunere XF2, XF3 și XF4 din Tabelul F.1.2. Compozițiile de beton care nu prevăd utilizarea aerului antrenat se referă la satisfacerea cerințelor de durabilitate pentru compoziții fără antrenor de aer, prevăzute în clasele de expunere XF1, XF2 și XF3 din Tabelul F.1.2.

J.3.3 La J.3.2. se prezintă criteriile de evaluare pentru atacul sulfatic, pe prisme de mortar de $10 \times 40 \times 160$ mm (metoda A), conform SM EN 196-1, iar la J.3.3. încadrarea betonului în clase de rezistență la diferite acțiuni ale mediului (carbonatate și migrare/difuzie cloruri).

J.3.3.1 Propuneri de criterii de evaluare pentru rezistența la îngheț-dezgheț cu și fără agenți de dezghețare

- a) criteriile prezentate sunt practicate pe plan european și se regăsesc la nivelul unor cercetări experimentale și/sau ale unor cercetări naționale prenormative în vederea evaluării performanțelor unor cimenturi și a studierii posibilității utilizării acestora în diferite medii de expunere la îngheț-dezgheț.
- b) metodele de încercare utilizate, sunt standardizate la nivel european și național și sunt prezentate în SM CEN/TS 12390-9.
- c) aceste criterii se referă la posibilitatea de utilizare a unor lianți în betoane expuse la îngheț-dezgheț, utilizând compoziții selectate (dozaj minim de liant și raport maxim apă/liant totali (A_t/L_t) obținut prin utilizarea aditivilor).

J.3.3.1.1 Criterii de evaluare a rezistenței la îngheț-dezgheț prin exfoliere

- a) **Teste pe cuburi de beton de $100 \times 100 \times 100$ mm, metoda CT**

(C1) Pentru clasa de expunere XF1 (dozaj minim de liant 300 kg/m³ și raport maxim $A_v/L_t = 0,6$): cantitatea de material exfoliat determină o reducere mai mică de 5% a masei probei de beton după aplicarea a 56 de cicluri și respectiv mai mică de 10% după 100 de cicluri.

(C2) Pentru clasa de expunere XF3 (dozaj minim de liant 300 kg/m³ și raport maxim $A_v/L_t = 0,6$): cantitatea de material exfoliat determină o reducere mai mică de 3% a masei probei de beton după aplicarea a 56 de cicluri și respectiv mai mică de 5% după 100 de cicluri.

b) Teste pe fâșii de beton de 50 × 150 × 150 mm, metoda ST

(S1) Pentru **clasa de expunere XF1** (dozaj minim de liant 320 kg/m³ și raport maxim $A_v/L_t = 0,5$): cantitatea de material exfoliat este mai mică de 1,3 kg/m² după 56 de cicluri.

(S2) Pentru **clasa de expunere XF2** (dozaj minim de liant 320 kg/m³ și raport maxim $A_v/L_t = 0,5$, aer antrenat): cantitatea de material exfoliat este mai mică de 1,3 kg/m² după 56 de cicluri de îngheț-dezghet și agenți de dezghețare.

(S3) Pentru **clasa de expunere XF3** (dozaj minim de liant 320 kg/m³ și raport maxim $A_v/L_t = 0,5$): cantitatea de material exfoliat este mai mică de 1 kg/m² după 56 de cicluri.

(S4) Pentru **clasa de expunere XF3** (dozaj minim de liant 320 kg/m³ și raport maxim $A_v/L_t = 0,5$, aer antrenat): cantitatea de material exfoliat este mai mică de 1 kg/m² după 56 de cicluri.

(S5) Pentru **clasa de expunere XF4** (dozaj minim de liant 320 kg/m³ și raport maxim $A_v/L_t = 0,5$, aer antrenat): cantitatea de material exfoliat este mai mică de 1 kg/m² după 56 de cicluri de îngheț-dezghet și agenți de dezghețare.

NOTĂ - În general, cu excepțiile indicate în Tabelul F.2.2, criteriile de referință pentru evaluarea rezistenței la îngheț-dezghet prin exfoliere se consideră cele obținute prin aplicarea metodei ST. Criteriile obținute prin aplicarea metodei CT vor avea un caracter informativ. În toate cazurile în care nu se îndeplinesc criteriile de performanță pentru o clasă de expunere, cimentul nu se utilizează pentru clasa superioară.

J.3.4 În ceea ce privește corespondența dintre clasele de rezistență specifice la îngheț-dezghet (Tabelul J.1) și cele de expunere XF există mai multe criterii. În acest caz, pentru teste se vor utiliza compozițiile corespunzătoare fiecărei aplicații (care intră în responsabilitatea producătorului de beton), condiția fiind ca cimentul să fi trecut criteriile prezentate la J.3.3.1.1 (care intră în responsabilitatea producătorului de ciment).

J.3.5 Rezistența adecvată împotriva acțiunii de îngheț-dezghet pentru betoanele moderat saturate (clasele de expunere XF1 și XF2) poate fi obținută prescriptiv, prin utilizarea unui beton având compoziția în conformitate cu acest Cod. Durabilitatea adecvată împotriva acțiunii de îngheț-dezghet a betonului expus la umiditate (clasele de expunere XF3 și XF4) poate fi asumată prin selectarea clasei RF adecvate conform Tabelului J.1 cu privire la condițiile climatice la locul de amplasare și la durata de serviciu proiectată (L) a structurii.

**Tabelul J.1 - Criterii și clase de rezistență la îngheț-dezghet
(aplicabile claselor de expunere XF3 și XF4)**

Deteriorarea betonului		
Rezistența la îngheț - dezghet		
RFW H ¹ (Rezistență ridicată)	RFW M ¹ (Rezistență moderată)	RFW L ¹ (Rezistență scăzută)
$m_{56} < 0,5 \text{ kg/m}^2$	$m_{56} < 1,0 \text{ kg/m}^2$	$m_{56} < 2,0 \text{ kg/m}^2$
RFD H ² (Rezistență ridicată)	RFD M ² (Rezistență moderată)	RFD L ² (Rezistență scăzută)
$m_{56} < 0,5 \text{ kg/m}^2$	$m_{56} < 1,0 \text{ kg/m}^2$	$m_{56} < 2,0 \text{ kg/m}^2$
¹ Testate conform metodei ST - SM CEN/TS 12390-9 cu apă ² Testate conform metodei ST - SM CEN/TS 12390-9 cu soluție de sare m_{56} - cantitatea de material exfoliat (kg/m ²) după 56 de cicluri de îngheț-dezghet		
Clasa de expunere		
	XF3	XF4
Ierni blânde ¹ și $L < 100$	RFW L	RFD L
Ierni blânde ¹ și $L \geq 100$	RFW M	RFD M
Ierni moderate ² și $L < 100$	RFW M	RFD M
Ierni moderate ² și $L \geq 100$	RFW H	RFD H
Ierni severe ³	RFW H	RFD H
¹ Puține cicluri de îngheț pe an, temperaturi rareori sub -5 °C. ² Câteva cicluri de îngheț pe an, temperaturi rareori sub -10 °C.		

³ Multe cicluri de îngheț pe an, temperaturi ocazional sub -20 °C.
L = durata de serviciu proiectată.

J.3.6 Observații:

1. Standardul european SM CEN/TS 12390-9 prin care se determină cantitatea de material exfoliat, poate oferi informații utile în aprecierea sensibilității unui anumit tip de ciment la acțiunea de îngheț-dezgheț.
2. Aplicarea criteriilor existente pe plan european și a metodelor propuse pe plan național poate conduce la definirea domeniilor de utilizare a diferitelor tipuri de cimente și de încadrare în diferite clase de expunere de tip XF.
3. Cantitatea de material exfoliat este influențată puternic de dozajul de ciment și raportul A/L al probelor, astfel că, nu este indicat să se facă evaluări ale sensibilității unui ciment la acțiunea de îngheț-dezgheț dacă nu se respectă compoziția prescrisă pentru aplicarea criteriilor.
4. Încercările se realizează în laboratoare notificate cu experiență în efectuarea încercării la îngheț-dezgheț, conform standardelor de încercare menționate, dovedite prin acreditări, conform SM EN ISO/IEC 17025.
5. Încercările se reiau o dată la 2 ani sau când apar schimbări majore ale compoziției cimenturilor (în toleranțele specificate în SM SR EN 197-1, SM EN 197-5 și SM EN 197-6). În primii 2 ani, încercările se vor realiza la fiecare 6 luni, pentru compozițiile impuse, acestea fiind în responsabilitatea producătorului de ciment.
6. Încercările pentru determinarea rezistenței la îngheț-dezgheț prin aplicarea standardelor GOCT 10060.0-95 [11], GOCT 10060.1-95 [12] și GOCT 10060.2-95 [13] vor avea doar un caracter de evaluare preliminară, în special pentru betonul rutier, și pot fi corelate orientativ cu clasele de expunere XF (a se vedea Anexa C, Tabelul C.5 din CP H.04.04:2018 [3]).

J.3.7 Criterii de evaluare pentru rezistența la atacul sulfatic

J.3.7.1 Criteriile prezentate sunt practicate pe plan european și se regăsesc la nivelul unor cercetări experimentale și/sau ale unor cercetări naționale prenormative în vederea evaluării performanțelor unor cimente și a studierii posibilității utilizării acestora în diferite medii de expunere la atacul sulfatic.

J.3.7.2 Metoda de încercare utilizată conform SM CEN/TR 15697 este prezentată în Raportul Tehnic "Ciment. Încercări de performanță pentru rezistența la sulfați. Raport privind stadiul tehnicii". Metoda constă în determinarea expansiunii unor epruvete prismatice de 10 mm × 40 mm × 160 mm prevăzute cu ploturi la capete, păstrate în soluție saturată de hidroxid de calciu și în soluție sulfatică. Aceste epruvete sunt preparate și păstrate în conformitate cu prevederile standardului SM EN 196-1. Epruvetele se păstrează inițial în soluție saturată de hidroxid de calciu 12 de zile după care se măsoară expansiunea cu un ceas comparator de precizie 0,005 mm. Epruvetele se introduc apoi în soluție sulfatică corespunzătoare fiecărei clase de expunere și se măsoară expansiunea la diferite perioade de timp, luându-se ca reper expansiunea la 12 de zile. Măsurarea expansiunii pentru fiecare tip de încercare se face pe 3 serii de câte 3 prisme de mortar.

J.3.7.3 Criterii de evaluare pentru rezistența la atacul sulfatic al betonului:

J.3.7.3.1 Pentru încadrarea în **clasa de expunere XA2**:

Valoarea expansiunii (schimbările de lungime) în timpul păstrării epruvetelor de mortar în soluție sulfatică 29,8 g/l (SO_4^{2-}), trebuie să fie mai mică de 0,5 mm/m, după 91 de zile, iar diferența de modificare a lungimii trebuie să fie mai mică de 0,8 mm/m (delta (Δ) cu păstrare în soluție saturată de hidroxid de calciu (CaOH_2)).

J.3.7.3.2 Pentru încadrarea în **clasa de expunere XA3**:

Valoarea expansiunii (schimbările de lungime) în timpul păstrării epruvetelor de mortar în soluție sulfatică 44 g/l (SO_4^{2-}), trebuie să fie mai mică de 0,5 mm/m, după 91 de zile, iar diferența de modificare a lungimii trebuie să fie mai mică de 0,8 mm /m (delta (Δ) cu păstrare în soluție saturată de hidroxid de calciu (CaOH_2)).

NOTĂ - Pentru evaluarea rezistenței cimenturilor, rezistenți la sulfați, sunt permise și alte metode de încercări recunoscute, bazate pe standarde europene disponibile, cum ar fi prEN 196-15 [14], prEN 196-16 [15] sau prENV 196-X [17].

J.3.7.4 Observații:

1. Metoda privind măsurarea expansiunii la diferite termene a probelor menținute în medii cu agresiune sulfatică este o metodă rapidă și suficient de sensibilă pentru a putea diferenția rezistența cimenturilor la atacul sulfatic de diferite intensități.

2. Aplicarea criteriilor de evaluare absolute pentru un anumit tip de ciment (experimental), cel puțin la nivelul valorilor acceptate în prezent la nivel european (probele de mortar preparate cu diferite tipuri de cimenturi au o valoare a expansiunii mai mică de 0,5 mm/m după 90 de zile de expunere, respectiv 0,8 mm/m după 180 de zile) este completată cu compararea rezultatelor obținute pe mortarele preparate cu cimentul experimental cu cele obținute pentru cel puțin un ciment recunoscut ca fiind rezistent la sulfați prin standardul de produs SM SR EN 197-1:

Ciment Portland rezistent la sulfați:

CEM I - SR 0 (C_3A din clincher = 0%)

CEM I - SR 3 (C_3A din clincher $\leq$ 3%)

CEM I - SR 5 (C_3A din clincher $\leq$ 5%)

Ciment de furnal rezistent la sulfați:

CEM III/B - SR (nu există cerințe)

CEM III/C - SR (nu există cerințe)

Ciment Pozzolanic rezistent la sulfați:

CEM IV/A - SR (C_3A din clincher $\leq$ 9%)

CEM IV/B - SR (C_3A din clincher $\leq$ 9%)

În plus, fața de aceste cimenturi rezistente la sulfați SR, definite în standardul SM SR EN 197-1, alte cimenturi conforme fie cu acest standard sau cu alte standarde, adoptate în calitate de naționale, au demonstrat la nivel național că au proprietăți de rezistență la sulfați. Aceste cimenturi sunt considerate ca fiind rezistente la sulfați, conform claselor de expunere, pe teritoriul în Republica Moldova.

NOTA 1 – Pot fi aplicate cimenturile CEM II/A-S, CEMII/B-S, CEMII/A-P, CEMII/A-M(S-P) produse din clincher cu un conținut de: $C_3A \leq 5,0\%$, $Al_2O_3 \leq 5,0\%$, $MgO \leq 5,0\%$, precum și CEM III/A produs din clincher cu un conținut de: $C_3A \leq 7,0\%$, $C_3A+C_4AF \leq 22,0\%$, $MgO \leq 5,0\%$, pe baza demonstrării performanțelor din prezentul Cod.

NOTA 2 – În completarea cerințelor specificate este necesar un schimb de informații suplimentare între producătorul și utilizatorul de ciment. Procedurile pentru un astfel de schimb nu sunt incluse în domeniul de aplicare al SM SR EN 197-1, dar pot fi tratate în conformitate standardele sau reglementările naționale, sau pot face obiectul unui acord între părțile interesate.

3. Astfel, analiza privind utilizarea unui anumit tip de ciment în medii cu agresivitate sulfatică se face cu multă prudență, pe baza rezultatelor obținute pentru cimentul respectiv (utilizând teste și criterii de evaluare standardizate privind expansiunea, în unele cazuri prelungind durata de expunere) și a rezultatelor obținute în aceleași condiții utilizând cimenturi rezistente la sulfați.

4. Aplicarea metodei, precum și a criteriilor indicate în literatura tehnică de specialitate pentru diferite sortimente de cimenturi a scos în evidență faptul că aceste criterii sunt uneori prea permissive. Din acest motiv aceste criterii pot fi utilizate (ca și criterii absolute) numai în cazul acceptării utilizării cimenturilor în clasa de expunere XA1, iar pentru clasele XA2 și XA3, în mod obligatoriu, se vor compara rezultatele cu ale unui ciment rezistent la sulfați, nepermițându-se valori ale expansiunii mai mari de 20% pentru cimentul "experimental" în clasa XA2, respectiv 10% în clasa XA3.

5. Încercările se efectuează în laboratoare notificate, cu experiență în domeniul încercărilor de durabilitate, dovedite prin acreditări.

6. Încercările se reiau o dată la 2 ani sau când apar schimbări majore ale compoziției cimenturilor (în toleranțele specificate în SM SR EN 197-1). În primii 2 ani, încercările se vor realiza la fiecare 6 luni, pentru cimenturile care nu sunt certificate ca rezistente la sulfați SR, acestea fiind în responsabilitatea producătorului de ciment.

J.4 Încadrarea betonului în clase de rezistență la diferite acțiuni ale mediului (carbonatare și migrare/difuzie cloruri)

J.4.1 Eurocodul 2: SM EN 1992-1-1 va introduce o nouă metodă de specificare a rezistenței la coroziune a armăturii. Aceste noi clase de rezistență la expunere ERC (Exposure Resistance Classes: eng.) pot fi îndeplinite prin testare sau pot fi considerate valori limită și alte cerințe date în dispozițiile valabile în locul de utilizare. Această parte a prezentei Anexă definește performanța prin testare cerută de aceste clase și cerințele pentru conformitate, inclusiv testarea inițială de tip. Pentru rezistența la coroziune indusă de carbonatare sunt prevăzute opt clase, iar pentru rezistența la coroziunea indusă de cloruri sunt prevăzute zece clase. Clasele de rezistență la expunere (ERC) vor înlocui clasele de expunere XC și XD corespunzătoare, betonul neputând fi specificat prin ambele clase.

NOTA 1 - Clasele de rezistență la expunere ERC se utilizează pentru clasificarea betonului în ceea ce privește rezistența la coroziunea indusă de carbonatare (clasa XRC) sau de cloruri (clasa XRD) și la deteriorarea cauzată de atacul de îngheț-dezgheț (XRF). Selectarea betonului pentru a rezista la deteriorare și a proteja împotriva coroziunii pentru toate clasele de expunere (EC), care sunt relevante, se bazează pe clasele de rezistență la expunere indicate în SM EN 206-1.

J.4.2 Prezenta Anexă descrie criteriile de performanță și de conformitate ale betonului la clasele de rezistență la expunere specificate. Toate materialele componente betonului sunt conforme cu prezentul Cod.

J.4.3 Referințe normative:

- SM EN 12390-10 Încercări pe beton întărit — Partea 10: Determinarea rezistenței la carbonatare a betonului la nivelul atmosferice de dioxid de carbon;
- SM EN 12390-11 Încercări pe beton întărit — Partea 11: Determinarea rezistenței la cloruri a betonului, difuzie unidirecțională;
- SM EN 12390-12 Încercări pe beton întărit — Partea 12: Determinarea rezistenței la carbonatare a betonului — Metoda carbonatării accelerate;
- SM EN 12390-18+A1 Încercări pe beton întărit — Partea 18: Determinarea coeficientului de migrare a clorurilor;
- SM EN 12390-19 Încercări pe beton întărit — Partea 19: Determinarea rezistivității electrice.

J.4.4 Clasa de rezistență la expunere (ERC) reprezintă o abreviere pentru un set de cerințe de performanță pentru beton, care trebuie să reziste la tipul de expunere definit de clasa de expunere, atingând durata de viață în contextul respectării acoperirii cu beton a armăturii din Eurocodul 2: SM EN 1992-1-1.

J.4.5 Pentru clasele XRC (clasa de rezistență la coroziunea indusă de carbonatare, care este definită ca fiind grosimea stratului de beton carbonatat (mm) după 50 de ani de expunere în clasa de expunere XC3, cu o probabilitate de depășire de 10%) și XR (clasa de rezistență la coroziunea indusă de acțiunea clorurilor care este definită ca fiind grosimea stratului de beton (mm) având o concentrație de clor de 0,6% cu o probabilitate de depășire de 10%, după 50 de ani de expunere în clasa XD3) se vor prezenta în versiunile naționale ale tabelelor din SM EN 1992-1-1, valori ale acestor ERC-uri coroborate cu durata de viață proiectată și acoperirea minimă (valori orientative sunt prezentate în tabelele J.3 și J.6).

J.4.6 Cerințele pentru ca betonul să satisfacă ERC specificate, sunt date în termeni de conformitate cu valorile limită pentru compoziția betonului și proprietățile betonului, sau de conformitate cu criteriile bazate pe testare.

J.4.7 Cerințele pentru clasele de rezistență la expunere, în termeni ce se referă la compoziția betonului, se specifică în funcție de:

- a) tipurile și clasele de materiale componente permise;
 - b) raportul maxim apă/ciment;
 - c) conținutul minim de ciment;
 - d) clasa minimă de rezistență la compresie;
- și acolo unde este cazul,
- e) conținutul minim de aer al betonului.

J.4.8 Cu excepția cazului în care se specifică altfel, proporțiile amestecului trebuie să fie cele care dau consistența țintă sau, dacă este specificată sau presupusă o clasă de consistență, valoarea medie în intervalul permis pentru clasa de consistență.

