

Normativ pentru execuția elementelor prefabricate din beton, beton armat și beton precomprimat

Indicativ NE 013-2026

Redactarea a – II - a

Beneficiar:
Ministerul Dezvoltării, Lucrărilor Publice și
Administrației

- Noiembrie 2025-

CUPRINS

Introducere	6
1. Domeniu de aplicare	8
2. Documente de referință	9
3. Termeni, definiții, simboluri și abrevieri	13
3.1 General	13
3.2 Dimensiuni	17
3.3 Toleranțe	17
3.4 Durabilitate	17
3.5 Proprietăți mecanice	18
3.6 Simboluri și abrevieri	20
4. Specificații privind producerea elementelor prefabricate	23
4.1 Materiale componente	23
4.1.1 Generalități	23
4.1.2 Cement	24
4.1.3 Agregate	24
4.1.4 Apă de amestecare	24
4.1.5 Aditivi	24
4.1.6 Adaosuri (inclusiv filere minerale și pigmenți)	25
4.1.7 Fibre	25
4.1.8 Armături pentru beton armat	25
4.1.9 Armături preîntinse (armături pentru precomprimarea betonului)	25
4.1.10 Inserții și conectori	26
4.2 Producerea betonului	26
4.2.1 Cerințe de bază pentru compoziția betonului	26
4.2.1.1 Alegerea cimentului	27
4.2.1.2 Alegerea agregatelor	27
4.2.1.3 Alegerea aditivilor	28
4.2.1.4 Valori limită pentru compoziția betonului	29
4.2.1.5 Metode de concepție bazate pe performanțe	30
4.2.1.6 Cerințe pentru betonul proaspăt	31
4.2.1.7 Cerințe de rezistență pentru betonul întărit	31
4.2.1.8 Proiectarea compoziției betonului	32
4.2.1.9 Cerințe suplimentare pentru betonul întărit	35
4.3 Armarea elementelor prefabricate din beton armat	36
4.4 Turnarea și compactarea betonului	36
4.5 Tratarea betonului	36
4.6 Armarea și precomprimarea elementelor prefabricate	36
4.6.1 Întinderea armăturilor și transferul eforturilor la beton	37
4.7 Pierderi de tensiune	37
4.7.1 Pierderi instantanee de tensiune	37
4.7.2 Pierderi de tensiune dependente de timp	38
5. Specificații privind elementele prefabricate	38
5.1 Proprietăți geometrice	38
5.1.1 Toleranțe	38
5.1.2 Dimensiuni minime și detalii	38
5.1.3 Caracteristicile suprafeței	39

5.2 Caracteristici mecanice	39
5.2.1 Determinarea rezistenței la compresiune a betonului din elementul prefabricat	39
5.2.1.1 Rezistența structurală directă	39
5.2.1.2 Rezistența structurală indirectă	39
5.2.2 Verificarea rezistenței mecanice a elementului prefabricat	40
5.2.2.1 Verificare prin calcul	40
5.2.2.2 Verificare prin calcul și încercări	41
5.2.2.3 Verificare prin testare	41
5.2.2.4 Factori de siguranță	41
5.3 Situații tranzitorii	41
5.4 Rezistența și reacția la foc	41
5.5 Proprietăți acustice	41
5.6 Proprietăți termice	41
5.7 Durabilitatea elementului prefabricat	41
5.7.1 Integritatea suprafeței produsului finit	42
5.7.2 Acoperirea minimă cu beton a armăturii pentru asigurarea protecției armăturii	42
5.7.3 Absorbția apei pe probe de beton extrase din elementul prefabricat	43
5.7.4 Rezistența la coroziune electrochimică a armăturilor de oțel beton	44
5.7.5 Rezistența betonului la coroziunea biogenă	44
5.8 Alte specificații	44
5.8.1 Siguranța la manipulare	44
5.8.2 Siguranța la utilizare	44
5.8.3 Greutatea proprie	44
6. Evaluarea și verificarea constanței performanței	44
6.1 Considerații generale	44
6.1.1 Demonstrarea conformității	44
6.1.2 Evaluarea constanței performanței	44
6.1.3 Familii de produse	44
6.2 Evaluarea performanței	44
6.3 Controlul producției în fabrică	45
7. Marcaj	45
8. Documentația tehnică	45
Anexa A (normativă) Cerințe pentru armături	46
A1. Armături pentru beton armat	46
A2. Armături preîntinse (armături pentru precomprimarea betonului)	47
Anexa B (normativă) Clase de expunere	48
Anexa C (normativă) Compoziția granulometrică a agregatelor utilizate la prepararea betonului	52
Anexa D (normativă) Valori pentru limitele compozițiilor betonului	55
Anexa E (normativă) Clase pentru betonul proaspăt	63
E1. Clase de consistență	63
E2. Clase pentru proprietăți suplimentare ale betonului autocompactant	64
Anexa F (normativă) Clase de rezistență pentru betonul întărit	66
F1. Clase de rezistență pentru betoane cu densitate normală și betoane grele	66

F2. Clase de rezistență și ductilitate pentru betonul armat dispers cu fibre din oțel	67
Anexa G (informativă) Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului prin aplicarea metodei maturității	68
G1. Considerații generale	68
G2. Descriere	68
G3. Cerințe privind aparatura	70
G4. Procedura pentru calibrarea rețetei	70
G5. Procedura pentru evaluare rezistenței elementelor prefabricate	72
G6. Interpretarea rezultatelor	72
ANEXA H (informativă) Aplicarea metodelor nedistructive (indirecte)	73
H1. Corelarea între rezultatele obținute distructiv și nedistructiv	73
H2. Estimarea rezistenței caracteristice in-situ pentru o anumită zonă de încercare	73
H3. Testele tip screening utilizând o relație generală sau specifică cu o procedură de aplicare a unei încercări indirecte	74

Redactarea II

Redactarea II

Introducere

(1) Prezentul Normativ reprezintă reglementarea tehnică pentru execuția produselor și elementelor prefabricate din beton, beton armat și beton precomprimat în România pentru clădiri și construcții ingineresti.

(2) Execuția produselor și elementelor prefabricate din beton se realizează în conformitate cu prevederile prezentului Normativ rezultat din revizuirea și completarea NE 013-2002 "Cod de practică pentru execuția elementelor prefabricate din beton, beton armat și beton precomprimat", având în principal ca bază standardul SR EN 13369-2023 "Reguli comune pentru produse prefabricate din beton".

(3) Prevederile prezentului Normativ au la bază următoarele premise conform reglementărilor legale:

a) existența unui standard pentru produsul prefabricat și a proiectului elementului prefabricat elaborat și verificat;

b) execuția produselor și elementelor prefabricate se realizează:

(i) cu personal având calificarea necesară și, după caz, autorizat sau atestat;

(ii) cu produse care sunt conforme cu prevederile din proiect, reglementările tehnice aplicabile și reglementările legislative;

(iii) în conformitate cu standardul de produs sau proiectul, cu cerințele și criteriile de performanță prevăzute în prezentul Normativ și, după caz, în alte reglementări tehnice aplicabile;

c) mașinile, utilajele și echipamentele utilizate sunt conforme cu prevederile legale aplicabile;

d) cunoașterea și punerea în aplicare, la execuția produselor și elementelor, a prevederilor legale privind igiena și protecția muncii, precum și a celor privind prevenirea și stingerea incendiilor.

(4) Prezentul Normativ se aplică având în vedere respectarea regulilor specifice din normativele și standardele în vigoare referitoare la: proiectarea elementelor și structurilor din beton, beton armat și beton precomprimat, materialele componente betonului și metodele de testare, producerea betonului și metodele de testare ale betonului proaspăt și întărit, execuția structurilor din beton și evaluarea rezistenței betonului din structuri (Figura 1).

(5) În cazul în care s-au efectuat completări/ adaptări ale unor părți ale standardului SR EN 13369-2023, din cuprinsul acestuia sau din Anexe, pentru facilitarea urmăririi și înțelegerii paragrafelor, s-a preluat integral textul, respectându-se numerotările din standard. Au fost considerate și s-au făcut trimiteri către toate anexele din standard, care nu au fost reproduse în Normativ, respectiv Anexele D, F (normative), A, B, C, E, G, H, I, J, K, L, M (informative) și au fost introduse suplimentar în prezentul Normativ Anexele A, B, C, D, E, F (normative) G, H (informative) care au alt conținut decât al celor din standard, având aceeași notație.

(6) În particular, următoarele puncte au făcut obiectul revizuirii și completării normativului:

a) actualizarea și completarea documentelor de referință, termenilor, definițiilor, simbolurilor și abrevierilor;

b) materialele componente betonului și domeniile de utilizare ale acestora în funcție de tipul de beton, simplu, armat sau precomprimat și respectiv clasele de expunere;

c) cerințele și criteriile de performanță, metodele de testare și de evaluare a conformității care au fost tratate în mod independent dar unitar pentru materialele componente betonului, beton și produsul finit, elementul prefabricat;

- d) introducerea principiilor moderne de proiectare și asigurare ale durabilității betonului referitoare la conceptul de performanță echivalentă a betonului și introducerea claselor de rezistență la acțiunea mediului;
- e) prezentarea mai detaliată a modului de comportare și realizare al elementelor din beton precomprimat, inclusiv în ceea ce privește pierderile de tensiune;
- f) procedurile de tratare a betonului, inclusiv cea termică;
- g) evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din elementele prefabricate prin aplicarea metodei maturității;
- h) modalitățile de aplicare a metodelor indirecte pentru evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din elementele prefabricate;
- i) detalierea modului de întocmire a documentațiilor tehnice și a efectuării inspecțiilor.

(7) Pentru aplicarea acestui Normativ se utilizează standardele române, europene și internaționale la care se face referință (respectiv standardele române identice cu acestea).

(8) Acest Normativ va fi aplicat, în condiții climatice și geografice specifice României și cu niveluri de protecție stabilite pe baza experienței actuale naționale și internaționale. Valorile limită impuse pentru compoziția și proprietățile betonului au fost introduse în prezentul Normativ pentru a acoperi aceste situații.

(9) Acest Normativ conține reguli de utilizare a materialelor componente care sunt acoperite de standarde, evaluări tehnice europene sau acorduri tehnice în construcții emise în România.

(10) Dacă betonul este conform valorilor specificate, se consideră că și în elementele și produsele prefabricate 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 SR EN 1992-1-1:2004;
- c) betonul a fost produs în conformitate cu NE 012/1;
- d) betonul a fost pus în operă corespunzător, compactat și tratat/protejat, în conformitate cu prezentul Normativ și acolo unde este cazul cu NE 012/2;
- e) este realizată o întreținere corespunzătoare pe durata de viață a construcției.
- f) este stabilit și îndeplinit un program de urmărire curentă sau specială în timp, după caz, pe baza unui document tehnic elaborat de proiectant, în conformitate cu P 130/2025.

(11) Conceptele bazate pe performanță sunt prezentate ca fiind de bază, conceptul prescriptiv al valorilor limită reprezentând o alternativă acceptată, pe baza prevederilor din NE 012/1.

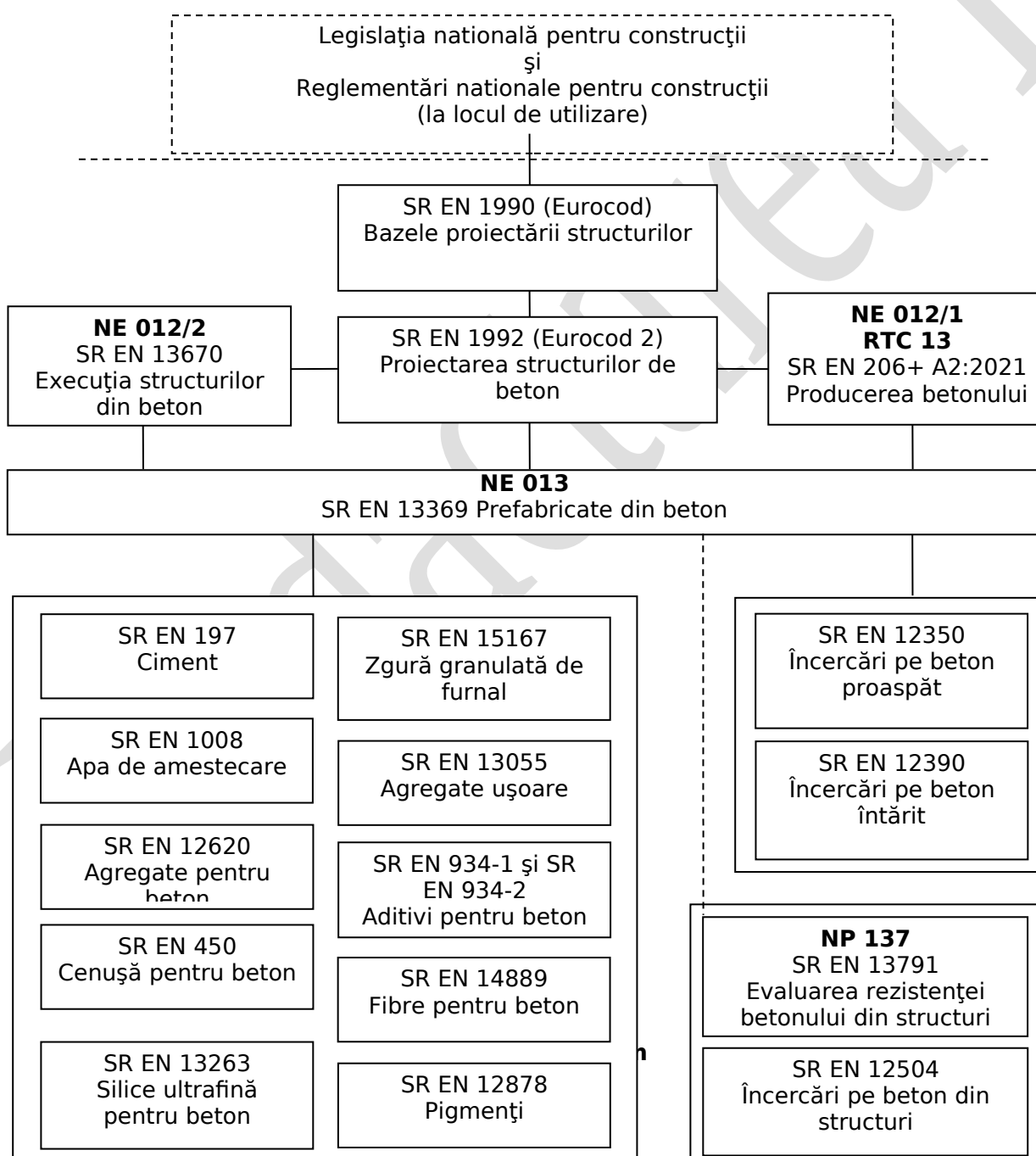


Figura 1. Relațiile dintre standardul SR EN 13369, Normativul NE 013 și standardele pentru proiectare și execuție, standardele referitoare la materiale componente, standardele de încercări, normativele și ghidurile naționale

1. Domeniu de aplicare

(1) Acest Normativ se aplică pentru fabricarea produselor prefabricate și execuția elementelor prefabricate din beton simplu, beton armat și beton precomprimat pentru clădiri și construcții ingineresti.

(2) Acest Normativ se aplică pentru următoarele tipuri de beton :

- a) produs într-o fabrică de prefabricate;
- b) produs în poligoane din șantiere, dacă procesul de fabricație este protejat împotriva condițiilor meteo nefavorabile și controlat conform prevederilor acestui Normativ ;
- c) produs într-o stație de betoane și livrat către o fabrica de prefabricate;
- d) greu, ușor sau de densitate normală;
- e) beton care are în componență agregate naturale, recuperate prin spalare / concasare și reciclate;
- f) beton armat dispers cu fibre metalice și polimerice;
- g) compactat sau autocompactant, în așa fel încât cantitatea de aer oclus, alta decât din aerul antrenat, să fie neglijabilă;

(3) Prezentul Normativ specifică cerințele pentru:

- a) materialele componente ale betonului;
- b) oțel pentru beton armat și precomprimat precum și alte tipuri de piese metalice înglobate;
- c) specificațiile betonului și armăturilor:
 - compoziția betonului;
 - producerea betonului;
 - proprietățile betonului, metode de testare;
 - proprietățile armăturilor pentru beton armat și precomprimat, metode de testare ;
 - evaluarea și verificarea constanței performanțelor betonului ;
 - punerea în operă a betonului.
- d) specificațiile elementului prefabricat :
 - metode de tratare a betonului produselor și elementelor prefabricate;
 - măsurarea caracteristicilor geometrice ale elementului prefabricat, toleranțe ;
 - caracteristici particulare ale elementelor din beton precomprimat, valorile eforturilor unitare de pretensionare inițiale și de scurtă durată, rezistența betonului la transfer, valori maxime admise ale eforturilor de compresiune în beton, pierderi de tensiune ;
 - caracteristicile elementului prefabricat, metode de testare;
 - evaluarea și verificarea constanței performanțelor elementului sau produsului prefabricat.
- e) documentația tehnică;
- f) proceduri/ scheme de inspecții.

(4) Alte standarde române sau europene referitoare la produse, elemente prefabricate sau procese care intră în domeniul de aplicare al prezentului Normativ, pot necesita sau permite derogări în raport cu prezentul document.

(5) Acest Normativ nu se aplică pentru:

- a) beton armat dispers cu fibre de sticlă;
- b) beton cu agregate ușoare cu structura deschisă.

(6) Acest Normativ nu conține cerințe referitoare la sănătate și securitate, pentru protecția operatorilor în timpul executării, manipulării, transportului și punerii în operă a produselor și elementelor prefabricate din beton.

2. Documente de referință

(1) Documentele de referință minim aplicabile cu caracter legislativ sunt prezentate în continuare:

- Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, republicată, cu modificările și completările ulterioare;
- Hotărârea Guvernului nr. 668/2017 privind stabilirea condițiilor pentru comercializarea produselor pentru construcții;
- Hotărârea Guvernului nr. 750/2017 pentru modificarea anexei nr. 5 - Regulamentul privind acordul tehnic pentru produse, procedee și echipamente noi în construcții - la Hotărârea Guvernului nr. 766/1997 pentru aprobarea unor regulamente privind calitatea în construcții.

(2) Documentele prezentate în continuare sunt indispensabile pentru aplicarea acestui Normativ. 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 Jurnalul Oficial al Uniunii Europene (JOUE).

(3) Acest Normativ conține trimiteri la referințe date sau nedatate și prevederi din alte publicații. Aceste referințe sunt citate în locul corespunzător din text și publicațiile sunt enumerate mai jos.

(4) În cazul unei referințe la un proiect de standard european, prevederile naționale pot fi aplicate până când acesta este disponibil în forma finală.

(5) Standardele naționale de referință sunt prezentate în continuare.

Nr. Crt.	Indicativ	Titlu
1.	SR EN 196-1	Metode de încercare ciment – Partea 1: Determinarea rezistenței
2.	SR EN 196-2	Metode de încercări ale cimenturilor. Partea 2: Analiza chimică a cimentului
3.	SR EN 197-1	Ciment - Partea 1: Compoziție, specificații și criterii de conformitate ale cimenturilor uzuale
4.	SR EN 197-5	Ciment. Partea 5: Ciment Portland compozit CEM II/C-M și Ciment compozit CEM VI
5.	SR EN 197-6	Ciment. Partea 6: Ciment cu materiale de construcții reciclate
6.	SR EN 206+ A2:2021	Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate
7.	SR EN 450-1	Cenușă zburătoare pentru beton. Partea 1: Definiții, condiții și criterii de conformitate
8.	SR EN 933-1	Încercări pentru determinarea caracteristicilor geometrice ale agregatelor. Partea 1: Determinarea granulozității. Analiza granulometrică prin cernere
9.	SR EN 934-1	Aditivi pentru beton, mortar și pastă. Partea 1: Cerințe comune
10.	SR EN 934-2	Aditivi pentru beton, mortar și pasta. Partea 2: Aditivi pentru beton. Definiții, condiții, conformitate, marcare și etichetare
11.	SR EN 12878	Pigmenți pentru colorarea materialelor de construcție pe bază de ciment și/sau var – Specificații și metode de încercare.
12.	SR EN 1008	Apa 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
13.	SR EN 1097-6	Încercări pentru determinarea caracteristicilor mecanice și fizice ale agregatelor Partea 6: Determinarea densității și a absorbției de apă a granulelor

Nr. Crt.	Indicativ	Titlu
14.	SR EN 1262	Agente activi de suprafață. Determinarea valorii pH-ului soluțiilor sau dispersiilor.
15.	SR EN 1367-1	Încercări pentru determinarea caracteristicilor termice și de alterabilitate ale agregatelor. Partea 1: Determinarea rezistenței la îngheț-dezgheț
16.	SR EN 1367-2	Încercări pentru determinarea caracteristicilor termice și de alterabilitate ale agregatelor. Partea 2: Încercarea cu sulfat de magneziu
17.	SR EN 1992-1-1:2004	Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri
18.	SR EN 1992-2:2006	Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton Partea 2: Poduri de beton. Proiectare și prevederi constructive.
19.	SR EN 1992-1-1:2024	Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri, poduri și structuri de inginerie civilă
20.	SR ISO 7150-1	Calitatea apei Determinarea conținutului de amoniu. Partea 1: Metoda spectrometrică manuală
21.	SR EN ISO 7980	Calitatea apei. Determinarea conținutului de calciu și magneziu. Metoda prin spectrometrie de absorbție atomică
22.	SR EN ISO 12696	Protecția catodică a oțelului în beton
23.	SR EN 12350-1	Încercare pe beton proaspăt – Partea 1: Eșantionare și aparatură uzuală
24.	SR EN 12350-2	Încercare pe beton proaspăt – Partea 2: Încercarea de tasare
25.	SR EN 12350-4	Încercare pe beton proaspăt. Partea 4: Grad de compactare
26.	SR EN 12350-5	Încercare pe beton proaspăt. Partea 5: Încercare cu masa de răspândire
27.	SR EN 12350-8	Încercare pe beton proaspăt. Partea 8: Beton autocompactant. Încercarea la răspândire din tasare
28.	SR EN 12350-9	Încercare pe beton proaspăt. Partea 9: Beton autocompactant. Încercare cu pâlnia V
29.	SR EN 12350-10	Încercare pe beton proaspăt. Partea 10: Beton autocompactant. Încercare cu cutia L
30.	SR EN 12350-11	Încercare pe beton proaspăt. Partea 11: Beton autocompactant. Încercare de segregare pe sită
31.	SR EN 12350-12	Încercare pe beton proaspăt. Partea 12: Beton autocompactant. Încercare cu inelul J
32.	SR EN 12390-1	Încercare pe beton întărit. Partea 1: Formă, dimensiuni și alte cerințe pentru epruvete și tipare
33.	SR EN 12390-2	Încercare pe beton întărit. Partea 2: Pregătirea și păstrarea epruvetelor pentru încercări de rezistență
34.	SR EN 12390-3	Încercare pe beton întărit. Partea 3: Rezistența la compresiune a epruvetelor
35.	SR EN 12390-5	Încercare pe beton întărit. Partea 5: Rezistența la încovoiere a epruvetelor
36.	SR EN 12390-6	Încercare pe beton întărit. Partea 6: Rezistența la întindere prin despicare a epruvetelor
37.	SR EN 12390-7	Încercare pe beton întărit. Partea 7: Densitatea betonului întărit
38.	SR EN 14651	Metode de încercare a betonului cu fibre metalice. Măsurarea rezistenței la tracțiune prin încovoiere (limita de proporționalitate (LOP), rezistența reziduală)
39.	SR EN 10080	Oțeluri pentru armarea betonului. Oțeluri sudabile pentru beton armat. Generalități
40.	SR EN ISO 17660-1	Sudare. Sudarea oțelului beton. Partea 1: Îmbinări sudate care transmit încărcări
41.	SR 438-1	Produse din oțel pentru armarea betonului Partea 1: Oțel beton laminat la cald. Mărci și condiții tehnice de calitate
42.	prEN 10138-1	Prestressing steels - Part 1: Wire
43.	prEN 10138-2	Prestressing steels - Part 2: Strand
44.	prEN 10138-3	Prestressing steels - Part 3: Bar

Nr. Crt.	Indicativ	Titlu
45.	SR CEN/TR 15739	Produse prefabricate din beton. Suprafețe din beton. Elemente de identificare
46.	SR EN 12504-1	Încercări pe beton în structuri. Partea 1: Carote. Prelevare, examinare și încercări la compresiune
47.	SR EN 12504-2	Încercări pe beton în structuri. Partea 2: Încercări nedistructive. Determinarea indicelui de recul
48.	SR EN 12504-4	Încercări pe beton în structuri. Partea 4: Încercări nedistructive. Determinarea vitezei de propagare a ultrasunetelor
49.	SR EN 12620	Agregate pentru beton
50.	SR EN 13055	Agregate ușoare.
51.	SR EN 13263-1	Silice ultrafină pentru beton – Partea 1: Definiții, condiții și criterii de conformitate
52.	SR EN 13369:2023	Reguli comune pentru produse prefabricate de beton
53.	SR 13536	Evaluarea agresivității apei, solului și gazelor asupra betonului. Prelevarea și analizarea eșantioanelor de apă și sol.
54.	SR EN 13577	Atac chimic asupra betonului. Determinarea conținutului de dioxid de carbon agresiv din apă
55.	SR EN 13670	Execuția structurilor de beton.
56.	SR EN 13791	Evaluarea in-situ a rezistenței la compresiune betonului din structuri și din elemente prefabricate
57.	ASTM C 1074	Standard Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method
58.	SR EN 15167-1	Zgură granulată de furnal măcinată pentru utilizare în beton, mortar și pastă. Partea 1: Definiții, specificații și criterii de conformitate
59.	SR ISO 16204	Durabilitate – Durata de viață proiectată a structurilor din beton
60.	CEN/TR 16563	Principles of the equivalent durability procedure

(6) Se utilizează cele mai recente ediții ale standardelor române de referință împreună, după caz, cu anexele naționale, amendamentele și eratele publicate de către organismul național de standardizare.

