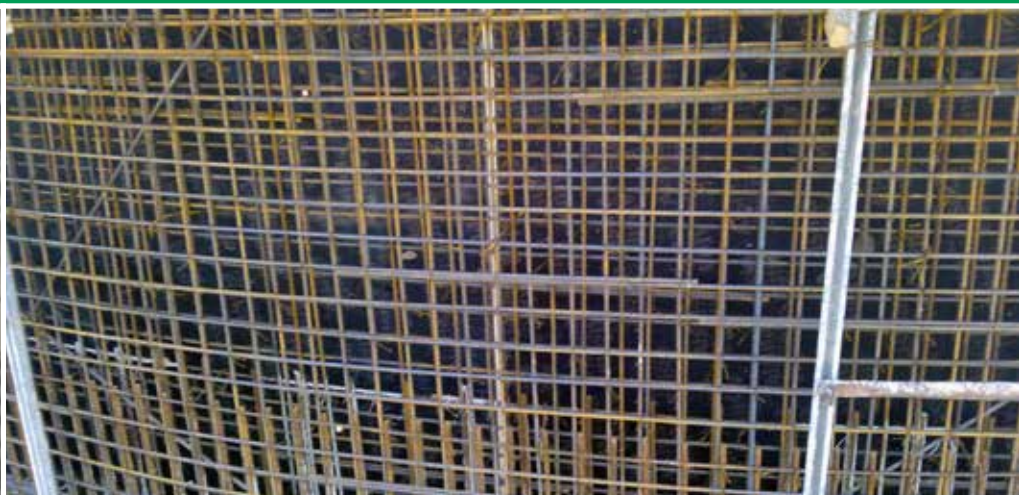


MINIGHID DE PROIECTARE A DURABILITĂȚII BETONULUI



Ediția 1 - 2017

HEIDELBERGCEMENT



Stimată Colegă / Stimate Coleg,

Pot exista situații în care ai nevoie de câteva informații concise, care să sintetizeze ceea ce reglementările tehnice stabilesc în domeniul asigurării durabilității elementului sau structurii de rezistență din beton pe care o proiectezi.

În continuare te rog să găsești un mic ghid, practic, de proiectare a durabilității betonului.

Este important să știi, încă de la început, faptul ca proiectarea durabilității betonului este o etapă separată, obligatorie și la fel de importantă ca și proiectarea structurală.

În acest ghid vei găsi informații care te vor ajuta să proiectezi durabilitatea betonului, adică să stabilești parametrii¹ săi compoziționali precum și alte elemente asociate² care să conducă la asigurarea unei anumite durate de serviciu, reglementate, pentru elementul sau structura pe care o proiectezi.

Ghidul nu poate conține totalitatea informațiilor tehnice, constituindu-se doar într-un document cu caracter general. Menționez faptul că respectarea și consultarea tuturor reglementărilor tehnice, în vigoare și care fac referire la domeniul în discuție, este obligatorie.

Întrucât NE 012/1:2007 a fost preluat prin CP 012/1:2007 (care are o mai bună diseminare) în continuare mă voi referi, în principal, doar la această ultimă reglementare care se numește Cod de Practică pentru Producerea Betonului.

Îți doresc succes și te rog să mă contactezi pentru orice neclaritate legată de cele prezentate! Aștept cu mare plăcere și interes de la tine, recomandări și completări pentru ediția viitoare a ghidului, care nu poate apărea fără aportul tău, ca inginer proiectant sau arhitect direct implicat în cele prezentate aici.

Cu speranța că-ți pot fi de folos, te rog să împărtășești cu mine experiența și dificultățile pe care le întâmpini în proiectarea durabilității betonului!

Cu respect,



Radu GAVRILESCU
București, mai 2015

1 alegerea tipului de ciment, a clasei de beton, a raportului A/C, a dozajului minim de ciment de exemplu
2 a grosimii stratului de acoperire, de exemplu

CUPRINS

1. Introducere
2. Generalități
3. Elemente introductive privind proiectarea durabilității betonului
4. Despre beton
5. Betonul proaspăt și întărit
6. Proiectarea durabilității betonului
7. Alte elemente de proiectare care influențează durata de serviciu
8. Durata de serviciu
9. „Check list”

1. Introducere

Asigurarea durabilității construcțiilor din beton reprezintă o problemă vitală pentru economia națională. Începând cu anul intrării în vigoare a reglementării **NE 012/1 (CP 012/1)** putem proiecta, produce și pune în operă betoane mai rezistente, mai durabile și în același timp mai eficiente din punctul de vedere al energiei înglobate, în conformitate cu noile reglementări naționale cu caracter obligatoriu, armonizate cu cele europene.

Ca proiectant, plecând de la exigențele impuse unui element de beton pe considerente structurale ("din încărcări"), trebuie să stabilești un set de valori limită ale acestuia - în principal clasa (minimă a betonului " C_{minS} "). *Aceasta reprezintă proiectarea structurală asupra căreia îți concentrezi, în general, atenția în cadrul breviarelor de calcul.*

Este deosebit de important să reții însă faptul că nu doar prin proiectarea structurală se stabilește clasa betonului!

O altă evaluare - complet separată - plecând de la condițiile de mediu înconjurător (încadrabile în clase de expunere „X”) în care elementul este exploatat pe durata de serviciu, va impune betonului o serie de valori limită compoziționale (clasa minimă a betonului " C_{minD} ", A/C max. etc.).

Aceasta reprezintă proiectarea durabilității pe care trebuie să o parcurgi în conformitate cu prevederile CP 012/1:2007. Asupra proiectării durabilității betonului se concentrează - în mare parte - acest ghid.

Clasa minimă a betonului pe care - în final - o vei impune (" C_{min} ") în proiectul elementului va fi înfășurătoarea (valoarea maximă) celor două valori minime, atât din considerente structurale (" C_{minS} ") cât și de durabilitate (" C_{minD} ").

Pentru caracterizarea completă a compoziției betonului inclus în proiect și care urmează a fi comandat la stație, la valoarea (" C_{min} ") se adaugă elementele ce rezultă doar din proiectarea durabilității betonului (valoarea maximă a A/C, tipul sau tipurile de ciment, dozajul minim de ciment etc.). *În situația în care " C_{minS} " are o valoare mai mare decât " C_{minD} " te rog să ne contactezi pentru a stabili împreună valoarea maximă a A/C, tipurile de ciment aplicabile etc. Întrucât pot exista și alți factori de influență ai acestor parametri, de exemplu legați de tehnologia de execuție sau de regimul (ex. dinamic) de exploatare.*

Este important să știi totuși că, pentru majoritatea elementelor de construcții civile proiectate în mod obișnuit, o mare parte a specificațiilor betonului din structură sunt identificate³ din etapa obligatorie de proiectare a durabilității și nu doar din proiectarea structurală. *Oferind în proiect toate specificațiile necesare betonului (clasa, A/C_{max}, tip ciment, diametru maxim granulă de agregat, consistență etc.) ești scutit de neclarități sau întrebări ulterioare, în faza de ofertare sau de pe șantier.*

Astfel, consultarea CP 012/1:2007 devine obligatorie pentru tine - ca proiectant sau arhitect - chiar dacă pare că se referă (din titlu) doar la producerea betonului.

Te rog să ai în vedere întotdeauna faptul că reglementarea CP 012/1:2007 influențează decisiv etapa de proiectare a elementului/structurii.

3 Verificarea trebuie făcută bineînțeles, în fiecare situație și pentru fiecare proiect.

2. Generalități

Capitolul prezintă o serie de aspecte tehnice generale privind materiile prime din care este compus betonul.

2.1 Ciment

Cimentul este un material fin măcinat, fabricat în baza **SR EN 197-1:2011**, care are proprietatea de a forma în amestec cu apa o pastă care - datorită reacțiilor de hidratare - face priză și se întărește fixând rigid granulele de agregat și armăturile în cuprinsul acesteia.

Cimentul, prin capacitatea sa, specifică, de întărire în urma amestecării cu apa înglobează practic într-o matrice durabilă "scheletul" betonului care este reprezentat de agregate și armături.

Dată fiind diversitatea tehnologică a modului de preparare și punere în operă a betonului precum și posibilitățile extinse de utilizare ale diferitelor tipuri de ciment (de exemplu), domeniul utilizării cimentului se supune unor normative obligatorii, de uz general, așa cum sunt **NE 012/1:2007**⁴ (preluat practic integral în **CP 012/1:2007**), **NE 012/2:2010**⁵ sau cele pentru aplicații speciale (pentru betoane rutiere, hidrotehnice, cu fibre etc.).

Cimenturile se produc în trei clase de rezistență: **32,5**, **42,5** și **52,5** fiecare din acestea în două variante privind rezistența inițială (normală „N” sau mare „R”). În betoane obișnuite se folosesc cimenturi de clasa **32,5** și **42,5** iar în betoane de înaltă rezistență cimenturi de clasa **42,5** și (în special) **52,5**.

Pentru un același dozaj de ciment/m³ beton și un raport A/C în domeniul reglementat, cu cât clasa de rezistență a cimentului este mai ridicată cu atât rezistența la compresiune a betonului va fi mai mare.

La hidratarea cimentului se degajă - întotdeauna și indiferent de tipul său - o anumită cantitate de căldură. Pentru betoane uzuale, turnate în elemente subțiri (având grosimi de maxim 1,50 m), se pot folosi cimenturi obișnuite - cu rezistența inițială normală „N” sau mare „R”. Atunci când grosimea elementelor este mai mare de 1,50 m se folosesc, în dozaje rezonabile, cimenturi cu căldură de hidratare redusă („LH”) care nu permit apariția de fisuri de contracție termică.