J.4.9 Încercările inițiale de tip se efectuează pe:

- a) cel puțin trei amestecuri reprezentative prelevate din: diferite șarje de beton produse la cel puțin o săptămână distanță; sau diferite loturi de beton dintr-o fabrică de prefabricate produse la cel puțin o săptămână distanță; sau,
- b) cel puțin trei loturi separate de beton preparate în laborator, formate din constituenți reprezentativi.

J.4.10 Încercarea inițială de tip poate fi efectuată de către un producător (primă parte), sau furnizorul de ciment sau aditivi, client sau utilizator (a doua parte), fiind certificată de către o parte independentă (terță parte). Înregistrările încercărilor inițiale de tip, inclusiv tipul constituentului, sursa și proporțiile, precum și orice rezultate ale testelor pot fi responsabilitatea oricărei părți. Testele de rutină sau suplimentare ale betonului pot fi, de asemenea, efectuate de către orice parte. Atunci când testarea este efectuată de producător, aceasta poate face parte din controlul producției din fabrică. Înregistrările producției de beton ERC sunt disponibile producătorului pentru verificare și, dacă este cazul, organismelor de terță parte de evaluare a conformității. Înregistrările ERC de producție de beton pot fi puse la dispoziție pentru supraveghere/evaluare de către a doua parte, acolo unde este specificat.

J.4.11 Înregistrările de eșantionare, materialele constitutive, proporțiile, amestecarea betonului, pregătirea eșantionului, tratarea și testarea sunt disponibile pentru inspecție de către orice parte autorizată. În cazul în care testarea inițială de tip este efectuată de producător, partea autorizată poate fi o parte terță de evaluare a conformității, o a doua parte sau combinații ale ambelor, în funcție de specificația proiectului sau de prevederile valabile la locul de utilizare.

J.4.12 Având în vedere importanța încercărilor inițiale de tip, acestea se realizează în laboratoare cu experiență în efectuarea acestora, dovedite prin acreditări.

J.4.13 Ulterior încercărilor inițiale de tip sunt necesare verificări periodice; înregistrarea și analiza rezultatelor se pot face pe mai multe niveluri: nivelul 1 care să includă verificări curente asociate claselor de expunere (condiții de compoziție beton), nivelul 2 în care se efectuează și măsurători de rezistivitate (opțional) și nivelul 3 care presupune verificarea prin testele prevăzute la încercările inițiale de tip. Reconfirmarea valorilor încercărilor inițiale de tip se va face continuu pentru nivel 1, la un interval de un an pentru nivel 2, la un interval de trei ani pentru nivel 3.

J.4.14 În cazul în care măsurătorile de rezistivitate sunt necesare sau urmează să fie utilizate ca parametru de control, rezistivitatea de referință se determină folosind aceleași loturi ca cele utilizate pentru stabilirea proporțiilor de amestec, iar încercările se vor efectua la aceeași frecvență cu rezistența la compresiune.

J.4.15 Pentru încadrarea în diferite clase de rezistență la carbonatare se pot aplica diferite metode, cea de referință fiind dată în SM EN 12390-10. Informativ, în conformitate cu prEN 206-100 [17], criteriile de conformitate pentru încadrarea în clasele de rezistență la acțiunea carbonatării sunt prezentate în Tabelul J.2.

Tabelul J.2 - Criterii de conformitate pentru încadrarea în clasele de rezistență la acțiunea carbonatării

Clase de rezistență la expunere XRC	SR EN 12390-10 (camera climatică)	SR EN 12390-12 (carbonatare accelerată)	SR EN 12390-10 (exterior adăpostit)
	Maximul valorii medii (mm/ani ^{0,5})	Maximul valorii medii (mm/zile ^{0,5})	Maximul valorii medii (mm/ani ^{0,5})
XRC 0,5	0,3	0,15	0,7
XRC 1	0,6	0,25	1,1
XRC 2	1,1	0,5	1,7
XRC 3	1,7	0,8	2,1
XRC 4	2,2	1,1	2,5
XRC 5	2,8	1,3	3,2
XRC 6	3,4	1,6	3,8
XRC 7	4,0	1,9	4,2

J.4.16 În funcție de încadrarea în clasele de rezistență la carbonatare XRC și respectiv de expunere XC se prezintă informativ, în conformitate cu SM EN 1992-1-1 grosimile stratului de acoperire cu beton în funcție de durata de viață (Tabelul J.3).

Tabelul J.3. Adâncimea stratului de acoperire cu beton $c_{min,dur}$ - carbonatare

Clase de rezistență la expunere XRC	Clasa expunere XC							
	XC1		XC2		XC3		XC4	
	Durata de viață (ani)							
	50	100	50	100	50	100	50	100
XRC 0,5	10	10	10	10	10	10	10	10
XRC 1	10	10	10	10	10	15	10	15
XRC 2	10	15	10	15	15	25	15	25
XRC 3	10	15	15	20	20	30	20	30
XRC 4	10	20	15	25	25	35	25	40
XRC 5	15	25	20	30	25	45	30	45
XRC 6	15	25	25	35	35	55	40	55
XRC 7	15	30	25	40	40	60	45	60

NOTA 1 - Desemnarea claselor XRC pentru rezistența la coroziune indusă de carbonatare este derivată din adâncimea de carbonatare [mm] (valoare caracteristică 90 % fractil) presupusă a fi obținută după 50 de ani în condiții de referință (400 ppm CO₂ într-un mediu constant cu umiditate de 65% și temperatură 20°C). XRC are ca dimensiune viteza de carbonatare [mm/√(ani)].

NOTA 2 - Valorile minime recomandate de acoperire a betonului $c_{min,dur}$ presupun executarea și tratarea/protecția în conformitate cu SM SR EN 13670, cel puțin Clasa de execuție 2 și Clasa de tratare 2.

Nota 3 - Acoperirile minime pot fi mărite printr-un element suplimentar de siguranță $\Delta_{cdur,y}$ având în vedere cerințe speciale (de exemplu, condiții de mediu extreme).

J.4.17 Pentru încadrarea în diferite clase de rezistență la acțiunea clorurilor se pot aplica diferite metode, criteriile de conformitate fiind date, informativ, în conformitate cu prEN 206-100 [17], în Tabelul J.4 pentru aplicarea metodei în conformitate cu SM EN 12390-18, pentru diferite valori ale factorului de îmbătrânire α .

J.4.18 Factorul de îmbătrânire poate fi determinat:

- prin testarea la mai multe vârste și considerarea pantei variației coeficientului de difuzie în timp sau a valorii la vârsta maximă de testare conform SM EN 12390-11 sau,
- aplicarea ecuației (J.1) sau (J.2).

J.4.19 Pentru betoane care conțin CEM I, zgură (S) și/sau cenușă zburătoare silicioasă (V) cu sau fără silice ultrafină (D) și betoane realizate cu cimenturi care conțin doar aceste componente ca constituenți principali:

$$\alpha = 0,3 + \min(0,4 \cdot S; 0,25) + \min(1,1 \times V; 0,30) + \min(1,1 \times D; 0,05) \quad (J.1)$$

Pentru betoanele care conțin doar CEM II/A-D sau CEM I și silice ultrafină:

$$\alpha = 0,3 + \min(2,5 \times D; 0,25) \quad (J.2)$$

unde multiplicatorul dintre termenii aflați între paranteze este proporția celui de-al doilea sau al treilea component principal al cimentului sau adaosul de liant.

Tabelul J.4 - Criterii de conformitate pentru încadrarea în clasele de rezistență la acțiunea clorurilor - coeficientul de migrare

Clase de rezistență la expunere XRD	Maximul valorilor medii			
	Coeficientul de migrare a clorului la 90 de zile $\times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$			
	$\alpha \geq 0,3$	$\alpha \geq 0,4$	$\alpha \geq 0,5$	$\alpha \geq 0,6$
XRD 0,5	0,5	0,9	1,5	2,5
XRD 1	0,9	1,5	2,6	4,3
XRD 1,5	1,2	2,0	3,5	5,9
XRD 2	1,5	2,5	4,2	7,2
XRD 3	2,0	3,5	5,9	10,0
XRD 4	2,5	4,2	7,1	12,1

Clase de rezistență la expunere XRD	Maximul valorilor medii			
	Coeficientul de migrare a clorului la 90 de zile $\times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$			
	$\alpha \geq 0,3$	$\alpha \geq 0,4$	$\alpha \geq 0,5$	$\alpha \geq 0,6$
XRD 5	3,0	5,0	8,5	14,5
XRD 6	3,4	5,8	9,8	16,7
XRD 8	4,4	7,4	12,2	21,3
XRD 10	5,3	8,9	12,6	25,8

J.4.20 Pentru încadrarea în diferite clase de rezistență la acțiunea clorurilor se pot aplica diferite metode, criteriile de conformitate fiind date, informativ, în conformitate cu prEN 206-100 [17], în Tabelul J.5 pentru aplicarea metodei în conformitate cu SM EN 12390-11.

Tabelul J.5 - Criterii de conformitate pentru încadrarea în clasele de rezistență la acțiunea clorurilor - coeficientul de difuzie

Clase de rezistență la expunere XRD	Maximul valorilor medii			
	Coeficientului de difuzie a clorului $\times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$			
	$\alpha \geq 0,3$	$\alpha \geq 0,4$	$\alpha \geq 0,5$	$\alpha \geq 0,6$
XRD 0,5	0,23	0,44	0,84	1,61
XRD 1	0,46	0,88	1,69	3,23
XRD 1,5	0,69	1,32	2,53	4,84
XRD 2	0,93	1,77	3,37	6,46
XRD 3	1,38	2,65	5,07	9,68
XRD 4	1,85	3,53	6,75	12,91
XRD 5	2,31	4,42	8,44	16,14
XRD 6	2,77	5,30	10,13	19,37
XRD 8	3,70	7,06	13,51	25,82
XRD 10	4,62	8,83	16,88	32,28

J.4.21 În funcție de încadrarea în clasele de rezistență la acțiunea clorurilor XRD și respectiv de expunere XD se prezintă informativ, în conformitate cu SM EN 1992-1-1, grosimile stratului de acoperire cu beton în funcție de durata de viață (Tabelul J.6).

Tabelul J.6 - Grosimea stratului de acoperire cu beton $c_{\min, \text{dur}}$ - cloruri

Clase de rezistență la expunere XRD	Clasa expunere XD					
	XD1		XD2		XD3	
	Durata de viață (ani)					
	50	100	50	100	50	100
XRD 0,5	20	20	20	30	30	40
XRD 1	20	25	25	35	35	45
XRD 1,5	25	30	30	40	40	50
XRD 2	25	30	35	45	45	55
XRD 3	30	35	40	50	55	65
XRD 4	30	40	50	60	60	80
XRD 5	35	45	60	70	70	-
XRD 6	40	50	65	80	-	-
XRD 8	45	55	75	-	-	-
XRD 10	50	65	80	-	-	-

NOTA 1 - Desemnarea claselor XRD pentru rezistența la coroziune indusă de pătrunderea clorurilor este derivată din adâncimea de penetrare a clorurilor [mm] (valoare caracteristică 90 % fractil), corespunzătoare unei concentrații de cloruri de referință (0,6 % din masa liantului + adaosuri de tip II), presupusă a fi obținută după 50 de ani pe un beton expus la penetrarea unilaterală a apelor acide de referință (30 g/l NaCl) la 20°C. XRD are ca dimensiune coeficientul de difuzie $10^{-13} \text{m}^2/\text{s}$.

NOTA 2 - Valorile minime recomandate de acoperire a betonului $c_{\min, \text{dur}}$ presupun executarea și tratarea/ protecția în conformitate cu SM SR EN 13670, cel puțin Clasa de execuție 2 și Clasa de tratare 2.

NOTA 3 - Acoperirile minime pot fi mărite printr-un element suplimentar de siguranță $\Delta C_{dur,y}$ având în vedere cerințe speciale (de exemplu, condiții de mediu extreme).

J.5 Considerații finale

Aceste tipuri de încercări pot fi utilizate, de exemplu, în cazul testării unor cimenturi pentru care nu există experiență de utilizare în Republica Moldova, furnizând niveluri de performanță care pot fi comparate ulterior cu cele ale unor cimenturi de referință (pentru care există date experimentale), astfel încât să se obțină aceleași niveluri de performanță prin adaptarea compoziției. În acest mod se pot completa și extinde domeniile de utilizare ale unor cimenturi. Aceasta se poate face prin prevederea unor cerințe de compoziție diferite (îmbunătățite) ale betonului, de exemplu ale rapoartelor maxime A/L , dozajelor minime etc. față de cele indicate în Tabelele F.1.1 și F.1.2 pentru cimenturile de referință. Astfel, se pot obține performanțe similare cu cele ale betoanelor preparate cu cimenturi pentru care există experiență națională sau internațională în utilizarea în diferite medii de expunere.

Anexa K (informativă)

Recomandări generale pentru alegerea tipului de liant

K.1 Generalități

K.1.1 Anexa dată prezintă recomandări privind alegerea tipurilor de cimenturi, în funcție de temperatura la punerea în operă a betonului. Alegerea cimenturilor în funcție de o anumită aplicație și mediu de expunere se face având în vedere recomandările prezentate în Anexa F (normativă).

K.1.2 Această anexă completează prevederile din 6.2.2 al acestui Cod în ceea ce privește alegerea tipului de ciment luând în considerație execuția lucrării și dimensiunile elementelor.

K.1.3 Cimentul se alege având în vedere condițiile de execuție (lucrări executate în condiții normale, lucrări executate pe timp friguros, călduros, turnări în elemente masive).

K.1.4 Tabelul K.1 prezintă anumite caracteristici ale unor cimenturi, în conformitate cu SM SR EN 197-1 cu indicarea unor aptitudini de utilizare și a unor domenii în care utilizarea este contraindicată.

Tabelul K.1 – Caracteristici ale unor tipuri de cimenturi din Republica Moldova

Tip ciment	Sensibilitatea la frig	Degajare de căldură	Utilizare ¹⁾ Preferențială	Contraindicații	Observații particulare
CEM I 52,5 R	Insensibil	Ridicată	Structuri monolite și prefabricate Betonare pe timp friguros	Betoane masive ²⁾ , mortare, șape	Destinat în special structurilor prefabricate; Pe timp călduros trebuie luate măsuri speciale
CEM I 52,5 N	Insensibil	Ridicată	Structuri monolite și prefabricate Betonare pe timp friguros	Betoane masive ²⁾ , mortare, șape	
CEM I 42,5 R	Insensibil	Ridicată	Structuri monolite și prefabricate Betonare pe timp friguros	Betoane masive ²⁾ , mortare, șape	
CEM I 42,5 N	Puțin sensibil	Medie/Ridicată	Beton, beton armat		
CEM II/A 32,5 N sau R	Puțin sensibil	Medie	Beton, beton armat		
CEM II/A 42,5 N sau R	Puțin sensibil	Medie	Beton, beton armat		
CEM II/B 32,5 N sau R	Sensibil	Redusă	Beton, beton armat		Necesită o tratare prelungită
CEM II/B 42,5 N sau R	Sensibil	Redusă	Beton, beton armat		Necesită o tratare prelungită
CEM III/A 32,5 R sau N	Foarte sensibil	Redusă	Beton, beton armat	Betoane pe timp friguros	Necesită o tratare prelungită
CEM III/A 42,5 N	Sensibil	Redusă	Beton, beton armat	Betoane pe timp friguros	Necesită o tratare prelungită
CEM IV/A 42,5 N	Sensibil	Redusă	Beton, beton armat	Betoane pe timp friguros	Necesită o tratare prelungită

¹⁾În conformitate cu tabelele F.1.1, F.1.2, F.2.1, F.2.2, F.2.3, F.2.4 din Anexa F.

²⁾La turnarea elementelor masive (conform definiției de la art. 3.1) se folosește un ciment cu căldură de hidratare redusă „LH”.

K.1.5 Tabelele K.2, K.3 și K.4 prezintă în completare recomandări generale privind alegerea tipului de ciment în funcție de condițiile climatice la punerea în operă.

K.2 Condiții normale

K.2.1 Când temperatura la punerea în operă, înainte de decofrare și/sau la punerea în serviciu se încadrează în intervalul de la 5 °C până la 25 °C, betonul nu este destinat să fie în contact cu agenți agresivi (sulfati, săruri de dezghețare etc.) și elementele din beton au dimensiuni normale, cimenturile se pot utiliza conform Tabelului K.2, în funcție de atingerea rezistenței la compresiune la vârsta de 28 zile.

Tabelul K.2 - Indicarea tipului de ciment în funcție de atingerea rezistenței la 28 zile

Clasa de rezistență	CEM I	CEM II/A	CEM II/B	CEM III/A	CEM IV/A
32,5 N sau R		Viteza medie de atingere a rezistenței la 28 zile (beton de clasă până la C25/30)	Viteza medie de atingere a rezistenței la 28 zile (beton de clasă până la C25/30)	Viteza medie de atingere a rezistenței la 28 zile (beton de clasă până la C25/30)	Viteza medie de atingere a rezistenței la 28 zile (beton de clasă până la C25/30)
42,5 N sau R	Viteză mare de atingere a rezistenței la 28 zile (beton de clasă de peste C25/30)	Viteză mare de atingere a rezistenței la 28 zile (beton de clasă de peste C 25/30)	Viteză mare de atingere a rezistenței la 28 zile (beton de clasă de peste C 25/30)	Viteză medie de atingere a rezistenței la 28 zile (beton de clasă de peste C 25/30)	Viteză medie de atingere a rezistenței la 28 zile (beton de clasă de peste C 25/30)
52,5 N sau R	Viteză foarte mare de atingere a rezistenței la 28 zile	Viteză foarte mare de atingere a rezistenței la 28 zile	-	-	-

K.3 Condiții speciale

K.3.1 Turnare pe timp friguros (temperatura mai mică de plus 5 °C)

Tabelul K.3 - Recomandări de utilizare a cimenturilor pentru turnarea betonului pe timp friguros

Clasa de rezistență	CEM I	CEM II/A	CEM II/B	CEM III/A	CEM IV/A
32,5 N sau R		Recomandabil	Puțin recomandabil	Puțin recomandabil	Puțin recomandabil
42,5 N sau R	Foarte recomandabil ¹⁾	Recomandabil	Recomandabil	Aplicabil cu luarea de măsuri suplimentare	Aplicabil cu luarea de măsuri suplimentare
52,5 N sau R	Foarte recomandabil ¹⁾	Foarte recomandabil ¹⁾	-	--	

¹⁾A se vedea SM SR EN 13670 privind tratarea și protecția betonului proaspăt.

K.3.2 Turnare pe timp călduros (temperatura mai mare de plus 25 °C)

Tabelul K.4 - Recomandări de utilizare a cimenturilor pentru turnarea betonului pe timp călduros

Clasa de rezistență	CEM I	CEM II/A	CEM II/ B	CEM III/A	CEM IV/A
32,5 N sau R		Recomandabil	Foarte recomandabil ¹⁾	Foarte recomandabil ¹⁾	Foarte recomandabil ¹⁾
42,5 N sau R	Puțin recomandabil	Recomandabil	Recomandabil	Foarte recomandabil ¹⁾	Foarte recomandabil ¹⁾
52,5 N sau R	Puțin recomandabil	Recomandabil, cu luarea de măsuri suplimentare	-	-	-
¹⁾ A se vedea SM SR EN 13670 privind tratarea și protecția betonului proaspăt.					

NOTĂ – Pe piața europeană a fost pus spre utilizare cimentul din clasa de rezistență 62,5 (cimenturi cu rezistență foarte înaltă, de regulă de tip CEM I sau CEM II). Cimentul de clasa 62,5 (de exemplu, CEM I 62,5) este un ciment cu rezistență inițială și finală extrem de mare, utilizat exclusiv în aplicații speciale, elemente prefabricate și betoane de înaltă performanță mai mari de C50/60. Datorită căldurii mari de hidratare și a ritmului rapid de întărire, acesta nu este destinat lucrărilor de construcții civile standard sau tencuielilor.

Principalele domenii de aplicare fiind structuri speciale solicitate intens, stâlpi de susținere pentru zgârie-nori sau grinzi cu deschideri mari, construcția de poduri, viaducte, platforme industriale grele, piste de aeroport și structuri hidrotehnice (conform prEN 206-3 [1]; structuri de artă rutieră sau feroviară unde darea în exploatare trebuie realizată în timp record.

Atinge o rezistență la compresiune la 2 zile similară sau mai mare decât cea a unui ciment standard la 28 de zile, având o densitate finală a matricei de beton, care limitează porozitatea și crește durabilitatea în medii agresive.