(7) Reglementările tehnice de referință sunt prezentate în continuare.

Nr. crt.	Reglementare tehnică
1.	Normativ pentru producerea și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea 1: Producerea betonului, indicativ NE 012/1-2022, aprobat prin Ordinul ministrului dezvoltării, lucrărilor publice și administrației nr. 30/2023, denumit în continuare în acest document normativ NE 012/1.
2.	Normativ pentru producerea și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea 2: Executarea lucrărilor din beton, indicativ NE 012/2-2022, aprobat prin Ordinul ministrului dezvoltării, lucrărilor publice și administrației nr. 28/2023, denumit în continuare în acest document normativ NE 012/2.
3.	Ghid informativ privind stabilirea compoziției betonului în funcție de nivelurile de performanță ale betonului, indicativ RTC 13-2024 aprobat prin Ordinul ministrului dezvoltării, lucrărilor publice și administrației nr. 2.748/2024, denumit în continuare în acest document Ghid RTC 13-2024.
4.	Normativ privind evaluarea in situ a rezistenței betonului din construcțiile existente, indicativ NP 137-2014, aprobat prin Ordinul ministrului dezvoltării regionale și administrației publice nr. 2.395/2014, denumit în continuare în acest document normativ NP 137.
5.	Specificație tehnică privind produse din oțel utilizate ca armături: cerințe și criterii de performanță, indicativ ST 009-2011, aprobată prin Ordinul ministrului dezvoltării regionale și turismului nr. 683/2012, denumită în continuare în acest document specificație tehnică ST 009
6.	Cod de proiectare seismică – partea I – Prevederi de proiectare pentru clădiri, indicativ P 100-1/2025
7.	Instrucțiuni tehnice pentru protecția elementelor din beton armat și beton precomprimat suprateerane în medii agresive naturale și industriale, indicativ C 170/1987

8.	Normativ pentru protecția anticorozivă a elementelor din beton ale suprastructurilor podurilor expuse factorilor climatici, noxelor și acțiunii fondanților chimici utilizați pe timp de iarnă, indicativ CD 139/2022
9.	Normativ privind urmărirea comportării în exploatare a construcțiilor, indicativ P 130-2025

(8) Cercetarea prenormativă de referință utilizată în cadrul Normativului este: Beton autocompactant, elaborată de Institutul de Cercetări Pentru Echipamente și Tehnologii în Construcții în cadrul contractului nr. 435/2009, având ca beneficiar Ministerul Dezvoltării Regionale și Turismului.

(9) Reglementările tehnice de referință citate în acest Normativ se consultă împreună cu lista documentelor normative aflate în vigoare publicată de către autoritățile de reglementare de resort.

3. Termeni, definiții, simboluri și abrevieri

3.1 General

3.1.1

element prefabricat din beton

element executat în fabrică sau pe șantier, pe baza unui proiect, din beton turnat și întărit într-un alt loc decât poziția finală a acestuia în structură

3.1.2

produs prefabricat din beton

produs executat din beton în conformitate cu un standard de produs printr-un proces industrial în cadrul unui sistem de control al producției în fabrică și protejat de condițiile meteorologice în timpul producției

3.1.3

acoperire, beton

distanța dintre suprafața unei bare de armătură sau a unei armături pretensionate (inclusiv agrafele, etrierii și armăturile de suprafață, dacă este cazul) și cea mai apropiată suprafață de beton

3.1.4

acoperire, minimă

valoarea minimă a acoperirii cu beton, prevăzută pentru a asigura (i) transmiterea în siguranță a forțelor de aderență, (ii) protecția oțelului împotriva coroziunii (durabilitate), (iii) rezistența corespunzătoare la foc

3.1.5

acoperire, nominală

valoarea specificată a acoperirii cu beton, definită ca fiind o acoperire minimă plus o toleranță în proiectare pentru abatere

3.1.6

familie de betoane

grup de compoziții ale betonului, pentru care a fost stabilită și documentată o relație de încredere între proprietățile relevante

3.1.7

oțel carbon

oțel sudabil nealiat pentru beton armat

3.1.8

ansamblu de pretensionare

- în tehnologia de realizare prin pretensionare, ansamblul de pretensionare este un element individual de armătură de pretensionare;
- în tehnologia de realizare prin post-tensionare, ansamblul de pretensionare este un ansamblu complet format din ancoraje, oțel pentru precomprimare (toron, sârmă, bară) și teacă cu strat protector pentru aplicațiile în sistemul cu armături neaderente sau teci injectate pentru aplicațiile în sistemul cu armături aderente

3.1.9

armătură

ansamblu de bare și/sau ansambluri de pretensionare, preîntinse (armătură pentru precomprimarea betonului) sau nu (armătură pasivă), înglobate în elementele din beton, care, dacă nu se specifică altfel, sunt realizate din oțel aderent la beton

3.1.10

armătură profilată

armătură cu cel puțin două rânduri de nervuri, care sunt distribuite uniform pe întreaga lungime

3.1.11

armătură amprentată

armătură cu cel puțin două rânduri de amprente, care sunt distribuite uniform pe întreaga lungime

3.1.12

armătură pasivă

armătură care nu este pretensionată, în cazul în care, dacă nu se specifică altfel, este realizată din armătură obișnuită

3.1.13

pretensionare

proces prin care ansamblurile de pretensionare sunt solicitate înainte și rămân solicitate în timpul înglobării acestora în betonul turnat

3.1.14

armătură pretensionată (armatura pentru precomprimarea betonului)

armătură realizată din toroane, sârme sau bare supuse unui proces de preîntindere, realizată din oțel pentru precomprimare

3.1.15

beton

material format prin amestecarea cimentului, nisipului, pietrișului apei și a aditivilor, care poate conține adaosuri și/sau fibre, ale cărui proprietăți se dezvoltă prin hidratarea cimentului

3.1.16

conținut de apă eficace

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

3.1.17

aer antrenat

bule de aer microscopice, încorporate intenționat în beton în timpul amestecării agenților tensioactivi; bulele sunt practic sferice iar diametrul lor este cuprins, în general, între 10 μm și 300 μm

3.1.18

aer oclus

goluri de aer în beton, care nu sunt produse intenționat

3.1.19

beton proaspăt

beton complet amestecat și aflat încă într-un stadiu care îi permite compactarea prin metoda aleasă

3.1.20

abilitate de trecere

aptitudinea betonului proaspăt de a curge prin zone strâmte, inclusiv prin spațiile dintre barele de armătură, fără segregare sau blocare

3.1.21

rezistența la segregare

capacitatea betonului proaspăt de a păstra o compoziție omogenă

3.1.22

răspândire din tasare

diametrul mediu de răspândire a betonului proaspăt obținut cu un con standardizat

3.1.23

raport apă/ciment

raport de masă dintre conținutul de apă eficace și cantitatea de ciment din betonul proaspăt

3.1.24

beton întărit

beton în stare solidă și care a dobândit o rezistență semnificativă

3.1.25

beton ușor

beton a cărui densitate, după uscarea în etuvă, este egală sau mai mare de 800 kg/m^3 , dar mai mică sau egală cu $2\,000 \text{ kg/m}^3$

3.1.26

beton greu

beton a cărui densitate, după uscarea în etuvă, este mai mare de $2\,600 \text{ kg/m}^3$

3.1.27

beton cu densitate normală

beton a cărui densitate, după uscarea în etuvă, este mai mare de $2\,000 \text{ kg/m}^3$, dar mai mică sau egală cu $2\,600 \text{ kg/m}^3$

3.1.28

beton autocompactant

beton care poate să curgă și să se compacteze sub propria greutate, capabil să umple cofrajul cu armătura, canalele, tecile, menținându-și omogenitatea

3.1.29

pulberi (părți fine)

Material cu dimensiunea particulei sub $0,125 \text{ mm}$.

Notă: Acesta include cimentul și fracția granulară sub $0,125 \text{ mm}$ de adaos (filer) și de nisip.

3.1.30

pasta

Partea din beton care include pulberea, apa, aditivul și aerul.

3.1.31

beton armat cu fibre de oțel (SFRC)

beton la care fibrele de oțel sunt incluse în matricea betonului pentru a obține rezistența reziduală după fisurare

3.1.32

clasă de rezistență reziduală beton armat cu fibre de oțel (SC)

clasificare care definește răspunsul unui SFRC dincolo de deformația specifică de fisurare a betonului. Această clasă definește rezistența betonului SFRC fără bare de armătură suplimentare sau pretensionare suplimentară

3.1.33

clasă de ductilitate beton armat cu fibre de oțel

clasificare definită de raportul dintre rezistențele reziduale la încovoiere la $CMOD_1$ și $CMOD_3$

3.1.34

agregat

material mineral granular natural, artificial, recuperat sau reciclat, apt să fie utilizat în beton

3.1.35

agregat recuperat prin concasare

agregat care nu a fost folosit înainte în construcții, obținut prin concasarea betonului întărit

3.1.36

agregat reciclat

agregat rezultat din prelucrarea materialului anorganic folosit anterior în construcții

3.1.37

adaos

material mineral fin divizat, utilizat în beton pentru îmbunătățirea anumitor proprietăți sau pentru a-i conferi proprietăți speciale

3.1.38

aditiv

produs adăugat în beton în timpul procesului de amestecare, în cantități mici în raport cu masa cimentului, pentru modificarea proprietăților betonului proaspăt sau întărit. În cadrul încercărilor inițiale, efectuate conform Anexei A din SR EN 206+A2:2021, se pot face teste privind verificarea performanței utilizării unui anumit tip de aditiv în beton, conform SR EN 934-2. Verificarea compatibilității în cadrul unei compoziții de beton se face doar în cazul utilizării a doi sau mai mulți aditivi

3.1.39

ciment

material mineral fin măcinat care, prin amestecare cu apa, formează o pastă, care face priză și se întărește prin efectul reacțiilor și proceselor de hidratare și care, după întărire, își păstrează rezistența chiar și sub apă

3.1.40

fibre polimerice

elemente drepte sau deformate din material extrudat, orientat și tăiat, care sunt corespunzătoare pentru a fi amestecate în mod omogen în beton

3.1.41

fibre de oțel

elemente drepte sau deformate, care provin din sârme de oțel trase la rece, table tăiate drepte sau deformate, fibre extrase din topitură, fibre trase la rece și fibre laminate din blocuri de oțel, care pot fi amestecate în mod omogen în beton

3.1.42

contractie, la uscare

contractia, suplimentară față de contractia de bază, care apare în beton atunci când există un transfer de umiditate cu mediul înconjurător

3.1.43

curgere lentă, la uscare

curgere lentă, suplimentară față de curgerea lentă de bază, care apare în beton atunci când există un transfer de umiditate cu mediul înconjurător; curgerea lentă totală este suma curgerii lente de bază și a curgerii lente la uscare

3.1.44

produs tip

ansamblu de niveluri sau clase de performanță reprezentative pentru un produs de construcții, corespunzător caracteristicilor sale, fabricat conform unui proces de fabricație specific, utilizând o combinație dată de materii prime sau de alte elemente

3.1.45

specificație a betonului

cumulare finală a cerințelor tehnice documentate, din punct de vedere al performanței sau al compoziției

3.2 Dimensiuni

3.2.1

dimensiuni principale

Lungime, lățime, adâncime sau grosime

3.2.2

dimensiuni nominale

dimensiunea declarată în documentația tehnică și vizată la fabricație

3.3 Toleranțe

3.3.1

toleranță

suma valorilor absolute ale abaterii admise superioare și inferioare

Redactarea II

3.3.2

abatere

diferența dintre o dimensiune reală măsurată și dimensiunea nominală corespunzătoare

3.4 Durabilitate

3.4.1

durabilitate

capacitatea unui element sau produs prefabricat din beton de a satisface, cu întreținerea anticipată, performanța de proiectare, cerințele pe parcursul duratei de viață proiectată sub influența acțiunilor de mediu așteptate

3.4.2

durata de viață proiectată

perioadă presupusă pentru care o structură sau o parte a acesteia urmează să fie utilizată în scopul propus, cu întreținere anticipată dar fără a fi necesare reparații majore

3.4.3

clase de rezistență la expunere ERC

clase pentru definirea rezistenței betonului împotriva coroziunii induse de carbonatare (XRC) sau cloruri (XRDS) și deteriorării cauzate de atacul îngheț/dezgheț (XRF)

3.4.4

acțiuni datorate mediului înconjurător

acțiuni fizice și chimice la care este supus betonul, care produc efecte asupra betonului, armăturilor sau pieselor metalice înglobate, și care nu sunt considerate încărcări pentru proiectarea structurală, în această categorie pot intra și acțiunile mediului care produc coroziuni electrochimice asupra armăturilor sau pieselor metalice înglobate respectiv biogene asupra betonului

3.4.5

condițiile de mediu din unitatea de producție

condiții higrotermice din fabrică care au ca rezultat efecte asupra procesului de întărire a betonului

3.5 Proprietăți mecanice

3.5.1

rezistența potențială

rezistența la compresiune a betonului obținută din încercări pe probe cubice sau cilindrice turnate și tratate în condiții de laborator în conformitate cu SR EN 12390-2

3.5.2

metoda maturității

metoda care poate fi aplicată pentru estimarea rezistenței betonului, și care se bazează pe ipoteza că betoanele având aceleași materiale componente și aceeași compoziție, ating rezistențe egale la valori egale ale indicelui/ factorului de maturitate

3.5.3

relația rezistență-maturitate

relația empirică dintre rezistența betonului și indicele / factorul de maturitate, obținută în laborator prin calibrarea unei rețete utilizate la realizarea elementelor din beton, beton armat sau beton precomprimat.

3.5.4

rezistența structurală

- rezistența structurală directă, rezistența la compresiune a betonului obținută din încercările pe epruvete (carote sau prisme tăiate) prelevate din produsul prefabricat din beton,
- rezistența structurală indirectă, rezistența la compresiune a betonului obținută din încercări pe epruvete turnate și menținute în aceleași condiții de mediu ca și produsul prefabricat

3.5.5

rezistență caracteristică

valoare a rezistenței sub care se așteaptă să se situeze maximum 5 % din rezultatele tuturor determinărilor de rezistență posibile, efectuate pentru volumul de beton considerat

3.5.6

clasă de rezistență la compresiune (C)

clasificare cuprinzând tipul de beton (greu, ușor și cu densitate normală), reprezentând rezistența caracteristică minimă pe cilindri (150 mm diametru, 300 mm înălțime) și rezistența caracteristică minimă pe cuburi (cu latura de 150 mm)

3.5.7

evaluarea conformității

examinarea sistematică a gradului de satisfacere de către un produs a cerințelor specificate

3.5.8

încercare de identificare

încercare pentru a determina dacă amestecurile sau șarjele specifice aparțin unei populații conforme

3.5.9

încercare inițială

încercare (încercări) de verificare, înainte de începerea producției, a modului în care un beton nou sau o familie nouă de betoane trebuie să fie formulat (formulată) pentru a satisface toate cerințele specificate, în stare proaspătă precum și în stare întărită

3.5.10

verificare

confirmare prin examinare de dovezi obiective a satisfacerii cerințelor specificate

3.5.11

urmărire curentă

activitate de urmărire a comportării construcțiilor care constă în observarea și înregistrarea unor aspecte, fenomene și parametri ce pot semnală modificări ale capacității construcției de a îndeplini cerințele fundamentale aplicabile, stabilite prin proiecte, în conformitate cu P130/2025.

3.5.12

urmărire specială

activitate de urmărire a comportării construcțiilor care constă în măsurarea, înregistrarea, prelucrarea și interpretarea sistematică a valorilor parametrilor ce definesc măsura în care construcțiile își mențin cerințele fundamentale stabilite prin proiecte, în conformitate cu P130/2025.

3.6 Simboluri și abrevieri

X0	Clasă de expunere pentru lipsa riscului de coroziune sau atac
De la XC1 până la XC4	Clasă de expunere pentru riscul de coroziune prin carbonatare
De la XD1 până la XD3	Clase de expunere pentru riscul de coroziune prin cloruri, altele decât cele din apa de mare
De la XS1 până la XS3	Clase de expunere pentru riscul la coroziune prin cloruri din apa de mare
De la XF1 până la XF4	Clase de expunere pentru riscul de atac prin îngheț-dezghet
De la XA1 până la XA3	Clase de expunere pentru riscul de atac chimic
De la S1 până la S5	Clase de consistență exprimate prin tasare
De la C0 până la C4	Clase de consistență exprimate prin gradul de compactare
De la F1 până la F6	Clase de consistență exprimate prin diametrul răspândirii
De la SF1 până la SF3	Clase de consistență exprimate prin răspândirea din tasare
VS1, VS2	Clase de vâscozitate aparentă pentru încercarea t_{500}
VF1, VF2	Clase de vâscozitate aparentă pentru încercarea t_v (curgere prin pâlnia în V)
t_{500}	Timpul de curgere, în secunde, pentru a atinge o răspândire de 500 mm printr-un test de rapandire din tasare-
t_v	Timpul de curgere, în secunde, pentru încercarea cu pâlnia în V
PL1, PL2	Clase de abilitate de trecere pentru încercarea cu cutia L
PJ1, PJ2	Clase de abilitate la trecere prin încercarea de curgere cu inelul J
SR1, SR2	Clase de rezistență la segregare
C.../...	Clase de rezistență la compresiune pentru betoanele cu densitate normală și grele
LC.../...	Clase de rezistență la compresiune pentru betoanele ușoare
SC...	Clase de rezistență și ductilitate pentru betonul armat dispers cu fibre din oțel
SCC	Beton autocompactant
SFRC	Beton armat dispers cu fibre de oțel
f_{ck}	Rezistența caracteristică la compresiune a betonului

Notă: Atunci când acest simbol este utilizat în acest standard, acesta se aplică atât $f_{ck,cyl}$, cât și $f_{ck,cube}$.

$f_{ck,cyl}$	Rezistența caracteristică la compresiune a betonului, determinată prin încercări pe epruvete cilindrice
$f_{ck,cube}$	Rezistența caracteristică la compresiune a betonului, determinată prin încercări pe epruvete cubice
f_{cm}	Rezistența medie la compresiune a betonului NOTĂ: Atunci când acest simbol este utilizat, acesta se aplică atât la $f_{cm,cyl}$, cât și la $f_{cm,cube}$.
f_{ci}	Rezultat al încercării individuale de rezistență la compresiune a betonului
Cl, ...	Clasă de cloruri
De la D1,0 până la D2,0	Clasă de densitate pentru betonul ușor
D	Dimensiune superioară pentru sita unui agregat de clasă definită d / D NOTĂ: SR EN 12620 permite ca un procent definit din masa de agregate să fie mai mare ca "D".
D_{inf}	Cea mai mică valoare a lui D pentru agregatele cu dimensiunea cea mai mare în beton, permisă prin specificația betonului
D_{sup}	Cea mai mare valoare a lui D pentru agregatele cu dimensiunea cea mai mare în beton, permisă prin specificația betonului
D_{max}	Valoare declarată a lui D pentru agregatele cu dimensiunea cea mai mare utilizată efectiv în beton
CEM...	Tip de ciment conform SR EN 197-1, SR EN 197-5 sau SR EN 197-6
σ	Estimarea abaterii standard a unei populații
s_n	Abaterea standard a n rezultate consecutive ale încercărilor
n	Număr
A_{ef}/C	Raportul maxim apă efice/ciment
D_{cim}	Dozajul minim de ciment (kg/dm^3)
ρ_c	Densitatea cimentului (kg/dm^3)
ρ_{ag}	Densitatea aparentă a agregatelor (kg/m^3)
p	Procentul de aer antrenat și oclus (dm^3/m^3)
Ag	Cantitatea de agregate în stare uscată (kg)
$\sigma_{p,max}$	Efort unitar maxim de întindere aplicat armăturii
$\sigma_{p,m}(x,0)$	Efort unitar maxim după transferul pretensionării spre ancoraj
f_{pk}	Valoare caracteristică a rezistenței la întindere a oțelului pentru precomprimare
$f_{0.1k}$	Valoarea caracteristică a limitei de curgere convenționale la 0,1 % a oțelului pentru precomprimare
$f_{cm}(t)$	Valoare medie a rezistenței la compresiune a betonului la vârsta t NOTĂ: Atunci când acest simbol este utilizat, acesta se aplică atât la $f_{cm}(t)_{cyl}$, cât și la $f_{cm}(t)_{cube}$.
$f_{cm,p}$	Rezistență minimă la compresiune a betonului la transferul forței de pretensionare

$\Delta\sigma_{p,i}(x)$	Pierderile instantanee de tensiune
$\Delta\sigma_{p,\mu}(x)$	Pierderi de tensiune datorate frecării dintre oțelul pentru precomprimare și teacă sau dispozitivele de deviere
$\Delta\sigma_{pr}$	Pierderi datorate relaxării armăturii de precomprimare pe perioada dintre tensionarea armăturilor și precomprimarea betonului
η	Coefficient în valoare de 0,85 care reprezintă raportul între rezistența structurală și rezistența potențială
$C_{min,dur}$	Acoperire minimă cu beton c pentru a îndeplini cerințele de durabilitate
ERC	Clase de rezistență la expunere
XRC	Clase ce caracterizează rezistența împotriva coroziunii induse de carbonatare
XRDS	Clase ce caracterizează rezistența împotriva coroziunii induse de pătrunderea clorurilor
XRF	Clase ce caracterizează rezistența la acțiunea de îngheț-dezghet
$\Delta_{cmin,30}$	Reducere a acoperirii minime pentru structuri cu durata de viață proiectată de 30 ani
$\Delta_{cmin,exc}$	Reducere a acoperirii minime pentru o compactare superioară sau tratare
$\Delta_{cmin,p}$	Acoperire minimă suplimentară pentru ansambluri de pretensionare
f_p	Rezistență reală la întindere a oțelului pentru precomprimare
f_{pd}	Valoare de proiectare a limitei de curgere a oțelului pentru precomprimare
f_{pk}	Valoare caracteristică a rezistenței la întindere a oțelului pentru precomprimare
f_y	Limită de curgere a armăturii
f_{yd}	Valoare de proiectare a limitei de curgere a armăturii
f_{yk}	Valoare caracteristică a limitei de curgere a armăturii sau, în cazul în care fenomenul de curgere nu este prezent, valoarea caracteristică a limitei de curgere convenționale la 0,2 %
f_t	Rezistență la întindere a armăturii
$E_{c,eff}$	Valoare efectivă a modului de elasticitate al betonului, care ține cont de deformațiile datorate curgerii lente
E_{cm}	Modulul secant de elasticitate al betonului
$E_{c,28}$	Modulul secant de elasticitate al betonului la vârsta de 28 de zile
E_p	Valoare de proiectare a modului de elasticitate al oțelului pentru precomprimare
ε_{ud}	Deformație de proiectare a oțelului pentru armare și pentru precomprimare la încărcarea maximă
ε_{uk}	Deformație caracteristică a oțelului pentru armare și pentru precomprimare la încărcarea maximă
ε_{yd}	Valoare de proiectare a deformației la limita de curgere a armăturii
$CMOD_1$	= 0,5 mm este deschiderea fisurii (CMOD) pentru care este determinată valoarea caracteristică a rezistenței reziduale la încovoiere, $f_{R,1k}$ (definită în SR EN 14651).
$CMOD_3$	= 2,5 mm este deschiderea fisurii (CMOD) pentru care este determinată valoarea caracteristică a rezistenței reziduale la

încovoiere, $f_{R,3k}$ (definită în SR EN 14651).