Este util, în practică, să consideri elemente masive, din punct de vedere tehnologic, toate elementele care au dimensiuni de natură a cauza o comportare termică generatoare de fisuri, în condițiile în care nu se iau măsurile specifice de prevenire.

Aceasta este și abordarea în noul Ghid de proiectare pentru controlul fisurării elementelor masive și pereților structurali de beton armat datorită contracției împiedicate, indicativ **GP 115-2011** (*pe care îi recomand să-l consulți*) și care coboară foarte mult limita între betonul convențional și masiv.

2.2 Beton

Betonul este un amestec omogen alcătuit dintr-un liant (cimentul), un amestec de sorturi de agregate (nisip, pietriș, criblură etc.), apă și aditivi în proporții bine stabilite, calculate și verificate, în funcție de aplicația dorită precum și de tehnologiile de preparare respectiv de punere în operă.

Stabilirea tipului sau tipurilor de ciment ce pot fi utilizate într-o compoziție (rețeta) de beton este o etapă foarte importantă, având consecințe directe asupra durabilității și duratei de serviciu („de viață”) a structurii. *Îți recomand să incluzi în proiecte toate tipurile de ciment aplicabile elementului/*

4 Normativ pentru producerea betonului și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea 1: Producerea betonului

5 Normativ pentru producerea și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea 2: Executarea lucrărilor din beton

structurii în conformitate cu prevederile CP 012/1:2007. Acest lucru te va scuti de întrebări suplimentare venite de la colegii de ofertare sau de pe șantier.

Betonul proaspăt reprezintă compoziția complet amestecată, aflată în stare vâscoasă, care permite punerea în operă (turnarea în cofraje de orice formă) și compactarea (vibrarea fiind cel mai cunoscut procedeu).

Betonul întărit este betonul aflat după o anumită perioadă de timp în stare solidă, care a obținut o rezistență la compresiune semnificativă în urma hidratării cimentului aflat în compoziția sa.

Nu există o „rețetă de beton” universal aplicabilă pentru o anumită clasă de beton. Nivelul rezistenței betonului la diferite termene, durabilitatea sa etc. depind în măsură foarte mare de compoziția acestuia, de raportul A/C, de caracteristicile fizico-mecanice și granulometrice ale agregatelor, de tipul cimentului folosit etc. *Prin urmare dorința unor beneficiari de a introduce în proiect o „rețetă de beton” nu este justificată și este corect din punct de vedere tehnic să-i refuzi, atât timp cât proiectul se referă la betoane cu proprietăți specificate, definite la # 6.2 din CP 012/1:2007.*

Pentru betoanele exploatate în medii înconjurătoare agresive din punct de vedere chimic trebuie folosite cimenturi speciale, rezistente la astfel de agresiuni.

O atenție deosebită trebuie să acorzi atacului dat de sulfații prezenți în soluri sau ape, situație în care (funcție de nivelul de agresivitate al atacului) se impune prin proiect utilizarea unor cimenturi rezistente la sulfați, așa încât durabilitatea elementului sau structurii să fie asigurată.

Ca proiectant, solicită investitorului sau antreprenorului realizarea unui studiu geotehnic și/sau o analiză chimică a apei care se va afla în contact cu betonul pe durata sa de serviciu.

Doar întocmirea unui studiu geotehnic – care să îți ofere o imagine reală a chimismului mediului înconjurător – poate conduce la stabilirea corectă a parametrilor compoziționali ai betonului în conformitate cu CP 012/1:2007.

În majoritatea elementelor de construcție utilizarea betonului este strâns legată de prezența armăturilor (bare din oțel beton OB sau PC) cu care acesta conlucrează, definind ceea ce întâlnim în practică sub denumirea de “beton armat”, structural. Asupra acestui tip de beton ne vom concentra atenția pe cuprinsul acestui ghid dată fiind importanța și ponderea acestuia.

2.3 Agregate



Agregatele folosite în compoziția betonului de ciment pot fi materiale granulare, naturale, artificiale sau reciclate, utilizabile în construcții în conformitate cu prevederile reglementărilor în vigoare. Cea mai mare parte a agregatelor utilizate în stațiile de betoane – provenind din balastiere sau cariere - se supun exigentelor standardului **SR EN 12620**.

Agregatele⁶ au o pondere de 75 ... 80% din masa betonului, constituind matricea de rezistență a acestuia. Teoretic, granulele minerale se consideră că sunt inerte în raport cu liantul însă, în realitate, la interfața dintre agregat și piatra de ciment apar o serie de forțe de adeziune care acționează în sens benefic, pozitiv, asupra

⁶ pentru a putea fi utilizate în betoane, agregatele trebuie să îndeplinească anumite condiții cuprinse în **SR EN 12620**, verificate la anumite intervale de timp. Consultă acest standard pentru detalii.

rezistenței matricei. Aceasta arată importanța utilizării unor agregate de calitate, bine spalate și din surse certificate. *Prin urmare este important să prevezi în proiect necesitatea utilizării unor agregate din surse sigure din punct de vedere tehnic, certificate sub aspectul conformității producției în conformitate cu prevederile legale.*

Prezentul ghid tratează doar agregatele naturale utilizabile în betoane, înțelegând prin acestea agregate care nu au suferit decât o transformare mecanică (de exemplu concasare sau ciuruire). Aceste agregate sunt obținute prin extragerea din masiv prin operațiuni de pușcare (în cazul carierelor), prin exploatare directă – în terase - sau prin extragerea din ape cu ajutorul drăgilor absorbante în cazul balastierelor, de exemplu. După extragere, materia primă este transportată până la stația de prelucrare unde se obține produsul finit, respectiv diferite sorturi granulometrice, care se depozitează și se livrează către beneficiar.

Caracteristicile fizico-mecanice și structura petrografică a produselor (sorturilor de agregate) diferă de la un punct de lucru la altul în funcție de zăcământ și de condițiile de prelucrare la care sunt supuse. Aceste caracteristici fac obiectul testelor de laborator conform unor planuri periodice de control calitate, încercări și verificări care respectă cerințele standardelor europene și naționale de produs.

Modul de utilizare al agregatelor în betoane de ciment este în conformitate cu prevederile unor normative cu caracter obligatoriu, așa cum sunt **NE 012/1:2007**⁷, **NE 012/2:2010**⁸ și **NE 014:2002**⁹. O serie de alte normative și standarde sunt de asemenea aplicabile și trebuie respectate.

Cele mai importante caracteristici ale agregatelor sunt comunicate beneficiarilor (stațiilor de betoane în cea mai mare parte) prin declararea valorilor acestora în marcajul de conformitate CE și în Declarația de Performanță CE care, împreună cu Certificatul de Conformitate, sunt asociate fiecărui produs (sort) în parte. Activitatea de producere a agregatelor trebuie să fie monitorizată de un organism de certificare, acreditat și notificat, care eliberează Certificatul de Conformitate a controlului producției în fabrică.

În cazul în care ești implicat în identificarea unui furnizor de agregate este bine să soliciți producătorului și să analizezi cu atenție documentele mai sus prezentate

2.4 Apa de preparare

Apa, dozată corespunzător, asigură hidratarea cimentului și implicit inițierea reacțiilor chimice care conduc la formarea matricei de pastă de ciment întărită (a "pietrei de ciment").

La prepararea betoanelor, apa trebuie să fie limpede, fără impurități, aprovizionată dintr-o sursă de apă potabilă sau – într-o anumită măsură - poate fi folosită apă reciclată în stația de betoane. Apa utilizabilă în beton trebuie să îndeplinească cerințele **SR EN 1008**.

Supradozarea apei în compoziția betonului are efecte profund negative asupra durabilității sale. Obiceiul atât de întâlnit (din păcate) de adăugare a apei în mod necontrolat, în camionul malaxor sau în betoniera de șantier întrucât aceasta "oricum se evaporă" sau „ca să fie mai ușor de pus în operă”, este cât se poate de dăunător.

Dacă ești implicat în supravegherea șantierului blochează imediat tentativa de a se adăuga apă în camionul malaxor, apă care va influența în mod negativ durabilitatea betonului. Ia imediat legătura

7 Normativ pentru producerea betonului și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea 1: Producerea betonului (preluat în **CP 012/1:2007**)

8 Normativ pentru producerea și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea 2: Executarea lucrărilor din beton

9 Normativ pentru executarea îmbrăcămințiilor rutiere din beton de ciment în cofraje fixe sau glisante

cu stația de betoane, așa încât compoziția betonului să fie ajustată și să fie respectată¹⁰ consistența cerută, definită prin clase de tasare (în cele mai multe cazuri). Ca proiectant ia-ți toate măsurile¹¹ ca adăugarea de apă în camionul malaxor să nu se întâmple pe șantier.

2.5 Aditivi

Aditivii sunt produse chimice, lichide sau solide, adăugate în compoziția betonului pentru îmbunătățirea anumitor caracteristici în funcție de tehnologia de punere în opera și aplicația avută în vedere. Adăugarea aditivilor în timpul procesului de amestecare a componentelor betonului are ca efect modificarea controlată a proprietăților acestuia în stare proaspătă și/sau întărită.