K.4 Stabilirea tipurilor de lianți ce pot fi utilizate în elemente/structuri

K.4.1 Anexa F (normativă) din SM 324 și din acest Cod furnizează valorile limită ale compoziției și proprietăților betonului în funcție de clasa de expunere „X” pentru o durată de viață de 50 de ani.

K.4.2 Clasa minimă, raportul maxim A/L precum și celelalte elemente care caracterizează un beton sub aspectul durabilității sunt oferite în condițiile în care în compoziția betonului, diametrul maxim al granulei de agregat este cuprins între 20 și 32 mm.

K.4.3 Stabilirea tipului sau tipurilor de ciment ce pot fi utilizate într-o compoziție (rețetă) de beton (a se vedea Anexa P) este o etapă foarte importantă, având consecințe directe asupra durabilității asupra duratei de viață („de serviciu”) a structurii de beton.

K.4.4 În conformitate cu prevederile Anexei F pentru în diferite clase de expunere „X” la acțiunea mediului înconjurător se pot utiliza tipurile de cimenturi indicate în Tabelele F.2.1 și F.2.2 – Domenii de utilizare pentru cimenturi, conform standardelor SM SR EN 197-1 din SM 324 și din acest Cod.

K.5 - Selecția tipurilor de ciment (de producție națională și de import) în funcție de clasele de expunere

Clase de expunere „X” la acțiunea mediului înconjurător care prezintă risc asupra armăturilor								
Tip de ciment fabricat conform SM SR EN 197-1	Fără risc de coroziune sau atac	Coroziunea armăturilor indusă prin carbonatare (datorită CO ₂ atmosferic)		Coroziunea armăturilor datorată clorurilor (agenți de dezghețare)				
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3
CEM I	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM II/A-S	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM II/A-M(S-LL)	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM II/B-S	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM II/A-LL	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM III/A	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da

Clase de expunere „X” la acțiunea mediului înconjurător care prezintă risc asupra betonului										
Tip de ciment fabricat conform SM SR EN 197-1	Atacul datorat îngheț- dezghețului				Atacul chimic			Atacul mecanic		
	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2 ¹⁾	XA ¹⁾	XM1	XM3	XM3
CEM I	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM II/A-S	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM II/A-M(S-LL)	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM II/B-S	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM II/A-LL	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM III/A	Da	Da	Da	Da ²⁾	Da	Da	Da	Da	Da	Da
¹⁾Când prezența de SO₄²⁻ conduce la o clasă de expunere XA2 și XA3 este esențial să fie utilizat un ciment rezistent la sulfați. Dacă cimentul este clasificat după rezistența la sulfați, trebuie utilizate cimenturi cu o rezistență moderată sau ridicată la sulfați pentru clasa de expunere XA2 (și clasa de expunere XA1 este aplicabilă) și trebuie utilizat un ciment având o rezistență ridicată la sulfați pentru clasa de expunere XA3; ²⁾Se utilizează CEM III având clasa de rezistență $\geq 42,5$ sau $\geq 32,5$ cu zgură în cantitate $\leq 50\%$ din masă, în cazul demonstrării comportării corespunzătoare la acțiunile de îngheț-dezgheț și agenți de dezghețare.										

K.4.5 Odată ce au fost încadrate în clasele de expunere „X” o structură sau un element din beton, se recomandă să fie incluse în proiecte toate tipurile de ciment, care pot fi utilizate în conformitate cu prevederile Anexei F din SM 324 și acest Cod. Acest lucru va scuti proiectanții de întrebări suplimentare venite de la colegii de ofertare sau de pe șantier.

Anexa L (normativă)

Tratarea betonului în funcție de evoluția rezistenței betonului

L.1 Generalități

L.1.1 Evoluția rezistenței descrie raportul dintre valoarea rezistenței medii la compresiune la vârsta de 2 zile și respectiv 28 zile (determinată în conformitate cu încercările inițiale de tip sau cu betoane de compoziție comparabilă).

NOTĂ - Această anexă nu se referă la tratări speciale care se aplică elementelor prefabricate.

L.1.3 Durata tratării betonului se stabilește în funcție de evoluția rezistenței betonului (a se vedea Tabelul 20), temperatura suprafeței betonului și procentul de atingere al rezistenței suprafeței betonului față de rezistența caracteristică a acestuia și este specificată în SM SR EN 13670.

L.2 Tratare și protecție

L.2.1 Următoarele metode, utilizate separat sau succesiv, sunt corespunzătoare pentru tratarea betonului:

- a) păstrarea cofrajului în poziție;
- b) acoperirea suprafeței betonului cu folii impermeabile la vapori, fixate la margini și la îmbinări pentru a preveni uscarea;
- c) protejarea cu învelișuri umede a suprafeței și protejarea acestora împotriva uscării rapide;
- d) menținerea suprafeței de beton udă, prin udare cu apă;
- e) aplicarea unui produs de tratare corespunzător.

L.2.2 Evoluția proprietăților în zonele de suprafață se poate baza pe relația dintre rezistența la compresiune și maturitate.

L.2.3 Estimările detaliate ale evoluției proprietăților betonului se pot baza pe una dintre următoarele metode:

- a) calculul maturității pe baza măsurătorilor de temperatură efectuate la o adâncime maximă de 10 mm sub suprafață;
- b) calculul maturității pe baza temperaturii medii zilnice a mediului;
- c) tratarea în funcție de temperatură;
- d) determinarea indicelui de recul (după calibrarea pe probe de beton corespunzătoare);
- e) alte metode cu o eficiență dovedită.

L.2.4 Tabelele L.1 ÷ L.3 indică durata de tratarea în zile, care se consideră a satisface cerințele claselor de tratare 2 până la 4 (a se vedea SM SR EN 13670), și este folosită dacă nu este utilizată o metodă mai precisă de determinare a rezistenței superficiale a betonului.

În Tabelul L.1 se prezintă un exemplu de stabilire a duratei minime de tratare, care se efectuează pentru elementele/construcțiile obișnuite, aflate în clasele de expunere X0 și XC1.

Tabelul L.1 - Perioada minimă de întărire pentru clasa de tratare 2 (corespunzând unei rezistențe la compresiune a zonei de suprafață de 35% din rezistența caracteristică specificată)

Temperatura suprafeței betonului (t), °C	Perioada minimă de tratare, în zile ^a		
	Evoluția rezistenței betonului ^{c, d} (f_{cm2}/f_{cm28}) = r		
	rapid $r \geq 0,50$	mediu $0,50 > r \geq 0,30$	lent $0,30 > r \geq 0,15$
$t \geq 25$	1,0	1,5	2,5
$25 > t \geq 15$	1,0	2,5	5
$15 > t \geq 10$	1,5	4	8
$10 > t \geq 5^b$	2,0	5	11

^a Plus perioada în cazul în care timpul de priză depășește 5 h.

^b Pentru temperaturi sub 5°C, durata trebuie prelungită cu o perioadă egală cu perioada în care s-au înregistrat temperaturi mai mici de 5°C.

^c Dezvoltarea rezistenței betonului reprezintă raportul dintre valoarea medie a rezistenței la compresiune după 2 zile și valoarea medie a rezistenței la compresiune după 28 zile determinate prin încercări inițiale de tip sau bazate pe performanțele cunoscute ale unui beton cu compoziție similară.

^d Pentru betoanele cu dezvoltare foarte lentă a rezistențelor se dau cerințe speciale în specificațiile de execuție.

Tabelul L.2 - Perioada minimă de întărire pentru clasa de tratare 3 (corespunzând unei rezistențe la compresiune a zonei de suprafață de 50% din rezistența caracteristică specificată)

Temperatura suprafeței betonului (t), °C	Perioada minimă de tratare, în zile ^a		
	Evoluția rezistenței betonului ^{c, d} (f_{cm2}/f_{cm28}) = r		
	rapid $r \geq 0,50$	mediu $0,50 > r \geq 0,30$	lent $0,30 > r \geq 0,15$
$t \geq 25$	1,5	2,5	3,5
$25 > t \geq 15$	2,0	4,0	7,0
$15 > t \geq 10$	2,5	7,0	12,0
$10 > t \geq 5^b$	3,5	9,0	18,0

^a Plus orice perioadă în care priza depășește 5 h.

^b Pentru temperaturi sub 5°C, durata trebuie prelungită cu o perioadă egală cu perioada în care s-au înregistrat temperaturi mai mici de 5°C.

^c Dezvoltarea rezistenței betonului reprezintă raportul dintre valoarea medie a rezistenței la compresiune după 2 zile și valoarea medie a rezistenței la compresiune după 28 zile determinate prin încercări inițiale de tip sau bazate pe performanțele cunoscute ale unui beton cu compoziție similară.

^d Pentru betoanele cu dezvoltare foarte lentă a rezistențelor vor fi date cerințe speciale în specificațiile de execuție.

Tabelul L.3 - Perioada minimă de întărire pentru clasa de tratare 4 (corespunzând unei rezistențe la compresiune a zonei de suprafață de 70% din rezistența caracteristică specificată)

Temperatura suprafeței betonului (t), °C	Perioada minimă de tratare, în zile ^a		
	Evoluția rezistenței betonului ^{c, d} (f_{cm2}/f_{cm28}) = r		
	rapid $r \geq 0,50$	mediu $0,50 > r \geq 0,30$	lent $0,30 > r \geq 0,15$
$t \geq 25$	3,0	5,0	6,0
$25 > t \geq 15$	5,0	9,0	12,0
$15 > t \geq 10$	7,0	13,0	21,0
$10 > t \geq 5^b$	9,0	18,0	30,0

^a Plus orice perioadă în care priza depășește 5 h.

^b Pentru temperaturi sub 5°C, durata trebuie prelungită cu o perioadă egală cu perioada în care s-au înregistrat temperaturi mai mici de 5°C.

^c Dezvoltarea rezistenței betonului reprezintă raportul dintre valoarea medie a rezistenței la compresiune după 2 zile și valoarea medie a rezistenței la compresiune după 28 zile determinate prin încercări inițiale de tip sau bazate pe performanțele cunoscute ale unui beton cu compoziție similară.

^d Pentru betoanele cu dezvoltare foarte lentă a rezistențelor vor fi date cerințe speciale în specificațiile de execuție.

L.2.5 Selectarea claselor de tratare depinde de clasele de expunere, alegerea compoziției betonului și a grosimii de acoperire a armăturii. Condițiile climatice și mărimea elementului sunt, de asemenea, parametri importanți.

L.2.6 Produsele de tratare pot penetra suprafața și pot face dificilă înlăturarea lor, astfel încât poate fi necesară sablarea suprafeței sau expunerea la jeturi puternice de apă în cazul în care acestea trebuie îndepărtate (a se vedea 5.3 din NCM E.04.04).

L.2.7 Utilizarea unui produs pentru tratare care conține vopsea aplicată provizoriu poate simplifica verificarea aplicării.

L.2.8 Posibilele efecte negative ale unor temperaturi ridicate ale betonului în timpul tratării includ:

- a) formarea întârziată a etringitei;
- b) reducerea semnificativă a rezistenței;
- c) creșterea semnificativă a porozității;
- d) creșterea diferenței de temperatură între elementul ce se toarnă și elementul turnat anterior.

Anexa M
(normativă)

Cerințe minime privind calificarea și experiența profesională a responsabilului pentru controlul producției

M.1 Responsabilul pentru controlul producției trebuie să aibă cunoștințele necesare în domeniul producerii betonului și al standardelor specifice materialelor componente și betonului pentru a asigura controlul producției în ceea ce privește:

- a) materialele componente, inclusiv selectarea acestora:
 - 1) recepționarea, depozitarea și gospodărirea materialelor componente: agregate, ciment, aditivi, apă (când nu se utilizează o sursă de apă potabilă), în vederea asigurării caracteristicilor calitative impuse;
 - 2) aplicarea, după caz, a măsurilor ce se impun pentru pregătirea agregatelor: sortare, spălare, încălzirea sau răcirea componentelor betonului.
- b) proiectarea și producerea betonului:
 - 1) respectarea caracteristicilor sortimentului de beton comandat.
- c) inspecțiile, încercările și utilizarea rezultatelor acestora pentru materialele componente, pentru betonul proaspăt și întărit și pentru echipamente;
- d) inspecția echipamentului de transport a betonului proaspăt:
 - 1) efectuarea, în condiții corespunzătoare, a transportului betonului.
- e) procedurile privind evaluarea conformității.

M.2 Responsabilul pentru controlul producției va fi absolvent de studii superioare în domeniul construcțiilor (construcții civile, industriale, inginerie civilă, drumuri și poduri) sau în domeniul materialelor de construcții și nu va îndeplini alte funcții, care ar putea fi incompatibile cu atribuțiile și responsabilitățile acestui post. În cazul stațiilor de betoane de capacitate sub 35 m³/oră se poate accepta și o pregătire profesională de maestru/tehnician constructor (subinginer).

M.3 Experiența profesională în producerea betonului pentru maestru/tehnician va fi de minimum 3 ani și pentru inginer minimum 2 ani, într-un laborator de încercări pentru construcții (profil beton) sau direct în cadrul unei stații de producere a betoanelor.

M.4 Personalul implicat în activitatea de control al producției trebuie să participe la un program de formare profesională continuă, să dețină o certificare sau atestare profesională, care să demonstreze cunoștințe teoretice și practice solide în domeniul tehnologiei betonului, al normelor europene și naționale în vigoare.

Anexa N (informativă)

Verificarea impermeabilității la apă a betoanelor

N.1 Absorbția, porozitatea și permeabilitatea betonului

N.1.1 În funcție de specificul lucrării, betonul trebuie caracterizat prin proprietăți ca absorbția, porozitatea și/sau permeabilitatea.

N.1.1.1 Prin determinarea absorbției sunt caracterizate betoanele utilizate în medii agresive și elementele supuse ciclurilor de îngheț-dezghet în stare saturată (de exemplu: pavele, borduri, rigole, îmbrăcămînți rutiere etc.), corespunzând claselor de expunere XF2, XF3 și XF4.

NOTA 1 - Absorbția se referă la fenomene fizice precum suțiuena capilară sau osmoza (a nu se confunda cu „adsorbția”, care se referă la fenomenul fizico-chimic constând în imobilizarea ionilor, permanent sau temporar), parametru care caracterizează durata de serviciu a betonului.

NOTA 2 - Proiectantul (elaboratorul specificației) poate să nu specifice în proiect valorile limită ale absorbției betonului, notarea clasei de expunere ținând loc de această informație, responsabilitatea determinării absorbției betonului revenind producătorului de beton (de exemplu, stația de betoane).

N.1.1.2 Porozitatea este în relație directă cu durata de serviciu a betonului, porii din beton fiind spații pline cu gaz, aer sau apă din matrice, care nu pot prelua eforturi mecanice.

NOTA 1 - Rezistența betonului la compresiune este invers proporțională cu porozitatea (pe măsură ce volumul de pori crește, rezistența la compresiune a betonului scade).

NOTA 2 - Proiectantul nu este responsabil de precizarea valorilor limită ale porozității betonului folosit în proiect, deoarece porozitatea betonului influențează rezistența la compresiune a acestuia, un beton de clasă ridicată cu un raport apă/liant (A/L) rezonabil va avea o porozitate scăzută.

N.1.1.3 Porozitatea betonului influențează negativ rezistența betonului la atacul îngheț-dezghet și la atacul chimic (cu cât ponderea porilor capilari e mai redusă, cu atât agenții agresivi pătrund mai greu). Rezistența la atacul chimic este influențată și de dozajul de liant, timpul de hidratare al liantului, raportul apă/liant (A/L_t) cât și de modul de tratare a betonului după turnare.

N.2 Adâncimea de pătrundere a apei sub presiune, conform SM EN 12390-8

N.2.1 Permeabilitatea este o caracteristică relevantă pentru durabilitate, putând fi evaluată prin măsurarea directă a adâncimii de pătrundere a apei în beton, în urma aplicării unei anumite presiuni pe fața elementului, printr-o metodă standardizată în SM EN 12390-8.

N.2.2 Standardul SM EN 12390-8 descrie principiul de testare, aparatura necesară, forma epruvetelor, modul de lucru și interpretarea rezultatelor, încercarea constând în aplicarea apei sub presiune pe suprafața netedă a betonului (epruvetei) întărit.

N.2.3 Încercarea trebuie să fie pornită când epruveta are o vechime de cel puțin 28 zile, aceasta fiind așezată în aparat, aplicându-se o presiune de (500 ± 50) kPa timp de (72 ± 2) h.

N.2.4 Ulterior, epruveta se îndepărtează din aparat, se șterge de apă, de despică, iar imediat după uscarea suprafeței despicate se marchează frontul apei pe epruvetă. Adâncimea maximă de pătrundere a apei sub zona de încercare se măsoară cu o precizie de mm și se notează, aceasta reprezentând rezultatul încercării.

NOTĂ - Verificarea betonului întărit pentru asigurarea unui anumit grad de impermeabilitate este necesară doar în cazul prezenței acțiunii presiunii apei.

N.3 Determinarea rezistenței la impermeabilitatea la apă prin metoda petei umede

N.3.1 Impermeabilitatea la apă a fiecărei epruvete, în funcție de dimensiuni (Tabelul N.1), se evaluează prin presiunea maximă a apei la care nu s-a observat încă nicio infiltrație (pată) a apei prin epruvetă.

Tabelul N.1 – Durata de menținere în fiecare etapă a presiunii apei în funcție de înălțimea epruvetei

Înălțimea epruvetei, mm	150	100	50	30
Timp de menținere în fiecare etapă, presiunea apei, h	16	12	6	4

NOTĂ – Clasa de impermeabilitate la apă (W) al betonului este înțeles ca indicele de rezistență la impermeabilitatea la apă al betonului corespunzător presiunii maxime a apei (0,1 MPa) la care (conform evaluării vizuale) nu are loc infiltrarea apei prin epruveta încercată folosind metoda petele umede.

N.3.2 Impermeabilitatea la apă a unei serii de epruvete (Tabelul N.2), se evaluează prin presiunea maximă a apei la care nu s-a observat infiltrarea apei la cel puțin 4 din 6 epruvete.

Tabelul N.2 - Clasa de impermeabilitatea la apă (W)

Impermeabilitatea la apă a unei serii de epruvete, MPa	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Clasa betonului de impermeabilitatea la apă	W2	W4	W6	W8	W10	W12	W14	W16	W18	W20

NOTA 1 - Această metoda este identică cu metoda specificată în standardul european SM EN 12390-8 și utilizează principalele prevederi de reglementare ale acestui Cod.

NOTA 2 – La instalația pentru verificarea clasei de impermeabilitate (W), pot fi efectuate încercări conform prevederilor SM EN 12390-8, cu anumite modificări ai instalației (furtunuri, manometru, compresorul pentru presiunea necesară etc.).

N.3.3 Valorile din Tabelul N.3 reprezintă adâncimea maximă admisă de pătrundere a apei, măsurată în milimetri pe epruvete standard, supuse la o presiune hidrostatică.

Tabelul N.3 - Corespondența dintre adâncimea de pătrundere și clasa de impermeabilitate

Metoda de încercare a impermeabilității	Gradul de permeabilitate betonului					
	Normală		Redusă	Scăzută	Foarte scăzută	
Clasa de impermeabilitate	W2	W4	W6	W8	W10-14	W16-20
Adâncimea de pătrundere a apei sub presiune, mm	Mai mult de 150	Mai mult de 150	Peste 60 până la 150	Peste 35 până la 60	Peste 20 până la 35	Mai puțin de 20

NOTĂ - Încercările sunt considerate a fi aplicabile pe plan național pentru asigurarea durabilității, fiind inclusă în prezentul Cod pe considerente de respectare a tradițiilor naționale în domeniu, experienței practice acumulate și o mai bună caracterizare a betoanelor aflate în contact cu mediul de expunere.

N.4 Determinarea impermeabilității pe baza coeficientului de filtrare

N.4.1 Pentru efectuarea încercărilor se utilizează: un aparat pentru determinarea coeficientului de filtrare cu o presiune maximă de încercare de cel puțin 2,0 MPa; tipare cilindrice (pentru realizarea probelor de beton) cu diametrul interior de 150 mm și înălțimea de 150, 100, 50 și 30 mm; un recipient pentru colectarea filtratului.

N.4.2 Înainte de testare, probele de beton sunt lăsate în laborator până când variația masei probei pe parcursul unei zile va fi mai mică de 0,1 %.