$f_{R,1k}$	Valoare caracteristică a rezistenței reziduale la încovoiere la $CMOD_1 = 0,5$ mm reprezentând clasa de rezistență reziduală
$f_{R,3k}$	Valoare caracteristică a rezistenței reziduale la încovoiere la $CMOD_3 = 2,5$ mm reprezentând clasa de performanță
M_{NS}	Indicele/factorul de maturitate, calculat utilizând funcția de maturitate NURSE SAUL
M_A	Indicele/factorul de maturitate, calculat utilizând funcția de maturitate ARRHENIUS
Δt	Interval de timp, în zile sau ore
$T_{a,n}$	Temperatura medie a betonului în intervalul de timp Δt , în °C (în cazul aplicării funcției de maturitate NURSE - SAUL)
T_o	Temperatura de referință, în °C (în cazul aplicării funcției de maturitate NURSE - SAUL)
t_e	Vârsta echivalentă la temperatura de referință, în zile sau ore considerându-se dezvoltarea rezistenței ca funcție ARRHENIUS de maturitate exponențială de temperatură
Q	Raportul dintre energia de activare E și constanta universală R a gazelor egală cu 8.314 J/mol-K, în Kelvin
$T_{a,a}$	Temperatura medie a betonului în intervalul de timp Δt , în Kelvin (în cazul aplicării funcției de maturitate ARRHENIUS)
T_s	Temperatura de referință, în Kelvin (în cazul aplicării funcției de maturitate ARRHENIUS);
s_c	Abaterea standard reziduală care este o măsură a răspândirii rezistențelor obținute pe carote în jurul curbei de regresie
s_e	Abaterea standard a tuturor valorilor rezistențelor care este o măsură a răspândirii rezistenței carotelor în jurul valorii medii
n	Numărul de perechi de rezultate utilizat pentru stabilirea curbei de calibrare
m	Numărul de valori al rezistențelor estimate
s	Abaterea standard
n_{eff}	Numărul efectiv de grade de libertate asociat cu abaterea standard s
$f_{c,(m)is}$	Rezistența medie la compresiune in-situ a elementului
$f_{c,is,reg}$	Valoarea obținută prin aplicarea unei încercări indirecte trasformată în rezistența la compresiune echivalentă in-situ a elementului folosind o ecuație de regresie
$f_{ck,is}$	Rezistența caracteristică la compresiune in-situ a elementului
k_n	Factor de cuantilă caracteristică
$f_{c,is,lowest}$	Cea mai mică valoare a rezistenței la compresiune in-situ a elementului
M	Marja

4. Specificații privind producerea elementelor și produselor prefabricate

4.1 Materiale componente

4.1.1 Generalități

(1)În betonul produs în conformitate cu acest Normativ se utilizează numai materiale componente cu aptitudinea de utilizare stabilită pentru cerințele specificate care respectă normativele, standardele în vigoare sau acorduri tehnice naționale sau europene, acolo unde este cazul.

(2)Când nu există standarde europene pentru un material care se utilizează în beton, în conformitate cu acest Normativ, sau când un standard european existent nu tratează un astfel de material, aptitudinea de utilizare poate fi stabilită prin:

- a) evaluare tehnică europeană care se referă, în special, la utilizarea materialului component în beton, în conformitate cu standardul SR EN 206+A2:2021;
- b) acord tehnic în construcții, referitor la utilizarea materialului component în beton, în conformitate cu prezentul Normativ și/sau standarde europene relevante;

Notă: Acordurile tehnice vor fi elaborate numai pe baza unor rezultate ale cercetărilor experimentale, efectuate în laboratoare independente autorizate/acreditate.

- c) în cazul cimenturilor se vor avea în vedere prevederile punctului 4.1.2 al prezentului Normativ.

(3)Materialele componente nu vor conține substanțe nocive în cantități care pot avea un efect dăunător asupra durabilității betonului sau provoacă coroziunea armăturilor și 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 faptul că poate fi utilizat în toate aplicațiile prevăzute și pentru toate compozițiile de beton.

Nota 2: Acordurile tehnice în construcții și Evaluările tehnice europene pentru materialele componente sau procedee stabilesc aptitudinea generală de utilizare și nu trebuie să conțină prevederi în contradicție cu prevederile prezentului Normativ. Pentru stabilirea unei aptitudini de utilizare particulare este necesar să se evalueze „procedeele”/materialul component în raport cu regulile privind asigurarea durabilității în conformitate cu acest Normativ, Eurocodul 2 (SR EN 1992-1-1:2024) și anexa națională, NE 012/1, RTC-13 și NE 012/2.

4.1.2 Ciment

(1)Cimenturile folosite la prepararea betonului utilizat la elemente prefabricate și/sau produse prefabricate din beton trebuie să îndeplinească cerințele din standardul de referință SR EN 197-1 aplicabil sau din standardele europene aplicabile, SR EN 197-5, SR EN 197-6.-

(2) Aptitudinea de utilizare în elemente și produse prefabricate pentru betonul uzual fabricat cu cimenturi în conformitate cu standarde europene nearmonizate (de ex. SR EN 197-5, SR EN 197-6) poate fi stabilită după acceptarea acestor standarde ca standarde de referință și definirea regulilor de proiectare, respectiv utilizare, din SR EN 1992-1-1:2024 și anexa națională, SR EN 13369 și prezentul Normativ, SR EN 13670 și NE 012/1, cu includerea rezultatelor experimentale conform Anexei J din NE 012/1.

Notă: Pentru toate cimenturile pentru care nu există experiență de utilizare în betoane în țară, utilizarea acestora se va face numai pe baza unor rezultate ale cercetărilor experimentale, efectuate în laboratoare independente, autorizate/acreditate și cu experiența în aplicarea metodelor de durabilitate prin care să se demonstreze comportarea corespunzătoare a betoanelor la diferite tipuri de solicitări fizico-mecanice și de mediu, în conformitate cu Anexa normativă J din NE 012/1.

(3) În betoane precomprimate este interzisă utilizarea amestecurilor a două sau mai multor tipuri de ciment sau a cimenturilor de la mai mulți producători într-un același element.

(4) Atunci când se folosesc mai mulți aditivi, compatibilitatea acestora se verifică prin încercări inițiale, conform Anexei A din SR EN 206+A2:2021.

4.1.3. Agregate

(1) Agregatele naturale cu densitate normală, agregatele grele, precum și zgura de furnal răcită în aer, vor fi conforme cu prevederile SR EN 12620 și respectiv cu prevederile SR EN 13055 pentru agregate usoare;

(2) Agregatele recuperate prin concasare și agregatele reciclate pentru a fi utilizate în beton, amestecate cu agregate naturale, nu trebuie să modifice evoluția prizei și întăririi betonului și nici să diminueze durabilitatea elementului sau produsului prefabricat din beton.

(3) Cerințele pentru utilizarea în beton a agregatelor recuperate prin concasare și a agregatelor reciclate se consideră în conformitate cu punctul 4.1.2.2 din SR EN 13369, cu SR EN 206+A2:2021, Anexa E pentru agregatele reciclate având dimensiunea granulei, $d \geq 4$ mm și respectiv cu Anexa N din SR EN 1992-1-1:2024.

4.1.4 Apa de amestecare

(1) Apa de amestecare va respecta prevederile și cerințele din SR EN 1008.

4.1.5 Aditivi

(1) Aditivii vor respecta prevederile și cerințele standardului SR EN 934-2.

(2) Aditivii care nu sunt menționați în SR EN 934-2 trebuie să fie conform cerințelor generale din SR EN 934-1 și a prevederilor acordurilor tehnice în vigoare.

Notă: SR EN 934-1 prezintă cerințele generale corespunzătoare în Tabelul 1, art. 5 și art. 6.

4.1.6 Adaosuri (inclusiv filere minerale și pigmenți)

(1) Aptitudinea generală de utilizare ca adaos de tip I este stabilită pentru:

- a. filere, în conformitate cu SR EN 12620 sau SR EN 13055 ;
- b. pigmenți, în conformitate cu SR EN 12878; pentru betonul armat, numai pigmenții din categoria B sunt apti pentru utilizare.

(2) Aptitudinea generală de utilizare ca adaosuri de tip II este stabilită pentru:

- a. cenușă zburătoare, în conformitate cu SR EN 450-1;
- b. silicea ultrafină, în conformitate cu SR EN 13263-1;
- c. zgura granulată de furnal măcinată, în conformitate cu SR EN 15167-1.

(3) Aptitudinea de utilizare în elemente prefabricate, pentru adaosurile de tip II, trebuie stabilită pe baza rezultatelor experimentale conform Anexei J din NE 012/1.

Notă: Utilizarea acestora se va face numai pe baza unor rezultate ale cercetărilor experimentale, efectuate în laboratoare independente, autorizate/acreditate cu experiență în aplicarea metodelor de durabilitate, prin care să se demonstreze comportarea corespunzătoare a betoanelor la diferite tipuri de solicitări fizico-mecanice și de mediu, în conformitate cu Anexa normativă J din NE 012/1.

4.1.7 Fibre

(1) Aptitudinea generală de utilizare este stabilită pentru:

- a. fibrele din oțel, în conformitate cu SR EN 14889-1;
- b. fibrele din polimeri, în conformitate cu SR EN 14889-2.

4.1.8 Armături pentru beton armat

(1) Caracteristicile armăturilor pentru beton armat (bare profilate și amprentate, inclusiv bare derulate, carcase și plase sudate, grinzi cu zăbrele), inclusiv a celor inoxidabile sunt specificate în SR EN 1992-1-1:2024 art. 5.2 și Anexa C a standardului și vor fi determinate în conformitate cu SR EN 10080;

(2) Se vor avea în vedere, acolo unde se impun, și prevederile reglementărilor naționale SR 438-1, ST 009 și P100-1 sau ale unor acorduri tehnice naționale sau europene.

(3) Armăturile pentru execuția produselor și elementelor prefabricate din beton armat trebuie să satisfacă cerințele prezentate în Anexa (normativă) A a prezentului Normativ.

(4) Barele derulate trebuie verificate în ceea ce privește proprietățile de rezistență și ductilitate pentru a asigura o încredere suficientă în proprietățile armăturii după derulare, în conformitate cu reglementările naționale în vigoare, cerințe suplimentare pot fi necesare în ceea ce privește îndeplinirea performanțelor legate de coeficientul de profil f_R (inclusiv efectuarea unor teste specifice de determinare a aderenței beton armătură) și de rezistența la oboseală, acolo unde se impun.

(5) Nu este indicată utilizarea armăturilor derulate de diametru mai mare de 20 mm.

4.1.9 Armături preîntinse (armături pentru precomprimarea betonului)

(1) Caracteristicile armăturilor preîntinse (toroane, sârme sau bare) sunt specificate în SR EN 1992-1-1: 2004 art. 5.3 și Anexa C a standardului și vor fi determinate în conformitate cu EN 10138-1, EN 10138-2 și EN 10138-3.

(2) Se vor avea în vedere și prevederile ST 009 sau ale unor acorduri tehnice naționale sau europene în vigoare.

(3) Armăturile pentru execuția produselor și elementelor prefabricate din beton precomprimat trebuie să satisfacă cerințele prezentate în Anexa A (normativă) a prezentului Normativ.

4.1.10 Inserții și conectori

(1) Cerințele de bază pentru inserții și conectori sunt cele prevăzute la art. 4.1.5 din SR 13369.

4.2 Producerea betonului

4.2.1 Cerințe de bază pentru compoziția betonului

(1) Cerințele de bază pentru compoziția betonului sunt cele prevăzute în RTC 13, precum și la art. 5.2 din SR EN 206+A2:2021 și anume alegerea cimentului – art. 5.2.2, utilizarea agregatelor – art. 5.2.3, utilizarea apelor recuperate – art. 5.2.4, utilizarea adaosurilor – art. 5.2.5, utilizarea aditivilor – art. 5.2.6, utilizarea fibrelor – art. 5.2.7, conținutul de cloruri – art. 5.2.8., avându-se în vedere și condițiile suplimentare precizate în acest Normativ.

(2) Atunci când betonul este specificat de către producător (beton cu proprietăți specificate), cerințele de bază (SR EN 206+A2:2021, art. 6.2.2) sunt date în documentația de proiectare, iar specificațiile suplimentare (SR EN 206+A2:2021, art. 6.2.3) sunt incluse numai când este relevant.

(3) Compoziția betonului și materialele componente pentru betonul cu proprietăți specificate sau cu compoziția prescrisă sunt alese astfel încât să satisfacă cerințele specificate pentru betonul proaspăt, (inclusiv consistența sau alte proprietăți particulare în cazul betonului autocompactant) și întărit, densitatea, rezistența, durabilitatea, protecția contra coroziunii a armăturilor și pieselor din oțel înglobate, și în cazuri particulare, în special pentru betonul precomprimat, modulul de deformare, contracția, curgerea lentă ținând seama de procedeele de producție și metoda prin care se intenționează să se execute elementele sau produsele prefabricate din beton.

(4) Producătorul de beton selecționează tipurile și clasele de materiale componente dintre cele a căror aptitudine de utilizare este stabilită pentru condițiile de mediu specifice.

(5) 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) În cazul betonului cu proprietăți specificate, valorile limită se specifică în termeni de valori minime sau maxime, iar în cazul betonului cu compoziția prescrisă, aceasta se specifică prin valori țintă.

Nota 1: Proprietățile cerute ale betonului pentru utilizarea într-un element prefabricat, nu sunt atinse decât respectând reglementările tehnice și procedurile de punere în operă ale betonului. De asemenea, suplimentar față de condițiile prevăzute în acest Normativ este necesar ca, înainte de a elabora specificația betonului să fie luate în considerare cerințele specifice referitoare la proiectare, la punerea în operă, compactare, la tratarea inițială și ulterioară (a se vedea art. 4.2.1.2, 4.2.1.3 și 4.2.1.4 din SR EN 13369). Aceste cerințe sunt adesea independente. Dacă toate aceste cerințe sunt satisfăcute, diferențele dintre calitatea betonului din elementul prefabricat 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 SR EN 1992-1-1: 2024).

Nota 2: Prepararea betonului în unitățile de prefabricate se va face în stații de beton având controlul producției certificat conform NE012/1. Verificarea calității betonului se face printr-un laborator autorizat de Inspectoratul de Stat în Construcții.

4.2.1.1 Alegerea cimentului

(1) Cimentul se va alege dintre cele a căror aptitudine de utilizare este stabilită, luând în considerare, în principal:

- tipul elementului prefabricat, din beton simplu, armat sau precomprimat;
- utilizarea finală a betonului;
- condițiile de tratare (de exemplu, tratarea termică);
- agresiunile mediului înconjurător la care este expusă structura, încadrarea într-o clasă/combinatie de clase de expunere (a se vedea Anexele B și D ale prezentului Normativ) cu luarea în considerare și a riscurilor de coroziune electrochimică a armăturilor, respectiv de coroziune biogenă a betonului, acolo unde este cazul;
- reactivitatea potențială a agregatelor față de alcaliile din materialele componente.

(2) Alegerea cimentului în funcție de tipul de prefabricat, se va face în conformitate cu Tabelul 4.1, pe baza prevederilor standardului de produs, respectiv ale proiectului având în vedere specificațiile Anexei D:

Tabelul 4.1. Alegerea cimentului pentru produse și elemente prefabricate

Produse prefabricate (având la bază un standard de produs)		Condiții suplimentare
Beton simplu	Tipuri de ciment corespunzătoare claselor de expunere (Tabelele D2.1 și D2.2)	fără condiții suplimentare
Beton armat	Tipuri de ciment corespunzătoare claselor de expunere (Tabelele D2.1 și D2.2)	fără condiții suplimentare
Elemente prefabricate (având la baza un proiect)		
Beton armat	Ciment Portland CEM I Cimenturi Portland cu adaosuri, de tip CEM II/A	fără condiții suplimentare
	Tipuri de ciment corespunzătoare claselor de expunere (Tabelele D2.1 și D2.2) ¹⁾	pe baza demonstrării, acolo unde se impune, a performanțelor de rezistență și durabilitate (conform Anexei J din NE012/1)
Beton precomprimat	Ciment Portland CEM I Ciment Portland compozit de tip CEM II/A cu excepția celor de tip CEM II/A-M	fără condiții suplimentare pe baza demonstrării comportării corespunzătoare în ceea ce privește rezistența, modulul de deformare și deformațiile din contracție și curgerea lentă

NOTA¹⁾: Utilizarea acestor tipuri de cimenturi pentru elementele prefabricate din beton armat se face pe baza unor acorduri tehnice elaborate în condițiile formulate la punctul 4.1.1 (2) b) în funcție de tipul de elementului structural.

4.2.1.2 Alegerea agregatelor

(1) Tipul și categoriile de agregate, mai ales granulozitatea, aplatizarea, rezistența la îngheț-dezghet, rezistența la abraziune, conținutul lor de părți fine, conținutul de cloruri trebuie să fie selectate luând în considerare:

- tipul elementului prefabricat;
- utilizarea preconizată a betonului;
- performanțele betonului, în principal rezistența la compresiune;
- condițiile de mediu înconjurător la care va fi expus betonul;
- toate cerințele aplicabile agregatelor aparente și agregatelor pentru betonul decorativ.

(2) $D_{\max}$ trebuie să fie $\geq D_{\inf}$ și $\leq D_{\sup}$, iar $D_{\inf} \geq 8$ mm.

(3) Zonele granulometrice recomandate pentru prepararea betonului sunt prezentate în figurile C1, C2, C3, C4, C5 ale Anexei C a prezentului Normativ, pentru diferite dimensiuni nominale maxime ale agregatelor 0/8, 0/16, 0/22,4 (22), 0/31,5 (32) și 0/63 mm. Recomandări pentru prepararea betonului autocompactant sunt prezentate în Cercetarea prenormativă „Beton autocompactant”.

(4) În cazurile în care se utilizează agregate concasate, 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.

(5) Se vor considera cerințele de bază pentru utilizarea în beton a agregatelor recuperate prin concasare și a agregatelor reciclate prevăzute la art. 4.1.2.2 din SR EN 13369, în SR EN 206+A2:2021, Anexa E și respectiv în Anexa N din SR EN 1992-1-1:2024 pentru agregatele reciclate având dimensiunea granulei, $d \geq 4$ mm.

(6) În cazul în care aspectul betonului proaspăt este corespunzător și nu influențează negativ execuția produselor sau elementelor prefabricate, se pot admite abateri de la curbele recomandate în Anexa C a prezentului Normativ, numai în condițiile verificării și atingerii nivelurilor de performanță cerute ale caracteristicilor betonului proaspăt și întărit.

4.2.1.3 Alegerea aditivilor

(1) Betoanele se prepară cu aditivi. Condițiile de utilizare a aditivilor se stabilesc, în principal, în funcție de tipul betonului, tehnologia și condițiile de turnare, acestea fiind prezentate în Tabelul 4.2.

(2) Cantitatea totală de aditivi utilizați nu trebuie să depășească dozajul maxim indicat de producătorul de aditivi și se recomandă să nu fie mai mare de 50 g aditiv per kg de ciment, cu excepția cazului când s-au efectuat determinări și s-a luat în considerare influența unui dozaj mai ridicat asupra caracteristicilor betonului proaspăt și întărit.

(3) Aditivii utilizați în cantitate mai mică de 2g/kg ciment 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.

(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 raportului apă/ciment.

(5) Când sunt utilizați mai mulți aditivi, compatibilitatea lor este verificată în cadrul încercărilor inițiale.

Notă: Dacă încercarea de compatibilitate pentru aditivul antrenor de aer combinat cu alte tipuri de aditivi nu a fost efectuată de furnizorul de aditivi, este necesar ca această încercare să fie efectuată în cadrul încercărilor inițiale. Verificarea va fi făcută în baza SR EN 480-1 de către laboratorul producătorului de betoane sau un laborator desemnat de acesta.

Redactarea II

Tabelul 4.2. 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 C12/15 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	După caz: - intens reducător de apă/ Superplastifiant
3	Betoane cu permeabilitate redusă	Intens reducător de apă/ Superplastifiant Impermeabilizator ¹⁾	După caz (în funcție de expunere): -de impermeabilizare
4	Betoane expuse în condiții de agresivitate intensă și foarte intensă	Intens reducător de apă/ Superplastifiant	
5	Betoane fluide având clasa $\geq$ C30/37	Intens reducător de apă/ Superplastifiant	După caz: -antrenori de aer; -acceleratori de întărire; -întârzietori de priză -reducători de contracții
6	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; -întârzietori de priză.
7	Betoane cu rezistențe mari la termene scurte	Superplastifianți	După caz: -acceleratori de întărire
8	Betoane semiumede având clasa $\geq$ C30/37	Reducător de apă/ Plastifiant	După caz: -intens reducător de apă/ superplastifiant -antrenori de aer -acceleratori de întărire

Nota 1: Utilizarea acestor aditivi se documentează, cu precizarea:

- condițiilor de expunere la umiditate a elementului/structurii;
- condițiilor suplimentare privind compoziția și producția betonului, impactul asupra proprietăților betonului proaspăt și întărit.

Nota 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. Verificarea va fi în sarcina producătorului de beton sau a unui laborator desemnat de acesta, având la bază documentațiile tehnice înaintate de producătorul de aditiv.

4.2.1.4 Valori limită pentru compoziția betonului

(1) Cerințele pentru ca betonul să reziste la agresiunile mediului înconjurător sunt date adesea în termeni de valori limită, pentru compoziția betonului și proprietățile stabilite ale betonului; alternativ, exigențele pot rezulta din metode de bazate pe performanță (a se vedea 4.2.1.5). Cerințele țin seama de durata de viață proiectată pentru element/structură.

(2) Având în vedere apariția unor standarde europene pentru încercări directe de performanță a betonului, precum și necesitatea de a avea o abordare uniformă privind rezistența betonului la agresivitatea mediului înconjurător prin utilizarea unor diferite materiale componente betonului în conformitate cu acest Normativ, cerințele referitoare la clasele de expunere pot fi detaliate prin criterii de performanță. Detalii sunt prezentate în Anexa J (normativă) a NE 012/1.

- (3) Cerințele pentru fiecare clasă de expunere se specifică în termeni de:
- a) tipuri de materiale componente;
 - b) raport maxim apă efice/ciment;
 - c) conținut minim de ciment;
 - d) clasă minimă de rezistență la compresiune a betonului;
- și dacă este cazul:
- e) conținut minim de aer din beton;
 - f) exigențe privind procedee tehnologice (de exemplu, șlefuirea sau acoperirea de protecție).
- (4) Prevederile valabile la nivel național privind betonul se stabilesc pe baza asigurării unei durate de viață stabilite prin proiect (proiectate).
- (5) În cazul unor combinații de clase de expunere se vor considera cerințele cele mai exigente dintre cele indicate pentru fiecare clasă.
- (6) În conformitate cu SR EN 206+A2:2021, s-a stabilit ca raportul apă efice/ciment maxim să fie indicat prin creștere de 0,05 și conținutul minim de ciment prin creștere de 20 kg/m³. În ceea ce privește rezistența la compresiune, este recomandat să fie indicată în clase, conform Anexei F a prezentului Normativ, Tabelul F1.1, pentru betonul greu și Tabelul F1.2, pentru betonul ușor. Anexa D a Normativului prezintă condițiile compoziționale, proprietățile betonului, alegerea cimenturilor în funcție de tipul elementelor realizate din beton simplu, armat și precomprimat și conținutul maxim de părți fine din beton.
- (7) Pentru o durată de viață inferioară (de exemplu de 30 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 prin dispoziții la locul de utilizare a betonului, sunt disponibile în ISO 16204. În acest caz sau pentru compozițiile specificate de beton, sau în condiții speciale în materie de protecție contra coroziunii, de exemplu referitor la grosimea betonului ce acoperă armăturile (când grosimea este inferioară specificațiilor/ prevederilor din SR EN 1992-1-1:2024 relativ la protecția contra coroziunii), se efectuează studii speciale de către elaboratorul specificației, pentru o construcție anume, sau mai general pentru reglementări tehnice naționale. Detalii sunt date în Anexa J din NE 012/1.
- (8) Dacă betonul este conform cu valorile limită specificate, se consideră că betonul din elementul prefabricat 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 SR EN 13369, SR EN 13670 și NE 012/2;
 - b) betonul ce acoperă armătura să aibă grosimea minimă impusă prin proiect/reglementarea de proiectare pentru condițiile de mediu înconjurător specifice, de exemplu SR EN 1992-1-1: 2024;
 - c) clasa de expunere la mediul înconjurător să fie corect selectată;
 - d) manipularea, depozitarea, transportul și montarea să se efectueze conform prevederilor din proiect;
 - e) întreținerea preventivă să fie corect realizată;
 - f) urmărirea în timp să fie cea reglementată.