Utilizarea aditivilor se face în condiții de obligativitate, controlat, pe bază de încercări de laborator, în conformitate cu prevederile **CP 012/1:2007**. Utilizarea aditivilor reprezintă o condiție esențială pentru asigurarea durabilității elementelor/structurilor din beton.

Pentru stabilirea proporției optime a aditivului/aditivilor se fac teste de laborator avându-se în vedere proporțiile/dozajele de utilizare recomandate de producători.

Utilizarea aditivilor în compoziția betonului este necesară pentru:

- obținerea eficientă și controlată a anumitor caracteristici ale betonului proaspăt și/sau întărit;
- menținerea proprietăților betonului în timpul amestecării, transportului, punerii în operă și tratării acestuia în diferite condiții climatice (în special de temperatură înaltă sau scăzută);
- obținerea unor clase mari de beton, cu rapoarte A/C mici și cu lucrabilitate ridicată;
- asigurarea durabilității betonului, a duratei sale de serviciu preconizate.

În funcție de tipul elementului turnat, de temperatura ambientală, de distanța de transport până la șantier precum și funcție de alți factori, în compoziție se pot utiliza (în mod bine controlat) diferiți aditivi adăugați în malaxor, la prepararea betonului în stații sau direct pe șantier.

Armonizarea reglementărilor naționale (**CP 012/1:2007**) cu cele europene care indica rapoarte A/C mai mici respectiv clase de rezistență minime mai mari decât cele anterioare (prevăzute prin **NE 012/1999**) conduce¹² la necesitatea utilizării aditivilor în beton în vederea asigurării caracteristicilor betonului (proaspăt și întărit), a durabilității acestuia.

¹⁰ consistența betonului o poți verifica (imediat, la recepția betonului) pe șantier cu un trunchi de con Abrams, prin încercarea de tasare în conformitate cu SR EN 12350-2. Stabilește de comun acord cu stația de betoane, care trebuie să fie consistența betonului la plecarea din stație, așa încât aceasta – pe șantier – să fie corespunzătoare.

¹¹ de exemplu prin caietul de sarcini inclus în proiect

¹² în mod inevitabil din punct de vedere tehnic

3. Elemente introductive privind proiectarea durabilității betonului

Conform Institutului American de Beton ("ACI"), durabilitatea betonului este definită ca fiind „proprietatea acestuia de a rezista acțiunilor climatice, chimice, de abraziune sau oricăror altor procese de deteriorare; astfel, un beton durabil este acela care își păstrează forma inițială, caracteristicile și funcționalitatea în condițiile de mediu înconjurător pentru care a fost proiectat”.

Plecând de la această definiție, cuprinzătoare, care pune în corelație compoziția betonului cu condițiile de mediu (înconjurător) în care este exploatat, se pot pune, întotdeauna, întrebările

- cât timp¹³ este posibil ca un anumit beton să își păstreze durabilitatea? și
- cum poate fi proiectată¹⁴ durabilitatea acestuia?

Sunt, probabil, întrebările pe care ți le pui și tu în momentul în care proiectezi structura de beton. Sper că îți voi putea răspunde, măcar parțial, la acestea pe cuprinsul ghidului.

Trebuie înainte de toate acceptat faptul că durabilitatea¹⁵ unei structuri nu poate fi asigurată doar prin măsurile luate de proiectant, această proprietate a betonului fiind, în realitate, rezultatul unui cumul de factori de influență.



Durabilitatea oricărei structuri de beton se asigură prin măsuri eficiente adoptate în etapa de proiectare (o corectă evaluare structurală și a durabilității), de preparare/transport a betonului și de executare (punere corectă în operă, tratare eficientă și suficientă etc.).

După executarea lucrărilor sunt necesare inspecții periodice detaliate și pe întreaga durată de serviciu care să conducă - funcție de necesități - la realizarea la timp a unor activități de întreținere corespunzătoare din punct de vedere tehnic.

Pentru oricare structură de beton nu se poate discuta despre durabilitatea sau despre durata sa de serviciu fără a se face o corelație cu contextul în care aceasta a fost exploatată sub aspectul agresiunilor mediului înconjurător, cu sau fără o legătura directă cu încărcările din exploatare.

Durata de serviciu trebuie așadar asociată întotdeauna cu agresivitatea mediului înconjurător în care este exploatat betonul, având în vedere exigențe referitoare la compoziția acestuia (tipul cimentului,

- 13 *perioada de timp se mai numește durată de serviciu sau durată de viață a structurii*
14 *la costuri rezonabile, pentru o perioadă de timp denumită „perioadă de serviciu”.*
15 *sau durată de serviciu*

clasa minimă de beton, raportul A/C max etc.), cu forma elementului/structurii, cu modul de punere în operă, măsurile de protecție după turnare etc.

Durata de serviciu a unei structuri din beton depinde de:

- corectitudinea alegerii parametrilor compoziționali ai betonului în corelație cu agresivitatea mediului (încadrabilă în clase de expunere "X") și respectarea acestora la punerea în operă;
- calitatea preparării, transportului, punerii în opera și a tratării betonului;
- păstrarea (relativ) constantă a nivelului de agresivitate al acțiunilor fizico-chimice și mecanice, luat în considerare la proiectarea durabilității, pe întreaga durată de serviciu;
- efectuarea lucrărilor de întreținere și reparatii la timp și de calitate.

În continuare sunt prezentate o serie de elemente care te pot ajuta atât la realizarea proiectului elementului/structurii din beton cât și în etapa de ofertare respectiv de selectare a furnizorului de beton, în cazul în care ești implicat.

Întotdeauna este bine să ai în vedere în proiectul de executare a elementului/structurii introducerea în planul de control al calității, de verificări și încercări („PCCVI”) și a aspectelor legate de asigurarea durabilității betonului.

3. 1 Despre alegerea clasei de rezistență a cimentului funcție de clasa dorită a betonului

Stabilirea compoziției betonului uzual, cu proprietati specificate¹⁶, precum și efectuarea unor încercări preliminare asupra betonului proaspăt și întărit se fac într-un laborator autorizat și intră în atribuțiile producătorului de beton.

Alegerea clasei de rezistență a cimentului în vederea atingerii unei anumite clase de rezistență a betonului se face pe baza de încercări preliminare, în conformitate cu prevederile **CP 012/1:2007**, avându-se întotdeauna în vedere respectarea raportului A/C maxim. *Această operațiune intră, în general, în sarcina producătorului de beton însă ca proiectant poți recomanda, bineînțeles, o clasă de rezistență pentru ciment.*

Cimenturile folosite în compoziția betoanelor pot fi¹⁷ de clasă de rezistență 32,5, 42,5 sau 52,5 alese în funcție de clasa de beton dorită. O recomandare tehnică privind alegerea clasei de rezistență a cimentului funcție de clasa dorită a betonului este prezentată în continuare.

Clasa betonului dorită	Clasa de rezistență a cimentului recomandată
C 8/10 C 30/37	32,5
C 25/30 C 40/50	42,5
peste C 40/50	52,5

*Trebuie să știi că, în conformitate cu **CP 012/1:2007**, nu se mai poate produce beton cu clasa de rezistență sub C8/10, aceasta devenind clasa minimă posibilă, inclusiv pentru betonul de egalizare.*

Alegerea unei anumite clase de rezistență a cimentului funcție de clasa dorită a betonului se face de către producătorul de beton pe considerente tehnico-economice, așa încât dozajul de ciment să nu fie în exces (de exemplu să nu fie mai mult de 420...450 Kg/m³), prevenindu-se astfel apariția fisurării

16 Conform # 6.2. din CP 012/1:2007

17 cu rezistența inițială normală "N" sau mare "R"

datorate contracției (din diferite cauze) precum și o utilizare ineficientă¹⁸ a cimentului.

În cazul utilizării unui dozaj ridicat de ciment, în special dacă acesta este de clasă de rezistență superioară ($\geq 42,5$), un rol deosebit în prevenirea apariției fisurării din contracție îl are stabilirea corectă a tehnologiei de punere în opera și tratarea a betonului pe șantier. *De aceea, în cazul impunerii prin proiect a unei clase de rezistență mai ridicate pentru beton ($\geq C25/30$) este util să anexezi și un caiet de sarcini cuprinzând principalele prevederi din reglementările în vigoare (în special **NE 012/2:2010**) privind tratarea betonului, devenind astfel explicit aplicabile pe șantierul respectiv.*

3.2 Despre alegerea tipului de ciment la proiectarea durabilității elementelor/structurilor

Pentru atingerea duratei de serviciu de 50 de ani prevăzute în Anexa F (normativă) a **CP 012/1:2007** identificarea corectă a tipurilor de ciment care pot fi utilizate, stabilirea valorilor limită (clasa minimă, A/C max, dozaj minim de ciment etc.) asociate betonului precum și a grosimii stratului de acoperire au o importanță deosebită.

Sub aspectul alegerii tipului de ciment funcție de condițiile de exploatare (mediul înconjurător), Anexa F (normativă) a **CP 012/1:2007** prezintă o serie de tipuri de cimenturi ce trebuie utilizate în anumite clase de expunere "X", predefinite.

Sunt prezentate în **CP 012/1:2007** și valorile limită ale compoziției betonului (clasa minimă, A/C maxim etc.) pentru asigurarea durabilității elementului/structurii și care trebuie asociate tipului sau tipurilor de cimenturi utilizabile în respectiva clasa de expunere „X”.

În consecință, **Anexa F (normativa¹⁹) a CP 012/1:2007** reprezintă partea esențială, cheie, a reglementării în ceea ce privește proiectarea durabilității betonului. Aceasta nu exclude însă consultarea întregii baze de reglementare tehnica a domeniului, în vigoare, bineînțeles.