NOTĂ - Probele extrase din structură, cu un diametru de cel puțin 50 mm, sunt supuse încercărilor după etanșarea suprafețelor laterale, conform SM EN 12504-1, indiferent dacă prezintă sau nu defecte.

N.4.3 În timpul încercărilor efectuate în instalație, sunt testate simultan șase epruvete. Creșterea presiunii apei dezaerate se efectuează în trepte de câte 0,2 MPa, pe o durată de 1–5 minute, cu o pauză de 1 oră la fiecare treaptă, până la atingerea presiunii la care apar semne de filtrare sub forma unor picături izolate.

Măsurarea masei și a volumului filtratului se efectuează la fiecare 30 de minute și de cel puțin 6 ori pentru fiecare probă.

N.4.4 La prelucrarea rezultatelor, volumul filtratului unei probe individuale Q se consideră a fi media aritmetică a celor patru valori cele mai mari, conform N.4.3. Coeficientul de filtrare K_f , cm/s, al unei probe individuale se determină după formula

$$K_f = \frac{\eta Q \delta}{S \tau \rho} \quad (\text{N.1})$$

în care,

η - coeficientul care ține seama de vâscozitatea apei la diferite temperaturi, η se preia din Tabelul N.4;

Q - volumul filtratului, cm³;

δ - dimensiunea carotei, cm;

S - suprafața carotei, cm²;

τ - durata de testare a probei, pe parcursul căreia se măsoară volumul filtratului, s;

ρ - presiunea din instalație, cm coloană de apă.

Tabelul N.4 – Coeficientul η care ține seama de vâscozitatea apei la diferite temperaturi

Temperatura apei, °C	15	20	25
Coeficientul η	1,13	1,00	0,89
NOTĂ - În cazul în care temperatura apei se încadrează între valorile indicate în acest tabel, coeficientul η se determină prin interpolare.			

N.4.5 La încercarea carotelor de beton extrase din structuri, cu diametrul mai mic de 150 mm, coeficientul de filtrare, calculat conform formulei (N.1), se înmulțește cu coeficienții de corecție indicare în SM EN 13791.

N.4.6 Pentru determinarea coeficientului de filtrare K_f al unei serii formate din șase eșantioane, coeficienții de filtrare ai eșantioanelor individuale din această serie se ordonează în ordinea crescătoare a valorilor și se utilizează media aritmetică a coeficienților de filtrare ai celor două eșantioane din mijloc (al treilea și al patrulea).

N.4.7 Pe baza valorilor obținute ale coeficientului de filtrare K_f , se stabilesc clasele de beton privind impermeabilitatea, conform Tabelului N.5.

Tabelul N.5 - Valorile coeficientului de filtrare K_f

Coeficient de filtrare K_f , cm/s	Clasele de beton privind impermeabilitatea, W
Peste 7×10^{-9} inclusiv 2×10^{-8}	W2
Peste 2×10^{-9} inclusiv 7×10^{-9}	W4
Peste 6×10^{-10} inclusiv 2×10^{-9}	W6
Peste 1×10^{-10} inclusiv 6×10^{-10}	W8
Peste 5×10^{-11} inclusiv 1×10^{-10}	W10
inclusiv 5×10^{-11}	W16

N.5 Gradul de impermeabilitate la apă a betonului

N.5.1 Gradul de impermeabilitate la apă a betoanelor se notează P_n^x (Tabelul N.6), în care:

n - valoarea prescrisă a presiunii maxime a apei, bari;

x - valoarea prescrisă a adâncimii limită de pătrundere a apei (mm).

NOTĂ - Permeabilitatea betonului se determină pe cale experimentală și se cuantifică prin valoarea presiunii apei utilizate la încercări și prin adâncimea maximă de pătrundere a apei.

Determinarea permeabilității se face în laborator, în momentul proiectării unei compoziții noi de beton, precum și în mod curent pentru verificarea acelor compoziții care au un dozaj mai redus de liant.

Tabelul N.6 - Gradul de impermeabilitate aferent claselor de expunere

Clase de expunere	Gradul (Clasa) de impermeabilitate	Presiunea apei utilizată la încercări, bari	Adâncimea limită de pătrundere a apei (mm)		Raport apă/liant maxim permis
			100	200	
X0, XC1	P ₄	4	P ₄ ¹⁰	P ₄ ²⁰	A_t/L_t 0,60 (doar la 0) 0,55
XC2, XC3, XC4 XF1, XF3 XA1	P ₈	8	P ₈ ¹⁰	P ₈ ²⁰	0,50
XD1, XD2, XD3 XF2, XF4 XA2, XA3	P ₁₂	12	P ₁₂ ¹⁰	P ₁₂ ²⁰	0,45

N.5.2 Evaluarea permeabilității constă în măsurarea directă a adâncimii de pătrundere a apei în beton, ca urmare a aplicării unei presiuni pe fața elementului, folosind o metoda standardizată. Un beton cu porozitate și absorbție mari (adică o pondere mare a porilor capilari) va avea și permeabilitate mare. Pe măsură ce rezistența la compresiune crește și raportul apă/liant (A/L) scade, permeabilitatea betonului va fi mai redusă și durata de serviciu va crește.

N.5.3 Epruvete pentru verificarea gradului de impermeabilitate la apă (P)

N.5.3.1 Epruvetele pentru verificarea gradului de impermeabilitate la apă, pot fi:

- cuburi cu latura de 150 mm sau 200 mm;
- prisme de $140 \times 140 \times l_p$ sau $200 \times 200 \times l_p$, în care: $l_p \geq 100$ mm și $l_p \geq x$;
- cilindri cu diametrul de minimum 150 mm și înălțimea de maximum 200 mm.

N.5.3.2 La alegerea dimensiunii minime a epruvetelor (l_{min}) se ține seama și de dimensiunea maximă a agregatelor (a_{max}), astfel:

- $l_{min}/a_{max} \geq 4$, pentru agregate având $a_{max} < 71$ mm;
- $l_{min}/a_{max} \geq 3$, pentru agregate având $a_{max} \geq 71$ mm.

N.5.3.3 Epruvetele cilindrice pot fi carote extrase din lucrare, conform CP F.02.03.

N.5.3.4 Epruvetele trebuie să aibă, la încercare, vârsta de 90 zile pentru betoane hidrotehnice, sau 28 zile pentru betoane destinate celorlalte categorii de construcții.

N.5.3.5 Epruvetele confecționate din beton proaspăt trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- pentru o verificare sunt necesare minimum 3 epruvete;
- păstrarea epruvetelor se face astfel:
 - până la decofrare la temperatura de (20 ± 3) °C și umiditate relativă de (65 ± 5) %;
 - în primele 7 zile după decofrare, în apă la temperatura de (20 ± 2) °C;
 - în continuare, în aer, la temperatura de (20 ± 3) °C și umiditate relativă de (65 ± 5) %, cu excepția betoanelor hidrotehnice care se mențin în aceleași condiții ca și în primele 7 zile.

N.6 Instalația pentru verificarea gradului de impermeabilitate

NOTA 1 – La instalația pentru verificarea gradului de impermeabilitate, pot fi efectuate încercări atât conform prevederilor SM EN 12390-8 cât și conform metodei petei umede.

NOTA 2 - Dacă, de exemplu, se încercă epruvetele fără a se modifica instalația, pentru a aplica o presiune a apei de 8 bari asupra epruvetei timp de 72 de ore, conform SM EN 12390-8 și se obține o adâncime de pătrundere a apei de 50 mm, la o înălțime a epruvetei de 150 mm, atunci aceste date corespund clasei de impermeabilitate a betonului W14, adică va fi depășită valoarea limită pentru clasele de impermeabilitate stabilită de normele tradiționale. Pentru încercările betonului până la clasa de impermeabilitate W20, instalația trebuie adaptată prin modificare.

N.6.1 Instalația pentru verificarea gradului de impermeabilitate la apă trebuie să permită supunerea uneia din fețele epruvetei (fața de infiltrație) la acțiunea apei sub presiune, reglabilă în trepte constante, și observarea directă și concomitentă a feței opuse (fața de exfiltrație), precum și a fețelor laterale.

N.6.2 Instalația trebuie să cuprindă cel puțin 3 posturi de încercare concomitentă, legate în baterie la același dispozitiv de punere sub presiune a apei.

N.6.3 Etanșarea epruvetelor pe fețele de infiltrație și de exfiltrație se face cu inele de etanșare din cauciuc, având diametrul astfel:

- a) 70 mm, pentru epruvetele cubice sau paralelipipedice cu latura de 150 mm sau cilindrice;
- b) 100 mm pentru epruvetele cubice sau paralelipipedice cu latura de 200 mm.

N.6.4 Fața de infiltrație se alege astfel încât să fie, față de direcția de turnare a epruvetei, în aceeași poziție ca suprafața betonului din lucrare, spre exemplu:

- a) pentru betonul de pe fundul unui rezervor, fața de infiltrație a epruvetei va fi fața de turnare a acesteia, iar pentru betonul din pereții rezervorului, va fi una din fețele laterale ale epruvetei;
- b) în cazul carotelor, fața de infiltrație va fi cea a suprafeței betonului din lucrare.

N.6.5 Pregătirea epruvetelor se face astfel:

- a) se trasează, centric, pe fața de infiltrație, un cerc cu diametrul corespunzător celui al inelului de etanșare și suprafața acestui cerc se freacă cu o perie de sârmă, sau se ciocănește ușor cu o buciardă cu masa de maximum 500 g, pentru a îndepărta stratul superficial de piatră de ciment;
- b) epruvetele cilindrice se etanșeizează pe suprafața laterală, cu 1–2 zile înainte, spre exemplu, prin peliculizare cu rășini sintetice.

N.6.6 Instalația se verifică, înainte de montarea epruvetelor, prin:

- a) introducerea apei în posturile de încercare și eliminarea aerului din conductele de distribuție a apei sub presiune;
- b) închiderea robinetelor de acces a apei, ridicarea presiunii la o valoare cu cca. 0,1 N/mm² mai mare decât presiunea maximă la care se va supune epruveta și menținere a acesteia timp de cel puțin o oră, timp în care această presiune nu trebuie să scadă.

N.6.7 Condițiile de mediu pentru efectuarea încercării sunt:

- a) temperatura (20 ± 4)°C;
- b) umiditatea relativă a aerului (65 ± 5)%.

N.6.8 Încercarea se desfășoară astfel:

- a) se așează pe inelele de etanșare epruvetele, pregătite așa cum s-a arătat mai înainte, asigurându-se contactul pe toată lungimea acestora, după ce, în prealabil, s-a asigurat nivelul corespunzător al apei astfel încât între fețele de infiltrație și suprafața apei să nu rămână aer, după care se fixează cu sistemul de strângere;
- b) se ridică presiunea apei, în trepte, astfel:

- 1) 0,2 MPa (2 bari) timp de 48 ore;
- 2) 0,4 MPa (4 bari) timp de 24 ore;
- 3) 0,8 MPa (8 bari) timp de 24 ore;
- 4) 1,6 MPa (16 bari) timp de 24 ore.

N.6.9 În cazul în care gradul de impermeabilitate prescris corespunde unei presiuni intermediare, treptele se completează și se opresc la această presiune, care va fi menținut timp de 24 ore. Astfel, spre exemplu, pentru gradul de impermeabilitate P_{12}^X , treptele de presiune și duratele de menținere a acestora vor fi:

- a) 0,2 MPa (2 bari) timp de 48 ore;
- b) 0,4 MPa (4 bari) timp de 24 ore;
- c) 0,8 MPa (8 bari) timp de 24 ore;
- d) 1,2 MPa (12 bari) timp de 24 ore.

N.6.10 Încercarea se termină după scurgerea duratei de 24 ore pentru presiunea maximă prevăzută pentru încercare sau, dacă este cazul, la apariția apei pe fața de exfiltrație. După întreruperea funcționării instalației, epruvetele se scot din posturile de încercare în cel mai scurt timp, care nu trebuie să depășească o oră de la terminarea încercării.

N.6.11 Epruvetele la care adâncimea limită prescrisă de pătrundere a apei este mai mică decât înălțimea lor, verificarea adâncimii de pătrundere se face prin măsurarea acesteia, după despicarea conform metodei de determinare a rezistenței la tracțiune.

NOTĂ - Verificarea betonului întărit pentru asigurarea unui anumit grad de impermeabilitate este necesară doar în cazul prezenței acțiunii presiunii apei.

N.6.12 Interpretarea rezultatelor la determinarea gradului de impermeabilitate

N.6.12.1 Interpretarea rezultatelor se face separat pentru fiecare serie de trei epruvete, în cazul confecționării lor din beton proaspăt, și individual, în cazul carotelor extrase din lucrare, astfel:

a) în cazul în care adâncimea limită de pătrundere a apei este egală cu înălțimea epruvetei, gradul de impermeabilitate prevăzut se consideră realizat, dacă:

- 1) cel puțin două epruvete, din seria de trei, nu prezintă exfiltrații de apă pe fața de exfiltrație;
- 2) carota în cauză nu prezintă exfiltrații de apă pe fața de exfiltrație.

b) în cazul în care adâncimea limită de pătrundere a apei este mai mică decât înălțimea epruvetei, gradul de impermeabilitate prevăzut se consideră realizat, dacă:

- 1) media aritmetică a adâncimilor maxime de pătrundere a apei în cele trei epruvete ale seriei este mai mică sau cel mult egală cu adâncimea limită prevăzută, cu condiția ca cel puțin două din cele trei epruvete să aibă adâncimea maximă de pătrundere a apei mai mică sau cel mult egală cu adâncimea limită;
- 2) adâncimea maximă de pătrundere a apei, în carota în cauză, este mai mică sau cel mult egală cu adâncimea limită prevăzută.

N.6.12.2 În cazul seriei de trei epruvete confecționate din beton proaspăt, se poate elimina rezultatul obținut pe cel mult o epruvetă, dacă:

- a) betonul prezintă defecte, rezultatul fiind sensibil diferit de celelalte două, cu condiția ca adâncimea maximă de pătrundere a apei din cele două epruvete să fie mai mică sau cel mult egală cu adâncimea limită prevăzută;
- b) apar exfiltrații laterale, care determină încheierea încercării dacă presiunea nu mai poate fi menținută constantă pentru treapta respectivă, cu aceeași condiție ca mai înainte.

N.6.12.3 Situația privind eliminarea unei epruvete se consemnează în raportul de încercare.

N.7 Relația dintre absorbția, porozitatea și permeabilitatea betonului

N.7.1 Un beton cu porozitate și absorbție mari, având o pondere ridicată a porilor capilari, va avea și o permeabilitate mare, între porozitate și permeabilitate fiind o puternică relație de dependență. Cu cât rezistența la compresiune a unui beton este mai mare, iar raportul de A/L mai scăzut, cu atât permeabilitatea acestuia va fi mai redusă și respectiv durata de viață mai mare.

N.7.2 Determinarea permeabilității betonului oferă informații directe privind capacitatea acestuia de a rezista pătrunderii apei sub o anumită presiune, în final putându-se face anumite aprecieri asupra durabilității și performanțelor sale, prin comparație cu un beton „de referință”, pentru care există o suficientă experiență în practică.

N.7.3 Există o corelație directă între clasele de expunere și gradele/clasele de impermeabilitate „P/W”, cu cât agresivitatea mediului înconjurător este mai mare cu atât gradul/clasa de impermeabilitate „P/W” cerut betonului devine mai mare.

N.7.4 Efectul modului de punere în operă și tratării betonului, între rezultatele adâncimii de pătrundere a apei oferite de laborator și ceea ce poate fi obținut în mod real pe șantier („in situ”) pot exista diferențe (relativ) mari.

N.7.5 Pentru elemente/structuri aflate sub nivelul pânzei freatice sau pentru oricare elemente/structuri, pe a căror suprafață se exercită presiunea apei, este necesar să se atragă atenția în proiecte, asupra cerinței de impermeabilitate a betonului prin impunerea unui grad/clase „P/W”.

N.7.6 În mod suplimentar, pentru asigurarea unui anumit grad de impermeabilitate, pot fi prevăzute soluții de etanșare împotriva pătrunderii apei utilizând diferite membrane sau produse chimice aplicate pe suprafața betonului și/sau în interiorul acestuia.

N.7.7 Prin respectarea cerințelor de clasă minimă de rezistență a betonului, raport maxim A/L și dozaj minim de liant, într-o oarecare măsură se asigură indirect un anumit grad de impermeabilitate.

Anexa P
(informativă)

Exemple de rețete de beton

P.1 Alegerea clasei de rezistență a liantului

P.1.1 Alegerea clasei de rezistență a cimentului, în vederea atingerii unei anumite clase de rezistență a betonului, se face pe bază de încercări preliminare, avându-se întotdeauna în vedere respectarea raportului de A/L maxim. Această operațiune intră, în sarcina producătorului de beton, iar proiectantul, poate recomanda o clasă de rezistență pentru ciment, în funcție de agresivitatea mediului, în care se va exploata construcția.

P.1.2 Clasa de rezistență a cimenturilor uzuale (32,5, 42,5 sau 52,5) se alege în funcție de clasa de beton dorită. O recomandare privind alegerea clasei de rezistență a cimentului în funcție de clasa dorită a betonului este prezentată în continuare în Tabelul P.1.

Tabelul P.1 - Alegerea clasei de rezistență a cimentului în funcție de clasa dorită a betonului

Clasa betonului dorită	Clasa de rezistență a cimentului recomandată	Tip ciment*
C8/10 C25/30	32,5	Toate cimenturile de clasă de rezistență 32,5R
C25/30 C40/50	42,5	Toate cimenturile de clasă de rezistență 42,5R
peste C40/50	52,5	CEM I 52,5R
*A se vedea Tabelul F.2 - Domenii de utilizare pentru cimenturi, conform standardelor SM SR EN 197-1 din SM 324.		

P.2 Stabilirea rețetelor de beton

P.2.1 Rețetele de beton depind de rezistența cerută. Pentru lucrări uzuale, se folosesc rețete standard care combină liant (L_{ef}), nisip, pietriș (agregate) și apă (A_{ef}), adaptate pentru preparare la betonieră sau manual.

Tabelul P.2 - Rețete pentru beton C16/20, C25/30 și C30/37, având clasa de consistență după tasare S2, fără aditivi și adaosuri

Clasa de rezistență la compresiune	C16/20	C25/30	C30/37
Clasa de consistență	S2		
Ciment CEM I 32,5	370 kg	-	-
Ciment CEM I 42,5	-	369 kg	-
Ciment CEM I 52,5	-	-	350 kg
Apă	185 l	204 l	210 l
Nisip sort 0-1 mm	272 kg	365 kg	711 kg
Nisip sort 1-3 mm	181 kg	274 kg	
Nisip sort 3-7 mm	363 kg	365 kg	528 kg
Pietriș sort 7-16 mm	363 kg	821 kg	582 kg
Pietriș sort 16-31 mm	635 kg	-	-
Raport apă/liant	0,50	0,65	0,60
Densitatea aparentă a betonului	2370 kg/m ³	2400 kg/m ³	2380 kg/m ³
NOTA 1 - Cantitățile sunt exprimate în unități de măsură corespunzătoare și sunt necesare pentru obținerea a 1 m ³ de beton.			
NOTA 2 – Rețetele prezentate sunt cu titlul informativ și necesită ajustare, în funcție de scopul utilizării.			

Tabelul P.3 - Adaptarea rețetei unui beton de clasă constantă pentru diferite clase de consistență

Clasa de consistență	F5	F6	> F6 beton autocompactant
Ciment, kg	300	350	350
Filer, kg	100	150	200
Apă, l	180	180	180
Aditiv puternic reducător de apă / Superplastifiant (lichid), l	1,5 ... 6,0	3,5 ... 10,5	3,5 ... 10,5
Nisip sort 0-2 mm	700	650	625
Pietriș sort 2-8 mm	525	500	475
Pietriș sort 8-16 mm	525	500	475
Raport (apă + aditiv lichid) / liant	≈ 0,62	≈ 0,53	≈ 0,53
NOTA 1 - Cantitățile sunt exprimate în unități de măsură corespunzătoare și sunt necesare pentru obținerea a 1 m³ de beton. NOTA 2 - În calculul raportului apă-ciment, cantitatea totală de apă se calculează ca apă de amestec + aditivi în formă lichidă.			

Anexa Q (informativă)

Clasele de expunere și de umiditate ale betonului

NOTĂ – Prezenta anexă prezintă cu titlu informativ relația dintre umiditatea betonului și clasele de expunere.