4.2.1.5 Metode de concepție bazate pe performanțe

(1) Cerințele pentru beton referitoare la asigurarea durabilității în funcție de clasele de expunere pot fi stabilite utilizând metode de concepție bazate pe performanță pentru

durabilitate, în termeni de parametri de performanță (de exemplu, măsurarea exfolierii printr-o încercare de îngheț-dezgheț, stabilirea claselor de rezistență la diferite tipuri de expunere (ERC)) sau aplicând procedura performanței echivalente. Detalii sunt prezentate în Anexa J (normativă) din NE 012/1 și RTC 13 pentru o durată de viață proiectată de 50 de ani.

Notă: Cadrul pentru procedura durabilității echivalente a fost publicată ca CEN/TR 16563.

(2) Aplicarea metodelor bazate pe performanță permite utilizarea materialelor componente, în conformitate cu procedurile și în condițiile asigurării cerințelor de rezistență și durabilitate prezentate în Normativ în vederea asigurării aceleiași durate de viață, indiferent de materialele componente utilizate la prepararea betonului, inclusiv a adaosurilor din compoziția betonului.

4.2.1.6 Cerințe pentru betonul proaspăt

(1) În acest Normativ se utilizează prevederile referitoare la clasificarea betonului proaspăt din SR EN 206+A2:2021 art. 4.2., prezentate în Anexa E (normativă) a prezentului Normativ (clasele de tasare ale betonului vibrat și respectiv clasele speciale ale betonului autocompactant).

(2) În acest Normativ se utilizează prevederile din SR EN 206+A2:2021 pentru cerințele referitoare la betonul proaspăt, art. 5.4.

(3) Valorile minime ale volumului de aer antrenat (în conformitate cu Anexa D (normativă) a prezentului Normativ, Tabelele D.1.1 și D.1.2) sunt prezentate în Tabelul 4.3 în funcție de dimensiunea maximă a agregatelor.

Tabelul 4.3. 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
16	$\geq 5,5$	$\geq 5,0$
22	$\geq 5,0$	$\geq 4,5$
32	$\geq 4,5$	$\geq 4,0$
63	$\geq 4,0$	$\geq 3,5$

4.2.1.7 Cerințe de rezistență pentru betonul întărit

4.2.1.7.1 Rezistența la compresiune

(1) Acest articol are ca obiect rezistența la compresiune a betonului preparat în stația de betoane, verificată la turnarea produselor sau elementelor prefabricate, definită ca rezistența potențială a betonului, rezistența betonului din elementul prefabricat se va trata la articolul 5.2 al Normativului.

(2) Rezistența se determină, pe baza încercărilor efectuate pe cuburi de 150 mm sau pe cilindri de 150 mm/300 mm conform SR EN 12390-1, confecționate și tratate în conformitate cu SR EN 12390-2, din probele prelevate conform SR EN 12350-1.

(3) În cazul produselor prefabricate, la care condițiile privind rezistența sunt impuse pentru produsul final (de exemplu pavele) se aplica prevederile din standardul de produs.

(4) Rezistența la compresiune este simbolizată $f_{c,cub}$, când este determinată pe epruvete cubice și este simbolizată $f_{c,cil}$ când este determinată pe epruvete cilindrice conform SR 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, cu posibilitatea emiterii de documente.

Nota 3 : Încercările pot fi efectuate înainte de 28 de zile pentru a verifica atingerea rezistenței potențiale la anumite termene, fără ca rezultatele să fie utilizate pentru determinarea clasei betonului. Încercările pot fi efectuate și după termenul de 28 de zile, până la 91 de zile, în conformitate cu prevederile proiectului care va preciza termenul, scopul precum și modul de interpretare a rezultatelor acestor încercări, în vederea definirii clasei de rezistență la compresiune în conformitate cu SR EN 1992-1-1.

(5) În acest Normativ se utilizează prevederile referitoare la clasificarea betonului din SR EN 206+A2:2021, art.4.3.1, prezentată în Anexa F (normativă) a prezentului Normativ, iar pentru determinarea rezistenței potențiale a betonului se vor aplica prevederile art. 5.5.1.1 și 5.5.1.2 din SR EN 206+A2:2021.

(6) În scopuri de proiectare, clasele de rezistență sunt date până la C90/105 pentru betonul normal și greu și până la LC 80/88 pentru betonul ușor (Anexa F a prezentului Normativ).

(7) Pentru elemente din beton prefabricat precomprimat, clasa minimă de rezistență a betonului va fi C30/37 pentru beton cu greutate normală, interpretarea și aplicarea tabelelor D1.1, D1.2, D2.1, D2.2 de la Anexa D făcându-se în consecință. În cazul elementelor prefabricate din beton armat, clasa minimă pentru beton cu greutate normală va fi C20/25.

(8) Rezistențele minime pe faze tehnologice (decofrare, transfer, livrare) se vor stabili prin proiect și vor respecta prevederile incluse în SR EN 1992-1-1: 2024.

(9) În cazurile în care în proiect nu se specifică clar condițiile pentru aceste faze, rezistențele minime orientative pe faze tehnologice care se vor lua în considerare, numai cu înștiințarea și acordul proiectantului, sunt cele precizate în Tabelul 4.4.

Tabelul 4.4. Rezistențele minime pe faze tehnologice

Rezistențele la compresiune pe faze			
Clasa betonului	Rezistența la decofrare, elemente din beton armat	Rezistența la livrare, elemente din beton armat	Rezistența la transfer, elemente din beton precomprimat
C20/25	14,0/16,5	18,5/23,0	
C25/30	17,5/20,0	23,0/28,0	
C30/37	20,0/23,5	28,5/35,0	27,5/33,5
C35/45	22,5/27,5	31,5/40,5	30,0/38,5
C40/50	25,0/30,0	35,0/43,5	34,0/42,0
C45/55	27,5/32,5	38,5/47,0	37,5/45,5
C50/60	30,0/35,0	42,0/51,5	41,5/50,0
C55/67	32,5/38,5	45,5/55,5	45,0/54,5
C60/75	35,0/42,5	50,0/61,0	49,0/61,0
C70/85	40,0/47,5	56,0/68,5	57,0/69,0
C80/95	45,0/52,5	64,0/75,5	65,0/77,0
C90/105	50,0/57,5	71,0/83,0	73,5/85,5
C100/115	55,0/62,5	82,0/90,0	85,5/93,5

4.2.1.7.2 Rezistența la întindere

(1) În acest Normativ se utilizează prevederile referitoare la determinarea rezistenței la întindere în conformitate cu SR EN 13369 art. 4.2.2.3.

(2) Atunci când trebuie determinată rezistența la tracțiune prin despicare a betonului, aceasta trebuie determinată la 28 de zile în conformitate cu SR EN 12390-6.

Nota 1: Rezistența caracteristică la tracțiune prin despicare trebuie să fie egală sau mai mare decât rezistența caracteristică la tracțiune prin despicare specificată, în conformitate cu art. 8.2.2.3 din SR EN 206+A2:2021.

Nota 2: Aceeași abordare poate fi utilizată atunci când trebuie determinată rezistența la încovoiere în conformitate cu standardul de încercare SR EN 12390-5.

(3) Rezistența la întindere din încovoiere a betonului armat dispers cu fibre metalice se determină în conformitate cu SR EN 14651 pentru încadrarea betonului în clase ale betonului prezentate în Anexa F (normativă) a prezentului Normativ.

4.2.1.8 Proiectarea compoziției betonului

(1) Pentru stabilirea compoziției betonului se parcurg următoarele etape:

a) determinarea cantității orientative de apă eficace (A_{ef}) se evaluează aplicând relația:

$$A_{ef} = D_{cim} \frac{A_{ef}}{C} = A' + A_d - A_{WA24} = A_t - A_{WA24}$$

în care:

A_{ef} cantitatea orientativă de apă eficace, care depinde, în principal, de clasa de rezistență a betonului, tasare, tipul și dimensiunea maximă a agregatelor, tipul cimentului și tipul/eficiența aditivului/aditivilor utilizați, (litri) ;

A' cantitatea de apă de amestecare / preparare (litri) ;

A_d cantitatea totală de aditiv, dacă aceasta este mai mare de 3 litri ;

D_{cim} dozajul minim de ciment impus pentru o clasă de beton încadrată într-o anumită clasă de expunere (Tabelele D.1.1 și D.1.2, Anexa D (normativă) a prezentului Normativ), (kg/m^3) sau dozajul stabilit pe baza experienței producătorului de prefabricate, superior sau egal celui minim;

A_{ef}/C raportul maxim apă eficace/ciment impus pentru o clasă de beton încadrată într-o anumită clasă de expunere (Tabelele D.1.1 și D.1.2, Anexa D (normativă) a prezentului Normativ);

A_{WA24} apa absorbită de agregate;

A_t cantitatea totală de apă (inclusiv cantitatea de aditiv, dacă aceasta este mai mare de 3 litri)

b) determinarea cantității de agregate în stare uscată A_g (kg) se evaluează aplicând relația:

$$A_g = \rho_{ag}(1000 - D_{cim} / \rho_c - A_{ef} - P) \quad (1)$$

în care:

ρ_c densitatea (masa volumică reală) a cimentului (între 2,9 – 3,1 kg/dm^3 în funcție de tipul de ciment)

Nota: Densitatea cimentului utilizată la elaborarea rețetei trebuie solicitată la producătorul acestuia.

ρ_{ag} masa volumetrică reală a agregatelor (kg/dm^3) determinată în conformitate cu SR EN 1097-6.

P procentul de aer oclus (dm^3/m^3) egal cu 2% (respectiv $20 \text{ dm}^3/\text{m}^3$). În cazul în care se utilizează aditivi antrenori de aer, P se va considera orientativ egal cu 4% (respectiv $40 \text{ dm}^3/\text{m}^3$) sau corespunzător cantității determinate de aer antrenat.

c) cantitățile de agregate pe sorturi se stabilesc pe baza curbelor granulometrice în conformitate cu Anexa C (normativă) a prezentului Normativ, în funcție de dimensiunea maximă a agregatelor.

(2) Caracteristicile esențiale ale betonului se furnizează prin proiect într-o formă prescurtată, în următorul format:

- a) referință la normativul NE012/1 și standardul european SR EN 206+A2:2021;
- b) clasa de rezistență la compresiune: clasa de rezistență așa cum este definită în Tabelele F1.1 și F1.2, de exemplu C25/30, Anexa F (normativă) a prezentului Normativ;
- c) clasa (clasele) de expunere: clasa simbolizată conform Anexei B (normativă) a prezentului Normativ. Dacă produsul sau elementul prefabricat este exportat, clasa de expunere va fi urmată de prescurtarea numelui țării care a formulat prevederile pentru valorile limită, compoziția betonului și caracteristicile sale sau seturi de condiții, de exemplu XD2 (RO) când se aplică prevederile date de România;
- d) conținutul maxim de cloruri: clasa definită în SR EN 206+A2:2021 Tabelul 15, de exemplu Cl 0,20;
- e) dimensiunea maximă nominală a agregatului, valoarea $D_{\max}$; de exemplu $D_{\max} 22$;
- f) densitatea, în cazul betonului ușor: specificarea clasei simbolizate în SR EN 206+A2:2021, Tabelul 14 sau valoarea specificată, de exemplu D 1,8;
- g) consistența: prin clase așa cum este definită în Anexa E (normativă) a prezentului Normativ sau valoarea țintă.

(3) Detalii privind aplicarea practică pentru proiectarea rețetei sunt prezentate în Ghidul RTC 13, Capitolul 7.

(4) În cazul proiectării betonului autocompactant se vor avea în vedere prevederile cercetării prenormative "Beton autocompactant" și alte documente relevante astfel încât să fie îndeplinite toate cerințele betonului proaspăt și întărit. Cerințele de bază pentru proiectarea compoziției sunt indicate în Tabelul 4.5 :

Tabelul 4.5 Cerințe de bază pentru betonul autocompactant

Constituent	Domeniul tipic în masă (kg/m^3)	Domeniul tipic în volum (l/m^3)
Pastă fină (pulbere)	380-600	-
Pastă	-	300-380
Apă	150-210	150-210
Agregat grosier	750-1000	270-360
Agregat fin (nisip)	48-55% din greutatea totală a agregatului	48-55% din volumul total al agregatului
Raport apă/ pulbere în vol.	-	0,85-1,10

(5) În cazul betonului armat dispers datorită faptului că adăugarea fibrelor are un efect negativ asupra lucrabilității, sunt necesare măsuri suplimentare pentru asigurarea punerii în operă. Acestea țin între altele de alegerea distribuției granulometrice potrivite și a cantității de aditiv superplastifiant. Adaptările amestecurilor sunt necesare, în principal, în cazurile:

- când fibrele sunt utilizate în betonul având o clasă de rezistență la compresiune scăzută, cererea de pastă de ciment fiind de obicei crescută;

- suprafața suplimentară a fibrelor poate necesita un conținut mai mare de mortar pentru a reduce riscul unui beton greu de finisat;
- acoperirea de suprafață a fibrelor poate influența proprietățile betonului proaspăt, în principal conținutul de aer, fiind necesară evaluarea amestecului în acest stadiu.

(6) Pentru a asigura consistența adecvată a betonului cu fibre, se recomandă în general :

- a. un conținut de agregat fin mai mare decât cel al unui amestec echivalent fără fibre;
- b. reducerea conținutului de agregate grosiere;
- c. utilizarea unei curbe granulometrice continue ;
- d. mărirea dozajului de plastifiant sau superplastifiant;
- e. limitarea dimensiunii maxime a agregatului la lungimea fibrei utilizate.

(7) În cazul în care este necesară proiectarea unor betoane de înaltă rezistență (având clasa de rezistență la compresiune mai mare de C50/60), compoziția betonului poate conține:

- a. cimenturi de tip CEM I sau CEM II/A cu rezistențe initiale și finale mari, 52.5 R ;
- b. agregate minerale din roci dure naturale concasate, recomandabil de carieră;
- c. adaosuri minerale fine, foarte fine sau ultrafine, utilizarea silicei ultrafine este, în cele mai multe cazuri, esențială mai ales în cazul necesității atingerii unor rezistențe foarte mari și se folosește în conformitate cu prevederile din SR EN 206+A2:2021, art. 5.2.5.2.3.
- d. aditivi superplastifianți precum și alte tipuri de aditivi, dacă este cazul.
- e. apă.
- f. fibre, dacă este cazul.

4.2.1.9 Cerințe suplimentare pentru betonul întărit

4.2.1.9.1 Modulul de elasticitate

(1) Atunci când este relevant, modulul de elasticitate se va determina experimental în special în cazul betonului autocompactant sau în cazul utilizării la prepararea betonului a unei dimensiuni maxime a agregatului < 16 mm;

4.2.1.9.2 Constrația și curgerea lentă a betonului

(1) Pentru betonul ușor, constrația la uscare va fi determinată de producător în conformitate cu art. 4.2.2.4 din SR EN 13369, avându-se în vedere prevederile SR EN 1992-1-1:2024, Anexa M, atât pentru constrație, cât și pentru curgerea lentă.

(2) Pentru betonul de greutate normală, determinarea experimentală a constrației și curgerii lente este necesară în cazul utilizării în elementele prefabricate din beton precomprimat a unor cimenturi de tip CEM II/A, în conformitate cu Anexa D (normativă) a prezentului Normativ, atât pentru betonul compactat obișnuit, cât și în cazul utilizării betonului autocompactant.

(3) În cazul elementelor supuse tratării termice se vor avea în vedere prevederile SR EN 1992-1-1:2024, art. 13.3.2.

4.2.1.9.3 Densitatea betonului

(1) Dacă este necesar, densitatea în stare uscată va fi determinată în conformitate cu SR EN 12390-7.

(2) Determinarea densității epruvetelor utilizate la încercarea la compresiune (prin cântărire), este recomandată, de exemplu, pentru constatarea eventualelor abateri/neuniformități.

4.2.1.9.4 Durabilitatea betonului

(1) Următoarele specificații se referă la betonul utilizat pentru realizarea elementelor prefabricate structurale pentru asigurarea unei durate de viață proiectată conformă cu SR EN 1992-1-1:2024, NE 012/1 și RTC 13.

(2) Durabilitatea elementelor prefabricate din beton este asigurată dacă se iau în vedere cel puțin următoarele cerințe minime pentru beton:

- a. conținut adecvat de ciment (în conformitate cu Anexa D (normativă) a prezentului Normativ);
 - b. raportul maxim apă efecace/ciment (în conformitate cu Anexa D (normativă) a prezentului Normativ);
 - c. conținutul maxim de cloruri (în conformitate cu art. 4.2.1.8 (2) al prezentului Normativ);
 - d. clasa de rezistență minimă a betonului (în conformitate cu art. 4.2.1.7 și cu Anexa D (normativă) a prezentului Normativ);
- și, după caz :
- e. conținutul maxim de alcalii (în conformitate cu art. 4.2.1.1 (e) al prezentului Normativ);
 - f. conținutul de aer (în conformitate cu art. 4.2.1, Tabelul 4.3 al prezentului Normativ);
 - g. absorbția de apă (în conformitate cu art. 4.2.1.9.4.1 al prezentului Normativ).

(3) Acolo unde se impun, se vor aplica cerințele referitoare la asigurarea durabilității betonului prin criterii de performanță în conformitate cu prevederile prezentate în Anexa J (normativă) a NE 012/1 și în Ghidul RTC 13.

4.2.1.9.4.1 Absorbția apei pe probe de beton

(1) În cazul verificării unor cerințe de durabilitate, absorbția de apă se poate determina în conformitate cu SR EN 13369, Anexa F, pe probe turnate din betonul utilizat în element, probe menținute în condiții similare de mediu cu elementul prefabricat, respectiv direct pe elementul prefabricat sau din probe extrase din elementul prefabricat în conformitate cu art. 5.7.3 al prezentului Normativ.

4.3 Armarea elementelor prefabricate din beton armat

(1) Armătura pentru elemente prefabricate din beton armat cu rol structural, care este derulată, îndreptată, îndoită sau sudată în fabrică, trebuie să-și mențină proprietățile în conformitate cu articolul 4.1.8 după aceste prelucrări.

(2) Îmbinările prin sudură ale barelor de armătură pot fi aplicate numai atunci când este stabilită și documentată sudabilitatea oțelului.

(3) Sudarea barelor de armătură trebuie să fie proiectată și detaliată, iar sudurile trebuie să fie detaliate în specificația de execuție.

(4) Atunci când încărcarea este predominant statică, se recomandă ca sudarea să fie efectuată în conformitate cu SR EN ISO 17660-1.

(5) Indicații privind operațiunile de sudare sunt date în SR EN 1992-1-1:2004, art. 3.2.5.

(6) În acest Normativ se vor aplica prevederile pentru armături și piese înglobate, precum și pentru operațiunile de armare ale elementelor din beton armat în conformitate cu NE 012/2.

4.4 Cerințe minime privind turnarea și compactarea betonului

(1) Betonul va fi turnat și compactat în cofraje/tipare, care vor respecta prevederile relevante din SR EN 13670 și NE 012/2, Capitolul 6 și Anexa C.

(2) Betonul va fi turnat și compactat astfel încât să nu conțină o cantitate apreciabilă de aer (oclus), în afară de aerul antrenat (de exemplu, pentru a obține rezistența necesară la îngheț) pentru a evita segregarea și pentru a asigura înglobarea corespunzătoare a armăturii.

(3) Se vor avea în vedere regulile specifice prezentate în NE 012/2, articolul 9.4 și Anexa F.

4.5 Tratarea betonului

(1) Se vor aplica art. 4.2.1.3 și 4.2.1.4 din SR EN 13369 și prevederile din proiect/caietul de sarcini.

4.6 Armarea și precomprimarea elementelor prefabricate

(1) În această reglementare se vor aplica prevederile privind precomprimarea din NE 012/2, Capitolul 8 și Anexa E, inclusiv în ceea ce privește precomprimarea prin postîntindere.

4.6.1 Întinderea armăturilor și transferul eforturilor la beton

(1) Forța maximă de precomprimare inițială aplicată elementului prefabricat trebuie să nu provoace:

- fisuri longitudinale, ruperi, despicări, zdrobiri locale ale betonului;
- deformații instantanee sau din curgere lentă excesive.

(2) Se recomandă ca eforturile unitare de pretensionare inițiale și de scurtă durată, specificate de proiectant să fie limitate la valorile furnizate în Tabelul 4.6 sau să fie convenite pentru un proiect specific de către părțile relevante.

Tabelul 4.6. Limite ale valorilor eforturilor unitare de pretensionare de scurtă durată

Efort unitar limitat	Limită a efortului unitar
Efort unitar maxim de întindere aplicat armăturii ^a , $\sigma_{p,max}$ (Clasa 2)	$\leq 0,8f_{pk}$
	$\leq 0,9f_{p0,1k}$
Supratensionare ^b (de exemplu în cazul dezvoltării unei forțe de frecare neașteptat de mari) (Clasa 1)	$\leq 0,95f_{p0,1k}$
Efort unitar maxim după transferul pretensionării spre ancoraj ^c , $\sigma_{p,m}(x,0)$	$\leq 0,75f_{pk}$
	$\leq 0,85f_{p0,1k}$
^a Forța de tensionare poate fi măsurată cu o exactitate de $\pm 10\%$ pentru o singură armatură/forță din valoarea finală a forței de pretensionare și de $\pm 5\%$ pentru forța totală.	
^b Supratensionarea este permisă numai dacă forța de tensionare poate fi măsurată cu o exactitate de $\pm 5\%$ pentru o singură armatură/ forță din valoarea finală a forței de pretensionare.	
^c Efortul unitar ulterior transferului la ancoraj este determinat prin scăderea pierderilor instantanee (a se vedea SR EN 1992-1-1:2024 art. 7.6.3) din efortul inițial aplicat la extremitatea activă.	

(3) La transferul forței de pretensionare, betonul va avea o rezistență minimă la compresiune $f_{cm,p}$ stabilită de proiectant și care va fi de minimum 1,50 ori mai mare decât efortul maxim de compresiune în beton și nu mai puțin de 25 MPa (rezistența determinată pe cub).

(4) Prin proiectare efortul de compresiune în betonul din structură datorat forței de precomprimare precum și altor încărcări ce acționează în timpul tensionării sau al pierderilor de tensiune se limitează la $0,40f_{cm}(t_0)$. Atunci când efortul unitar de compresiune la vârsta t_0 depășește valoarea $0,40f_{cm}(t_0)$ în combinația cvasipermanentă de acțiuni, se recomandă luarea în considerare a neliniarității curgerii lente. În astfel de cazuri, coeficientul de curgere lentă teoretic, neliniar, se va determina în conformitate cu Anexa B din SR EN 1992-1-1:2024. A se vedea și nota de la art. 4.7.2.