*Intră în responsabilitatea ta, ca proiectant, pentru oricare element/structură, alături de evaluările de rezistență (calcul structural), să faci și evaluarea durabilității betonului, alegând în mod corect tipul de ciment precum și toți parametrii săi compoziționali în conformitate cu **CP 012/1:2007**, plecând de la încadrarea elementului/structurii în (combinații de) clase de expunere "X". Urmarește să introduci în proiect toate elementele ce caracterizează betonul respectiv, așa cum este de exemplu necesitatea utilizării unui aditiv antrenor de aer (XF4) sau a unui ciment specializat, de la caz la caz.*

Atenție! Urmare a respectării condițiilor prevăzute în **CP 012/1:2007**, este posibil ca din etapa obligatorie de proiectare a durabilității, clasa betonului să fie superioară celei rezultate din calculul structural, după cum s-a mai arătat. De aceea, pe considerentul asigurării unei durate de serviciu prevăzute, de 50 de ani, devine deosebit de importantă proiectarea durabilității betonului conform prevederilor **CP 012/1:2007** pentru oricare element/structură din beton. Bineînțeles, respectarea **NE 012/2:2010** precum și a celorlalte reglementări tehnice este esențială și obligatorie în asigurarea durabilității elementelor/structurilor din beton!

Cimenturile, având diferite adaosuri, clase de rezistență și alți parametri, transmit - în mod firesc - betonului sau mortarului în care sunt încorporate proprietăți și performanțe diferite. Apariția pe piața națională a noi tipuri de cimenturi - fabricate în diferite variante compoziționale - necesită o perioadă de informare, de înțelegere a rolului și importanței prezenței adaosurilor în ciment în corelație cu durabilitatea (durata de serviciu) pe care o pot conferi betonului.

De cele mai multe ori utilizatorul unui ciment este extrem de interesat doar de clasa de rezistență la compresiune a acestuia (32,5, 42,5 sau 52,5) interpretată, în mod greșit din punct de vedere tehnic, a

18 așa încât cantitatea de ciment care nu reacționează cu apa de preparare să fie cât mai redusă

19 obligatorie

fi o garanție că și betonul produs va fi unul "durabil".

În afara respectării condițiilor prevăzute de clasa de rezistență, A/C etc., pentru ca un beton să fie durabil trebuie să conțină tipul de ciment corespunzător, acceptat în clasele de expunere "X" unde urmează a fi acesta exploatat conform Anexei F (obligatorii) din **CP 012/1:2007**.

Utilizarea unui tip de ciment cu caldură de hidratare redusă ("LH") în betoane masive, a unui tip de ciment rezistent la sulfați în medii cu o astfel de agresivitate²⁰ (demonstrată prin analize chimice asociate unor studii geotehnice etc.) devine astfel deosebit de importantă.

Pe considerente tehnico-economice și în conformitate cu reglementările tehnice în vigoare (CP 012/1:2007, NE 012/2:2010, GP 115-2011 etc.) trebuie să alegeți și să impui prin proiect tipul de ciment corect a fi utilizat în repectiva lucrare.

3.3 Despre alegerea tipului de ciment în betonul rutier

Normativul **NE 014:2002**²¹ prevede o serie de elemente foarte importante privind modul de stabilire a compoziției betonului, transportului și punerii în operă precum și de control al calității și recepției lucrărilor. Reglementarea se constituie într-un document de bază, obligatoriu²², în momentul proiectării, executării și recepției unei îmbrăcăminți rutiere rigide, din beton de ciment.

Sub aspectul alegerii tipului de ciment, normativul **NE 014:2002** este foarte restrictiv acceptând doar tipuri de ciment Portland unitare (CEM I 32,5R , CEM I 42,5N , CEM I 42,5R) fabricate în conformitate cu SR EN 197-1. În conformitate cu **NE 014:2002**, toate clasele de beton rutier (BcR) se pot obține cu cimenturile **CEM I 42,5 (N sau R)** și/sau **CEM I 32,5R**.

Păstrarea surselor de aprovizionare (ciment, agregate, aditivi etc.) pe tot timpul turnărilor îmbrăcăminților rutiere cu cofraje glisante este deosebit de importantă pentru asigurarea omogenității proprietăților betonului și în final a durabilității acestuia. Stabilirea corectă și completă a corelațiilor necesare între caracteristicile betonului (gradul de compactare, timpul de remodelare VE-BE etc.) și parametrii mașinii de turnare (viteza de înaintare, frecvența de vibrare, distanța între vibratoare etc.) este esențială în succesul tehnic al lucrării respective.

3.4 Despre alegerea tipului de ciment în betonul lucrărilor hidroenergetice

Betoanele lucrărilor hidroenergetice au un regim special, fiind supuse instrucțiunilor departamentale privind betoanele hidrotehnice **PE 713**, revizia în vigoare. Această reglementare traversează în prezent o perioadă de revizuire și adaptare la reglementările europene aplicabile.

Te rog să ne contactezi pentru a-ți recomanda tipul de ciment necesar în aplicația ta.

20 peste 600mg/l ioni sulfat (SO_4^{2-}) în apă sau peste 3.000 mg/Kg în sol, (Tab. 2 din CP 012/1:2007)

21 Normativ pentru executarea îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment în cofraje fixe sau glisante

22 Ordinul Ministrului Lucrărilor Publice, Transporturilor și Locuinței nr. 1718 din 17.10.2002

3.5 Despre alegerea tipului de ciment în betoane masive

Betoanele masive sunt considerate, conform **NE 012/2:2010**, acele elemente la care cea mai redusă dimensiune este de cel puțin 1,50 m.

Este util, în practică, să fie considerate elemente masive, din punct de vedere tehnologic, toate elementele care au dimensiuni de natura a cauza o comportare termică generatoare de fisuri, în condițiile în care nu se iau măsurile specifice de prevenire. Aceasta este și abordarea în noul **Ghid de proiectare pentru controlul fisurării elementelor masive și pereților structurali de beton armat datorită contracției împiedicate**, indicativ **GP 115:2011** (*pe care îți recomand să-l consulți*) care stabilește o altă limită²³ între betonul convențional și betonul masiv.

În betoane masive, susceptibile la fisurare din contracție termică, trebuie să introduci în proiect obligativitatea folosirii cimenturilor cu căldura de hidratare redusă (codificate "LH").

Fac mențiunea că este foarte important dozajul de ciment cu care este obținută clasa betonului întrucât supradozarea în compoziția betonului a unui ciment "LH" poate diminua modul de gestionare a riscului de fisurare din contracție termică prin limitarea căldurii de hidratare a cimentului.

Prepararea, turnarea și tratarea pe șantier a betonului masiv se face în mod deosebit, impunându-se cerințe suplimentare în conformitate cu reglementările tehnice aplicabile, în special **NE 012/2:2010**, **GP 115:2011** și **PE 713**, revizia în vigoare.

3.6 Despre alegerea tipului de ciment în balast stabilizat

Producerea balastului stabilizat pentru straturi rutiere se supune exigențelor cuprinse în **STAS 10473/1-87²⁴** și **STAS 10473/2-86²⁵**, încă în vigoare.

În conformitate cu acestea, la producerea balastului stabilizat se utilizează cimenturi Portland unitare sau cimentul **CEM II/A-S 32,5R** (fostul **Pa35**) care reprezintă și cimentul pe care îți recomand, pentru respectarea întocmai a cerințelor standardelor menționate.

*În balast stabilizat trebuie să introduci în proiect obligativitatea folosirii cimenturilor prevăzute de **STAS 10473/1-87²⁶**, **STAS 10473/2-86** precum și de alte reglementări tehnice în vigoare.*

23 Extras din **GP 115-2011**: "Elementele masive sunt acele elemente care au un volum de beton și dimensiuni suficient de mari pentru a necesita măsuri cu privire la căldura generată de hidratarea cimentului. De regulă, elementele masive au grosimi de peste 0,50 m (de exemplu elevații ale infrastructurii clădirilor, ziduri de sprijin, pile, culei fundații radier etc.), dar în practică s-au întâlnit situații în care căldura de hidratare a condus la gradienti de temperatură excesivi chiar și pentru grosimi mai reduse ale elementelor.";

24 Lucrări de drumuri. Straturi din agregate naturale sau pământuri stabilizate cu ciment. Condiții tehnice generale de calitate

25 Lucrări de drumuri. Straturi rutiere din agregate naturale sau pământuri stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici. Metode de determinare și încercare

26 Lucrări de drumuri. Straturi din agregate naturale sau pământuri stabilizate cu ciment. Condiții tehnice generale de calitate

3.7 Despre alegerea tipului de ciment pentru betonul produs în regie proprie (“de șantier”)

Betonul produs în regie proprie (“betonul de șantier”) este un beton cu proprietăți specificate, așa cum este acesta definit în **CP 012/1:2007**, aplicabil doar construcțiilor de importanță redusă (categoria de importanță D²⁷).

NE 012/2:2010 prevede însă că recepția betonului de șantier²⁸ se face în mod similar, cu egală exigență, atât pentru betoanele preparate în șantier cât și pentru betoanele livrate de către o stație specializată. Prin urmare stabilirea tipului de ciment pentru diferite aplicații în care se utilizează beton de șantier se face la fel de exigent ca și în cazul stabilirii tipului de ciment pentru betoane uzuale, adică în conformitate cu Anexa F (obligatorie) din **CP 012/1:2007**, după cum am arătat.