Q.1 Structurile de rezistență pot fi expuse la diferite condiții de mediu, fizice, chimice și mecanice, care se răsfrâng sub formă de acțiuni ce pot afecta suprafața betonului, structura betonului sau/și armăturile (figurile Q.1, Q.2, Q.3 și Q.4). Aceste condiții sunt clasificate în cinci clase de expunere (a se vedea tabelele Q.1, Q.2, Q.3, Q.4 și Q.5), a câte maxim patru trepte.

Q.2 Umiditatea structurilor de beton reprezintă un pericol major pentru durabilitatea construcțiilor, afectând armătura din oțel și reducând rezistența structurală.

Q.3 Proiectarea betonului expus la umiditate, pentru a preveni reacția alcalii-agregat, implică eliminarea a cel puțin uneia dintre cele trei condiții obligatorii pentru declanșarea fenomenului: agregatele reactive, concentrația ridicată de alcalii sau prezența umidității permanente.

Q.4 Proiectarea betonului expus la umiditate, ca urmare a reacției alcaliilor (bazelor) cu agregatele reactive din beton este indicată în standardul DIN 1045-2:2023-08 [17], care este versiunea germană a standardului EN 206:2013+A2:2021, care prevede o clasă de umiditate (W) a câte patru subclase, acțiunea acestora nefiind considerată ca ipoteză de încărcare în proiectarea structurală.

NOTĂ - Deși apa este esențială pentru hidratarea inițială a cimentului, prezența unei umidități reziduale ridicate sau infiltrarea ulterioară a apei generează procese chimice și mecanice distructive care compromit stabilitatea și siguranța clădirii, cum ar fi: coroziunea armăturilor din oțel, carbonatarea betonului, ciclurile de îngheț-dezghet, eflorescența și levigarea.

Q.4.1 Clasele de umiditate (W) sunt:

- a) WO (în mare parte uscat): beton care rămâne uscat pe parcursul utilizării. Include elemente structurale interioare din clădiri (fără umiditate ridicată);
- b) WF (umed): beton expus frecvent sau pe perioade lungi la umiditate în timpul exploatării. Include elemente exterioare expuse la intemperii, structuri masive sau medii cu condens industrial;
- c) WA (atac extern de alcalii): beton expus la condițiile clasei WF, dar care suferă suplimentar un aport extern frecvent sau de lungă durată de alcalii. Include structuri expuse la atac chimic, care survine din soluri naturale și ape subterane, rezervoare de gunoi de grajd sau zone afectate de săruri de degivrare fără solicitări dinamice mari (de exemplu, parcuri supraetajate).
- d) WS, aceasta clasă fiind specifică exclusiv îmbrăcăminților rutiere de înaltă performanță cu solicitări dinamice mari (standard TL Beton-StB [18]) și nu este inclusă în standardul DIN 1045-2:2023-08 [17] pentru clădiri.

Q.4.2 Proiectarea betonului expus la umiditate se bazează pe o corelare directă între clasele de expunere la mediu (umiditate, carbonatare, îngheț) și calitatea construcției din beton. Pentru ca betonul să reziste acțiunii umidității și să protejeze armătura împotriva coroziunii, se impun limite stricte privind raportul apă/liant (A/L) și clasa minimă de rezistență la compresiune, deoarece umiditatea acționează ca un catalizator pentru coroziunea armăturii (prin carbonatare) și pentru degradarea prin îngheț-dezghet.

Q.5 Caracteristicile betonului asociate durabilității, de care trebuie ținut seama în etapa de proiectare, sunt:

- a) rezistența la carbonatare (la pătrunderea CO₂), risc descris de clasele de expunere XC;
- b) rezistența la difuzia (pătrunderea) ionilor de clor, risc descris de clasele de expunere XD;
- c) rezistența la atacul din îngheț-dezghet, risc descris de clasele de expunere XF;
- d) rezistența la atacul chimic (prin reacția acizilor, sărurilor de amoniu, sărurilor de magneziu și a apei fără duritate cu piatra de ciment; prin reacția sulfatilor cu aluminații din beton), risc descris de clasele de expunere XA;
- e) rezistența la abraziune prin uzură, risc descris de clasele de expunere XM;
- f) rezistența la atacul chimic al bazelor (prin reacția alcaliilor cu agregatele reactive din beton), risc descris de clasele de umiditate W (Tabelul Q.6).

Q.6 Elementele din beton armat încadrate într-o clasă de expunere XC trebuie proiectate să reziste la carbonatare (pătrunderea prin difuzie a CO₂, clasa de expunere XC), pe durata de serviciu (de exemplu 50 de ani pentru clasa structurală 4 din SM EN 1990), frontul de carbonatare (adâncimea de pătrundere a CO₂) trebuie să nu atingă suprafața armăturilor înglobate, deoarece acestea sunt protejate împotriva coroziunii datorită pH-ului ridicat bazic dat de cimentul hidratat.

Q.7 Betonul proiectat trebuie să fie rezistent la difuzia ionilor de clor (clasele de expunere XD), pe durata de serviciu frontul de pătrundere a ionilor de clor să nu atingă suprafața armăturilor înglobate. În Tabelul Q.2 sunt sintetizate clasele de expunere cu efecte posibile asupra coroziunii armăturii și unele specificații minime privind betonul ce trebuie utilizat, considerându-se cele mai exigente valori prevăzute în normele în vigoare și în sursele bibliografice.

Q.8 Dacă suprafața elementului din beton se protejează prin acoperiri cu pelicule minerale sau bituminoase rezistente și (dacă e cazul) impermeabile, în acord cu natura agresivității mediului, pentru clasele de expunere XC și XD nu mai este necesară respectarea cerințelor minime privind compoziția betonului.

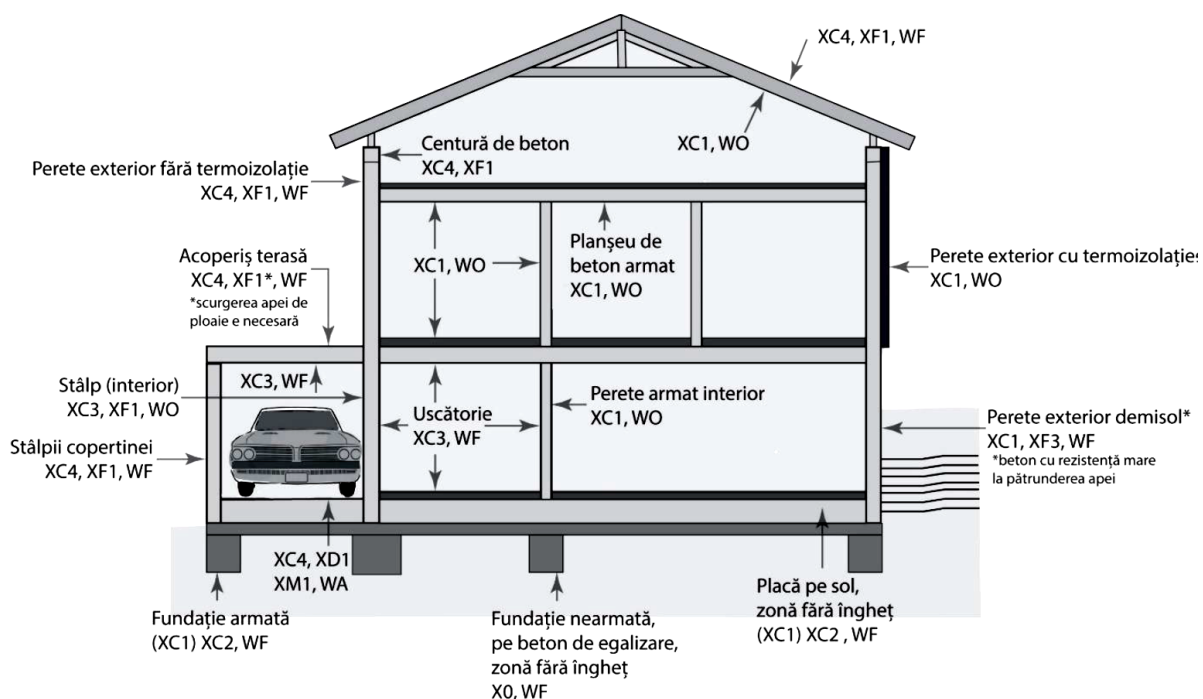


Figura Q.1 - Clase de expunere și de umiditate pentru clădiri civile

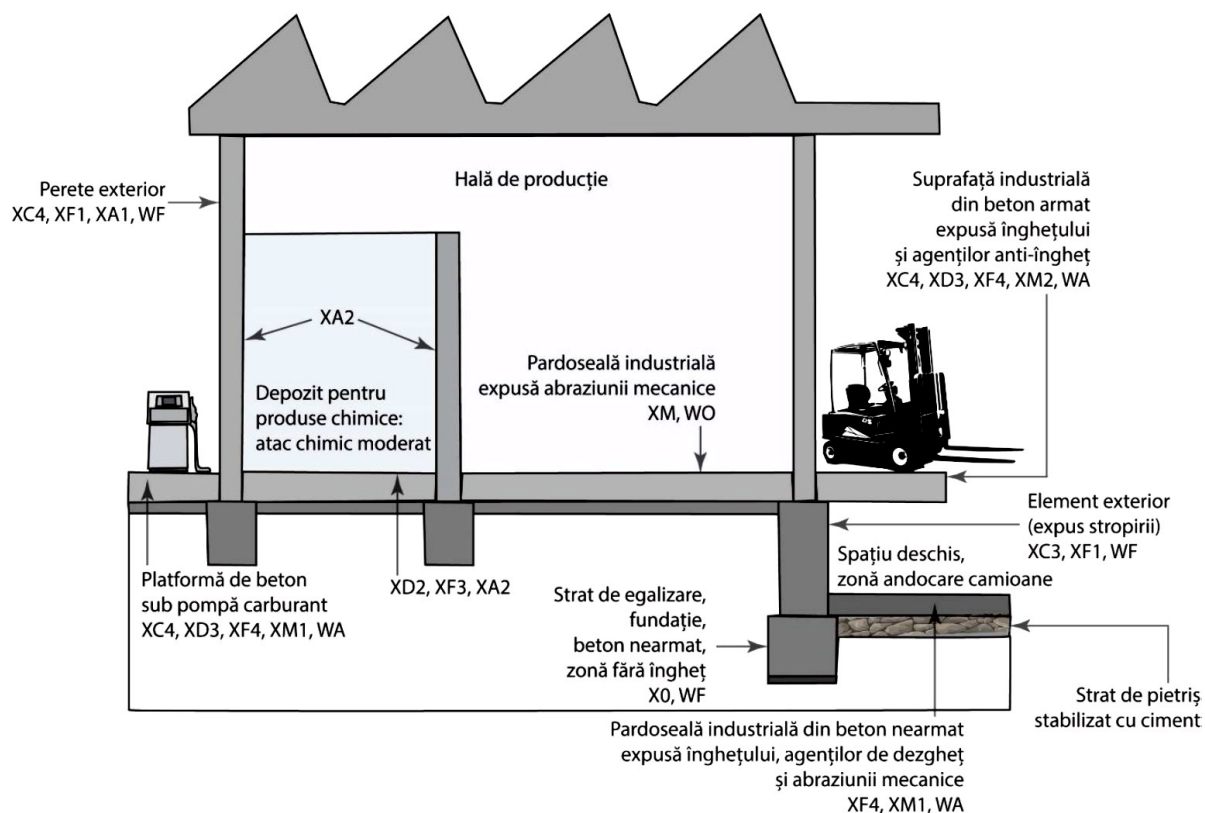


Figura Q.2 - Clase de expunere și de umiditate pentru clădiri industriale

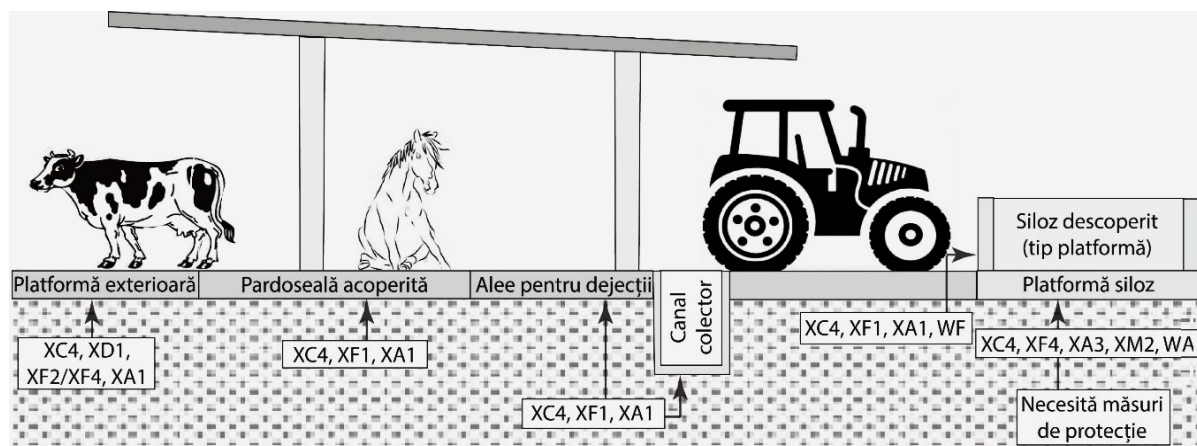


Figura Q.3 - Clase de expunere și de umiditate pentru construcții agricole/agrozootehnice

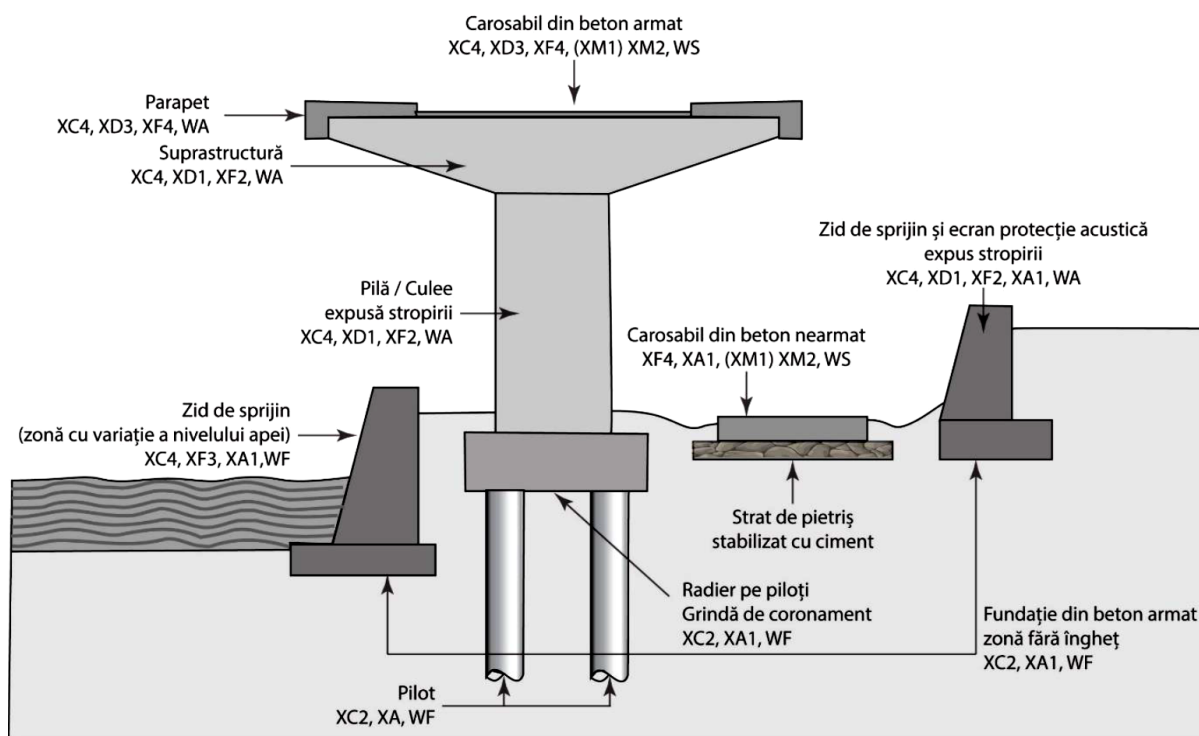


Figura Q.4 - Clase de expunere și de umiditate pentru construcții de artă și căi de comunicație (căi ferate, drumuri și poduri)

Tabelul Q.1 - Elementul/structura de beton armat trebuie inclusă în una din clasele de expunere „XC” carbonatare

Denumirea clasei „X”	Descrierea mediului înconjurător	Exemple informative ilustrând alegerea claselor de expunere “XC”	Valori limită recomandate pentru compoziția și proprietățile betonului*	
XO	Pentru beton ciclopian fără armătură sau metal înglobat: în orice mediu în afară de cazurile în care avem îngheț-dezgheț, abraziune sau atac chimic. (min. C12/15) Beton nearmat, beton armat sau cu piese metalice înglobate: foarte uscat. (min. C12/15)	Beton la interiorul clădirilor având umiditatea aerului ambiant forta scăzută	Clasa minimă a betonului	C8/10
			Raport maxim A/L	0,75
			Dozaj minim de liant eficace	180 kg/m ³
			sau	
			Clasa minimă a betonului	C12/15
			Raport maxim A/L	0,65
XC1	Uscat sau permanent umed	Beton în interiorul clădirilor unde gradul de umiditate a mediului ambiant este redus (inclusiv bucătăriile, băile și spălătoriile clădirilor de locuit). Beton imersat permanent în apă	Dozaj minim de liant eficace	275 kg/m ³
			Clasa minimă a betonului	C20/25
			Raport maxim A/L	0,65
XC2	Umed, rareori uscat	Suprafețe de beton în contact cu apa pe termen lung (de exemplu elemente ale rezervoarelor de apă).	Dozaj minim de liant eficace	260 kg/m ³
			Clasa minimă a betonului	C25/30
			Raport maxim A/L	0,60

		Un mare număr de fundații.	Dozaj minim de liant eficace	280 kg/m ³
XC3	Umiditate moderată	Beton în interiorul clădirilor unde umiditatea mediului ambiant este medie sau ridicată (bucătării, băi, spălătorii profesionale, altele decât cele ale clădirilor de locuit). Beton la exterior, însă la adăpost de intemperii (elemente la care aerul din exterior are acces constant sau des, de exemplu: hale deschise)	Clasa minimă a betonului	C30/37
			Raport maxim A/L	0,55
			Dozaj minim de liant eficace	280 kg/m ³
XC4	Alternanță umiditate - uscare	Suprafețe supuse contactului cu apa, dar care nu intră în clasa de expunere XC2. Elemente exterioare expuse intemperiilor	Clasa minimă a betonului	C30/37
			Raport maxim A/L	0,50
			Dozaj minim de liant eficace	300 kg/m ³

*Se consideră raport maxim apa si liant eficace A_{ef}/L_{ef} (a se vedea definiția dată în SM EN 206-1 la pct. 3.3.5).

Tabelul Q.2 - Elementul/structura de beton armat trebuie inclusă în una din clasele de expunere „XD” săruri

„XD” saruri

Denumirea clasei „X”	Descrierea mediului înconjurător	Exemple informative ilustrând alegerea claselor de expunere “XD”	Valori limită recomandate pentru compoziția și proprietățile betonului *	
XD1	Umiditate moderată	Suprafețe de beton expuse la cloruri transportate de curenți de aer (de exemplu suprafețele expuse agenților de dezghețare de pe suprafața carosabilă, pulverizați și transportați de curenții de aer, la garaje etc.).	Clasa minimă a betonului	C30/37
			Raport maxim A/L	0,55
			Dozaj minim de liant eficace	300 kg/m³
XD2	Umed, rar uscat	Piscine, rezervoare. Beton expus apelor industriale conținând cloruri.	Clasa minimă a betonului	C30/37
			Raport maxim A/L	0,50
			Dozaj minim de liant eficace	300 kg/m³
XD3	Alternanță umiditate - uscare	Elemente ale podurilor, ziduri de sprijin, expuse stropirii apei conținând cloruri. Șosele, dalele parcajelor de staționare a vehiculelor.	Clasa minimă a betonului	C35/45
			Raport maxim A/L	0,45
			Dozaj minim de liant eficace	320 kg/m³

*Se consideră raport maxim apa și liant eficace A_{ef}/L_{ef} (a se vedea definiția dată în SM EN 206-1 la pct. 3.3.5).