4.7 Pierderi de tensiune

4.7.1 Pierderi instantanee de tensiune

(1) Prin proiectare se determină pierderile instantanee $\Delta\sigma_{p,i(x)}$ și se recomandă ca următoarele influențe să fie luate în considerare pentru pretensionare și post-tensionare, dacă este cazul:

- în timpul procesului de tensionare: pierderi datorate frecării dintre oțelul pentru precomprimare și teacă sau dispozitivele de deviere $\Delta\sigma_{p,\mu(x)}$ în conformitate cu art.7.6.3.2 din SR EN 1992-1-1:2024;

- b. în timpul procesului de tensionare: pierderi de tensiune în ancoraj (de exemplu, lunecarea în ancoraje) în conformitate cu art. 7.6.3.3 din SR EN 1992-1-1:2024 și art. 4.2.3.2.5 din SR EN 13369;
- c. la transferul pretensionării către beton: pierderi datorate deformării instantanee a betonului, a se vedea 7.6.3.4 din SR EN 1992-1-1:2024;
- d. pierderi datorate relaxării armăturii de precomprimare pe perioada dintre tensionarea armăturilor și precomprimarea betonului $\Delta\sigma_{pr}$ (dacă este cazul), a se vedea Anexa B, art. B.9 din SR EN 1992-1-1:2024. În cazul tratării termice, pierderile datorate contracției și relaxării sunt modificate și se recomandă ca acestea să fie evaluate în consecință; de asemenea, se recomandă să se ia în considerare efectul termic direct (a se vedea 13.4.2 din SR EN 1992-1-1:2024).

(2) Se vor avea în vedere și considerații generale privind pierderile de tensiune care sunt prezentate în SR EN 13369, Anexa H.

4.7.2 Pierderi de tensiune dependente de timp

(1) În cazul elementelor prefabricate din beton precomprimat, la proiectare, trebuie să se ia în considerare și pierderile de tensiune dependente de timp.

(2) Se recomandă ca pierderile dependente de timp să fie calculate luând în considerare următoarele două cazuri de reducere a efortului unitar:

- a) reducerea deformației specifice a betonului având drept cauze fenomenele de curgere lentă și contracție, sub acțiunea încărcărilor cvasipermanente și
- b) reducerea efortului unitar în oțel datorită relaxării la întindere (a se vedea Anexa B, art. B.9 din SR EN 1992-1-1:2024).

(3) Este permis ca interacțiunea dintre relaxarea oțelului pentru precomprimare și deformația betonului datorate curgerii lente și contracției să fie luate în considerare, în general, prin aplicarea unui coeficient de reducere de 0,8 asupra efortului unitar calculat din relaxare.

Notă : Aplicabile elementelor de beton precomprimat sunt limitările eforturilor de compresiune în beton: la $0,6f_{ck}$ (este permis ca efortul unitar de compresiune σ_c să fie crescut la $0,66f_{ck}$ dacă acoperirea este mărită cu 10 mm sau se asigură confinare prin armătură transversală), sub încărcări totale de exploatare (combinația caracteristică), în medii de expunere XD, XF sau XS, și la $0,45f_{ck}$ sub încărcări de lungă durată (combinația cvasipermanentă). Prima condiție urmărește evitarea fisurării longitudinale, în timp ce a doua condiție urmărește limitarea deformațiilor de curgere lentă.

5. Specificații privind elementele prefabricate

5.1 Proprietăți geometrice

5.1.1 Toleranțe

(1) În acest Normativ se vor aplica prevederile privind toleranțele în conformitate cu SR EN 13369, art. 4.3.1.1.

(2) Prevederile pentru stabilirea grosimii stratului de acoperire cu beton al armăturilor sunt prezentate la art. 5.7 al prezentului Normativ.

5.1.2 Dimensiuni minime și detalii

(1) În acest Normativ se vor aplica prevederile privind toleranțele în conformitate cu SR EN 13369, art. 4.3.1.2.

(2) Regulile privind dimensiunile minime și alcătuirea detaliilor în conformitate cu SR EN 1992-1-1:2024 se vor aplica la proiectare și vor fi respectate în execuție.

(3) Pentru detalii legate de metodele de măsurare se vor aplica prevederile în conformitate cu SR EN 13369, art. 5.2.

5.1.3 Caracteristicile suprafeței

(1) În acest Normativ se vor aplica prevederile privind caracteristicile suprafeței în conformitate cu SR EN 13369, art. 4.3.2.

(2) La proiectare se vor avea în vedere regulile privind transferul de forfecare de-a lungul unei interfețe date, cum ar fi o interfață între două betoane turnate în momente diferite, de exemplu între un element prefabricat și un beton turnat monolit, în conformitate cu art. 8.2.6 din SR EN 1992-1-1:2024. Referința include, pentru producătorul elementelor prefabricate, prevederi privind rugozitatea interfețelor.

(3) Pentru identificarea caracteristicilor de finisare a suprafeței se aplică SR CEN/TR 15739.

(4) Pentru detalii legate de metodele de determinare a caracteristicilor suprafeței se vor aplica prevederile SR EN 13369, art. 5.2.

(5) Pentru aplicații specifice se poate trata suprafața betonului prin acoperire cu pelicule de protecție sau șlefuire mecanică în conformitate cu CD 139, cu prevederile proiectului și ale prezentului Normativ.

5.2 Caracteristici mecanice

5.2.1 Determinarea rezistenței la compresiune a betonului din elementul prefabricat

(1) Rezistența la compresiune pentru verificarea clasei de rezistență a betonului este definită la art. 5.2.2 și se poate determina pe baza rezistenței potențiale (art. 4.2.1.7.1) sau a rezistenței structurale.

(2) Producătorul poate determina rezistența structurală directă sau rezistența structurală indirectă. În caz de litigiu se utilizează rezistența structurală directă.

5.2.1.1 Rezistența structurală directă

(1) Pentru controlul calității betonului, determinarea rezistenței structurale directe poate fi aleasă de producător ca alternativă la determinarea rezistenței potențiale. Se vor aplica prevederile Anexei B din SR EN 13369.

(2) Rezistența structurală directă la compresiune poate fi determinată în conformitate cu SR EN 12504-1 pe carote extrase din elementul structural. Este permisă aplicarea încercărilor nedistructive efectuate asupra elementului prefabricat în conformitate cu SR EN 12504-2, cu condiția stabilirii unei corelații cu rezultatele unor încercări distructive pe probe de beton, în conformitate cu SR EN 13791.

5.2.1.2 Rezistența structurală indirectă

(1) Pentru procesele de producție stabilizate, aplicate pe o perioadă îndelungată de timp, fiind acumulată o experiență tehnologică suficientă, în care compoziția betonului și metodele de întărire nu sunt modificate, rezistența structurală indirectă la compresiune poate fi evaluată pe probe realizate din beton întărit și menținut în condiții de fabrică, cât mai aproape de produsul prefabricat din beton, cu condiția efectuării, în cazul în care se solicită de către proiectant, a unor teste inițiale care stabilesc corelația cu rezistența structurală directă. Se vor aplica prevederile Anexei B din SR EN 13369.

(2) Factorii de conversie pentru relația dintre rezistența structurală indirectă și rezistența structurală directă se stabilesc în cadrul încercărilor inițiale. În funcție de forma și/sau dimensiunea specimenelor care trebuie luate în considerare, acest factor de conversie poate include un factor de conversie de formă și/sau dimensiune.

(3) Pentru situații tranzitorii în timpul producției, una din funcțiile de maturitate NURSE-SAUL sau ARRHENIUS pot fi utilizate pentru a determina indirect rezistența structurală a betonului dacă în timpul calibrării (testării inițiale) și monitorizării calibrării (testării

continue) a fost stabilită – prin intermediul factorului/ indicelui de maturitate (M_{Ns} sau M_A) - o corelație între rezistența, temperatura și vârsta acestuia. Detalii privind aplicarea acestor funcții sunt prezentate în Anexa G (informativă) din prezentul Normativ.

(4) Prin rezistența structurală a betonului se înțelege de cele mai multe ori rezistența la compresiune, metoda putându-se folosi însă și pentru determinarea indirectă a rezistenței la întindere, unde aceasta este necesară din punct de vedere tehnologic sau structural.

(5) Relația dintre rezistența structurală și rezistența potențială prezentată la art. 4.2.1.7.1 se stabilește prin împărțirea rezistenței structurale cu $\eta = 0,85$.

(6) Când în urma testării rezultă că verificarea conformității cu metodele prezentate pentru determinarea rezistenței potențiale, rezistenței structurale directe prin aplicarea încercărilor nedistructive (5.2.1.1 (2)) și indirecte nu este îndeplinită, prefabricatele produse în ziua corespunzătoare vor fi supuse unei evaluări directe. Această evaluare trebuie făcută prin testarea rezistenței structurale directe pe carote extrase din produsele prefabricate. Se vor aplica prevederile Anexei B din SR EN 13369.

5.2.2 Verificarea rezistenței mecanice a elementelor și produselor prefabricate

(1) Clasa de rezistență la compresiune a betonului va fi declarată;

(2) Determinarea rezistenței la compresiune a betonului din elementele prefabricate pentru stabilirea clasei de rezistență a betonului se va realiza conform SR EN 12390-3:

- a. pe specimene turnate în conformitate cu SR EN 12390-1 și SR EN 12390-2 (rezistența potențială);
- b. sau pe carote în conformitate cu SR EN 12504-1 (rezistența structurală directă).

(3) În cazul produselor prefabricate rezistența se determină pe epruvete sau pe produsul finit, conform prevederilor standardului de produs.

(4) Pentru determinarea rezistenței structurale directe nu se aplică condițiile de menținere din SR EN 12390-2.

(5) Diferitele forme și dimensiuni ale epruvetelor dau valori diferite pentru rezistența betonului. Astfel, se vor aplica factori de formă corespunzători pentru a obține rezistențe echivalente cilindrice sau cubice în conformitate cu SR EN 13369 art. 5.1.1 și SR EN 13791. Pentru alte forme și dimensiuni ale epruvetelor, factorii de conversie se stabilesc prin testarea inițială conform SR EN 206+A2:2021, art.5.5.1.1.

(6) Rezistența mecanică poate fi verificată și declarată pe baza încercării inițiale de tip și în timpul controlului producției din fabrică asupra produsului finit;

(7) Pentru a demonstra durabilitatea produsului finit, în afară de declararea clasei de rezistență la compresiune, trebuie specificați și alți parametri relevanți, precizați în proiect – în cazul elementelor prefabricate – sau în standardul de produs – în cazul produselor prefabricate (se vor avea în vedere prevederile art. 5.7).

(8) Toate proprietățile structurale relevante ale elementului / produsului vor fi luate în considerare la proiectare, atât la starea limită ultimă cât și la starea limită de serviciu.

(9) Pentru pierderile de tensiune, se vor avea în vedere prevederile art. 4.6.

(10) Rezistența mecanică a elementului prefabricat va putea fi verificată prin aplicarea următoarelor metode :

- a. prin calcul (în conformitate cu art. 5.2.2.1);
- b. prin calcul și încercări (în conformitate cu art. 5.2.2.2);
- c. prin încercări (în conformitate cu art. 5.2.2.3).

5.2.2.1 Verificare prin calcul

(1) Valorile de proiectare ale rezistenței mecanice obținute prin calcul se verifică în conformitate cu prevederile specifice din SR EN 1992-1-1:2024 și cu regulile complementare date în aceasta și în standardele de produs, după caz.

Redactarea II

5.2.2.2 Verificare prin calcul și încercări

(1) Testarea elementelor prefabricate este necesară pentru a completa verificarea prin calcul în cazul aplicării unor reguli de proiectare/ modelări structurale speciale neacoperite în totalitate de prevederile art. 5.2.2.1 sau ori de câte ori proiectantul, executantul sau beneficiarul consideră necesar.

(2) În aceste cazuri, este necesară testarea fizică pe un număr redus de elemente la scară naturală înainte de începerea producției pentru a verifica fiabilitatea modelului de proiectare utilizat pentru calcul (încercări inițiale de tip). Testele vor fi efectuate, pe baza unui proiect de încercare, prin aplicarea încărcărilor până la starea limită ultimă stabilită prin proiectul de execuție.

5.2.2.3 Verificare prin încercare

(1) În cazul verificării prin încercare, valorile declarate se verifică prin testarea directă a rezistenței efectuată pe elementele prefabricate, aplicând criteriile statistice adecvate.

5.2.2.4 Factori de siguranță

(1) La proiectarea elementelor prefabricate se vor aplica prevederile pentru factorii de siguranță parțiali pentru materiale, prevăzuți în SR EN 1990, SR EN 1992-1-1:2024 și din SR EN 13369, Anexa C.

5.3 Situații tranzitorii

(1) În acest Normativ se vor considera situațiile tranzitorii prevăzute în SR EN 13369 art. 4.3.3.6, precum și regulile privind execuția structurilor din elemente prefabricate în conformitate cu NE 012/2. Rezistențele betonului corespunzătoare diverselor situații tranzitorii vor fi stabilite prin proiect, iar verificarea îndeplinirii lor se va face experimental în conformitate cu prevederile prezentului Normativ. Pentru etapele tranzitorii (de ex. decofrare, transfer, manipulare, transport, depozitare, livrare, montare) proiectul va include prevederi distincte (rezistențe, scheme de manipulare și reținere etc.). Se vor avea, de asemenea, în vedere prevederile articolului 4.2.1.7.1, paragrafele (8) și (9).

5.4 Rezistența și reacția la foc

(1) În acest Normativ se vor aplica prevederile pentru rezistența și reacția la foc din SR EN 13369 art.4.3.4, SR EN 206+A2:2021 (art. 5.5.4) și SR EN 1992-1-2:2024. Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-2: Calculul comportării la foc.

5.5 Proprietăți acustice

(1) În acest Normativ se vor aplica prevederile pentru proprietățile acustice din SR EN 13369 art. 4.3.5.

5.6 Proprietăți termice

(1) În acest Normativ se vor aplica prevederile pentru proprietățile termice din SR EN 13369 art. 4.3.6.

5.7 Durabilitatea elementului prefabricat

(1) Următoarele specificații se referă la elementele prefabricate pentru asigurarea unei durate de viață conformă cu SR EN 1992-1-1: 2024, suplimentar față de cerințele formulate la art. 4.2.1.9.4 pentru beton.

(2) Durabilitatea elementelor prefabricate din beton este asigurată dacă se au în vedere cel puțin următoarele cerințe minime:

- a. protecția betonului nou turnat împotriva uscării (în conformitate cu art. 4.5 al prezentului Normativ);
- b. rezistența minimă a betonului (în conformitate cu art. 4.2.1.4 și 4.2.1.7 ale prezentului Normativ);

- c. acoperirea minimă și calitatea betonului (în conformitate cu art. 5.7.2 al prezentului Normativ);
- și, după caz:
- d. hidratarea accelerată prin tratare termică (în conformitate cu art. 4.5 al prezentului Normativ)
- e. prevederile specifice pentru a asigura integritatea suprafeței produsului finit (în conformitate cu art. 5.7.1 al prezentului Normativ);
- f. absorbția de apă (în conformitate cu articolul 5.7.3 al prezentului Normativ).

(3) În cazul produselor din beton nestructural sau când durata de viață proiectată a elementelor prefabricate este mai scurtă sau mai lungă decât valoarea corespunzătoare din SR EN 1992-1-1: 2024, specificațiile de durabilitate pot fi adaptate domeniului specific de aplicare.

5.7.1 Integritatea suprafeței produsului finit

(1) Atunci când este relevant, rezistența la suprafață a betonului împotriva proceselor de deteriorare, cum ar fi cele datorate unor anumite reacții chimice, sau a unor procese fizice de îngheț-dezgheț, abraziune mecanică etc. se asigură prin prevederi corespunzătoare pe baza normativului CD 139, cerințelor din proiect/ caiete de sarcini.

(2) Se recomandă în aceste cazuri aplicarea metodelor de performanță, a procedurii durabilității echivalente, în conformitate cu prevederile pentru asigurarea rezistenței la suprafață a betonului din SR EN 13369 art. 4.3.7.2 și 4.3.7.5.

5.7.2 Acoperirea minimă cu beton a armăturii pentru asigurarea protecției armăturii

(1) Determinarea acoperirilor minime cu beton $c_{min,dur}$ care depind de durata de viață proiectată, de clasa de expunere și de clasa de rezistență la expunere (ERC) sunt prezentate în Tabelul 5.1 și respectiv Tabelul 5.2 și corespund prevederilor standardului SR EN 1992-1-1: 2024. Aceasta este considerată metoda de bază.

Tabelul 5.1. Acoperire minimă cu beton $c_{min,dur}$ pentru armături din oțel carbon — Carbonatare

Clasa de expunere (carbonatare)								
ERC	XC1		XC2		XC3		XC4	
	Durata de viață proiectată (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: Clasele XRC pentru rezistența împotriva coroziunii induse de carbonatare sunt deduse pe baza adâncimii de carbonatare [mm] (valoare caracteristică a fractilului de 90 %) presupusă a fi obținută după 50 ani în condiții de referință (400 ppm CO₂ într-un mediu constant de 65 %-RH și la 20°C). Valoarea indicată prin XRC este exprimată ca viteză de carbonatare [mm/√(ani)].

Nota 2: Valorile recomandate ale acoperirii minime cu beton $c_{min,dur}$ presupun execuția și tratarea în conformitate cu SR EN 13670, ambele cel puțin de clasa 2.

Nota 3: Acoperirile minime pot fi majorate printr-un factor de securitate suplimentar $\Delta c_{dur,y}$, luând în considerare cerințe speciale (de exemplu, condiții de mediu extreme).

Tabelul 5.2. Acoperire minimă cu beton $c_{min,dur}$ pentru armături din oțel carbon — Cloruri

ERC	Clasa de expunere (cloruri)											
	XS1		XS2		XS3		XD1		XD2		XD3	
	Durata de viață proiectată (ani)						Durata de viață proiectată (ani)					
	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100
XRDS 0,5	20	20	20	30	30	40	20	20	20	30	30	40
XRDS 1	20	25	25	35	35	45	20	25	25	35	35	45
XRDS 1,5	25	30	30	40	40	50	25	30	30	40	40	50
XRDS 2	25	30	35	45	45	55	25	30	35	45	45	55
XRDS 3	30	35	40	50	55	65	30	35	40	50	55	65
XRDS 4	30	40	50	60	60	80	30	40	50	60	60	80
XRDS 5	35	45	60	70	70	—	35	45	60	70	70	—
XRDS 6	40	50	65	80	—	—	40	50	65	80	—	—
XRDS 8	45	55	75	—	—	—	45	55	75	—	—	—
XRDS 10	50	65	80	—	—	—	50	65	80	—	—	—

Nota 1: Clasele XRDS pentru rezistența împotriva coroziunii induse de pătrunderea clorurilor sunt deduse pe baza adâncimii de pătrundere a clorurilor [mm] (valoare caracteristică a fractilului de 90 %), corespunzătoare unei concentrații de cloruri de referință (0,6 % din masa de liant (ciment + adaosuri de tip II)), presupusă a fi obținută după 50 de ani pe un beton expus la o pătrundere unilaterală a apei de mare de referință (30 g/l NaCl) la 20°C. Valoarea indicată prin XRDS este exprimată ca un coeficient de difuzie [10^{-13} m²/s].

Nota 2: Valorile recomandate ale acoperirii minime cu beton $c_{min,dur}$ presupun execuția și tratarea în conformitate cu SR EN 13670, ambele cel puțin de clasa 2.

Nota 3: Acoperirile minime pot fi majorate printr-un factor de securitate suplimentar $\Delta c_{dur,y}$, luând în considerare cerințe speciale (de exemplu, condiții de mediu extreme).

(2) Pentru structurile temporare sau cele cu o durată de viață proiectată de 30 de ani sau mai redusă, reducerea acoperirii este $-\Delta c_{min,30} \leq 5$ mm față de durată de viață proiectată de 50 de ani, în conformitate cu Tabelele 5.1 și 5.2.

(3) Este permis ca valorile pentru $c_{min,dur}$ furnizate în Tabelele 5.1 și 5.2 să fie reduse, $-\Delta c_{min,exc} \leq 5$ mm în următoarele condiții de execuție:

- o mai bună compactare a betonului poate fi asigurată de caracteristicile geometrice, de punerea în operă și de tratare (de exemplu, elemente cu geometrie de placă cu poziții ale armăturilor neafectate de procesul de execuție);
- sau tratarea respectă cel puțin clasa 3 de tratare din SR EN 13670.

(4) Pentru armăturile de precomprimare, pretensionate sau post-tensionate, se recomandă ca valorile de acoperire din Tabelele 5.1 și 5.2 să fie majorate cu $\Delta c_{min,p} = +10$ mm, cu excepția cazurilor în care sistemele de post-tensionare interne aderente sunt prevăzute cu un nivel de protecție 2 sau 3 și armăturile neaderente interioare sunt amplasate în teci rezistente la coroziune în conformitate cu SR EN 1992-1-1:2004.

(5) Rezistența împotriva coroziunii oțelului se poate obține ca abordare alternativă prin respectarea principiilor de la art. 4.1 din SR EN 1992-1-1:2004. Pentru produsele prefabricate din beton destinate duratei normale de viață proiectate (50 de ani), în SR EN 13369, Anexa A se recomandă utilizarea valorilor minime ale acoperirii cu beton a armăturii, conform Tabelului A.1, cu condiția ca un control special al calității producției din fabrică definit în NE 012/2 la art. 7.5.(5) să fie efectuat în conformitate cu art. 6.3 din SR EN 13369. Valorile acoperirilor din Tabelul A.1 se bazează pe prevederi preluate direct din SR EN 1992-1-1:2004 și SR EN 206+A2:2021. Valorile calculate utilizând

această metodă nu se vor situa sub cele determinate cu metoda de bază în conformitate cu 5.7.2 (1).

(6) Rezistența la coroziune poate fi obținută și prin protecția armăturii sau prin utilizarea oțelului inoxidabil.

5.7.3 Absorbția apei pe probe de beton extrase din elementul prefabricat

(1) În cazul verificării unor cerințe de durabilitate, absorbția de apă se poate determina în conformitate cu SR EN 13369, Anexa F, pe probe tăiate sau carotate din elementele prefabricate.

5.7.4 Rezistența la coroziune electrochimică a armăturilor de oțel beton

Rezistența la coroziune electrochimică a armăturilor de oțel beton poate fi obținută prin aplicarea SR EN ISO 12696:2022 (Protecția catodică a oțelului în beton).

5.7.5 Rezistența betonului la coroziunea biogenă

Rezistența betonului la coroziunea biogenă se obține prin aceleași măsuri compoziționale ca și la atacul chimic slab, însoțite de aplicarea unor pelicule rezistente la atacul acid (acolo unde este cazul) și efectuarea la timp a lucrărilor de întreținere.

5.8 Alte specificații

5.8.1 Siguranța la manipulare

(1) În prezentul Normativ se vor aplica prevederile privind siguranța la manipulare a elementelor prefabricate din beton din SR EN 13369 art.4.3.8.1 și SR EN 13670 art. 9.4 și 9.5.

5.8.2 Siguranța la utilizare

(1) În prezentul Normativ se vor aplica prevederile privind siguranța la utilizare a elementelor și produselor prefabricate din beton în conformitate cu SR EN 13369 art. 4.3.8.2.

5.8.3 Greutatea proprie

(1) În prezentul Normativ se vor aplica prevederile privind declararea greutății proprii a elementelor prefabricate din beton din SR EN 13369 art. 4.3.8.3, aplicându-se metodele prezentate la art. 5.3 din SR EN 13369.

6. Evaluarea și verificarea constanței performanței

6.1 Considerații generale

(1) În prezentul Normativ se vor aplica prevederile privind evaluarea și verificarea constanței performanței în conformitate cu SR EN 13369 art. 6.

(2) În cazul produselor prefabricate, atribuirea sarcinilor pentru producător și pentru organismul notificat în atribuirea marcatului CE este definită în Anexa ZA relevantă a standardului de produs. Anumite sarcini descrise în acest Normativ pot să nu fie relevante pentru marcatul CE.

6.1.1 Demonstrarea conformității

(1) Conformitatea produselor din beton cu specificațiile relevante ale standardului de produs și cu performanțele declarate de producător trebuie demonstrate prin:

- a. determinarea tipului de produs ;
- b. controlul producției în fabrică.

(2) Producătorul trebuie să dispună de mijloacele necesare efectuării controlului și își asumă responsabilitatea pentru conformitatea produsului cu performanța (performanțele) declarată(e).

6.1.2 Evaluarea constanței performanței

(1) În prezentul Normativ se vor aplica prevederile privind evaluarea și verificarea constanței performanței în conformitate cu SR EN 13369 art. 6.1.3 care constă în evaluarea controlului producției în fabrică și evaluarea performanței.