Practica inginerescă arată faptul că în compoziția betonului de șantier intră diverse sorturi de agregate a căror dozare, ca și a cimentului de altfel, se face manual, cu erorile inevitabile. În plus utilizarea unui aditiv este problematică din mai multe puncte de vedere, betonul îndepărtându-se astfel de prevederile reglementate de **CP 012/1:2007**.

În cazul construcțiilor de importanță redusă (categoria D), atunci când se utilizează “beton de șantier”, trebuie să stabilești prin proiect toate cerințele aplicabile acestui beton așa cum sunt tipul de ciment, clasa betonului, raportul maxim A/C, dozajul minim de ciment, clasa de consistență a betonului etc.

Dacă prin proiect vei oferi și compoziții orientative pentru betonul de șantier, va fi cu atât mai bine și vei veni în mod real în sprijinul executantului. Te rog să ne contactezi pentru a-ți furniza aceste compoziții orientative atât pentru betoane obișnuite cât și pentru mortare de zidărie și tencuială.

*Dacă te ocupi și de urmărirea execuției – cum uneori se mai întâmplă - verifică dacă cimentul „saci” aprovizionat este acceptat de către Anexa F (obligatorie) a **CP 012/1:2007** în clasele de expunere “X” la acțiunea mediului înconjurător relevante pentru elementul/structura executată în regie proprie.*

3.8 Despre importanța tipului de ciment folosit sub aspectul punerii în operă

Elemente esențiale privind modul de punere în operă, modul de tratare funcție de temperatura mediului ambiant precum și funcție de specificul mediului înconjurător (“X”) în care va fi exploatat elementul de beton etc. sunt prevăzute în **NE 012/2:2010** cu caracter obligatoriu²⁹.

Acest normativ ține seama de compatibilitatea care trebuie să existe între tipul cimentului și domeniul de utilizare preconizat pentru beton, stabilind reguli tehnologice generale de turnare, tratare și protecție a acestuia.

Normativul **NE 012/2:2010** stabilește cerințe impuse cofrării, armării și punerii în operă a betonului simplu, armat și precomprimat prezentând și elemente foarte importante privind controlul calității și recepția lucrărilor. **NE 012/2:2010 este un document foarte util proiectanților (în momentul întocmirii unor caiete de sarcini) precum și, mai ales, consultanților și executanților în activitatea curentă de șantier.**

27 Construcții de importanță redusă, definite în baza HG nr. 766 din 21 noiembrie 1997 pentru aprobarea unor regulamente privind calitatea în construcții.

28 beton preparat pe șantier, în malaxor

29 prin Ordinul Ministrului Dezvoltării Regionale și Turismului nr.2514 din 22.11.2010 publicat în Monitorul Oficial, Partea I nr. 853 din 20 decembrie 2010

Modul de preparare a betonului în stații specializate, posibilitățile de utilizare ale cimenturilor funcție de clasele de expunere "X" în care sunt acceptate, precum și alte elemente foarte importante referitoare la modul de punere în operă, sunt conținute în **NE 012/1:2007 (CP 012/1:2007)** cu caracter obligatoriu³⁰. Elemente foarte importante sunt cuprinse, de asemenea, în normativul **C16/84** privind realizarea pe timp friguros a lucrărilor de construcții și instalații care include și prevederi privind lucrările de betonare. Ar fi foarte util să existe și un normativ pentru realizarea lucrărilor de betonare pe timp calduros (canicular), care să completeze actualele prevederi cuprinse în **NE 012/1:2007 (CP 012/1:2007)** și **NE 012/2:2010**, însă deocamdată acesta nu este întocmit.

3.9 Despre importanța care trebuie acordată întotdeauna calității agregatelor

La proiectarea compoziției betonului ponderea diferitelor sorturi de agregate, raportul între acestea precum și diametrul maxim al granulei de agregat reprezintă elemente foarte importante.

Obiectivele generale de la care se pornește în proiectarea compozițională a unei rețete de beton este să poate fi asigurată consistența cerută³¹ asociată cu reducerea la minim a fenomenelor de segregare respectiv de separare a apei din betonul proaspăt. Pentru betonul întărit se urmărește asigurarea unei rezistențe minime la compresiune (și la întindere pentru betonul rutier sau aplicabil în pardoseli), determinată printr-o metodă standardizată, peste limita specificată în clasa de rezistență, cu o anumită marjă de siguranță.

Agregatele naturale utilizabile în beton și în lucrări de construcții se supun unei serii de reglementări tehnice și standarde, așa cum sunt următoarele³², fără ca lista să se limiteze aici:

SR EN 12620:2002 – Agregate pentru beton

SR EN 13242:2002 – Agregate din materiale nelegate sau legate hidraulic pentru utilizare în inginerie civilă și în construcții de drumuri

SR EN 13043:2002 – Agregate pentru amestecuri bituminoase și pentru finisarea suprafețelor, utilizate la construcția șoselelor, a aeroporturilor și a altor zone cu trafic

SR EN 13450:2003 – Agregate pentru balast de cale ferată

Standardele prezentate reprezintă standarde de produs, care detaliază condițiile fizico-mecanice și chimice aplicabile agregatelor pentru diferite utilizări precum și o serie de alte exigențe în ceea ce privește producția și modul de introducere pe piață.

La prepararea betoanelor este imperios necesară utilizarea nisipului și agregatelor grosiere (ca materiale sortate în balastiere și cariere) certificate. Balastul³³ poate fi folosit – pe șantier - doar pentru clasele de beton C8/10 și C12/15 (beton simplu, nestructural).

Agregatele, pe sorturi, recomandate la prepararea betoanelor sau pentru utilizarea ca atare în diferite lucrări de construcții civile, hidrotehnice sau de infrastructură sunt:

- nisip sort 0 - 4mm;
- agregate grosiere (pietriș) sorturi 4 – 8mm, 8 – 16mm, 16 – 22,4mm, 16 – 31,5mm;
- agregate grosiere (cribluri, splituri) sorturi 8 – 16mm, 16 – 25mm, 16 – 31,5mm, 31,5 – 63mm de amestec;
- agregate (tip balast) - amestecuri naturale de nisip și pietriș, exploatate ca atare, formate din granule cu diametrul cuprins între 0 și 63mm (de exemplu);

30 prin Ordinul Ministrului Dezvoltării, Lucrărilor Publice și Locuințelor nr.577/2008 publicat în Monitorul Oficial, Partea I, nr.374 din 16 mai 2008

31 A se vedea clasele de tasare, Vebe, de compactare și de răspândire conform CP 012/1:2007. Pentru betonul uzual, obișnuit, trebuie să prevezi în proiect clasa de tasare conform tabelului 3 din CP 012/1:2007.

32 Împreună cu amendamentele și eratele. *Utilizează întotdeauna ultima versiune a standardelor.*

33 definit în conformitate cu SR EN 12620

Standardele europene specifică și modul de clasificare a agregatelor în funcție de caracteristicile fizico-mecanice, chimice și petrografice măsurate care - este un lucru știut - pot varia mult de la un zăcământ la altul. Cunoașterea acestor caracteristici este foarte importantă pentru asigurarea durabilității betonului sau a construcției în care sunt folosite și intră în atribuțiile producătorului de beton. Fiecare această caracteristică este clasificată în cadrul standardului **SR EN 12620**.

În funcție de valoarea măsurată a unei caracteristici, producătorul de agregate declară în marcajul **CE** clasa în care se încadrează produsul respectiv și se angajează prin Declarația de Performanță să respecte această încadrare pe tot parcursul procesului de producție. Astfel, pe baza marcajului **CE** în care sunt înscrise toate caracteristicile esențiale stabilite de standarde și în funcție de valorile prevăzute în documentația tehnică a lucrării ce vrea să o pună în practică, beneficiarul poate alege în cunoștință de cauză cel mai adecvat produs raportat la obiectivele sale.

Este bine să știi că, alături de diametrul maxim al granulei de agregat necesar a fi folosită în beton, poți impune în proiect și alte exigențe tehnice agregatelor utilizabile.

Ca proiectant poți cere prin caiet de sarcini producătorului de beton să solicite producătorului de agregate toate documentele legale, de calitate, care trebuie să însoțească orice livrare de agregate. Acestea pot fi folosite la întocmirea Cărții Construcției.

3.10 Despre importanța asigurării calității agregatelor utilizate la prepararea betonului de șantier

Dacă ești implicat și în supravegherea unui șantier, este necesar ca pe lângă aprovizionarea cu agregate dintr-o sursă de încredere (având un control al producției certificat), să faci periodic și următoarele verificări sumare:

Condiții impuse nisipului		Mod simplu de verificare
1	Trebuie să fie aspru la pipăit	Frecă nisipul între degete. El trebuie să fie colțuros și aspru.
2	Trebuie să nu conțină argilă	Privește nisipul - acesta trebuie să nu aibă aspect pământos. Când este frecat în palme nu trebuie să te murdărească. Nisipul trebuie să se scurgă ușor printre degete.
3	Trebuie să nu conțină granule de cărbune	Privește îndeaproape nisipul. Nu orice granula de culoare neagră este granula de cărbune. Selectează granulele de culoare neagră și frecă-le pe o hârtie albă. Dacă lasă urme acestea sunt granule de cărbune.
4	Trebuie să nu conțină particule de mica	Privește îndeaproape nisipul. El nu trebuie să aibă granule plate (foițe, plăcuțe) strălucitoare.
5	Trebuie să nu conțină humus, reziduuri petroliere sau resturi vegetale.	Conținutul de humus se determină cu soluție de hidroxid de sodiu printr-o metodă standardizată. Prezența altor impurități se determină prin observare cu lupa sau simplu, prin frecarea nisipului între palme. Acesta nu trebuie să te murdărească și să se scurgă ușor printre degete.
6	Trebuie să nu fie extras din zona litoralului (să nu conțină săruri)	Interesează-te de unde a fost extras nisipul. Utilizarea nisipului extras din mare se face numai pe bază de prescripții speciale și numai după spălarea eficientă a sărurilor pe care le conține.