NOTA 1 - Pentru clasele de expunere XD2 și XD3 la elementele masive (grosimea elementelor mai mare de 80 cm sau de cel puțin 0,5 m și un volum de peste 100m³) se va folosi ciment cu căldură redusă de hidratare (LH).

NOTA 2 - Reducerea riscului de coroziune a armăturilor înglobate este asociată cu clase de beton ridicate, rapoarte mici A/L și un beton cu porozitate scăzută. Suplimentar, pentru creșterea durabilității, poate fi prevăzut un strat de acoperire mai gros decât minimul indicat de SM EN 1992-1-1.

Q.9 Betonul rezistent la atacul din îngheț-dezgheț trebuie să aibă în compoziție doar agregate rezistente la acest atac, conform SM SR EN 12620+A1, SM EN 1367-1 și SM EN 1367-2. În cazul riscului de atac sulfatic, în clasele XA2 și XA3 se utilizează ciment rezistent la sulfați.

Dacă betonul este expus unui alt atac chimic decât sulfatic, atunci nu este necesară utilizarea unui astfel de ciment.

**Tabelul Q.3 - Elementul/structura de beton trebuie inclusă în una din clasele de expunere „XF”
îngheț-dezgheț**

Denumirea clasei „X”	Descrierea mediului înconjurător	Exemple informative ilustrând alegerea claselor de expunere „XF”	Valori limită recomandate pentru compoziția și proprietățile betonului*	
XF1	Saturație moderată cu apă fără agenți de dezghețare	Suprafețe verticale ale betonului expuse la ploaie și la îngheț	Clasa minimă a betonului	C30/37
			Raport maxim A/L	0,50
			Dozaj minim de liant eficace	300 kg/m ³
XF2	Saturație moderată cu apă, cu agenți de dezghețare	Suprafețe verticale ale betonului din lucrări rutiere expuse la îngheț și curenților de aer ce vehiculează agenți de dezghețare	Clasa minimă a betonului	C30/37a**
			Raport maxim A/L	0,55
			Dozaj minim de liant eficace	300 kg/m ³
			sau	
			Clasa minimă a betonului	C35/45
			Raport maxim A/L	0,50
XF3	Saturație puternică cu apă, fără agenți de dezghețare	Suprafețe orizontale ale betonului expuse la ploaie și la îngheț	Clasa minimă a betonului	C30/37a**
			Raport maxim A/L	0,50
			Dozaj minim de liant eficace	320 kg/m ³
			sau	
			Clasa minimă a betonului	C35/45
			Raport maxim A/L	0,50
XF4	Saturație puternică cu apă, cu agenți de dezghețare	Șosele și tabiere de pod expuse la agenți de dezghețare. Suprafețele verticale ale betonului expuse la îngheț și supuse direct stropirii cu agenți de dezghețare.	Clasa minimă a betonului	C30/37a**
			Raport maxim A/L	0,45
			Dozaj minim de liant eficace. Obligatorie utilizarea unui aditiv antrenor de aer.	320 kg/m ³
			Dozaj minim de liant eficace. Obligatorie utilizarea unui aditiv antrenor de aer.	340 kg/m ³

*Se consideră raport maxim apă și liant eficace A_{ef}/L_{ef} (a se vedea definiția dată în SM EN 206-1 la pct. 3.3.5).

**Notarea claselor de beton cu litera „a” în cazul utilizării unui aditiv antrenor de aer.

**Tabelul Q.4 - Elementul/structura de beton trebuie inclusă în una din clasele de expunere „XA”
atac chimic**

Denumirea clasei „X”	Descrierea mediului înconjurător	Valori limită recomandate pentru compoziția și proprietățile betonului*	
XA1	Mediu înconjurător cu agresivitate chimică slabă, conform tabelului prezentat în continuare	Clasa minimă a betonului	C30/37
		Raport maxim A/L	0,55
		Dozaj minim de liant eficace	300 kg/m ³
XA2	Mediu înconjurător cu agresivitate chimică moderată, conform tabelului prezentat în continuare	Clasa minimă a betonului	C35/45
		Raport maxim A/L	0,50
		Dozaj minim de liant eficace	320 kg/m ³
XA3	Mediu înconjurător cu agresivitate chimică intensă, conform tabelului prezentat în continuare	Clasa minimă a betonului	C35/45
		Raport maxim A/L	0,45
		Dozaj minim de liant eficace	360 kg/m ³

*Se consideră raport maxim apă și liant eficace A_{ef}/L_{ef} (a se vedea definiția dată în SM EN 206-1 la pct. 3.3.5).

NOTĂ - Când prezența de SO_4^{2-} conduce la o clasă de expunere XA2 și XA3 este esențial să fie utilizat un ciment rezistent la sulfați. Dacă cimentul este clasificat după rezistența la sulfați, trebuie utilizate cimente cu o rezistență moderată sau ridicată la sulfați pentru clasa de expunere XA2 (și clasa de expunere XA1 este aplicabilă) și trebuie utilizat un ciment având o rezistență ridicată la sulfați pentru clasa de expunere XA3.

Q.10 Elementele din beton solicitate la uzură prin abraziune (mecanică sau hidro) vor avea un beton proiectat să reziste atacului dat de abraziune pe întreaga durată de serviciu, iar cantitatea de material exfoliat trebuie limitată la un nivel sigur, rezonabil din punct de vedere tehnic.

Tabelul Q.5 - Elementul/structura de beton trebuie inclusă în una din clasele de expunere „XM” uzură

Denumirea clasei „X”	Descrierea mediului înconjurător	Exemple informative ilustrând alegerea claselor de expunere „XM”	Valori limită recomandate pentru compoziția și proprietățile betonului*	
XM1	Solicitare moderată de uzură	Elemente din incinte industriale supuse la circulația vehiculelor echipate cu anvelope.	Clasa minimă a betonului	C30/37
			Raport maxim A/L	0,55
			Dozaj minim de liant eficace	300 kg/m³
XM2	Solicitare intensă de uzură	Elemente din incinte industriale supuse la circulația stivuitoarelor echipate cu anvelope sau bandaje de cauciuc.	Clasa minimă a betonului	C30/37
			Raport maxim A/L	0,55
			Dozaj minim de liant eficace	300 kg/m³
			sau	
			Clasa minimă a betonului	C35/45
			Raport maxim A/L	0,45
XM3	Solicitare foarte intensă de uzură	Elemente din incinte industriale supuse la circulația stivuitoarelor echipate cu bandaje de elastomeri / metalice sau mașini cu șenile.	Dozaj minim de liant eficace	320 kg/m³
			Clasa minimă a betonului	C35/45
			Raport maxim A/L	0,45

*Se consideră raport maxim apa și liant eficace A_{ef}/L_{ef} (a se vedea definiția dată în SM EN 206-1 la pct. 3.3.5).

NOTĂ - Asigurarea durabilității în clasa de expunere XM2 (C30/37) prezintă o variantă compozițională, bazată pe tratarea specială a suprafeței betonului, prin metode ce conferă suprafeței proprietăți superioare de impermeabilizare/durificare, de exemplu tratare prin vacuumare.

Q.11 În Tabelul Q.6 sunt prezentate clase de umiditate a betonului (W) ca urmare a reacției alcaliilor cu agregatele reactive din beton, atacul chimic desfășurându-se în trei etape principale:

- reacția inițială: ionii de sodiu (Na^+), potasiu (K^+) și hidroxil (OH) din soluția poroasă a betonului atacă mineralele instabile de siliciu din agregate;
- formarea gelului: se creează un gel hidro-alcalino-silicatic (gel de siliciu alcalin) în jurul și în interiorul granulelor de agregat;
- absorbția și umflarea: în prezența apei (asigurată de clasele WF, WA, WS), gelul absoarbe umiditatea și își mărește considerabil volumul.

Tabelul Q.6 - Clase de umiditate a betonului (W) ca urmare a reacției alcaliilor cu agregatele reactive din beton, atac cu posibile efecte asupra betonului

	Denumirea clasei	Descrierea mediului înconjurător	Exemple informative ilustrând alegerea claselor de expunere
Uzura betonului	WO	Beton care, după uscare, rămâne în mare parte uscat pe durata perioadei de serviciu. (uscat)	Elemente la interiorul clădirilor. Elemente în contact cu aerul exterior dar care nu sunt expuse precipitațiilor, la rouă, umezelii din sol și/sau care nu sunt expuse la o umiditate relativă a aerului > 80 %.
	WF	Beton care este frecvent sau pentru o perioadă lungă de timp umed. (umed)	Elemente exterioare neprotejate. Elemente la interiorul clădirilor având umiditatea aerului ambiant predominant > 80 % (de exemplu: bazine interioare, spălătorii, alte camere comerciale umede). Elemente pentru care punctul de rouă este la interior (de exemplu: coșuri de fum, stații de schimb de căldură, camere de filtrare și adăposturi de animale). Elemente masive cu dimensiunea minimă mai mare de 0,80 m sau de cel puțin 0,5 m și un volum de peste 100 m ³ (indiferent de pătrunderea umezelii)
	WA	Beton care este frecvent sau pentru o perioadă lungă de timp umed și este expus frecvent sau pentru o perioadă lungă de timp la alcalii din exterior. (umed + alimentare alcalină din exterior)	Elemente expuse acțiunii sării fără solicitări dinamice suplimentare (de exemplu: suprafețe stropite cu apă, suprafețe din parcuri la sol și parcuri multietajate). Structuri ale clădirilor industriale și agricole expuse sărurilor alcaline (de exemplu: rezervoare pentru depozitarea deșeurilor lichide de la grajduri).
	WS	Beton în clasa de expunere WA și suplimentar e solicitat dinamic intens. (umed + aport direct de alcalii din exterior + solicitări dinamice puternice)	Elemente expuse la efectul degivrant al sării cu solicitări dinamice suplimentare (de exemplu: drumuri din beton).

Q.12 Pentru câteva dintre agresiunile întâlnite frecvent asupra elementelor din beton și transmise prin mediul înconjurător, efectele și parametrii acestora sunt notate în Tabelul Q.7.

Tabelul Q.7 - Exemple de degradări suferite de beton și armătură ca urmare a acțiunii agresiunilor transmise prin mediul înconjurător

Agresiunea răstrântă prin mediul înconjurător	Clase de expunere	Efectul agresiunii	Parametrii efectului
Carbonatare	XC	Depasivarea armăturilor	Adâncimea de carbonatare la nivelul stratului de acoperire cu beton
		Apariția fisurilor în betonul stratului de acoperire	Creșterea maximă a razei armăturii (corodate) la care nu apare fisurare
			Creșterea razei armăturii datorită coroziunii
Atac dat de cloruri	XD	Depasivarea armăturilor. Exfolierea betonului de la suprafață	Conținut (critic) de cloruri pentru apariția depasivării, grosimea stratului de acoperire
Atac din îngheț-dezgheț fără sare	XF1, XF3	Inițierea degradărilor specifice	Grad critic de saturație, grad de saturație
Atac din îngheț-dezgheț cu sare	XF2, XF4		Temperatura betonului, temperatura betonului pentru apariția exfolierilor

Q.13 Pentru piloți forati și pereți mulați (fundații de adâncime), clasa minimă de rezistență la compresiune a betonului va fi cuprinsă între C20/25 și C45/55, în funcție de clasa de expunere. Prin excepție, în cazul pereților din piloți secanți, betonul din piloți primari (sunt nearmați) se admite beton de clasă mai mică de C20/25 dar cel puțin C12/15 (a se vedea Anexa D din prezentul Cod și prEN 206-3 [1]).

Se va lua în considerare agresivitatea chimică a terenului/apelor subterane prin stabilirea rețetei de beton sau a unui tubaj (cămașă-cofrag) nerecuperabil (permanent).

Q.14 Dacă elementul de beton este expus unui atac chimic ce provine din atmosferă cu agenți agresivi în stare gazoasă (de exemplu, Bioxid de sulf, Hidrogen sulfurat, Acid fluorhidric, Clor, Acid clorhidric, Oxizi de azot, Amoniac ș.a.) sau solidă (de exemplu, Clorură de sodiu, potasiu sau amoniu; Sulfat de sodiu, potasiu, amoniu sau calciu; Azotat de sodiu, potasiu, bariu, plumb sau magneziu; Oxid și Hidroxid de fier sau aluminiu; Praf de siliciu etc.), încadrarea în subclasa de expunere (XA 1b – agresivitate foarte slabă, XA 2b – agresivitate slabă, XA 3b – agresivitate medie, XA 4b – agresivitate puternică) se face utilizând prevederile din NCM E.04.04 (Anexa A), ținând seama de combinațiile claselor de expunere (Tabelul Q.8).

Tabelul Q.8 - Exemple de combinații de clase de expunere

Descrierea mediului ambiant elementului de construcție studiat	Combinația de clase de expunere	
	Beton nearmat	Beton armat și/sau precomprimat
Elementul de beton se află la interior		
Interiorul clădirilor de locuit, de birouri sau comerciale	X0	XC1
Plăcile planșeelor de parcaje subterane	-	XC4, XD3, XM1
Elementul de beton se află la exterior		
Fundații sub nivelul de îngheț (zone ferite de îngheț)	X0	XC2
Garaje deschise și acoperite, pasaje etc. (zone expuse înghețului dar ferite de ploaie)	XF1	XC3 + XF1
Elemente expuse ploii și înghețului	XF1	XC4 + XF1
Elemente ale infrastructurii rutiere orizontale (zone expuse la îngheț-dezghet cu agenți de dezghețare)	XM2 + XF4	XM2 + XD3 + XF4 + XC4
Elemente verticale expuse stropirii (zone cu îngheț-dezghet și agenți de dezghețare)	XF4	XF4 + XD4 + XC4

Q.15 În Tabelul Q.9 se prezintă anumite condiții pe care trebuie să le îndeplinească compoziția betonului funcție de mediul specific de expunere, conform [19].

Tabelul Q.9 - Exemple de combinații de clase de expunere cu anumite condiții

Domenii	Condiții de expunere Elemente (medii)	Clase de expunere	Clase de beton	Raport A/L*
1. Construcții civile și alte tipuri de construcții	1.1 Interior (funcție de umiditate)	XC1, XC3	C20/25 C30/37	0,65 0,60
	1.2 Exterior	XC1, XC2, XC3, XC4	C20/25 C25/30 C30/37 C30/37	0,65 0,60 0,55 0,50
		XC4, XF1	C30/37	0,50
2. Construcții hidrotehnice	-	XC4, XF3	C30/37a cu aer antrenat	0,50
3. Poduri și/sau drumuri	3.1 Elemente verticale ale podurilor și/sau drumurilor	XC4, XD2, XF2 (în afara zonei de stropire) XC4, XD3, XF4 (în zona de stropire)	C30/37a cu aer antrenat C35/45a cu aer antrenat	0,50 0,45
	3.2 Elemente orizontale	(XC4), XM2, XD3, XF4	C35/45a cu aer antrenat	0,45
4. Atac chimic	Toate tipurile de construcții	XA	C30/37 C35/45 C35/45	0,55 0,50 0,45
4.1 slab				
4.2 moderat				
4.3 intens				
5. Abraziune fără îngheț	Platforme industriale acoperite	XM	C30/37 C35/45 C35/45	0,55 0,45 0,45
5.1 moderată				
5.2 intensă				
5.3 foarte intensă				

*Se consideră raport maxim apă și liant eficace A_{ef}/L_{ef} (a se vedea definiția dată în SM EN 206-1 la pct. 3.3.5).

Q.16 Intră în responsabilitatea proiectantului ca pe baza informațiilor, pe care le are la dispoziție, să stabilească cât mai corect clasele de expunere în funcție de condițiile mediului înconjurător în care se află elementul de construcție.

Q.17 Dacă elementul de rezistență este expus la substanțe chimice cu agresivitate mare și ori de câte ori este necesar, la proiectarea compoziției betonului se va cere unei instituții de specialitate efectuarea de studii pentru stabilirea acestei compoziții. În general, rezistența betonului la atac chimic ține de impermeabilitatea sa. În caz de incertitudini la stabilirea compoziției, se poate opta pentru protejarea suprafeței expuse a betonului cu o peliculă impermeabilă, conform NCM E.04.04.

Anexa R (normativă)

Controlul materialelor componente

R.1 Materialele componente, echipamentele, procedurile de producție a betonului sunt controlate în ceea ce privește conformitatea cu specificațiile și cerințele din prezentul Cod.

Tabelul R.1 – Controlul materialelor componente

Nr.	Materialul component	Inspecția/Încercarea	Scop	Frecvența minimă
1	Cimentul ^{a)}	Inspecția bonului de livrare ^{d)} înainte de descărcare	Asigurarea dacă livrarea este conformă cu comanda și sursa este corectă	La fiecare livrare
2	Agregate	Inspecția bonului de livrare ^{b),d)} înainte de descărcare	Asigurarea dacă expediția este conformă cu comanda și sursa este corectă	La fiecare livrare
3		Inspecția granulozității înainte de descărcare	Comparare a granulometriei, a formei și impurităților cu aspectul normal	La fiecare livrare, când livrarea este pe bandă transportoare, cu periodicitate în funcție de condițiile locale sau de livrare
4		Încercare prin cernere conform SM EN 933-1	Evaluare a conformității cu granulometria standardizată sau cu altă granulometrie convenită	La prima livrare provenind dintr-o nouă sursă, când informațiile furnizorului nu sunt disponibile. În caz de dubiu după examenul vizual Periodic în funcție de condițiile locale sau de livrare ^{e)}
5		Încercare pentru controlul impurităților	Evaluare a prezenței și a cantității de impurități	La prima livrare provenind dintr-o nouă sursă, când informațiile de la furnizor nu sunt disponibile. În caz de dubiu după examenul vizual Cu periodicitate în funcție de condițiile locale sau de livrare ^{e)}
6		Încercare de absorbție a apei SM EN 1097-6	Evaluare a conținutului de apă eficace din beton (a se vedea 6.4.4.2)	La prima livrare provenind dintr-o nouă sursă, când informațiile de la furnizor nu sunt disponibile. În caz de dubiu după examenul vizual
7	Controlul suplimentar al agregatelor ușoare sau grele	Încercare conform SM SR EN 1097-3	Măsurare a pierderii densității în vrac	La prima livrare provenind dintr-o nouă sursă, când informațiile de la furnizor nu sunt disponibile. În caz de dubiu după examenul vizual. Cu periodicitate în funcție de condițiile locale sau de livrare ^{e)}
8	Aditivi ^{c)}	Inspecția bonului de livrare și a etichetei aplicate pe ambalaj ^{d)} înainte de descărcare	Asigurare dacă expediția este conformă cu comanda și marcarea este originală	La fiecare livrare
9		Încercări de identificare conform SM EN 934-2+A1, de exemplu densitatea, infraroșu, etc.	Pentru comparație cu informațiile furnizate de producător	În caz de dubiu

Nr.	Materialul component	Inspecția/Încercarea	Scop	Frecvența minimă
10	Adaosuri ^{c)} pulverulente în grămadă	Inspecția bonului de livrare ^{d)} înainte de descărcare	Asigurarea dacă expediția este conformă cu comanda și sursa este corectă	La fiecare livrare
11		Încercare de pierdere la calcinare a cenușii volante	Pentru identificarea schimbărilor conținutului de cărbune care poate afecta proprietățile betonului cu aer antrenat	La fiecare livrare pentru betonul cu aer antrenat, când această informație nu este disponibilă de la furnizor
12	Adaosuri în suspensie ^{c)}	Inspecția bonului de livrare ^{d)} înainte de descărcare	Asigurarea dacă expediția este conformă cu comanda și sursa este corectă	La fiecare livrare
13		Încercare pentru determinarea densității	Asigurarea conformității	La fiecare livrare și periodic în timpul producției de beton
14	Apa	Încercare conform SM EN 1008	Asigurare că apa nu conține constituenți nocivi	La prima utilizare a unei ape nepotabile de la o sursă nouă În caz de dubiu

a) Pentru efectuarea de încercări în caz de dubiu, etc. este recomandabil de a preleva o probă pe săptămână sau la fiecare 100 tone aprovizionate/ tip de ciment și a o păstra în conformitate cu standardele în vigoare. Proba prelevată va fi de minimum 5 kg.

b) Bonul de livrare sau fișa tehnică a produsului conține informații asupra conținutului maxim de cloruri și este indicată analiza datelor privind reacția alcalii-silice conform dispozițiilor valabile la locul de utilizare.

c) Se recomandă prelevarea de aditiv (cantitatea prelevată depinde de tipul de aditiv, în mod curent se va preleva 1 litru pentru aditivii lichizi) la fiecare livrare și conservarea acestora conform standardelor în vigoare.

d) Bonul de livrare conține sau este însoțit de o declarație / certificat de conformitate, conform cerințelor din standardul sau specificația corespunzătoare. Dacă aceste documente sunt publice se va face referire la aceasta în bonul de livrare cu direcționarea utilizatorului către locul de unde pot fi obținute, inclusiv sub formă electronică.

e) Aceasta nu este necesară când controlul producției de agregate este certificat.