6.1.3 Familii de produse

(1) În prezentul Normativ se vor aplica prevederile de performanță privind familiile de produse în conformitate cu SR EN 13369 art. 6.1.4.

6.2 Evaluarea performanței

(1) În prezentul Normativ se vor aplica prevederile privind evaluarea performanței în conformitate cu SR EN 13369 art. 6.2.

6.3 Controlul producției în fabrică

(1) În prezentul Normativ se vor aplica prevederile privind controlul producției în fabrică în conformitate cu SR EN 13369 art. 6.3.

(2) În ceea ce privește criteriile de conformitate pentru evaluarea rezistenței la compresiune a betonului pentru faza inițială, înainte de atingerea perioadei minime de producție specificate în SR EN 13369 art. 6.3.8.1, evaluarea se va baza pe criteriile date în formulele :

(2.1) Pentru rezistența individuală :

a. Pentru clasele de beton C12/15 și C16/20, în cazul elementelor din beton simplu, fiecare valoare individuală f_{ci} va satisface următoarele criterii:

$$C12/15: (f_{ci} \geq f_{ck}-2)$$

$$C16/20: (f_{ci} \geq f_{ck}-3)$$

b. Pentru celelalte clase de rezistență criteriul va fi:

$$(f_{ci} \geq f_{ck}-4)$$

(2.2) Rezistența medie f_{cm} va trebui să satisfacă criteriul $f_{cm} \geq f_{ck}+4$ MPa, indiferent de clasa de rezistență.

în care :

f_{ci} este rezultatul individual al rezistenței la compresiune a betonului;

f_{cm} este rezistența medie la compresiune a betonului;

f_{ck} este valoarea caracteristică a rezistenței la compresiune a betonului.

(3) Aceleași criterii vor fi aplicate în cazul unor producții ocazionale necontinue;

(4) Evaluarea conformității rezistenței betonului în perioada de producție continuă poate fi efectuată folosind o schemă de control în conformitate cu specificațiile din SR EN 206+ A2: 2021.

(5) Orice metodă de testare indirectă pentru determinarea rezistenței betonului la compresiune, de exemplu metoda indicilor de recul și/sau metoda vitezei ultrasunetului poate fi utilizată cu condiția stabilirii și menținerii unei corelații sigure cu metoda directă distructivă, care este de referință. În Anexa H, informativă a Normativului se prezintă o metodă de stabilire a unei corelații între metodele directe și indirecte.

(6) Anexa B a SR EN 13369 prezintă detalii legate de evaluarea conformității rezistenței la compresiune a betonului.

(7) În cazul elementelor prefabricate determinarea rezistenței structurale prin extragerea și încercarea carotelor se va aplica doar în cazuri speciale (documentate în proiect, inclusiv în ceea ce privește metodele de reparare) și în cazul elementelor

neconforme din punct de vedere al neîndeplinirii clasei potențiale sau al defectelor de suprafață neacceptate conform Anexei G din SR EN 13369.

7. Marcaj

(1) În prezentul Normativ se vor aplica prevederile privind marcajul în conformitate cu SR EN 13369 art.7.

8. Documentația tehnică

(1) În prezentul Normativ se vor aplica prevederile privind documentația tehnică în conformitate cu SR EN 13369 art. 8.

ANEXA A

(normativă)

Cerințe pentru armături

A1. Armături pentru beton armat

(1) Proprietățile specificate ale armăturii care sunt necesare pentru proiectare și execuție trebuie să includă cel puțin:

- clasa de rezistență în conformitate cu Tabelul A1;
- clasa de ductilitate în conformitate cu Tabelul A2;
- diametrul sau dimensiunea;
- aptitudinea de îndoire și îndoire-dezdoire.

Tabelul A1. Clase de rezistență ale armăturilor

Proprietăți figurate în diagrama efort unitar-deformație specifică (Figura A1)	Clasa de rezistență a armăturii					
	B400	B450	B500	B550	B600	B700
Valoarea caracteristică a lui f_{yk} (MPa)	400	450	500	550	600	700

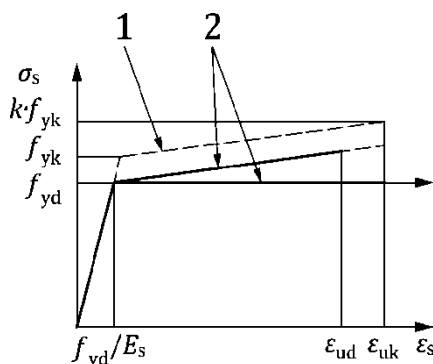
Tabelul A2. Clase de ductilitate ale armăturilor

Proprietăți figurate în diagrama efort unitar-deformație specifică (Figura A1)	Clasa de ductilitate a armăturii		
	A	B	C
Valoarea caracteristică a lui $k = (f_t/f_y)_k$	1,05	1,08	de la 1,15 până la 1,35
Valoarea caracteristică a deformației la forță maximă ϵ_{uk}	2,5%	5,0%	7,5%

Nota 1: SR EN 10080 specifică limita de curgere la întindere R_e ca valoare caracteristică bazată pe nivelul de calitate pe termen lung al producției. În schimb, f_{yk} este limita de curgere caracteristică bazată numai pe armătura utilizată într-o anumită structură. Nu există o relație directă între f_{yk} și caracteristica R_e sau $R_{p0,2}$. Cu toate acestea, pe baza metodelor de evaluare și verificare, limita de curgere R_e furnizată în SR EN 10080 poate fi considerată ca f_{yk} .

Nota 2: Precizări suplimentare legate de caracteristicile de rezistență și durabilitate ale armăturilor pentru beton armat sunt prezentate în Anexa C a SR EN 1992-1-1:2024.

Nota 3: Recomandări privind barele și sârmele amprentate sunt date în Anexa J a SR EN 13369.



Legendă

- diagramă nominală de referință
- diagrame de proiectare

Figura A1. Diagrame efort unitar-deformație specifică pentru armături din oțel carbon (pentru întindere și compresiune)

Redactarea II

A2. Armături preîntinse (armături pentru precomprimarea betonului)

(1) Proprietățile specificate ale oțelului pentru precomprimare care sunt necesare pentru proiectarea și execuția elementelor din beton precomprimat trebuie să includă cel puțin:

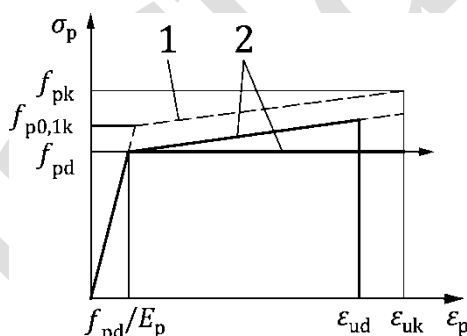
- clasa de rezistență în conformitate cu Tabelul A3;
- tip de produs: sârmă, toron sau bară;
- diametrul sau dimensiunea.

Tabelul A3. Clase de rezistență ale oțelului pentru precomprimare

Proprietăți figurate în diagrama efort unitar-deformație specifică (Figura A.2) (valori caracteristice)	(a) Sârme ^a			
	Y1570	Y1670	Y1770	Y1860
Limita de curgere convențională $f_{p0,1k}$ (MPa)	1 380	1 470	1 550	1 650
Rezistența la întindere f_{pk} (MPa)	1 570	1 670	1 770	1 860
	(b) Toroane ^a			
	Y1770	Y1860	Y1960	Y2060
Limita de curgere convențională $f_{p0,1k}$ (MPa)	1 560	1 640	1 740	1 830
Rezistența la întindere f_{pk} (MPa)	1 770	1 860	1 960	2 060
	(c) Bare ^a			
	Y1030	Y1050	Y1100	Y1230
Limita de curgere convențională $f_{p0,1k}$ (MPa)	835	950	900	1 080
Rezistența la întindere f_{pk} (MPa)	1 030	1 050	1 100	1 230

Nota^a): În toate clasele de rezistență, valoarea raportului eforturilor unitare $k = (f_p/f_{p0,1})_k \geq 1,1$ și deformația caracteristică la forță maximă $\epsilon_{uk} = 3,5 \%$.

Nota 1: Precizări suplimentare legate de caracteristicile armăturilor pentru precomprimare sunt prezentate în Anexa C a SR EN 1992-1-1:2004.



Legendă

- diagramă nominală de referință
- diagrame de proiectare

Figura A2. Diagrame efort unitar-deformație specifică pentru oțelul pentru precomprimare (doar pentru întindere)

ANEXA B

(normativă)

Clase de expunere

(1) Clasele de expunere sunt definite în funcție de mecanismele de degradare avute în vedere pe durata de viață proiectată a betonului. Notăția utilizată pentru identificarea acestor clase este formată din două litere și o cifră.

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

- C de la **C**arbonation (Carbonatare)
- D de la **D**eicing Salt (Sare pentru dezgheț)
- S de la **S**eawater (Apă de mare)
- F de la **F**rost (Înghet)
- A de la **A**ggressive environment (Mediu agresiv chimic)
- M de la **M**echanical abrasion (Atac mecanic prin abraziune)

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

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

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

- a) nu se încadrează în limitele Tabelului B3;
- b) conțin alte substanțe agresive;
- c) solul sau apa sunt poluate chimic;
- d) prezintă o viteză ridicată de curgere a apei în combinație cu anumite substanțe chimice prezentate în Tabelul B3.

Tabelul B1. Clase de expunere

Denumirea clasei	Descrierea mediului înconjurător	Exemple informative ilustrând alegerea claselor de expunere
1. Niciun 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.
2. Coroziunea datorată carbonatării		

Denumirea clasei	Descrierea mediului înconjurător	Exemple informative ilustrând alegerea claselor de expunere
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).		
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.
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	Alternanță umiditate - uscare	Suprafețe supuse contactului cu apa, dar care nu intră în clasa de expunere XC2 (elemente exterioare expuse intemperiilor).
3. Coroziunea datorată clorurilor având altă origine decât cea marină		
Când betonul care conține armături sau piese metalice înglobate, este în contact cu apa având altă origine decât cea marină, lacuri sărate conținând cloruri, inclusiv din sărurile pentru dezghețare, clasele de expunere sunt după cum urmează: Notă: În ceea ce privește condițiile de umiditate, a se vedea secțiunea 2 din acest tabel.		
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	Alternanță umiditate - uscare	Elemente ale podurilor, ziduri de sprijin, expuse stropirii apei conținând cloruri. Șosele, dalele parcajelor de staționare a vehiculelor.
4. Coroziunea datorată clorurilor din apa de mare		
Când betonul care conține armături sau piese metalice înglobate, este pus în contact cu cloruri din apa de mare, sau expus acțiunii aerului ce vehiculează săruri marine, clasele de expunere sunt următoarele:		
XS1	Expunere la aerul ce vehiculează săruri marine, însă nu sunt în contact direct cu apa de mare	Structuri pe, sau în apropierea litoralului (agresivitatea atmosferică marină acționează asupra construcțiilor din beton, beton armat pe o distanță de 5 km de țărm).
XS2	Imersate în permanență	Elemente de structuri marine.
XS3	Zone de variație a nivelului mării, zone supuse stropirii sau ceței	Elemente de structuri marine.
5. Atac din îngheț-dezgheț cu sau fără agenți de dezghețare		
Când betonul este supus la un atac semnificativ datorat ciclurilor de îngheț-dezgheț, atunci când este umed, clasele de expunere sunt următoarele:		

Denumirea clasei	Descrierea mediului înconjurător	Exemple informative ilustrând alegerea claselor de expunere
XF1	Saturație moderată cu apă fără agenți de dezghețare	Suprafețe verticale ale betonului expuse la ploaie și la îngheț.
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.
XF3	Saturație puternică cu apă, fără agenți de dezghețare	Suprafețe orizontale ale betonului expuse la ploaie și la îngheț.
XF4	Saturație puternică cu apă, cu agenți de dezghețare sau apă de mare/ape naturale conținând cloruri	Șosele și tabliere de pod expuse la agenți de dezghețare. Suprafețele verticale ale betonului expuse la îngheț și supuse direct stropirii cu agenți de dezghețare. Zonele structurilor marine expuse la îngheț și supuse stropirii cu agenți de dezghețare

6. Atac chimic

Când betonul este expus la atac chimic, care survine din soluri naturale, ape de suprafață și ape subterane, clasificarea se face după cum se indică în Tabelul B3. Clasificarea apelor de mare depinde de localizarea geografică, în consecință se aplică clasificarea valabilă pe locul de utilizare a betonului.

XA1	Mediu înconjurător cu agresivitate chimică slabă, conform Tabelului B3	
XA2	Mediu înconjurător cu agresivitate chimică moderată, conform Tabelului B3	
XA3	Mediu înconjurător cu agresivitate chimică intensă, conform Tabelului B3	

7. 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 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 B1, 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 B2 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 I din NE 012/1. În acest caz, cerințele privind materialele componente și betonul sunt prevăzute în documentul „Instrucțiuni tehnice pentru protecția elementelor din beton armat și beton precomprimat supratere în medii agresive naturale și industriale”, indicativ C 170.

Tabelul B2. 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

Expunere		Combinatii de clase de expunere	
	Plăcile planșelor parcajelor subterane în centre comerciale		XC4, XD3, XM1
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
Mediu marin			
Fără contact cu apa de mare (aerul marin până la 5 km de coastă)			
Cu îngheț	Elemente exterioare ale construcțiilor expuse ploii în zonele litorale	XF2	XC4+ XS1+ XF2
În contact cu apa de mare			
Imersate	Elemente structurale sub apă	XA1 (XA2)	XC1+ XS2+ XA1 (XA2)
Elemente supuse stropirii	Pereții cheiurilor	XF4+ XA2 (XA1)	XC4+ XS3+ XF4+ XA2 (XA1)
¹⁾ Beton nearmat ²⁾ Beton armat ³⁾ Beton precomprimat			

(4) Mediile înconjurătoare chimic agresive, clasificate mai jos, sunt bazate pe soluri și ape subterane naturale la o temperatură apă/ sol cuprinsă între 5°C și 25°C și în cazurile în care viteza de scurgere a apei este suficient de mică pentru a fi considerată în condiții statice.

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

(6) Când cel puțin două caracteristici agresive conduc la aceeași clasă, mediul înconjurător se clasifică în categoria imediat superioară, dacă un studiu specific nu a demonstrat că aceasta nu este necesară.

Tabelul B3. Valorile limită pentru clasele de expunere corespunzătoare la atacul chimic al solurilor naturale și apelor subterane

Caracteristici chimice	Metode de încercări de referință	XA1	XA2	XA3
Ape subterane				
SO ₄ ²⁻ , mg/l	SR EN 196-2	≥ 200 și ≤ 600	> 600 și ≤ 3000	> 3000 și ≤ 6000
pH	SR EN 1262	≤ 6,5 și ≥ 5,5	≤ 5,5 și ≥ 4,5	< 4,5 și ≥ 4,0
CO ₂ agresiv, în mg/l	SR EN 13577	≥ 15 și ≤ 40	> 40 și ≤ 100	> 100 până la saturație
NH ₄ ⁺ , mg/l	SR ISO 7150-1	≥ 15 și ≤ 30	> 30 și ≤ 60	> 60 și ≤ 100
Mg ₂ ⁺ , mg/l	SR EN ISO 7980	≥ 300 și ≤ 1000	> 1000 și ≤ 3000	> 3000 până la saturație
Sol				
SO ₄ ²⁻ , mg/l ^a total	SR EN 196-2 ^b	≥ 2000 și ≤ 3000 ^c	>3000 ^c și ≤ 12000	>12000 ^c și ≤24000

Caracteristici chimice	Metode de încercări de referință	XA1	XA2	XA3
Aciditate în conformitate cu Baumann Gully, ml/kg	SR EN 16502	> 200	Nu sunt întâlnite în practică	
^a Solurile argiloase a căror permeabilitate este inferioară valorii de 10⁻⁵ m/s, pot fi clasate într-o clasă inferioară. ^b Metoda de încercare prevede extracția SO₄²⁻ cu acid clorhidric; alternativ este posibil de a proceda la această extracție cu apă, dacă aceasta este admisă la locul de utilizare a betonului. ^c Limita de 3000 mg/kg se reduce la 2000 mg/kg în caz de risc de acumulare de ioni de sulfat în beton datorită ciclurilor uscare-umezire, sau prin suțțiune capilară.				

Notă: Valorile limită pentru clasele de expunere corespunzătoare atacului chimic a pământurilor naturale și apelor subterane indicate în Tabelul B3 se aplică și apelor supraterrane staționare în contact cu suprafața betonului.

Anexa C

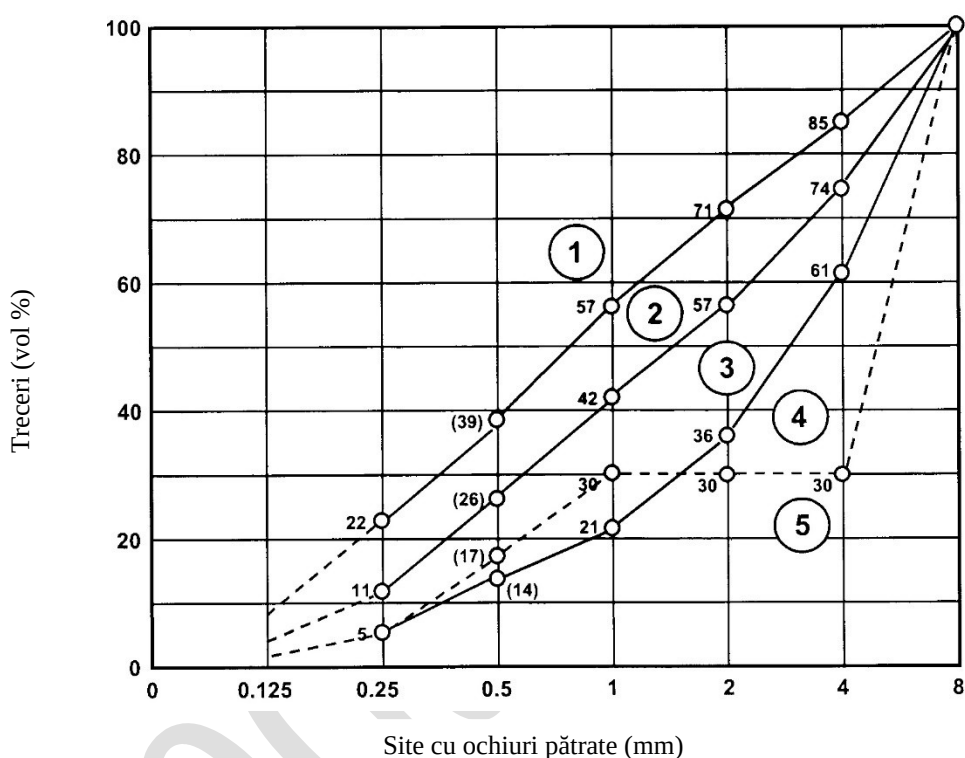
(normativă)

Compoziția granulometrică a agregatelor utilizate la prepararea betonului

(1) Compoziția granulometrică a agregatelor care se utilizează la prepararea betoanelor este descrisă prin procentul de volum al agregatului trecut prin sitele cu ochiuri pătrate cu dimensiuni de 0,125 mm, 0,25 mm, 0,5 mm, 1 mm, 2 mm, 4 mm, 8 mm, 16 mm, 22,4 (22) mm, respectiv 31,5 (32) mm și 63 mm.

(2) Compozițiile granulometrice ale agregatelor individuale sau compuse sunt determinate având în vedere SR EN 933-1.

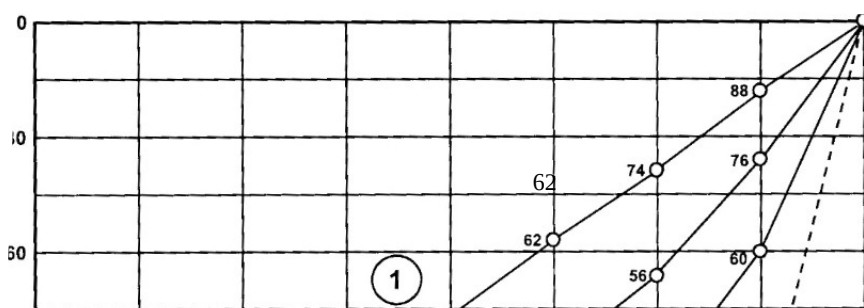
(3) Figurile de la C1 până la C5 prezintă zonele de granulozitate în funcție de dimensiunea maximă a agregatelor.

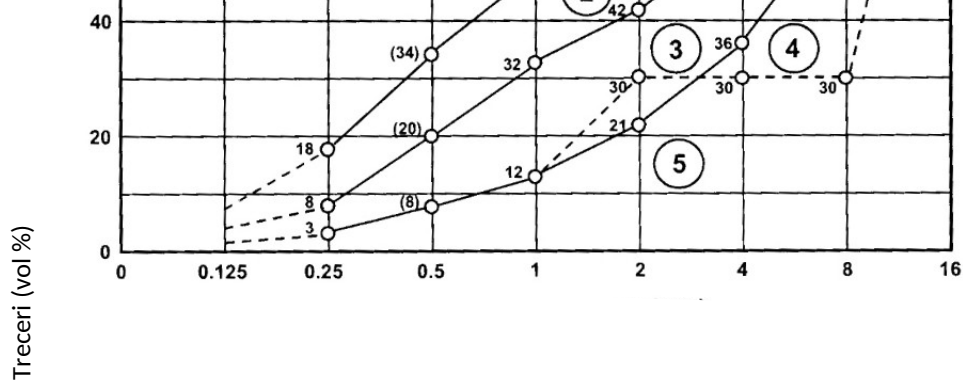


Legendă

- ① defavorabilă
- ② utilizabilă
- ③ favorabilă
- ④ favorabilă pentru compoziție granulometrică discontinuă
- ⑤ defavorabilă

Figura C1. Zone de granulozitate pentru dimensiunea maximă a agregatelor de 8 mm



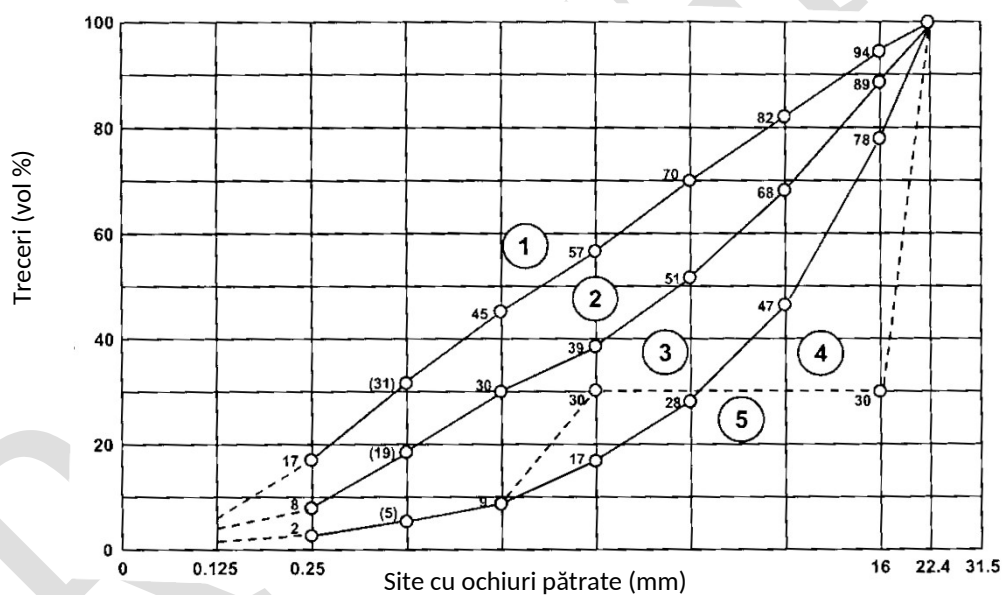


Legendă

- ① defavorabilă
- ② utilizabilă
- ③ favorabilă
- ④ favorabilă pentru compoziție granulometrică discontinuă
- ⑤ defavorabilă

Site cu ochiuri pătrate (mm)