Condiții impuse pietrișului		Mod simplu de verificare
1	Granulele mari să nu fie acoperite cu argilă	Privește îndeaproape granulele de pietriș. Ele nu trebuie să fie acoperite de o peliculă aderentă de argilă (pământ).
2	Asupra formei generale, aspectului și durtății granulelor	Granulele trebuie să aibă forma rotunjită și nu aplatizată. Granulele nu trebuie să prezinte alterări de suprafață. Granulele nu trebuie să se spargă ușor la lovire cu ciocanul.
3	Trebuie să nu conțină pământ (argilă), impurități organice, etc.	Vizual, să nu se observe bulgări de pământ (argilă) sau praf, cărbune, paie, resturi vegetale, material lemnos, etc.



Practica inginerească arată faptul că la producerea betonului de șantier se folosesc agregate aprovizionate local, nu întotdeauna din surse de încredere, din păcate. Este bine să știi că utilizarea balastului (sorturi amestecate natural, în mod necontrolat) în beton conduce la frecvente segregări și la lipsa locală a grosimii necesare de strat de acoperire a armăturilor.

Consecințele apariției segregărilor ("cuiburilor de pietriș") sunt porozitatea accentuată a zonei, rezistențe reduse la îngheț-dezghet, lipsa protecției armăturilor etc., aspecte care pe ansamblu conduc la o durabilitate redusă a construcției, adică la o durată de serviciu mai redusă decât cea la care se așteaptă investitorul.

Nu accepta aprovizionarea șantierului cu balast obișnuit pentru a fi necesară o operație ulterioară de ciuruire cu rezultate incerte sub aspect tehnic.

Pe lângă faptul că granulele mari de agregat îți pot crea probleme la turnarea betonului, sub aspectul reglementărilor tehnice este posibilă utilizarea balastului doar la turnarea claselor inferioare, nestructurale (C8/10 și C12/15), în conformitate cu prevederile **CP 012/1:2007**.

Pentru prepararea betoanelor uzuale ($\leq C40/50$) se folosesc, în majoritatea cazurilor, agregate de balastieră obișnuite, cu sorturile mari uneori concasate pentru clase superioare (C30/37...C40/50).

3.11 Despre importanța utilizării aditivilor la prepararea betoanelor

Un parametru foarte important, ce influențează într-o măsură decisivă durabilitatea betonului, este raportul A/C - adică proporția relativă în care se găsesc cantitățile de apă "A" (litri) și de ciment "C" (Kg) aflate în compoziție.

Pentru un element/structură încadrate într-o anumită clasă de expunere "X" la acțiunea mediului înconjurător, un raport A/C mare³⁴ indică o potențială problemă de durabilitate, adică o posibilă durată de serviciu mai redusă decât cea prevăzută, de 50 de ani.

De aceea, una din direcțiile de acțiune în oricare stație de betoane și pe oricare șantier este să fie utilizată o cantitate de apă strict controlată și cât mai redusă în beton. Modalitatea eficientă și modernă de reducere a cantității de apă de preparare în condițiile păstrării consistenței (lucrabilității) betonului o reprezintă utilizarea aditivilor (super) plastifianți.

Obligativitatea utilizării aditivilor la prepararea betoanelor este prevăzută de #5.2.6. din **CP 012/1:2007**. În general, aditivii care se utilizează în beton se împart în câteva mari grupe, funcție de rolul și influența asupra betonului proaspăt și întărit precum și raportat la ponderea lor în utilizarea curentă.

Alți aditivi, specializați, având și alte efecte, pot fi bineînțeles folosiți iar pentru asta trebuie să primești și să respecti instrucțiunile de utilizare din partea producătorului. Tipul aditivului ar trebui să fie marcat pe avizul de însoțire a mărfii care însoțește camionul de beton în șantier – este bine să verifici acest aspect la prima livrare, cel puțin.

Tip aditiv	Rol (efect) asupra betonului
(Super)plastifianți (reducători de apă)	Pentru aceeași cantitate de ciment, utilizarea acestor aditivi are ca efect creșterea lucrabilității betonului concomitent cu reducerea A/C, adică a cantității de apă de preparare ³⁵ . Betonul devine astfel mult mai ușor de pompat, pe distanțe și înălțimi mai mari și se reduce manopera la punerea în operă. Betonul poate fi turnat în elemente subțiri, cu densitate mare de armături, sub apă, precum și la realizarea unor lucrări de consolidare în condiții dificile de compactare. Utilizarea acestui tip de aditivi are ca efect reducerea porozității, a permeabilității și a absorbției betonului precum și creșterea rezistenței la compresiune la toate termenele de încercare. Pe termen lung asigură creșterea durabilității elementului/structurii în special a celor exploatate în condiții dificile de agresiune a mediului înconjurător.
Antrenori de aer	Utilizarea acestor aditivi conduce la generarea controlată a unor foarte mici ³⁶ goluri („bule”) de aer de formă sferică, stabile, în volumul betonului. Scopul utilizării acestor aditivi îl reprezintă asigurarea durabilității betonului expus la îngheț – dezgheț, în special a celui având deja un anumit grad de saturare cu apă și exploatat în prezența agenților de dezghețare (sării). Acești aditivi pot avea ca efecte sporirea lucrabilității, evitarea segregării, a separării apei de preparare și reducerea rezistenței la compresiune. În principal acest tip de aditivi se folosesc în betoane rutiere (exploatate în clasele de expunere XF3, XF4) în conformitate cu Anexa F a CP 012/1:2007 .

34 mai mare decât cel prevăzut în CP 012/1:2007 pentru respectiva clasă de expunere „X”

35 adică practic aceeași tasare a betonului se poate obține la un raport A/C mai redus

36 acestea nu pot fi văzute cu ochiul liber

Tip aditiv	Rol (efect) asupra betonului
Întârzietori de priză / întărire	Acesti aditivi sunt utilizați pentru întârzierea intrării în priză a betonului ceea ce asigură mărirea timpului de transport și de punere în opera. Aditivii sunt recomandați pe timp călduros (canicular) pentru diminuarea efectului temperaturii ridicate asupra betonului. Se pot utiliza în cazul betoanelor masive și a celor transportate pe distanțe mari. <i>Ca efect secundar pot conduce la reduceri ale rezistenței la compresiune a betonului la termene scurte (1-3 zile) însă este oportun să îl întrebi acest detaliu pe producătorul de beton sau de aditiv.</i>
Acceleratori de priză / întărire având și rol de anti-îngheț	Acești aditivi sunt utilizați pentru reducerea timpului de priză a betonului prin accelerarea reacțiilor de hidratare ale cimentului. Acceleratorii de priză sunt recomandați pe timp friguros pentru diminuarea efectelor negative ale temperaturilor scăzute asupra betonului.

Utilizarea aditivilor (super) plastifianți în cazul tuturor betoanelor se face în condiții de obligativitate pentru stațiile de betoane având în vedere valorile limită maxime, exigente, impuse rapoartelor A/C de către **CP 012/1:2007**.

Utilizarea aditivilor antrenori de aer se face funcție de încadrarea elementului / structurii în clasele de expunere la îngheț-dezghet, în sensul ca în „XF4” această utilizare este obligatorie. Pentru clasa de expunere „XF3”, Anexa F a **CP 012/1:2007** oferă două variante compoziționale pentru beton din care una cu aditiv antrenor de aer și una fără acest aditiv. Oricare din ele poate fi utilizată.

Utilizarea aditivilor întârzietori sau acceleratori de priză se face, în principal, funcție de condițiile meteorologice. Poate fi necesară întârzierea prizei betonului în elemente masive (pentru reducerea vitezei de degajare a căldurii de hidratare) sau la transportul betonului pe distanțe mari cu risc de blocare în trafic (de exemplu o bariera pe traseu).

Decizia de utilizare sau nu a unui întârzietor de priză datorită distanței mari de transport intră, bineînțeles, în sarcina producătorului de beton.

Este util să incluzi în proiect obligativitatea utilizării aditivilor (super) plastifianți precum și recomandarea ca pe timp friguros să se utilizeze un accelerator de priză iar pe timp călduros un întârzietor de priză, ambele în conformitate cu prevederile producătorului de aditivi și situația meteorologică.

4. Despre beton

4.1 Generalități

Betonul corect proiectat compozițional sub aspectul durabilității, pus în opera, tratat și întreținut în mod corespunzător, prin caracteristicile sale fizico-mecanice și chimice, prin costul redus al materialelor componente, precum și prin modul favorabil, specific, în care răspunde agresiunilor³⁷ la care este supus pe durata de serviciu, reprezintă cea mai avantajoasă soluție tehnico-economică pentru multe aplicații din domeniul construcțiilor.