R.2 În Tabelul R.2 se formulează prevederi suplimentare față de Tabelul R.1 – Controlul materialelor componente referitoare la betoanele de înaltă rezistență.

Tabelul R.2 - Controlul materialelor componente pentru betoanele de înaltă rezistență

Nr.	Materialul component	Inspecție/Încercare	Scop	Frecvența minimă
1	Ciment	Inspecția bonului de livrare înainte de descărcare, (a se vedea și Tabelul R.1)	Asigurarea dacă livrarea este conformă cu comanda și sursa este corectă	La fiecare livrare
		Probe martor, de minimum 5 kg, prelevate și păstrate de producătorul de ciment. Probe martor de ciment vor fi păstrate și de către producătorul de beton. În caz de litigiu se vor efectua încercările: Apa de consistență normală SM EN 196-3; Finețe de măcinare SM EN 196-6; Conținutul de sulfat SM EN 196-2; Determinare rezistenței la compresiune conform SM EN 196-1.	Păstrare până la termenele de încercare Respectarea cerințelor stabilite	

Nr.	Materialul component	Inspecție/Încercare	Scop	Frecvența minimă
4	Agregate	Încercări prin cernere conform SM EN 933-1 sau conform informațiilor furnizorului privind agregatele	Verificarea conformității cu granulozitatea convenită	La fiecare livrare, dacă agregatele nu fac obiectul unor toleranțe restrânse și nu beneficiază de o certificare a controlului producției
8	Aditivi	Densitate	Respectarea cerințelor	La fiecare livrare
		Probe martor, de minimum 1 litru	Păstrare până la termenele de încercare	
9a	Aditivi ^{a)}	Determinarea substanței uscate	Pentru compararea cu valoarea declarată prin fișa tehnică	Prima livrare, în afară de cazul când rezultatele încercărilor sunt date de către furnizor. În caz de dubiu
9b		Măsurarea densității	Compararea cu densitatea nominală	La fiecare livrare
11	Adaosuri în vrac	Măsurarea pierderii la calcinare conform SM EN 196-2	Pentru identificarea schimbărilor conținutului în carbon cu efect asupra proprietăților betonului proaspăt	La fiecare livrare, în afară de cazurile când rezultatele încercărilor sunt date de furnizor
^{a)} Este recomandată prelevarea și păstrarea eșantioanelor de la fiecare livrare. NOTA 1 - Numerele atribuite liniilor din Tabelul R.1 corespund liniilor din Tabelul R.2 în care ele reamplasează sau modifică prescripțiile echivalente. NOTA 2 - Informații complementare asupra controlului producției pentru betoanele de înaltă rezistență pot fi obținute din literatura pertinentă, de exemplu: Buletinul de informare CEB 197 [20].				

Anexa S (informativă)

Conținutul cadru al comenzii pentru beton

S.1 Pentru atingerea nivelelor de performanță reglementate tehnic pentru betonul în stare proaspătă și întărită, o eficientă comunicare între producătorul, transportatorul și utilizatorul betonului este necesară. Această comunicare include un schimb de documente, așa cum sunt comanda de beton, bonul de livrare, declarația de conformitate precum și altele ce pot fi convenite între părți.

S.2 Conform prezentului Cod, în cadrul acestei anexe informative, informațiile nu sunt furnizate sub o formă specială pentru că aceasta depinde de relațiile dintre producător și utilizator; de exemplu, în cazul betonului de șantier sau pentru produse prefabricate, producătorul de beton poate fi și utilizator.

S.3 Intră în obligația fiecărui producător de beton să își conceapă propriile documente tip comanda pentru beton.

S.4 Comanda pentru beton va fi întotdeauna în formă scrisă (inclusiv în formă electronică), fie că acesta se produce la stații de betoane, fie de echipe proprii care produc betonul pe șantier pentru lucrarea respectivă. Comanda pentru beton este în conformitate cu prevederile aplicabile din prezentul Cod, precum și cu cerințele din Tabelul S.1.

Tabelul S.1 - Cerințe și criterii de performanță privind punerea în operă a betonului

Nr. crt.	Cerințe	Criterii de performanță
A Comanda pentru beton		
NOTĂ - Comanda pentru beton se prezintă în formă scrisă, fie că se produce la stații de betoane, fie de echipe proprii, care produc betonul pe șantier pentru lucrarea respectivă. Comanda este în conformitate cu prevederile aplicabile din prezentul Cod.		
1	Conformitatea comenzii cu proiectul, privind cerințele tehnice pentru calitatea betonului	Prevederea explicită în comandă a cerințelor tehnice privind calitatea betonului specificate în proiect.
2	Compatibilitatea betonului comandat cu domeniul de utilizare preconizat	a) cuprinderea, în proiect sau specificațiile tehnice, a datelor și condițiilor privind caracteristicile betoanelor în funcție de domeniul și condițiile de utilizare a lucrării respective, printre care, clasa de expunere; b) prevederea explicită în comandă a datelor și condițiilor privind, după caz: 1) clasa de beton; 2) clasele de expunere; 3) clasa de impermeabilitate (după caz); 4) rezistența la îngheț-dezghet; 5) rezistența la uzură; 6) alte condiții speciale menționate în proiect privind porozitatea/absorbția betonului, evoluția rezistenței betonului, condiții de turnare deosebite; 7) condiții privind suprafața betonului.
3	Asigurarea compatibilității betonului comandat cu condițiile de punere în operă a acestuia	a) cunoașterea zonelor în care se toarnă betonul (aglomerare de armături, înălțimea de turnare, turnare prin ferestre etc.), precum și a modului în care se va efectua turnarea (cu benă și descărcare directă, prin pompare etc.); b) prevederea explicită în comandă a datelor și condițiilor privind, după caz: 1) consistența betonului; 2) dimensiunea maximă a agregatelor; 3) utilizarea aditivilor (acceleratori sau întârziatori de priză, (super) plastifianți etc.), a se vedea Tabelul S.2; 4) condiții legate de temperatura ambiantă (timp friguros sau călduros); 5) condiții specifice betoanelor speciale (cu agregate ușoare, autocompactante, turnate în cofraje glisante, turnate sub apă etc.

Nr. crt.	Cerințe	Criterii de performanță
B. Transportul betonului		
NOTĂ - Se referă atât la transportul betonului de la furnizor (stație de betoane), cât și la transportul din interiorul șantierului la locul de turnare.		
1	Asigurarea păstrării compoziției și caracteristicilor betonului proaspăt în timpul transportului.	a) împiedicarea pierderii laptelui de ciment, prin etanșare corespunzătoare; b) evitarea intrării în beton a apei, a unor substanțe sau materiale străine.
2	Asigurarea corelării între transportul betonului și turnarea acestuia	a) prevederea în contractul cu furnizorul de beton, dacă este cazul, a duratei de transport, precum și a modalităților de planificare a livrărilor; b) asigurarea condițiilor de staționare, pentru descărcare sau așteptare, a mijloacelor de transport al betonului de la furnizori, atât în incinta șantierului cât și, mai ales, pe căi de circulație sau alte spații publice.
3	Asigurarea condițiilor prealabile pentru transportul în șantier al betonului, dacă este cazul.	a) existența programului de livrare a betonului; b) asigurarea condițiilor specifice acestei categorii de lucrări, după caz: 1) dotări tehnice; 2) facilități; 3) personal calificat.
C. Turnarea și compactarea betonului		
1	Asigurarea conformității spațiului în care se toarnă betonul	a) existența documentelor de recepție a trasării de detaliu a lucrărilor de cofraje, precum și a montării armăturii și pieselor înglobate; b) verificarea stării cofrajului, mai ales sub aspectul stabilității, curățeniei, etanșeității și pregătirii suprafețelor care vor veni în contact cu betonul; c) verificarea stării armăturilor și a pieselor înglobate, mai ales în privința: poziției, fixării față de cofraj și între rânduri, stării de curățenie.
2	Îndeplinirea formalităților care permit efectuarea turnării betonului	a) existența procedurii de turnare a betonului, acceptată de investitor; b) existența programului de livrare a betonului; c) existența documentelor privind calitatea și recepția betonului; d) asigurarea supravegherii operațiunilor de turnare și de compactare a betonului cu accent pe interzicerea adăugării apei în beton; e) stabilirea rosturilor de turnare și a măsurilor care vor fi luate în cazul întreruperii fortuite a turnării betonului.
3	Respectarea condițiilor specifice privind turnarea și compactarea betonului	a) verificarea betonului proaspăt înainte de turnare; b) înălțimea de cădere a betonului; c) grosimea și poziția straturilor succesive de beton; d) modul de compactare a betonului; e) realizarea rosturilor de turnare; f) realizarea rosturilor în cazul întreruperii fortuite a turnării betonului; g) aplicarea condițiilor specifice betoanelor speciale (cu agregate ușoare, autocompactante, torcretate, turnate în cofraje glisante, turnate sub apă, ciclopiane etc.); h) realizarea epruvetelor (cilindri/cuburi, prisme etc.) pentru verificarea caracteristicilor betonului întărit.
4	Asigurarea condițiilor prealabile pentru turnarea și compactarea betonului	a) comanda pentru beton, asigurarea transportului betonului și îndeplinirea cerințelor, imediat înaintea începerii turnării betonului; b) asigurarea condițiilor specifice acestei categorii de lucrări: 1) dotări tehnice; 2) facilități; 3) spații de circulație și de acces pentru turnarea și compactarea betonului, după caz; 4) personal calificat.

Nr. crt.	Cerințe	Criterii de performanță
D. Tratarea și protecția betonului după turnare		
1	Cunoașterea metodelor și condițiilor adecvate de tratare și protecție a betonului după turnare	a) modalitățile de tratare și protecție; b) corelarea unor condiții privind caracteristici ale betonului și, după caz, ale suprafeței acestuia, în funcție de domeniul și condițiile de utilizare preconizate și modalitățile de tratare și protecție; c) cunoașterea comportării betonului respectiv, în perioada de întărire și cea următoare acesteia, precum și a influenței unor condiții de mediu asupra acestei comportări; d) cunoașterea mijloacelor și a produselor care se pot utiliza pentru tratarea și protecția betonului respectiv.
2	Respectarea condițiilor specifice privind tratarea și protecția betonului după turnare	a) prevederea, în proiect sau specificațiile tehnice, a metodelor și condițiilor de tratare și protecție a betonului, diferențiată, după caz, pe elemente ale construcției; b) stabilirea exactă a duratei minime de tratare și protecție; c) aplicarea metodelor și condițiilor de tratare și protecție (inclusiv de prelucrare a suprafeței betonului) pe baza prevederilor din proiecte, specificațiile tehnice și/sau documentele tehnice ale furnizorilor de produse specifice, după caz; d) verificarea aplicării metodelor și condițiilor de tratare și protecție a betonului.
3	Asigurarea condițiilor prealabile pentru tratarea și protecția betonului după turnare	a) accesul liber la suprafețele/zonile pe care se aplică tratarea și protecția betonului; b) asigurarea condițiilor specifice acestei categorii de lucrări: 1) dotări tehnice; 2) facilități; 3) personal calificat; 4) produse/materiale corespunzătoare.

S.5 Comanda pentru beton se întocmește de către utilizatorul betonului și reprezintă documentul prin care acesta se pune de acord cu producătorul betonului asupra unor aspecte tehnice.

Tabelul S.2 - Condiții de utilizare a aditivilor

Nr. crt.	Tip beton, tehnologie și condiții de turnare	Aditiv recomandat	Observații
1	Betoane de rezistență având clasa cuprinsă între C8/10 și C25/30 inclusiv	Reducător de apă/Plastifiant	După caz : Intens reducător de apă/superplastifiant
2	Betoane supuse la îngheț – dezgheț repetat	Antrenor de aer și un reducător de apă/plastifiant	
3	Betoane cu permeabilitate redusă	Reducător de apă/plastifiant Impermeabilizator ¹⁾	După caz : - intens reducător de apă/superplastifiant
4	Betoane expuse în condiții de agresivitate intensă și foarte intensă	Reducător de apă/plastifiant	După caz : - intens reducător de apă/superplastifiant
5	Betoane executate monolit având clasa $\geq$ C30/37	Intens reducător de apă/superplastifiant	
6	Betoane fluide	Intens reducător de apă/superplastifiant/plastifiant	-
7	Betoane masive Betoane turnate prin tehnologii speciale	(Reducător de apă/Plastifiant) Intens reducător de apă/superplastifiant + întârziator de priză	-
8	Betoane autocompactante	Intens reducător de apă/superplastifiant	După caz: intens reducător de apă/superplastifiant+ aditivi de modificare a vâscozității - (antrenori de aer) - (acceleratori de întărire);

Nr. crt.	Tip beton, tehnologie și condiții de turnare	Aditiv recomandat	Observații
			- (întârzietori de priză)
9	Betoane turnate pe timp călduros	Întârzietor de priză + plastifiant/superplastifiant	Cu aplicarea obligatorie a condițiilor de protecție conform NE012/2
10	Betoane turnate pe timp friguros	Accelerator de întărire + plastifiant/superplastifiant	Cu aplicarea obligatorie a condițiilor de protecție a elementelor conform NE012/2
11	Betoane cu rezistențe mari la termene scurte	Acceleratori de întărire / superplastifianți	
NOTĂ 1 - Utilizarea acestor aditivi se documentează, cu precizarea: a) condițiilor de expunere la umiditate a elementului/structurii b) condițiilor suplimentare privind compoziția și producția betonului, impactul asupra proprietăților betonului proaspăt și întărit. NOTĂ 2 - În cazul utilizării unui aditiv având două sau trei funcțiuni (de exemplu, superplastifiant și accelerator), certificarea și documentația aferentă produsului includ verificarea tuturor proprietăților declarate.			

NOTĂ - Se vor verifica posibilele efecte secundare ale aditivilor în cadrul încercărilor inițiale.

S.6 Comanda pentru beton conține următoarele informații care reprezintă un minim necesar, conform art. 7.1 din prezentul Cod:

- a) data, ora și ritmul livrării;
- b) caracteristicile esențiale ale betonului (referința la prezentul Cod), clasa de rezistență, clasele de expunere la acțiunea mediului înconjurător, conținutul maxim de cloruri, dimensiunea maximă nominală a agregatului, clasa de consistență la locul de punere în operă;
- c) elementele prevăzute la Tabelul S.1 din prezenta anexă;
- d) oricare alte elemente suplimentare, prevăzute în proiectul de execuție sau reglementările tehnice în vigoare, așa cum sunt cele legate de tehnologia de punere în operă, raportul rezistențelor la compresiune la 2 și 28 de zile sau, de exemplu, conținutul de aer antrenat;
- e) interzicerea explicită a posibilității adăugării de apă în beton - pe timpul transportului sau pe șantier - cu menționarea persoanei responsabile de aducere la îndeplinire și anume conducătorul auto al mijlocului de transport.

S.7 Dacă este necesar, prin comandă utilizatorul betonului va informa producătorul asupra:

- a) distanțelor de transport;
- b) gabaritului, accesului, transporturilor speciale pe șantier;
- c) metodelor speciale (utilizate) de punere în operă (inclusiv prin pompare);
- d) volumului autobetonierelor pentru a se putea respecta programul de punere în opera a betonului;
- e) limitărilor asupra tipului de vehicule de livrare; exemplu de tip: echipament cu sau fără agitare, dimensiuni, înălțime sau greutate totală.

S.8 Bonul de livrare

NOTĂ - Informațiile de la producătorul de beton pentru utilizator, precum și conținutul Bonului de livrare pentru betonul gata de utilizare sunt prezentate în cap. 8 al prezentului Cod.

S.8.1 Bonul de livrare al betonului este cel mai important document tehnic și juridic în momentul recepției betonului pe șantier, deoarece atestă calitatea oficială a amestecului, respectarea rețetei din proiect și momentul exact al fabricării.

S.8.2 Dirigintele de șantier sau responsabilul tehnic este obligat să verifice bonul înainte de a permite descărcarea betonului din autobetonieră pentru a fi pus în operă, deoarece acesta cuprinde:

- a) ora preparării și plecării din stația de betoane a autobetonierei, deoarece betonul are un timp limită de punere în operă (de regulă, maxim 90-120 de minute de la preparare (priza betonului), în funcție de aditivii utilizați și temperatură);
- b) dacă timpul este depășit, betonul își pierde proprietățile și este refuzat;
- c) confirmarea că se livrează clasa betonului indicată în proiect (de exemplu, C16/20, C20/25) corespunzător elementului de structură (fundatie, stâlpi, planșeu etc.).

- d) consistența betonului și aditivii utilizați (de exemplu, aditivilor anti-îngheț (iarna) sau impermeabilizanți), fiind detalii esențiale pentru tehnologia de turnare și compactare;
- e) dimensiunea maximă a agregatelor (de exemplu, 16 mm) și clasa de tasare (S3, S4);
- f) volumul în metri cubi (m^3) comandat;
- g) este documentul legal în caz de litigiu (probă în instanță), dacă betonul se fisurează sau nu rezistă la încărcări;
- h) se atașează obligatoriu la procesul-verbal de betonare din Cartea tehnică pentru recepția finală a construcției.

NOTĂ - Dacă lipsește bonul de livrare sau nu este verificat și semnat de persoana responsabilă, pot apărea riscuri privind pierderea garanției, deoarece stația de beton nu răspunde de eventuale defecte fără bonul semnat, structura poate fi declarată ilegală sau nesigură de către inspectorul organului de control, fraudă la volumul livrat în autobetonieră (risc de a plăti mai mulți metri cubi decât este livrat în realitate).

Anexa T (informativă)

Criterii de conformitate la determinarea claselor de beton

T.1 Pentru evaluarea proprietăților betoanelor proaspete trebuie luate în considerație diferențele între tipul de amestecare și condițiile de amestecare, utilizate pentru încercările inițiale la producția inițială și cele utilizate pentru producția continuă (a se vedea Tabelul 26 din prezentul Cod).

T.2 Încercările inițiale pentru producția inițială, pe rețeta inițială de beton, se efectuează în laboratorul stației de beton sau în alt laborator atestat/acreditat contractat în acest sens, cu păstrarea probelor (cuburilor/cilindrilor) în condiții standardizate.

T.3 La utilizarea unei compoziții noi de beton, trebuie efectuate încercări inițiale de tip (rezistența țintă - Etapele I și II din Figura T.1), care să permită verificarea conformității betonului cu proprietățile specificate și a performanței prevăzute, cu o marjă de siguranță suficientă (a se vedea 9.5 și Anexa A din prezentul Cod).

NOTA 1 - Încercările inițiale de tip se efectuează într-un laborator atestat/acreditat, conform prevederilor capitolului 8 din prezentul Cod, pentru a putea fi apoi predate și utilizate, de exemplu într-o stație de betoane. În funcție de gradul de automatizare al stației trebuie luate măsuri de siguranță mai mari sau mai mici. De exemplu, dacă stația nu este automatizată, marja de siguranță trebuie să fie în limitele $f_{ck} + 8 \dots 12 \text{ N/mm}^2$. Relația $f_{ck} + 4$ se aplică în cazul verificării la o stație complet automatizată, pe o producție continuă de beton.

O stație complet automatizată presupune dotarea cu programe informaționale (de exemplu, sistemul SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition – sistem de control și achiziție de date), care permite monitorizarea și reglarea automată a mai multor parametri, cum ar fi: temperatura, umiditatea agregatelor, dozarea componentelor, cantitatea de ciment, cantitatea de agregate, cantitatea de aditiv etc.