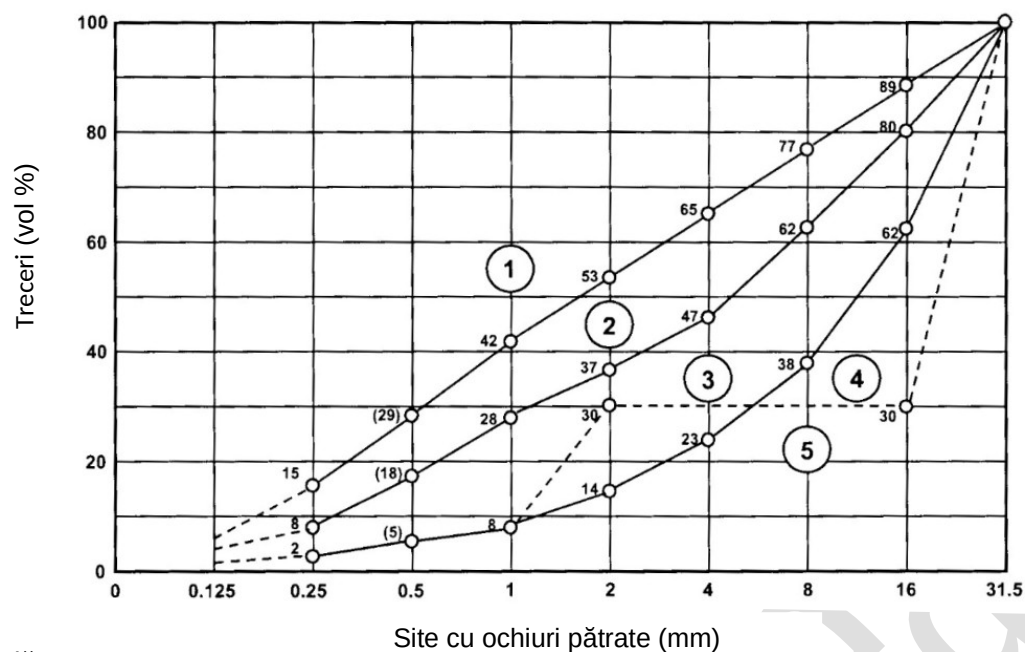
Figura C2. Zone de granulozitate pentru dimensiunea maximă a agregatelor de 16 mm



Legendă

- ① defavorabilă
- ② utilizabilă
- ③ favorabilă
- ④ favorabilă pentru compoziție granulometrică discontinuă
- ⑤ defavorabilă

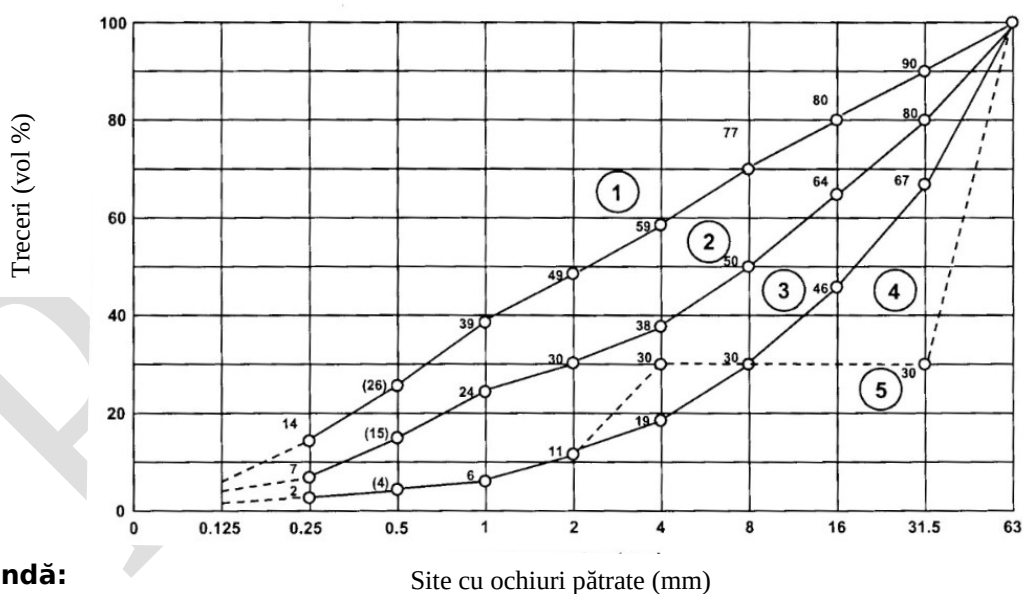
Figura C3. Zone de granulozitate pentru dimensiunea maximă a agregatelor de 22,4 (22) mm



Legendă :

- ① defavorabilă
- ② utilizabilă
- ③ favorabilă
- ④ favorabilă pentru compoziție granulometrică discontinuă
- ⑤ defavorabilă

Figura C4. Zone de granulozitate pentru dimensiunea maximă a agregatelor de 31,5 (32) mm



Legendă:

- ① defavorabilă
- ② utilizabilă
- ③ favorabilă
- ④ favorabilă pentru compoziție granulometrică discontinuă
- ⑤ defavorabilă

Figura C5. Zone de granulozitate pentru dimensiunea maximă a agregatelor de 63 mm

Anexa D

(normativă)

Valori pentru limitele compozițiilor betonului

(1) Această Anexă furnizează valorile limită ale compoziției și proprietăților betonului în funcție de clasa de expunere conform 4.2.1.4.

(2) Tabelele D1.1 și D1.2 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 D1.1 și D1.2 corespund diferitelor tipuri de cimenturi și agregatelor ale căror dimensiuni maxime sunt cuprinse între 20 și 31,5 (32) mm.

(3) În Tabelele D2.1 și D2.2 se prezintă domenii și exemple de utilizare a unor tipuri de cimenturi fabricate conform SR EN 197-1 și SR EN 197-5 pentru diferite clase de expunere.

(4) Pentru extinderea domeniilor de aplicare ale cimenturilor sau stabilirea acestora, se aplică prevederile Anexei J din NE 012/1. Pentru alte cimenturi care nu sunt cuprinse în SR EN 197-1 aptitudinea generală de utilizare se face pe baza prevederilor altor standarde europene 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 normativ. 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 efectuate în laboratoare autorizate independente prin care să se demonstreze comportarea betoanelor la diferite tipuri de solicitări fizico-mecanice și de mediu, în conformitate cu acest Normativ.

(5) Tabelele D3.1 și D3.2 furnizează conținutul maxim admis de părți fine în betonul preparat cu diferite dimensiuni maxime $D_{\max}$ ale granulelor agregatelor.

Redactarea II

Tabelul D1.1. Valorile limită pentru compoziția și proprietățile betonului pentru clasele de expunere X0, XC, XD și XS

	Clasele de expunere										
	Niciun risc de coroziune sau atac chimic	Coroziunea oțelului beton indusă prin carbonatare				Coroziunea oțelului beton datorată clorurilor					
						Cloruri din alte surse decât apa de mare			Cloruri din apa de mare		
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Raport maxim apă /ciment ^a	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,55	0,50	0,45	0,50	0,45	0,45
Clasa minimă de rezistență	C12/15 ^b	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
Dozaj minim de ciment (kg/m ³)	-	260	280	280	300	300	300 ^a	320 ^a	300	320 ^a	340 ^a
Conținut minim de aer antrenat (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alte condiții	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^{a)} Se consideră apa eficace (a se vedea definiția dată în SR EN 206+A2:2021 la pct. 3.1.3.4). Când este aplicat conceptul valorii k, raportul maxim apă/ciment și dozajul minim de ciment se modifică în conformitate cu 5.2.5.2 din SR EN 206+A2:2021

^{b)} În cazul elementelor din beton simplu

NOTĂ: Pentru produse prefabricate, în cazul betoanelor semiumede sau cu tasare redusă, cu agregate $\geq 16\text{mm}$, se admite reducerea dozajului de ciment cu până la 10%, în condițiile verificării îndeplinirii cerințelor de performanță precizate în standardele de produs.

Tabelul D1.2. 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 /ciment ^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 ciment (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 SR EN 12620, SR EN 1367-1 și SR EN 1367-2							Ciment rezistent la sulfați			Tratarea suprafeței betonului ^b		

^{a)} Conținutul de aer antrenat se stabilește în funcție de dimensiunea maximă a granulei în conformitate cu 4.2.1.6. 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-dezgheț 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 SO₄²⁻ conduce la o clasă de expunere XA2 și XA3 este esențial să fie utilizat un ciment rezistent la sulfați (a se vedea și Tabelele D2.1, D2.2).

^{d)} În cazul expunerii în zonele marine se utilizează cimenturi rezistente la acțiunea apei de mare (combinațiile specifice ale claselor de expunere).

^{e)} Se consideră apa eficace (a se vedea definiția dată la art. 3.1.16). Când este aplicat conceptul valorii k, raportul maxim apă ciment și dozajul minim de ciment se modifică în conformitate cu art. 5.2.5.2 din SR EN 206+A2:2021

NOTĂ: Pentru produse prefabricate, în cazul betoanelor semiumede sau cu tasare redusă, cu agregate ≥ 16mm, se admite reducerea dozajului de ciment cu până la 10%, în condițiile verificării îndeplinirii cerințelor de performanță precizate în standardele de produs.

Tabelul D2.1. Domenii de utilizare pentru cimenturi conform standardelor SR EN 197-1, SR EN 206+A2:2021^a și normativului NE012/1

Tip ciment			Clasele de expunere											
			Niciun risc de coroziune sau atac chimic	Coroziunea oțelului beton indusă prin carbonatare				Coroziunea oțelului beton datorată clorurilor						
								Cloruri din alte surse decât apa de mare			Cloruri din apa de mare			
			XO	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3	
CEM I			X	X	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	X	X
	A/B	V	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	A	LL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	B		X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	
	A	L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	B		X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	
	A	M	Se utilizează în conformitate cu prevederile Tabelului D2.2											
	B		Se utilizează în conformitate cu prevederile Tabelului D2.2											
CEM III	A		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CEM III	B ^e		X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
CEM III	C ^e		X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O

Tabelul D2.1 (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	LL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	B		O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	A	L	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X
	B		O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	A	M	Se utilizează în conformitate cu prevederile tabelului D2.2									
	B		Se utilizează în conformitate cu prevederile tabelului D2.2									
CEM III	A		X	X	X	X ^b	X	X ^d	X ^d	X	X	X
CEM III	B ^e		O	O	O	O	O	O	O	O	O	O

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 SR EN 197-1. Condițiile de utilizare a cimenturilor sunt formulate la 4.1.2.

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

^{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, definit în conformitate cu SR EN 197-1

^{d)} Se poate aplica, pe baza demonstrării performanțelor în conformitate cu Anexa normativă J din NE 012/1

^{e)} Se poate aplica, pentru anumite clase de expunere, pe baza demonstrării performanțelor în conformitate cu Anexa (normativă) J din NE 012/1

Nota 1: Pentru realizarea elementelor și produselor prefabricate se vor avea în vedere prevederile Tabelului 4.1 din prezentul Normativ.

Nota 2: Pentru realizarea elementelor prefabricate din beton precomprimat se utilizează numai cimenturile de tip CEM I și respectiv CEM II/A în cazul demonstrării unei comportări corespunzătoare a betonului în ceea ce privește caracteristicile de rezistență, deformații instantanee, respectiv din contracție și curgere lentă.

Tabelul D2.2. Domenii de utilizare pentru cimenturi de tip CEM II M, IV, V și VI conform standardelor SR EN 197-1 și SR EN 197-5

Tip ciment				Clasele de expunere											
				Niciun risc de coroziune sau atac chimic	Coroziunea oțelului beton indusă prin carbonatare				Coroziunea oțelului beton datorată clorurilor						
									Cloruri din alte surse decât apa de mare			Cloruri din apa de mare			
					XO	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
CEM II	M	A	S-LL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
			S-V; V-LL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		B	S-V	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
			S-LL; V-LL	X	X	X	C	C	C	O	O	O	O	O	
CEM II	M	B	S-V-LL	X	C	C	O	O	O	O	O	O	O	O	
CEM II	M	C ^b	S-V; S-LL; V-LL	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
CEM IVA ^b				X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
CEM IVB ^b				X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
CEM VA ^b				X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
CEM VB ^b				X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
CEM VI ^b			S-V; S-LL; V-LL	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	

Tabelul D2.2. (continuare)

Tip ciment				Clasele de expunere									
				Atac îngheț-dezghet				Atac chimic			Atac mecanic		
								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	X	C	X	C	X	X	X	X	X	X
		B	S-V	X	C	C	C	X	X	X	X	X	X
			S-LL; V-LL	C ^e	C ^e	C ^{c; e}	C ^{d; e}	O	O	O	X	O	O
CEM II	M	B	S-V-LL	C ^{c; e}	C ^{c; e}	O	O	O	O	O	O	O	O
CEM II	M	C ^b	S-V; S-LL; 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-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 normative J din NE 012/1.

^{a)} Când prezența de SO₄²⁻ conduce la o clasă de expunere XA2 și XA3 este esențial să fie utilizat un ciment rezistent la sulfați, definit în conformitate cu SR EN 197-1

^{b)} Se poate aplica pentru alte clase de expunere pe baza demonstrării performanțelor în conformitate cu Anexa (normativă) J din NE 012/1

^{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 în conformitate cu CD 139

^{e)} Se pot utiliza pe baza demonstrării performanțelor în conformitate cu Anexa (normativă) J din NE 012/1. 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 slab test și cube test aplicabile.

Nota 1: Pentru realizarea elementelor și produselor prefabricate se vor avea în vedere prevederile Tabelului 4.1 din prezentul Normativ.

Nota 2: În cazul utilizării altor tipuri de cimenturi fabricate în conformitate cu SR EN 197-1, SR EN 197-5 și SR EN 197-6, domeniile de utilizare pentru produsele prefabricate se stabilesc pe baza demonstrării performanțelor în conformitate cu Anexa normativă J din NE 012/1.

Tabelul D3.1. Conținutul maxim admis de părți fine în betonul preparat cu agregate având dimensiunea maximă $D_{\max}$ a granulelor cuprinsă de la 16 mm până la 63 mm pentru betoane de clasă $\leq C50/60$ și $LC \leq 50/55$

Dozaj ciment (kg/m ³)	Conținut maxim în părți fine (kg/m ³) < 0,125 mm
≤ 300	400
300 ... 400	550
≥ 400	600

Tabelul D3.2. Conținutul maxim admis de părți fine în betonul preparat cu agregate având dimensiunea maximă $D_{\max}$ a granulelor cuprinsă de la 16 mm până la 63 mm pentru betoane de clasă $> C50/60$ și $LC > 50/55$

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

Nota: Prin conținutul de părți fine se înțelege aportul adus de fiecare din componentele solide ale betonului (ciment, agregate, adaosuri), având dimensiunea particulei < 0,125 mm.

ANEXA E

(normativă)

Clase pentru betonul proaspăt

E1. Clase de consistență

(1) Tabelele E1, E2, E3 și E4 se aplică atunci când betonul este clasificat în funcție de consistența sa. În cazul betonului autocompactant, se aplică numai clasele din Tabelul E4.

(2) Consistența poate fi specificată, de asemenea, printr-o valoare țintă cu toleranțele indicate în Tabelul 23 din SR EN 206+A2:2021.

Nota 1: Nu există o relație directă între clasele de consistență din Tabelele E1 până la E4. Pentru betonul semi-umed, adică betonul cu un conținut redus de apă, proiectat pentru a fi compactat printr-un procedeu special, consistența nu este clasificată. Pentru un astfel de beton consistența poate fi specificată prin încercarea VE-BE conform SR EN 12350-3.

Tabelul E1. Clase de tasare

Clasă	Tasare, încercare în conformitate cu SR EN 12350-2 (mm)
S1	de la 10 până la 40
S2	de la 50 până la 90
S3	de la 100 până la 150
S4	de la 160 până la 210
S5 ^a	≥ 220
^{a)} A se vedea Nota 1 de la art 5.4.1 din SR EN 206+A2:2021.	

Tabelul E2. Clase de compactare

Clasă	Indice de compactare, încercare în conformitate cu SR EN 12350-4
C0 ^a	$\geq 1,46$
C1	de la 1,45 până la 1,26
C2	de la 1,25 până la 1,11
C3	de la 1,10 până la 1,04
C4 ^b	$< 1,04$
^{a)} A se vedea Nota 1 de la art. 5.4.1 din SR EN 206+A2:2021	
^{b)} C4 se aplică numai betonului ușor	

Tabelul E3. Clase de răspândire

Clasă	Diametrul răspândirii, încercare în conformitate cu SR EN 12350-5 (mm)
F1 ^a	≤ 340
F2	de la 350 până la 410
F3	de la 420 până la 480
F4	de la 490 până la 550
F5	de la 560 până la 620
F6 ^a	≥ 630
^{a)} A se vedea Nota 1 de la art. 5.4.1 din SR EN 206+A2:2021	

Tabelul E4. Clase de răspândire din tasare

Clasă	Răspândire ^a , încercare în conformitate cu SR EN 12350-8 (mm)
SF1	de la 550 până la 650
SF2	de la 660 până la 750
SF3	de la 760 până la 850
^{a)} Clasificarea nu se aplică betonului cu D_{max} mai mare de 40 mm	

E2. Clase pentru proprietăți suplimentare ale betonului autocompactant

(1) Atunci când betonul autocompactant este clasificat în funcție de vâscozitatea sa, de abilitatea de trecere sau de rezistența la segregare (încercare de stabilitate cu sita), se aplică Tabelele de la E5 până la E9.

(2) Vâscozitatea aparentă poate fi specificată, de asemenea, printr-o valoare țintă, cu toleranțele din Tabelul 23 din SR EN 206+A2:2021.

(3) Abilitatea de trecere poate fi specificată, de asemenea, printr-o valoare minimă, atunci când încercarea se efectuează prin metoda cutiei L, sau printr-o valoare maximă, atunci când este determinată prin metoda inelului J.

(4) Rezistența la segregare poate fi specificată, de asemenea, printr-o valoare maximă.

Tabelul E5. Clase de vâscozitate - t_{500}

Clasă	t_{500} ^a , încercare în conformitate cu SR EN 12350-8 (s)
VS1	< 2,0
VS2	≥ 2,0
^{a)} Clasificarea nu se aplică betonului cu D_{max} mai mare de 40 mm	

Tabelul E6. Clase de vâscozitate aparentă - t_v

Clasă	t_v ^a , încercare în conformitate cu SR EN 12350-9 (s)
VF1	< 9,0
VF2	de la 9,0 până la 25,0
^{a)} Clasificarea nu se aplică betonului cu D_{max} mai mare de 22,4 mm	

Nota 1: Clasele definite în Tabelele E5 și E6 sunt similare, dar nu sunt corelate exact.

Tabelul E7. Clase de abilitate de trecere - cutia L

Clasă	Coefficient de umplere a cutiei L, încercare în conformitate cu SR EN 12350-10
PL1	≥ 0,80 cu 2 armături
PL2	≥ 0,80 cu 3 armături

Tabelul E8. Clase de abilitate la trecere - Inel J

Clasă	Pasul inelului J ^a , încercare în conformitate cu SR EN 12350-12 (mm)
PJ1	≤ 10 cu 12 armături
PJ2	≤ 10 cu 16 armături
^{a)} Clasificarea nu se aplică betonului cu dimensiunea maximă a agregatului mai mare de 40 mm	

Nota 2: Clasele definite în Tabelele E7 și E8 sunt similare, dar nu sunt corelate exact.

Tabelul E9. Clase de rezistență la segregare

Clasă	Porțiune segregată ^a , încercare în conformitate cu SR EN 12350-11 (%)
SR1	≤ 20
SR2	≤ 15
^{a)} Clasificarea nu se aplică betonului cu $D_{\max}$ mai mare de 40 mm	

ANEXA F

(normativă)

Clase de rezistență pentru betonul întărit

F1. Clase de rezistență pentru betoane cu densitate normală și betoane grele

Rezistența la compresiune

(1) Rezistența caracteristică la compresiune la 28 de zile, măsurată pe cilindri cu diametrul de 150 mm și înălțimea ($f_{ck,cil}$) de 300 mm, sau rezistența caracteristică la compresiune la 28 de zile, măsurată pe cuburi cu latura de 150 mm ($f_{ck,cub}$), în conformitate cu SR EN 12390-3.

(2) Încercările pot fi efectuate și după termenul de 28 de zile, până la 91 de zile, în conformitate cu prevederile proiectului care va preciza termenul, scopul precum și modul de interpretare a rezultatelor acestor încercări, în vederea definirii clasei de rezistență la compresiune în conformitate cu SR EN 1992-1-1.

Tabelul F1.1. Clase de rezistență la compresiune pentru betoanele cu densitate normală și betoanele grele

Clasa de rezistență la compresiune	Rezistența caracteristică minimă pe cilindri $f_{ck,cyl}$ (N/mm ²)	Rezistența caracteristică minimă pe cuburi $f_{ck,cube}$ (N/mm ²)
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

Tabelul F1.2. Clase de rezistență la compresiune pentru betoanele ușoare

Clasa de rezistență la compresiune	Rezistența caracteristică minimă pe cilindri $f_{ck,cyl}$ (N/mm ²)	Rezistența caracteristică minimă pe cuburi ^a $f_{ck,cube}$ (N/mm ²)
LC12/13	12	13
LC16/18	16	18
LC20/22	20	22
LC25/28	25	28
LC30/33	30	33
LC35/38	35	38
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 acestora cu rezistența pe cilindri este stabilită și documentată.		

F2. Clase de rezistență și ductilitate pentru betonul armat dispers cu fibre din oțel

(1) Rezistențele reziduale caracteristice $f_{R,1k}$ și $f_{R,3k}$ pentru betonul armat cu fibre de oțel trebuie să fie determinate în conformitate cu SR EN 14651. Acestea trebuie să fie clasificate atât în clasele de rezistență SC (1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0), cât și în clasele de ductilitate de la a) până la e), în conformitate cu Tabelul F2.

Nota 1: Clasificarea se face în conformitate cu valorile $f_{R,1k}$ și $f_{R,3k}$. Selectarea clasei de rezistență se obține prin compararea valorii lui $f_{R,1k}$, determinată experimental, cu limitele care definesc clasele de rezistență, specificate în paranteze. Clasa de ductilitate, desemnată printr-o literă, este selectată prin compararea $f_{R,3k}$ determinată experimental cu valorile din Tabelul F2.

Nota 2: $f_{R,1k}$ și $f_{R,3k}$ care urmează să fie utilizate pentru proiectare corespund valorilor obținute conform clasificării în clasa de rezistență și, respectiv, clasa de ductilitate în conformitate cu Tabelul F2.

Tabelul F2. Clase de rezistență și ductilitate pentru betonul armat dispers cu fibre metalice (MPa)

Clase de ductilitate	Clase de rezistență SC ($f_{R,1k} \geq SC$)												Relații analitice
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	
a	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	3,0	3,5	4,0	$f_{R,3k} \geq 0,5SC$
b	0,7	1,1	1,4	1,8	2,1	2,5	2,8	3,2	3,5	4,2	4,9	5,6	$f_{R,3k} \geq 0,7SC$
c	0,9	1,4	1,8	2,3	2,7	3,2	3,6	4,1	4,5	5,4	6,3	7,2	$f_{R,3k} \geq 0,9SC$
d	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	6,6	7,7	8,8	$f_{R,3k} \geq 1,1SC$
e	1,3	2,0	2,6	3,3	3,9	4,6	5,2	5,9	6,5	7,8	9,1	10,4	$f_{R,3k} \geq 1,3SC$

Anexa G

(informativă)

Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului prin aplicarea metodei maturității

G1. Considerații generale

(1) Această Anexă prezintă modul de evaluare a rezistenței betonului prin aplicarea metodei maturității, descrisă în conformitate cu ASTM C 1074.

(2) Această metodă implică stabilirea în laborator a relației rezistență la compresiune - factor/ indice de maturitate - timp pentru o anumită compoziție de beton (calibrarea rețetei). Prin înregistrarea evoluției temperaturii betonului în elementul supus evaluării (din șantier sau hala de fabricație) se poate evalua rezistența la compresiune în timp, la anumite termene.

(3) Metoda poate fi utilizată pentru evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din elementele prefabricate, inclusiv pentru stabilirea termenelor de efectuare a unor faze tehnologice specifice cum ar fi: decofrarea elementelor, taierea cablurilor pretensionate sau post-tensionarea cablurilor, transportul în zona de depozitare, încărcarea elementelor în mijloacele de transport etc.