Majoritatea covârșitoare a betoanelor utilizate (pe șantiere și în proiecte) sunt betoane cu proprietăți specificate („betoane proiectate”, notate în conformitate cu #11 din **CP 012/1:2007**). Proiectarea compozițională³⁸ a acestor betoane în vederea atingerii unei anumite clase de rezistență (și a altor parametri asociați: A/C etc., foarte importanți sub aspectul durabilității) se face, pe bază de încercări preliminare, în laborator, în conformitate cu prevederile **CP 012/1:2007**.

Am fost obișnuiți până acum ca betoanele de egalizare să fie betoane de clasă foarte redusă, eventual chiar sub C 8/10. Prin **CP 012/1:2007**, sub aspectul durabilității, nu se face o departajare a betoanelor structurale de cele de egalizare sau umplutură. Prin urmare stabilirea clasei betoanelor de egalizare se face prin încadrarea în clase de expunere la acțiunea mediului înconjurător „X” - ca la oricare beton.

*Valorile limită (clasa minimă de rezistență, raport maxim A/C etc.) ale betonului pe considerente de durabilitate trebuie să le introduci în proiect prin preluarea lor din Anexa F a **CP 012/1:2007** - funcție de clasa (clasele) de expunere la acțiunea mediului înconjurător „X” în care se încadrează elementul/ construcția – după cum s-a mai arătat.*

Îți semnalez faptul că o încadrare necorespunzătoare a elementului/structurii în clase sau combinații de clase de expunere „X” poate conduce la stabilirea incorectă a parametrilor compoziționali ai betonului, respectiv la probleme de durabilitate sau (dimpotrivă³⁹) la costuri prea mari, nejustificate din punct de vedere tehnic.

Stabilirea corectă, prin proiect, a caracteristicilor betonului proaspăt și întărit reprezintă o etapă deosebit de importantă pentru asigurarea rezistenței, stabilității și durabilității structurii, adică în final a respectării legislației în vigoare în domeniul construcțiilor.

37 fizico-mecanice și chimice, efect al interacțiunii cu mediul înconjurător

38 stabilirea rețetei

39 betonul poate deveni neeconomic, clasa sa de rezistență fiind supradimensionată față de necesitățile de durabilitate ale elementului/structurii.

Monitorizarea rezistenței la compresiune a betonului în stații este efectuată de către personalul laboratorului stației prin prelevare de probe la descărcarea în camion, după o anumită frecvență minimă de eșantionare pentru evaluarea conformității, conform Tabelului 13 din **CP 012/1:2007**.

Această evaluare a rezistenței la compresiune a betonului - în corelație cu raportul A/C - reprezintă principala modalitate de control continuu, în stație, a conformității betonului sub aspectul durabilității.

Poti impune în proiecte – de exemplu prin Planul de Control al Calității, de Verificări și Încercări „PCCVI” pe parcursul lucrărilor - cerințe speciale de monitorizare⁴⁰, peste cele prevăzute de norme și reglementări, în cazul unor construcții speciale, exploatate în condiții dure sub aspectul agresivității mediului înconjurător sau în cazul necesității asigurării unor durate de serviciu mari. Este bine ca în proiect să explici în detaliu cerințele, să te raportezi la reglementări și să justifici necesitatea impunerii lor.

Rezistența la compresiune a betonului (R_c) este influențată de calitatea componentelor săi, de proporția în care se găsesc aceștia (dozaj, A/C) în compoziție, de clasa de rezistență a cimentului, de calitatea adeziunii dintre matricea de piatră de ciment și agregate, de modul și condițiile de punere în operă, de factorii fizico-chimici care intervin pe timpul duratei de serviciu, de vârsta sa etc.

Iată așadar că rezistența la compresiune – ca marime ce caracterizează betonul - depinde de o mulțime de parametri necesar a fi gestionați și controlați, fiecare în parte.

4.2. Codificarea betonului (uzual, cu proprietăți specificate)

*Foarte util pentru executant și producătorul de betoane este ca în proiect să incluzi o specificație a betonului cât mai explicită, definind caracteristicile esențiale ale tipurilor de betoane necesare în conformitate cu prevederile **CP 012/1:2007** (# 11 – Notarea betonului proiectat).*

Astfel, un beton obișnuit, cu proprietăți specificate, trebuie să fie notat și identificat printr-un cod, așa cum este de exemplu:

SR EN 206-1 C30/37 XC4, XF1, XS1 (RO) CI 0,20 D_{max}22 D1,8 S3

*în cuprinsul căruia apar identificate, raportat la prevederile **CP 012/1:2007** următoarele elemente:*

- **SR EN 206-1** (standardul care guvernează producerea betonului livrat);
- clasa⁴¹ de rezistență la compresiune “C” a betonului conform tabelelelor 7 și 8 din **CP012/1:2007**;
- clasa sau clasele de expunere “X” aplicabile elementului/structurii din beton conform tabelului 1 din **CP 012/1:2007**;
- prescurtarea numelui țării (**RO**);
- conținutul maxim de cloruri din beton prin clasa de cloruri care este definită în tabelul 10 din **CP 012/1:2007**;
- dimensiunea⁴² maximă nominală a agregatului (D_{max}) din beton așa cum este definită la #4.2.2 din **CP 012/1:2007**;
- densitatea betonului prin specificarea clasei de masă volumică (D) în conformitate cu tabelul 9 din **CP 012/1:2007**, sau valoarea specificată;
- consistența (lucrabilitatea) betonului prin clase de tasare “S” așa cum este definită în #4.2.1 din **CP 012/1:2007**, sau valoarea specificată.

40 de exemplu verificarea ritmică, “de terță parte”, a tipului de ciment aprovizionat, a clasei betonului livrat, a raportului A/C reieșit din rapoartele de producție ale stației, a tipului și dozajului de aditiv(i) etc.

41 Utilizarea “mărcii” betonului (“B”) este incorectă

42 D_{max} este dimensiunea maximă a sitelor prin care este determinată granulozitatea agregatului conform **SR EN 12620**.

Daca vei utiliza în proiecte această modalitate de notare și de identificare a betonului, alături de specificarea tuturor tipurilor de cimenturi aplicabile și de alte eventuale exigente, riscul de apariție a unor neînțelegeri tehnice cu executantul, cu producătorul de betoane sau beneficiarul - după predarea proiectului - devine neglijabil.

Includerea în proiect a întregii codificări⁴³ a betonului permite ca specificația betonului să poată fi preluată în contracte de furnizare iar la recepție să se poată confrunța (pe șantier) avizul de însoțire al mărfii emis de producătorul de beton cu specificația proiectului. Astfel, factorii de decizie (furnizorul de beton, executantul, dirigințele de șantier, investitorul etc.) vor avea o bază comună de discuție.

Dacă ești implicat în supravegherea executării lucrărilor, asigură-te că se comandă și că se primește din stație exact betonul comandat.

4.3 Dozajul de ciment (în corelație cu Rc) și clasa de rezistență a cimentului

Eficiența utilizării unui ciment în beton, la rapoarte A/C adecvate asigurării durabilității, este corespunzătoare până la un dozaj de ~450Kg/m³, după care evoluția rezistenței la compresiune (Rc) se aplatizează, o parte din ciment nemaleacționând cu apa de preparare.

Pentru aceeași clasă de rezistență a cimentului - privit pe termen lung - acest dozaj maxim pentru care se produce aplatizarea creșterii rezistențelor la compresiune este ușor mai ridicat la cimenturile cu adaosuri decât la cele unitare CEM I, efect al reacției puzzolanice specifice.

Pe de altă parte dozajul minim de ciment în compoziția betonului nu poate fi oricât. Asigurarea dozajului minim de ciment alături de limitarea superioară a raportului A/C reprezintă două măsuri importante de influențare a rezistenței la compresiune și implicit a durabilității betonului de care trebuie să ții seama.

Dozajul minim de ciment în compoziția betonului se stabilește atât din condiții de durabilitate conform Anexei F din **CP 012/1:2007** cât și pentru realizarea clasei de beton. *Ca proiectant trebuie să incluzi întotdeauna în proiecte dozajul minim prevăzut în Anexa F din CP 012/1:2007 cu mențiunea că producătorul de beton nu trebuie să înțeleagă - în nicio situație - faptul că acel dozaj este un dozaj fix impus, eventual un dozaj cu care să fie obținută clasa minimă de beton. Acela este doar un dozaj minim, sub care nu se poate coborî.*

Este important să comunici în proiectele tale faptul că respectarea integrală a cerințelor din Anexa F a CP 012/1:2007 înseamnă nu doar respectarea dozajului minim de ciment ci a întreg ansamblului de cerințe (dozaj minim, clasă minimă de rezistență a betonului, raport maxim A/C etc.).

Intra în responsabilitatea producătorului de beton să își determine propriile dozaje de ciment funcție de rezultatele încercărilor de laborator pentru fiecare compoziție/clasă de beton, conform propriului nomenclator.

Nu este acceptabilă reducerea dozajului de ciment sub acea valoare minimă prevăzută de Anexa F a **CP 012/1:2007** întrucât nu mai poate fi asigurată o suficientă masă liantă în compoziție. Acest risc există, în mod real, în cazul claselor mici de beton (C8/10, C12/15) în care se utilizează cimenturi de clasă de rezistență ridicată (42,5) și care sunt puse în operă la o clasă scăzută de consistență (betoane "vârtoase"/"nepompabile" – clasele S1, S2 din **CP 012/1:2007**).