Funcțiile sistemului trebuie să prevadă:

- vizualizare sinoptică a utilajelor (buncăre, dozare, șnecuri, malaxor etc);
- controlul funcționării utilajelor;
- controlul stocurilor de ciment, agregate, apă, aditivi etc.;
- dozarea controlată a agregatelor, cimentului, apei, aditivilor etc.;
- controlul și gestiunea rețetelor;
- afișarea digitală a valorilor prescrise pe componentele din rețeta în curs de fabricație și a valorilor realizate;
- memorarea unui anumit număr de rețete, care pot fi selectate de operator;
- statistici despre consumuri de materiale componente și producție;
- înregistrarea datelor pentru fiecare șarjă: număr șarjă, data și ora, cantitate realizată și tipărirea datelor de identificare a șarjei;
- statistici despre alarme (când apar disfuncțiuni în funcționarea stației), ore de funcționare, activități operator, consum energetic etc.;
- generarea Bonului de livrare-transport a betonului, necesar transportatorului.

NOTA 2 - O marjă de siguranță suficientă presupune, de asemenea acoperirea neconformităților, care pot apărea la transportarea amestecului de beton de la fabrica producătoare până la șantier, întârzierea începerii și terminării descărcării betonului, influența condițiilor meteorologice (temperaturi foarte înalte sau scăzute, vânt puternic sau ploi torențiale etc.) la punerea în operă a betonului (Etapa VI din Figura T.1).

T.4 Pentru a obține rezistența țintă, marja de siguranță trebuie să fie în jur de dublul abaterii standard așteptate (s_n) (a se vedea Tabelul 25 din prezentul Cod), începând de la $6 \text{ N/mm}^2/\text{MPa}$ până la $12 \text{ N/mm}^2/\text{MPa}$ (a se vedea A.5.2 și A.5.3 din Anexa A al prezentului Cod), în funcție de gradul de automatizare a instalațiilor de producție a betonului, materialele componente ale betonului și de informațiile disponibile referitoare la variațiile parametrilor materiilor prime: dacă agregatele au fost spălate; dacă este verificat gradul de umiditate a agregatului și nisipului înainte de preparare; conținutul în exces de părți fine provenite din agregate, peste conținutul maxim admis (SM SR EN 12620+A1); forma, textura și dimensiunea maximă a granulelor; conținutul de impurități (argilă, praf, resturi vegetale, elemente cochiliere, părți levigabile, sulfati și săruri solubile etc.) de peste 2 % din greutatea agregatului etc.

NOTA 1 – Asigurarea marjei de siguranță, în funcție de variațiile parametrilor materiilor componente (agregate, ciment, adaosuri, aditivi etc.), variațiile ale procesului tehnologic, precizia echipamentului de dozare, tipul de amestecare, condițiile de laborator, calificarea și experiența personalului țin de competența și responsabilitatea stației producătoare de beton proaspăt.

NOTA 2 – În afară de marja de siguranță, asigurată de stația producătoare de beton, trebuie ținut seama și de livrarea-transportul betonului la șantier (Etapa IV din Figura T.1), în limita duratei de priză a betonului indicată în Bonul de livrare-transport, emis de stația de betoane (responsabilitatea revenind dirigintei de șantier/responsabilului tehnic cu lucrările de construcții ca Bonul de livrare-transport să fie anexat la Cartea tehnică a construcției).

T.5 Pentru determinarea clasei betonului, în funcție de rezistențele la compresiune obținute la 28 zile, trebuie aplicate criteriile de conformitate, indicate la 9 din prezentul Cod al prezentului Cod.

T.6 Pentru a exista siguranța atingerii clasei de beton dorite în practică („la stația de betoane”), rezistența la compresiune la 28 de zile a compoziției inițiale de beton, preparată într-un laborator atestat/acreditat, trebuie să prezinte o medie („ f_{cm} ”) a rezistențelor, superioară celei caracteristice („ f_{ck} ”), criteriul de acceptare fiind dat de relația:

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 6 \dots 12 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{T.1})$$

în care,

f_{cm} - rezistența medie (aritmetică) la compresiune a betonului, determinată prin încercări pe cuburi;

f_{ck} - rezistența caracteristică la compresiune (pe cuburi $f_{ck,cub}$ / pe cilindri $f_{ck,cil}$).

T.7 Pentru satisfacerea prevederilor de la T.6 stația de betoane stabilește următoarele valori de rezistență la compresiune (țintă) pentru fiecare clasă de beton (Tabelul T.1), ținându-se seama de prevederile de la T.9 și T.10.

**Tabelul T.1 – Intervalul în care trebuie să se afle rezistența medie „ f_{cm} ” la compresiune, pe cuburi la 28 de zile, în cazul efectuării încercărilor inițiale.
Marja minimă de siguranță este de 6 N/mm², pe cuburi**

Nr. crt.	Clase de rezistență la compresiune, conform SM EN 206-1	Rezistența medie (aritmetică) la compresiune a betonului pe cilindri ^{c)} $f_{cm,cil}$ + marja de siguranță, N/mm ²	Rezistența medie (aritmetică) la compresiune a betonului pe cuburi ^{c)} $f_{cm,cub}$ + marja de siguranță, N/mm ²	Utilizare posibilă ^{b)}	Ciment recomandat
1	C8/10 ^{a)}	8 (+5)	10 (+6)	Beton simplu (nearmat)	Ciment clasa de rezistență 32,5 C8/10 ... C25/30
2	C12/15	12 (+6)	15 (+7)		
3	C16/20	16 (+7)	20 (+8)		
4	C20/25	20 (+8)	25 (+9)	Beton armat	Ciment clasa de rezistență 42,5 C25/30 ... C40/50
5	C25/30	25 (+9)	30 (+10)		
6	C30/37	30 (+10)	37 (+11)		
7	C35/45	35 (+11)	45 (+12) ^{d)}		
8	C40/50	40 (+11)	50 (+12)	Beton armat și precomprimat	Ciment clasa de rezistență 52,5 ≥ C40/50
9	C45/55	45 (+11)	55 (+12)		
10	C50/60	50 (+11)	60 (+12)		
11	C55/67	55 (+11)	67 (+12)		
12	C60/75	60 (+11)	75 (+12)		
13	C70/85	70 (+11)	85 (+12)		
14	C80/95	80 (+11)	95 (+12)		
15	C90/105	90 (+11)	105 (+12)		
16	C100/115	100 (+11)	115 (+12)		

^{a)} Clasa minimă de beton conform standardului SM EN 206-1 este C8/10;

^{b)} Se vor respecta cerințele proiectului de execuție precum și prevederile normativelor tehnice în vigoare.

^{c)} Rezistența la compresiune a betonului f_{cm} , având compoziția corespunzătoare celei alese pentru cazul real trebuie să fie superioară valorilor f_{ck} din Tabelul 14 al prezentului Cod, cu o anumită marjă de siguranță suficientă (a se vedea A.5.2 din Anexa A al prezentului Cod).

^{d)} Betoanele cu clasa C35/45 ... C100/115 au criteriul de acceptare $f_{cm,cub} \geq f_{ck,cub} + 12 \text{ N/mm}^2$ având compoziția prescrisă printr-un standard, cu o marjă de siguranță (+12) N/mm² (a se vedea A.5.3 din Anexa A al prezentului Cod).

NOTĂ – În cazuri speciale și tehnic argumentate pot fi utilizate clase intermediare de betoane cum ar fi C18/22,5; C28/35; C32/40 și pentru beton de clase inferioare - C2,8/3,5; C4/5; C6/7,5 între cele indicate în tabelele 14 și 15 din prezentul Cod.

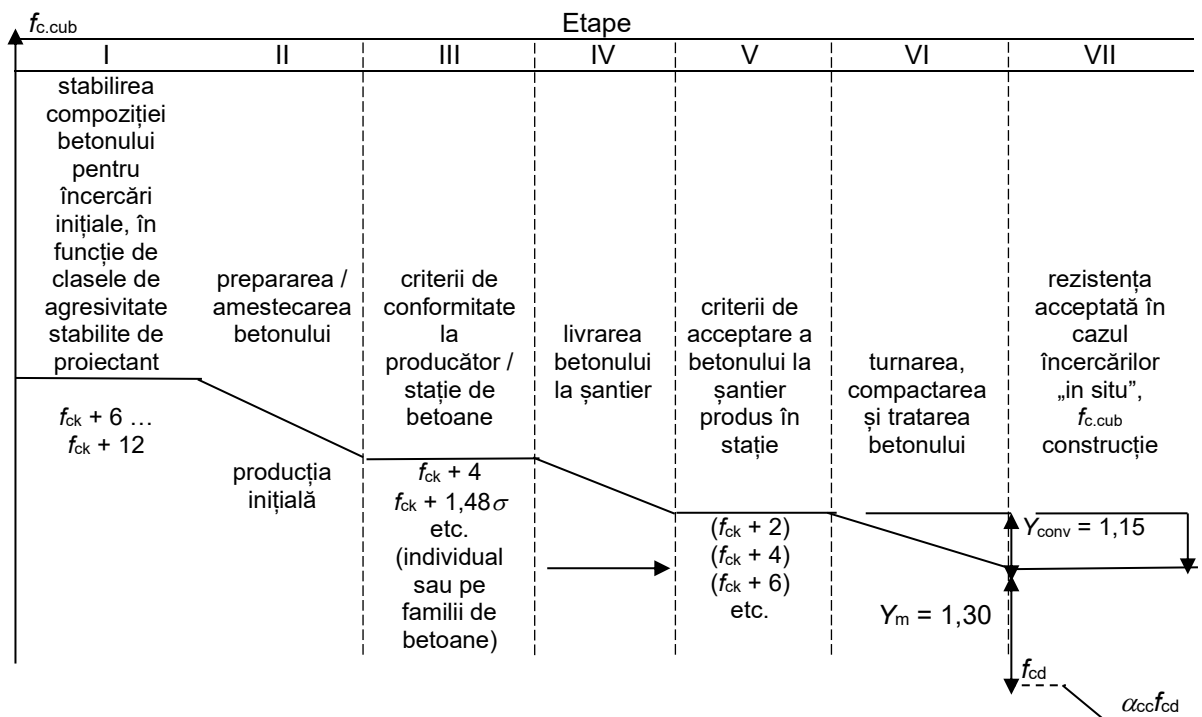
T.8 Plecând de la exigențele impuse structurilor de beton, pe considerente structurale („din încărcări”), proiectantul trebuie să stabilească un set de valori limită ale acestuia - în principal, clasa minimă a betonului. Deși aceasta reprezintă etapa de proiectare structurală, conform normativelor de proiectare, aceasta nu reprezintă clasa reală a betonului.

T.9 Pentru oricare element sau structură de beton, concomitent cu evaluările de rezistență (calcul structural), proiectantul trebuie să evalueze durabilitatea structurii, alegând în mod corect tipul de ciment precum și toți parametrii compoziționali ai betonului în conformitate cu tabelele F.1.1 și F.1.2, din Anexa F al prezentului Cod, plecând de la încadrarea elementului sau structurii de beton în (combinații de) clase de expunere „X”, în funcție de agresivitatea mediului înconjurător, conform Tabelului 1 al prezentului Cod.

T.10 În funcție de combinația de clase de expunere, clasa betonului se va stabili conform celei mai agresive clase, indicate în tabelele F.1.1 și F.1.2, din Anexa F al prezentului Cod.

De exemplu, conform calculului structural se obține clasa betonului C25/30, iar combinația de clase de expunere stabilită este XC3, XF2, XA1, atunci conform tabelor F.1.1 și F.1.2 clasa betonului devine C30/37, care va fi indicată în proiect.

T.11 În Figura T.1 se prezintă criteriile de conformitate pentru rezistența la compresiune a betonului în diferite etape, începând de la stabilirea compoziției betonului pentru încercări inițiale (etapa I), până la rezistența acceptată, în cazul încercărilor „in situ” (etapa VII), ținându-se seama de criteriile de acceptare a betonului proaspăt la șantier.



Legendă:

Etape	Denumire etape	Rezistența la compresiune	Note
I	Stabilirea compoziției betonului pentru încercări inițiale	$f_{cm} \geq (f_{ck} + 6 \dots f_{ck} + 12) \text{ N/mm}^2$	În laborator acreditat/atestat. Primele 3 probe (Primii 50 m ³ din producție, a se vedea Tabelul 26 din prezentul Cod).
II	Producția inițială	$f_{cm} \geq (f_{ck} + 6 \dots f_{ck} + 12) \text{ N/mm}^2$	Până ce au fost obținute minimum 35 rezultate.
III	Criterii de conformitate la producător /	$f_{cm} \geq f_{ck} + 4 \text{ N/mm}^2$	Stație complet automatizată, dotată cu programe informaționale, care are implementată certificarea controlului

	stație de betoane		producției în fabrică (a se vedea Anexa C din prezentul Cod).
		$f_{cm} \geq (f_{ck} + 1,48\sigma) \text{ N/mm}^2$	Mai mult de 35 rezultate consecutive
		$f_{cm} \geq (f_{ck} + 6 \dots f_{ck} + 12) \text{ N/mm}^2$	O stație semi-automatizată, neautomatizată.
		$f_{cm} \geq (f_{ck} + 1,48\sigma) \text{ N/mm}^2$	Mai mult de 35 rezultate consecutive.
IV	Livrarea betonului la șantier		Bon de livrare-transport beton, luarea de măsuri pentru menținerea proprietăților amestecului de beton.
V	Criterii de acceptare a betonului la șantier, produs în stație	$(f_{ck} + 2)$ $(f_{ck} + 4)$ $(f_{ck} + 6)$ etc.	Consistența betonului poate fi verificată (imediat, la recepția betonului proaspăt) pe șantier cu un trunchi de con Abrams, prin încercarea de tasare în conformitate cu SM EN 12350-2. Se va stabili de comun acord cu stația de betoane, care trebuie să fie consistența betonului la plecarea din stație, astfel încât aceasta, pe șantier, să fie corespunzătoare. Control vizual; prelevarea probelor la locul de punere în operă, conform SM EN 12350-1; prepararea probelor de beton (cuburi/cilindri).
VI	Turnarea, compactarea și tratarea betonului	-	Respectarea tehnologiei de execuție a lucrărilor de beton.
VII	Rezistența acceptată în cazul încercărilor „in situ”, $f_{c,cub}$ construcție	CP F.02.03, Tabelul 2	Rezistența caracteristică a betonului determinată „in-situ”, în conformitate cu SM EN 13791

Figura T.1. Criterii de conformitate pentru rezistența la compresiune a betonului în diferite etape

În conformitate cu standardul SM EN 1992-1-1 (Eurocod 2), rezistența la calcul (f_{cd}) a betonului se obține, aplicând formula:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} f_{ck}}{Y_c} \quad (V.2)$$

în care,

Y_c – coeficient parțial de siguranță, definit prin valoarea 1,5.

α_{cc} este un coeficient, care ține seama de efectul de lungă durată al încărcărilor asupra rezistenței la compresiune și efectelor defavorabile ale poziției încărcărilor; α_{cc} poate avea valori cuprinse între 0,8 și 1,0.

$$Y_c = Y_m \times Y_{conv} \quad (V.3)$$

în care,

Y_m are valoarea de 1,3 și reprezintă un factor, care ia în considerare devierea față de valoarea f_{ck} , datorită incertitudinilor de model, variațiilor proprietăților geometrice și de material, precum și a nivelului de siguranță stabilit (conform T.4);

Y_{conv} are valoarea de 1,15 și reprezintă un factor, care ia în considerare posibila scădere a rezistenței betonului la punerea sa în operă (conform Notei 2 la T.3).

Bibliografie

- [1] prEN 206-3 Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate. Partea 3: Cerințe suplimentare privind specificațiile și conformitatea betonului destinat lucrărilor geotehnice speciale.
- [2] Hotărârea de Guvern Nr. 913 din 25 iulie 2016 privind aprobarea Reglementării tehnice cu privire la cerințele minime pentru comercializarea produselor pentru construcții, cu modificările ulterioare (Publicat: 05.08.2016 în Monitorul Oficial Nr. 247-255, art. Nr: 997. Data intrării în vigoare: 05.08.2018).
- [3] CP H.04.04:2018 Betoane și mortare. Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate.
- [4] Dan Georgescu, Adelina Apostu, Gheorghe Croitoru „Aplicarea metodelor bazate pe performanță a durabilității și stabilirea domeniilor de utilizare a betoanelor preparate cu materiale componente din Republica Moldova” - Revista Română de Materiale, 2017, vol. 47 Nr. 2, pag. 210 -216. ISSN 2457-502X.
- [5] ASTM C 173 Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method.
- [6] Decizia Comisiei din 4 octombrie 1996 de stabilire a listei de produse care se încadrează în Clasa A „Fără contribuție la foc” prevăzută de Decizia 94/611/CE de punere în aplicare a articolului 20 din Directiva 89/106/CEE a Consiliului privind produsele pentru construcții. (96/603/CE). (JO L 267, 19.10.1996, p. 23).
- [7] Legea Nr. 235 din 01.12.2011 privind activitățile de acreditare și de evaluare a conformității (Publicat: 07.03.2012 în Monitorul Oficial Nr. 46-47 art. 136).
- [8] GOST 26633-91 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.
- [9] The European Guidelines for Self-Compacting Concrete. Specification. Production and Use. May 2005 (<http://www.efnarc.org/pdf/SCCGuidelinesMay2005.pdf>).
- [10] ISO 7870-4:2021 - Control charts. Part 4: Cumulative sum charts.
- [11] ГОСТ 10060.0-95 Бетоны. Методы определения морозостойкости. Общие требования.
- [12] ГОСТ 10060.1-95 Бетоны. Базовый метод определения морозостойкости.
- [13] ГОСТ 10060.2-95 Бетоны. Ускоренные методы определения морозостойкости при многократном замораживании и оттаивании.
- [14] prEN 196-15 Methods of testing cement - Part 15: Sulfate resistance - Flat prism method.
- [15] prEN 196-16 Methods of testing cement - Part 16: Sulfate resistance - Square prism method.
- [16] prENV 196-X Methods of testing cement - Part X: Determination of the resistance of cements to attack by sulfate solution or by sea water.
- [17] prEN 206-100 Exposure resistance classes.
- [18] DIN 1045-2:2023-08 - Concrete, reinforced and prestressed concrete structures - Part 2: Concrete.
- [19] TL Beton-StB - Technical delivery terms for materials and material mixtures for base courses with hydraulic binders and concrete pavements.
- [20] Dan Paul Georgescu. Îndrumător de proiectare a durabilității betonului în conformitate cu anexa națională de aplicare a SR EN 206-1. Clase de durabilitate. București 2001. ISBN 978-973-0-04914-5.
- [21] Buletinul de informare CEB 197 (Comité Euro-International du Béton) - High Strength Concrete - Joint FIP/CEB State-of-the-Art Report. 1990.
- [22] ГОСТ 33174–2014 Дороги автомобильные общего пользования. Цемент. Технические требования.

Traducerea autentică a prezentului document normativ în limba rusă

Начало перевода

ПРИМЕЧАНИЕ — В соответствии с частью (3) статьи 54 Закона № 100/2017 *о нормативных актах*, в случае разночтений между текстом на румынском языке и его переводом на другой язык положения, изложенные в тексте на румынском языке, обладают преимуществом.

Membrii Comitetului tehnic pentru normare tehnică în construcții CT-C H (01-02) „Materiale și elemente de construcții” care au acceptat proiectul documentului normativ:

Președinte	Croitoru Gheorghe
Secretar	Tulgara Oxana
Reprezentant al MIDR	Demișcan Aliona <i>Supleant: Tagadiuc Alina</i>
Membri	Proaspăt Eduard
	Priscu Tatiana
	Scamina Raisa
	Davîdic Oleg
	Belousova Anastasia
	Maftei Maria
	Ignatenco Evghenii

Utilizatorii documentului normativ sunt responsabili de aplicarea corectă a acestuia. Este important ca utilizatorii documentelor normative să se asigure că sunt în posesia ultimei ediții și a tuturor amendamentelor.

Informațiile referitoare la documentele normative (data aplicării, modificării, anulării etc.) sunt publicate în "Monitorul Oficial al Republicii Moldova", Catalogul documentelor normative în construcții, în publicații periodice ale organului central de specialitate al administrației publice în domeniul construcțiilor, pe Portalul Național "e-Documente normative în construcții" (www.ednc.gov.md), precum și în alte publicații periodice specializate (numai după publicare în Monitorul Oficial al Republicii Moldova, cu prezentarea referințelor la acesta).

Amendamente după publicare:

Indicativul amendamentului	Publicat	Punctele modificate

Ediție oficială

**COD PRACTIC ÎN CONSTRUCȚII
CP H.04.04:2026**

**"Betoane și mortare
Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate"**

**Tipărit I.P. OATUCL
Str. Independenței 6/1
www.oatucl.md**