G2. Descrierea metodei

(1) După calibrarea rețetei, metoda constă în înregistrarea evoluției temperaturii și calculul indicelui/ factorului de maturitate al betonului în elementul supus evaluării rezistenței, din momentul turnării betonului și până la atingerea nivelului prescris (al indicelui/factorului de maturitate) pentru rezistența la compresiune (ca prag necesar a fi atins pentru anumite etape de execuție a elementului).

(2) Istoricul temperaturii în element este înregistrat și transformat în indice/factor de maturitate al betonului, în funcție de echipamentul de monitorizare utilizat prin aplicarea relației/funcției de maturitate NURSE-SAUL sau ARRHENIUS.

(3) Pentru calculul indicelui/factorului de maturitate, cunoscând istoricul temperaturii măsurate a betonului se poate aplica una din următoarele două funcții NURSE-SAUL sau ARRHENIUS. În mod practic funcția NURSE-SAUL, detaliată în această Anexă, este mai simplă și mai frecvent utilizată (fiind corespunzătoare unui număr mare de aplicații) însă funcția ARRHENIUS este mai precisă:

i. Funcția de maturitate NURSE - SAUL poate fi utilizată pentru a calcula factorul temperatură-timp (indicele/factorul de maturitate, M_{NS}) aplicând relația G1, considerându-se dezvoltarea rezistenței betonului ca funcție liniară de temperatură:

$$M_{NS} = \sum (T_{a,n} - T_o) \cdot \Delta t \quad (G1)$$

unde:

- M_{NS} = factorul temperatura-timp (indicele/factorul de maturitate) la vârsta t, în °C-zile sau °C-ore;
- Δt = interval de timp, în zile sau ore;
- $T_{a,n}$ = temperatura medie a betonului în intervalul de timp Δt , în °C;
- T_o = temperatura de referință, în °C.

(4) Indicele/factorul de maturitate, exprimat ca factor temperatură - timp în °C-zile sau °C-ore, are semnificația grafică a unei arii, conform Figurii G1. Pentru valori ale temperaturii sub temperatura de referință (T_0), aria corespunzătoare nu se ia în considerare.

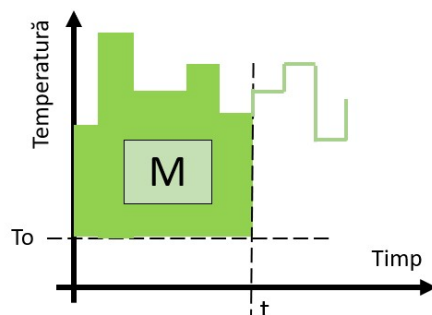


Figura G1. Indicele/ factorul de maturitate exprimat ca factor temperatură - timp în °C-zile sau °C-ore

(5) Prin aplicarea metodei maturității folosind funcția de maturitate NURSE-SAUL se urmărește stabilirea unei relații liniare între indicele/factorul de maturitate „ M_{NS} ” și rezistența la compresiune a betonului astfel încât, în oricare moment după turnarea betonului, pe baza evoluției indicelui/ factorului de maturitate „ M_{NS} ” din șantier să poată fi stabilită rezistența la compresiune a betonului (Figura G2).

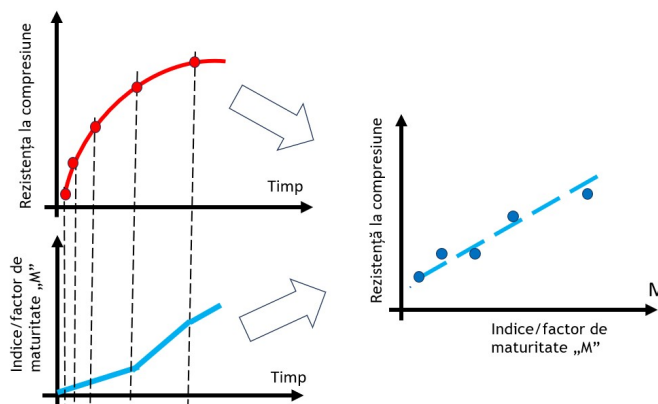


Figura G2. Stabilirea relației liniare între indicele/ factorul de maturitate „ M_{NS} ” și rezistența la compresiune a betonului

ii. Funcția de maturitate ARRHENIUS poate fi utilizată pentru a calcula vârsta echivalentă, t_e la o temperatură specificată aplicând relația G2, considerându-se dezvoltarea rezistenței ca funcție exponențială de temperatură:

$$t_e = \sum e^{-Q \left(\frac{1}{T_{a,a}} - \frac{1}{T_s} \right)} \Delta t \quad (G2)$$

unde:

1. t_e = vârsta echivalentă a betonului la temperatura de referință, T_s în zile sau ore;
2. $Q = E/R$ reprezintă raportul între energia de activare E și constanta universală R a gazelor egală cu 8.314 J/mol-K, în Kelvin ;

3. $T_{a,a}$ = temperatura medie a betonului în intervalul de timp Δt , în Kelvin;
4. T_s = temperatura de referință, în Kelvin;
5. Δt = interval de timp, în zile sau ore;

(5) Indicele/factorul de maturitate MA este exprimat ca vârstă echivalentă (t_e) a betonului la temperatura de referință (T_s).

(6) Echipamentele pentru măsurarea indicelui/factorului de maturitate pot include aplicarea uneia dintre aceste funcții (NURSE - SAUL / ARRHENIUS) sau a ambelor funcții. În cazul în care ambele funcții sunt disponibile, se va utiliza aceeași funcție, la calibrarea rețetei (efectuarea testării inițiale), la monitorizarea calibrării (efectuarea testării continue) cât și la recalibrare, dacă este cazul.

(7) Măsurătorile de temperatură efectuate în elementul prefabricat de beton se vor face pe tot timpul aplicării metodei cu același tip de senzori, schimbarea tipului senzorilor necesitând verificări suplimentare privind exactitatea relațiilor matematice stabilite și aplicate.

(8) După calibrarea efectuată în laborator pentru compoziția de beton ce va fi utilizată, se introduc datele (indicele/factorul de maturitate și alte date solicitate) în programul de calcul al echipamentului utilizat, putându-se astfel trece la evaluarea indirectă, pe șantier sau în hala de fabricație, a rezistenței la compresiune a betonului din elementul prefabricat.

(9) Precizia determinării rezistenței la compresiune evaluate depinde în primul rând de modalitatea de realizare a calibrării (testării inițiale) rețetei în laborator, respectiv de gradul de detaliere al acesteia. Cu cât crește (se îndesește) numărul termenelor la care se fac încercările (în special pe termen scurt), iar condițiile de mediu în care se păstrează probele sunt mai variate și controlate, cu atât estimarea rezistenței indicelui/ factorului de maturitate va fi mai exactă.

G3. Cerințe privind aparatura

(1) Echipamentul de monitorizare (senzorii), care efectuează pe șantier sau în hală înregistrarea temperaturii betonului în funcție de timp, și respectiv calculul indicelui/ factorului de maturitate, conform ecuațiilor G1 sau G2, va asigura corespondența necesară cu înregistrările efectuate la calibrarea (testarea inițială în laborator), monitorizarea calibrării (testarea continuă) precum și la recalibrarea rețetei de beton utilizate, dacă este cazul.

(2) Pentru urmărirea evoluției parametrilor esențiali, softul echipamentului va asigura prezentarea grafică în timp real a evoluțiilor temperaturii, indicelui/ factorului de maturitate, maturității și rezistenței la compresiune a betonului din elementul prefabricat. Se recomandă obținerea și arhivarea de înregistrări electronice și scrise specifice pentru fiecare compoziție de beton și element prefabricat, identificate distinct.

(3) Intervalul de timp la care se înregistrează temperatura în cadrul aplicării acestei metode se recomandă a fi de maximum 15 min. Dispozitivul de înregistrare a temperaturii trebuie să asigure o precizie de maxim $\pm 1^\circ\text{C}$.

G4. Procedura pentru calibrarea rețetei de beton în laborator (efectuarea testării inițiale), testarea continuă și recalibrarea

(1) Se recomandă să se efectueze în laborator încercări de rezistență la compresiune la cel puțin 5 termene, pentru care se vor utiliza minimum 15 epruvete (care se constituie într-un set), de obicei cubice. Materialele utilizate la preparare, precum și proporțiile amestecului betonului din probe trebuie să fie aceleași cu cele ale betonului utilizat (pe șantier sau în hală) la execuția

elementului prefabricat pentru care se va evalua rezistența la compresiune. Dacă sunt necesare două sarje de beton pentru a asigura numărul necesar de epruvete/set, se recomandă confecționarea unui număr egal de epruvete din fiecare sarjă și încercarea, la aceleași termene, a minimum o epruvetă din fiecare sarjă, pentru comparație. Se alege funcția (NURSE - SAUL sau ARRHENIUS) cu care se va aplica metoda maturității.

(2) După ce epruvetele (setului) sunt turnate, se introduc senzori de temperatură/termocuple în centrul a cel puțin 2 cuburi. După introducerea senzorului, se bate ușor partea laterală a cofrajului cu un ciocan de cauciuc sau cu o tijă de compactare, astfel încât betonul proaspăt să vină în contact cu senzorul, după care se conectează senzorii la un echipament care să respecte cerințele prezentate la articolul G3.

(3) Se toarnă două seturi de epruvete de beton. Un set se va păstra în condiții controlate de laborator (temperatura $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ și umiditatea de 65%), iar celălalt set în condiții de temperatură și umiditate similare condițiilor reale (în șantier sau hala de fabricație) de expunere ale elementului prefabricat ce urmează a fi monitorizat.

(4) Termenele la care se încearcă epruvetele ambelor seturi sunt aceleași și se stabilesc pentru calibrare în funcție de etapele pentru care urmează a fi monitorizată rezistența la compresiune (decofrare, transfer, livrare etc.). Se va efectua încercarea la cel puțin 5 termene, cu asigurarea obținerii de informații în special pentru termenele scurte (până la 7 zile).

(5) Pentru definirea cât mai exactă a relației dintre rezistența la compresiune și indicele/ factorul de maturitate, termenele de încercare a rezistenței pentru setul de probe din laborator se recomandă a fi mai dese în prima perioadă după turnare, acestea putând fi la 6, 12, 18, 24, 36, 48, 72 de ore etc., funcție de necesități, în special pentru betonul precomprimat cu armătură preîntinsă.

(6) Înregistrarea temperaturii în incintele de menținere a seturilor de probe trebuie făcută suficient de des așa încât să existe o bună evaluare a istoricului termic anterior calculului indicelui/ factorului de maturitate.

(7) Se încearcă cel puțin două probe la fiecare termen și se calculează rezistența medie la compresiune. Dacă între una din valorile rezistențelor individuale la compresiune ale celor două probe și valoarea medie a celor două este o diferență mai mare de 10% față de rezistența medie la compresiune calculată, se încearcă un al treilea cub și se calculează media celor trei rezultate. Dacă se constată că una din valorile obținute se datorează unei probe ce prezintă vizual defecte evidente, se exclude rezultatul corespunzător acesteia la calculul mediei.

(8) Având în vedere dezvoltarea rapidă a rezistenței la compresiune, primul termen de încercare se stabilește la un moment cât mai apropiat după priza finală a betonului. Determinarea momentului de priză finală a betonului se poate face vizual, cu penetrometrul sau prin metode nedistructive.

(9) La fiecare termen se înregistrează ora încercării și vârsta betonului, se calculează și se înregistrează indicele/ factorul de maturitate al betonului.

(10) Utilizând funcția de maturitate NURSE - SAUL, indicele/ factorul de maturitate "MNS" este exprimat ca factor temperatură - timp, iar utilizând funcția de maturitate ARRHENIUS, indicele/ factorul de maturitate "MA" este exprimat ca vârstă echivalentă a betonului la temperatura de referință.

(11) Echipamentele specializate de monitorizare a temperaturii, de regulă, asigură și măsurarea temperaturii mediului înconjurător precum și calculul maturității betonului.

(12) Pe baza informațiilor obținute pe fiecare set de probe (menținut în laborator și în condiții reale) se reprezintă grafic și se compară evoluția rezistenței medii la compresiune ca funcție a valorii indicelui/ factorului de maturitate, în laborator și în condiții reale.

(13) Monitorizarea calibrării unei rețete de beton (sau efectuarea testării continue) înseamnă verificarea în timp (de exemplu pentru minimum 15 termene, număr de valori care poate oferi o prelucrare statistică) și în condiții reale (pe șantier) a corectitudinii relației stabilite între evoluția unei rezistențe și timp.

(14) Verificarea se poate face pe un număr mai redus de probe de beton, de obicei cubice, testate distructiv doar la termenele relevante pentru procesul tehnologic.

(15) Recalibrarea (retestarea inițială) unei rețete de beton se face în momentul schimbării compoziției, urmărind restabilirea/ reconfirmarea și monitorizarea (retestarea continuă) relației dintre rezistența unui beton cu compoziție schimbată și timp.

(16) Se va acorda o deosebită atenție modului de stabilire a relației rezistență-maturitate, calibrării rețetei, monitorizării calibrării și recalibrării în toate situațiile, cu responsabilitate, pe baza unei proceduri de lucru, în special în cazul betonului precomprimat cu armătură preîntinsă.

G5. Procedura pentru evaluarea rezistenței elementelor prefabricate (pe șantier sau în hala de fabricație)

(1) Este efectuată calibrarea relației dintre rezistența la compresiune și indicele/ factorul de maturitate sau de vârsta echivalentă la temperatura de referință, după caz, pentru compoziția de beton ce urmează a fi utilizată.

(2) Se amplasează senzorii de temperatură (termocuple) în interiorul elementului care urmează să fie realizat, înainte de turnarea betonului, în zonele alese (prin proiect, cu acordul proiectantului) pentru determinarea temperaturii maxime, precum și în alte poziții relevante pentru elementele respective (de ex. în apropierea suprafeței elementului), pentru a avea informații despre diferențele de temperatură dintre interiorul elementului și suprafața acestuia, precum și dintre suprafața elementului și mediul înconjurător. Temperatura mediului înconjurător, din imediata apropiere a betonului, se monitorizează în mod continuu, pe toată perioada aplicării metodei.

(3) Senzorii de temperatură se plasează astfel încât să fie complet înglobați în beton și să nu fie în contact direct cu barele de armătură sau alte elemente metalice. Se vor lua în considerare și recomandările producătorului echipamentelor de monitorizare.

(4) După conectarea senzorilor la echipamentele de determinare a maturității se setează parametrii privind calibrarea rețetei de beton utilizate în programul echipamentului utilizat.

(5) Pentru evaluarea rezistenței betonului din elemente prefabricate având valori relativ apropiate ale celor trei dimensiuni se recomandă utilizarea mai multor puncte de măsurare a temperaturii în element.

(6) Înainte de efectuarea unor operațiuni, cum ar fi transferul, îndepărtarea cofrajelor, tăierea armăturilor preîntinse sau post-tensionarea, sau ori de câte ori se specifică prin proiect, este recomandată și încercarea probelor de beton, în cadrul activității de testare inițială și continuă.

G6. Considerații finale

(1) Metoda maturității este utilizată pentru a estima rezistența betonului în elementele prefabricate, avându-se în vedere diferențele dintre rezistența la compresiune a cuburilor prelevate și cea a elementului respectiv (datorate în primul rând dimensiunilor diferite care influențează, prin diferențele de degajare de căldură, evoluția rezistenței la compresiune).

(2) Precizia rezistenței la compresiune estimate depinde de mai mulți factori, cum ar fi modalitatea în care a fost efectuată calibrarea rețetei, variațiile calității materialelor componente ale betonului și a dozării acestora, etc.

ANEXA H

(informativă)

Aplicarea metodelor nedistructive (indirecte)

H1. Corelarea dintre rezultatele obținute distructiv și nedistructiv

(1) Este indicat ca înainte de a extrage carote să se efectueze încercări nedistructive sau, în general, cum sunt ele denumite în SR EN 13791, încercări indirecte. Rezultatele obținute vor putea fi utilizate pentru localizarea zonelor din care se vor extrage carotele. Se recomandă să se obțină cel puțin 10 perechi de rezultate ale încercărilor, iar carotele să acopere toată gama de rezultate obținute prin aplicarea testelor indirecte, incluzând extremele. Rezultatele obținute pe carote vor fi utilizate pentru obținerea unor rezistențe la compresiune in-situ ($f_{c, is}$), iar rezultatele obținute prin aplicarea încercărilor indirecte vor fi trecute ca valori pe axa X, în timp ce rezultatele obținute pe carote și care reprezintă rezistențele $f_{c, is}$ vor fi trecute pe axa Y. Cea mai bună regresie liniară prin punctele obținute va fi considerată și analizată ca rezonabilă pentru betonul evaluat (tip, vârstă, etc.). În SR EN 13791 se precizează că pentru a se dezvolta o relație corespunzătoare, sunt suficiente și 8 perechi de rezultate, iar recomandarea de a utiliza 10 rezultate provine din faptul că este posibil ca anumite rezultate să se situeze în afara unui interval valabil, avându-se în vedere analize specifice de tip Grubb. În standardul SR EN 13791 nu se precizează ce se înțelege printr-o corelare adecvată chiar dacă, în principal, se face referire la acesta. Se dau însă anumite indicații legate de stabilirea valabilității intervalelor legate de ecuațiile liniare de regresie. Astfel, atunci când se determină valorile rezultate din ecuațiile de regresie, acestea nu vor fi extrapolate mai mult de 4 MPa la ambele extremități ale relației demonstrate.

(2) Ecuațiile de regresie pot fi utilizate pentru a estima rezistența la compresiune prin aplicarea metodelor indirecte, dar pot fi utilizate, de asemenea, pentru estimarea rezistenței într-o anumită zonă de încercare, așa cum se va prezenta în continuare.

H2. Estimarea rezistenței caracteristice in-situ pentru o anumită zonă de încercare

(1) Rezistența medie la compresiune se calculează utilizând următoarea formulă:

$$f_{c, m(m)is} = \sum (f_{c, is, reg}) / m \quad (H1)$$

(2) Abaterea standard a rezistenței in-situ a zonei de încercare se determină aplicând relația:

$$s = \sqrt{s_c^2 + s_e^2} \quad (H2)$$

în care:

$$s_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (f_{c, is, reg} - f_{c, m(m)is})^2}{m - 1}} \quad (H3)$$

și

$$s_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{c, is} - f_{c, is, reg})^2}{n - 2}} \quad (H4)$$

unde :

s_c - abaterea standard reziduală care este o măsură a răspândirii rezistențelor obținute pe carote în jurul curbei de regresie

s_e - abaterea standard a tuturor valorilor rezistențelor care este o măsură a răspândirii rezistenței carotelor în jurul valorii medii

n - numărul de perechi de rezultate utilizat pentru stabilirea curbei de calibrare

m - numărul de valori al rezistențelor estimate.

NOTA : Formulele sunt valabile numai când corelația are doi parametri, de exemplu ($y = a + b \cdot x$) sau ($\ln y = a + b \cdot \ln x$). În alte cazuri, termenul ($n - 2$) se înlocuiește cu ($n - p$), unde p este numărul de parametri din formulă. Valoarea lui s_c care se ia în considerare va fi cea mai mare dintre cea calculată și 2 MPa.

(3) Numărul efectiv de grade de libertate asociat cu abaterea standard s se calculează cu formula:

$$n_{\text{eff}} = \frac{\left[s_c^2 + s_e^2 \right]^2}{\frac{s_c^4}{n - 2} + \frac{s_e^4}{m - 1}} \quad (H5)$$

(4) Pentru a estima rezistența caracteristică se utilizează formulele (H6) și (H7) și se consideră cea mai mică valoare obținută dintre:

$$f_{ck, is} = f_{c, m(n)is} - k_n s \quad (H6)$$

$$f_{ck, is} = f_{c, is, lowest} + M \quad (H7)$$

în care valoarea lui k_n se determină pe baza valorilor din Tabelul H1,

Tabelul H1. Valorile coeficientului k_n utilizate în formula (H6)

$n_{\text{eff}} + 1$	8	10	12	16	20	30	∞
k_n	2,00	1,92	1,87	1,81	1,76	1,73	1,64

iar marja M se determină în conformitate cu Tabelul H2.

Tabelul H2. Valoarea marjei M utilizată în formula (H7)

Valoarea $f_{c, is, lowest}$ (MPa)	Marja M (MPa)
≥ 20	4
$\geq 16 < 20$	3
$\geq 12 < 16$	2
< 12	1

H.3 Testele tip screening utilizând o relație generală sau specifică cu o procedură de aplicare a unei încercări indirecte

(1) Această metodă este, în general, utilizată numai pentru estimarea uniformității compoziției betonului într-o zonă de încercare pentru a determina, de exemplu, variabilitatea rezistenței, pentru a identifica zonele cu rezistență mai scăzută și, de asemenea, pentru a indica dacă a fost sau nu atinsă rezistența specificată la compresiune a betonului, dar nu poate fi aplicată pentru determinarea clasei de rezistență a betonului. În Tabelele H3 și H4 se prezintă relațiile dintre valorile indicilor de recul și clasele de rezistență la compresiune.

(2) Dacă criteriile prezentate în Tabelele H3 și H4 nu sunt îndeplinite, aceasta nu înseamnă că automat betonul nu se încadrează în clasa de rezistență prescrisă.

(3) Există diverse metode de stabilire a unei relații între rezistența betonului și valorile măsurate ale indicilor de recul sau ale vitezei ultrasunetelor. O astfel de procedură, preluată din Anexa națională din Germania a standardului EN 13791: 2006, este indicată în SR EN 13791. Indicii de recul obținuți pentru toate pozițiile de încercare ale zonei sunt utilizați pentru determinarea mediane unei zone de încercare, considerând că sunt îndeplinite următoarele condiții:

- betonul este de greutate normală ;
- nu s-au utilizat cofraje cu permeabilitate controlată și nu s-a tratat suprafața ;
- s-au utilizat echipamente de tip sclerometre având o energie de impact de 2,207 Nm, pentru măsurarea distanței de recul (R), a diferenței de energie sau a vitezei (Q) ;
- numărul minim de rezultate obținute va fi de 9, iar încercările se vor efectua în conformitate cu SR EN 12504-2 ;
- adâncimea de carbonatare nu depășește 5 mm.

(4) În Tabelele H3 și H4 sunt prezentate propunerile din standardul SR EN 13791.

Tabelul H3. Indicele de recul bazat pe distanța de recul (tip R) asociat cu rezistența la compresiune în conformitate cu SR EN 206+A2:2021 pentru clasele de rezistență ale betonului de greutate normală

Cea mai mică valoare a indicelui de recul	Mediana indicilor de recul	Clasa de rezistență la compresiune în conformitate cu SR EN 206+A2:2021 ^a
≥ 26	≥ 30	C8/10
≥ 30	≥ 33	C12/15
≥ 32	≥ 35	C16/20
≥ 35	≥ 38	C20/25
≥ 37	≥ 40	C25/30
≥ 40	≥ 43	C30/37
≥ 44	≥ 47	C35/45
≥ 46	≥ 49	C40/50
≥ 48	≥ 51	C45/55
≥ 50	≥ 53	C50/60
≥ 53	≥ 57	C55/67
≥ 57	≥ 60	C60/75
≥ 62	≥ 65	C70/85
≥ 66	≥ 69	C80/95
Nota ^{a)} 90% din rezultate se găsesc peste această valoare (fractil 10%)		

Tabelul H4. Indicele de recul bazat pe diferența de energie sau viteză (tip Q) asociat cu rezistența la compresiune în conformitate cu SR EN 206+A2:2021 pentru clasele de rezistență ale betonului de greutate normală

Cea mai mică valoare a indicelui de recul	Mediana indiciilor de recul	Clasa de rezistență la compresiune în conformitate cu SR EN 206+A2:2021 ^a
≥ 25	≥ 34	C8/10
≥ 29	≥ 40	C12/15
≥ 36	≥ 45	C16/20
≥ 42	≥ 49	C20/25
≥ 46	≥ 52	C25/30
≥ 51	≥ 56	C30/37
≥ 56	≥ 60	C35/45
≥ 58	≥ 62	C40/50
≥ 60	≥ 64	C45/55
≥ 62	≥ 66	C50/60
≥ 64	≥ 68	C55/67
≥ 66	≥ 71	C60/75
≥ 69	≥ 73	C70/85
≥ 71	≥ 75	C80/95
Nota ^{a)} 90% din rezultate se găsesc peste această valoare (fractil 10%)		