43 conform celor anterior prezentate

4.4 Raportul A/C (în corelație cu rezistența la compresiune a betonului)

Pe măsura creșterii raportului A/C (adică a cantității de apă de preparare) - pentru un același dozaj de ciment - rezistența la compresiune a betonului scade. Aceasta arată faptul că producătorul de beton trebuie să manifeste o preocupare deosebită în a supraveghea în mod continuu raportul A/C (prin controlul cantității de apă/șarjă raportată la cantitatea de ciment) pentru o tasare dată (o clasă de tasare) a betoanelor.

Pe de altă parte este inevitabilă modificarea consistenței betonului (reducerea fluidității acestuia) pe timpul transportului, prin pierderea din diverse cauze a unei părți din apa liberă. Fenomenul este foarte probabil să fie mai pronunțat pentru distanțe mari de transport și/sau în cazul în care automalaxoarele așteaptă un timp îndelungat până ajung la descărcare.

Introducerea necontrolată a apei în beton (în "cife"), pe șantier, are ca efect creșterea necontrolată a raportului A/C respectiv scăderi ale rezistențelor la compresiune, creșterea riscului de fisurare din contracție, apariția unor probleme de durabilitate, necesitatea unor lucrări de întreținere premature și/ sau având o valoare ridicată, respectiv o reducere a duratei de serviciu.

De aceea, atunci când stabilești în proiecte clasa de tasare "S" la care trebuie să fie livrat betonul este important să adaugi faptul că această cerință se aplică la locul de punere în operă și nu la preparare în stația de betoane, o anumită modificare a consistenței betonului fiind inevitabilă pe timpul transportului pe distanțe mari, pe timp calduros etc.

Prin urmare clasa de tasare "S" stabilită de tine în proiecte se va referi, întotdeauna, la consistența betonului ajuns în șantier, gata de pus în operă și nu la cea determinată la stație.

4.5 Temperatura și umiditatea mediului ambiant, în care se face întărirea

Condițiile optime de întărire ale betonului sunt între +15 și +25°C, viteza de evoluție a rezistențelor mecanice scăzând odată cu scăderea temperaturii mediului ambiant.

Efectul scăderii temperaturii asupra evoluției rezistenței la compresiune este mai pronunțat în cazul cimenturilor cu adaos (CEM II, CEM III) decât asupra cimenturilor fără adaos (CEM I).

În special în cazul cimenturilor CEM II/B 32,5 - unde precauțiile la punerea în operă pe timp friguros trebuie să fie mai mari – este necesar să asiguri păstrarea căldurii de hidratare degajată în prima perioadă printr-o menținere mai îndelungată în cofraj. Pe ansamblu, indiferent de tipul de ciment, este necesară o atenție mai mare la punerea în operă pe măsură ce betonul ajunge să fie exploatat în clase de expunere la îngheț-dezgheț mai agresive (XF3 și în special XF4). Acest lucru poți să-l faci prin prevederea în proiect a unui caiet de sarcini privind măsurile necesare a fi luate pe timp friguros, în conformitate cu prevederile C16/1985, CP 012/1:2007 și în special NE 012/2:2010.

Menținerea unei umidități cât mai ridicate pe timpul perioadei de întărire asigură condițiile de desfășurare ale reacțiilor de hidratare-hidroliză specifice cimentului și pe de altă parte reduce riscul apariției fisurilor de contracție plastică, în perioada inițială, când matricea de piatră de ciment nu are o rezistență suficientă pentru preluarea eforturilor de întindere.

O durată cât mai mare de menținere a umidității (tratării) betonului are efecte benefice evidente asupra durabilității, prin stimularea reacției puzzolanice care produce blocarea porilor capilari cu noi produși de reacție. *Este important pentru asigurarea durabilității betonului să ții seama că durata de tratare a betonului trebuie să fie cu atât mai mare cu cât cantitatea de adaos, din ciment, este mai mare iar agresivitatea mediului înconjurător este mai ridicată. Consultă NE 012/2:2010 pentru detalii cu mențiunea că pentru durate de serviciu mai mari de 50 de ani duratele minime de tratare ale betonului prevăzute în acest normativ trebuie majorate.*

Esențiale în asigurarea durabilității elementelor/structurilor sunt protejarea și tratarea corectă, eficientă și suficientă a betonului după turnare. *Asigură-te că echipa de lucrători are la dispoziție toate echipamentele și mijloacele de protecție ale betonului după turnare, în conformitate cu prevederile NE 012/2:2010, C16/84 și alte reglementări specifice.*

4.6 Despre rezistența la îngheț-dezghet

Clima țării noastre este caracterizată de ierni cu numeroase cicluri de îngheț-dezghet.

În zonele înalt montane, perioada cu temperaturi sub 0°C poate dura 4-5 luni pe an, ceea ce reprezintă o durată semnificativă în condițiile unui regim de umiditate ridicat. Cu aproximație, numărul de cicluri de îngheț-dezghet poate atinge 100/an în zona montană (la peste 1900m) și poate scădea până la 50...80/an în zona de deal și câmpie, acolo unde este localizată majoritatea fondului construit. Local, pe areale restrânse, un număr mai crescut de cicluri de îngheț-dezghet se poate întâlni în depresiuni intramontane precum și în nordul Moldovei.

Din punctul de vedere al durabilității betonului iernile din țara noastră sunt mai agresive prin comparație cu cele din țări aflate mult mai la nord de paralela de 45°, caracterizate de un regim termic mai stabil, adică de un număr anual de cicluri de îngheț-dezghet mai redus. *Dat fiind specificul climei țării noastre este deosebit de important să iei în considerare în proiecte - cu maximă atenție și prudență - fenomenul de îngheț-dezghet și consecințele acestuia asupra durabilității betoanelor în condiții reale de exploatare.*

Dacă ești implicat și în partea de supraveghere de șantier este important să știi că la temperaturi sub 0°C betonul proaspăt, practic, nu mai dezvoltă rezistențe mecanice. La temperaturi scăzute, dacă după turnare căldura de hidratare a cimentului se pierde printr-o protecție inefficientă, betonul se poate degrada prin înghețarea⁴⁴ apei de consistență, libere, nelegate chimic.

În consecință, betonul nu trebuie să fie expus la temperaturi negative decât după ce a făcut priză și a dezvoltat deja o anumită rezistență mecanică, de regulă recomandându-se o anumită „*perioadă de așteptare*”. Pentru un același dozaj de ciment și raport A/C, această „*perioadă de așteptare*” este funcție de mai mulți parametri, însă cel mai important și care, de fapt, gestionează evoluția rezistenței mecanice este tipul de ciment. *De aceea este important să stabilești în proiecte tipurile de ciment utilizabile și pe timp friguros neștiind de fapt, uneori, perioada din an în care se va pune în operă betonul din proiectul tău. Specifică în proiect faptul că în perioada oficială, convențională⁴⁵, de timp friguros (15 noiembrie – 15 martie) se vor folosi doar cimenturi cu rezistență inițială mare “R”.*

Degradarea betonului întărit din îngheț-dezghet se produce datorită înghețării apei din porii mari și a migrării⁴⁶ prin difuzie a apei prin beton către nucleele de gheață deja formate, favorizând astfel creșterea dimensională a acestora. Degradarea se manifestă sub formă de umflări însoțite de fisurări, exfolieri⁴⁷, expulzări locale („pop-out”) în dreptul granulelor mari de agregat etc.

În proiectarea elementelor expuse la îngheț-dezghet în stare saturate trebuie să știi că una din cele mai defavorabile situații - care conduce la degradări rapide - este așa numita înghețare “sandwich” în care suprafața orizontală se dezgheață pe timpul zilei (saturând betonul) iar interiorul betonului rămâne înghețat, sub 0°C. Dacă zona de suprafață îngheață din nou (de exemplu noaptea următoare) există un risc ridicat de degradare prin exfoliere, prin faptul că va exista o zonă subțire de beton cu apă liberă “prinsă” între două zone înghețate. De aceea este foarte important să ai în vedere, în proiecte, asigurarea scurgerii apei de pe carosabil precum și de pe oricare elemente de beton care sunt exploatate în condiții severe de îngheț-dezghet (XF3, XF4).

44 se produce o „umflare” cu ~9% a volumului, o slăbire structurală

45 definită de către Normativul C16 / 1985 a fi între 15 noiembrie și 15 martie;

46 migrarea poate avea ca sursă apa aflată în apropierea sau sub elementul de beton care îngheață

47 „cojiri” în special în apropierea unei granule mari de agregat

În urma utilizării sării ca agent de dezghețare suprafața orizontală a betonului va fi saturată pe o adâncime variabilă⁴⁸ cu o apă încărcată chimic, cu o concentrație mult mai ridicată în săruri decât cea naturală și cu o temperatură de îngheț mai scăzută. Sarea produce o presiune osmotică suplimentară care stimulează migrarea apei din interior către stratul de suprafață (înghețat) al elementului de beton. Astfel, în prezența sării, atacul din îngheț-dezghet devine mai agresiv și are consecințe mai grave asupra durabilității putând produce pe termen scurt exfolieri, cojiri și expulzări de material.

Pentru asigurarea durabilității betonului la atacul din îngheț-dezghet, pe lângă stabilirea corectă a clasei de expunere "XF" și introducerea în proiect a valorilor limită compoziționale⁴⁹, trebuie să știi că forma elementului precum și măsurile luate pe șantier de turnare și tratare a betonului sunt deosebit de importante. Asigură-te că apa (în special cea încărcată cu sare) nu stagnează pe elementul / structura pe care o proiectezi, reducând astfel riscul de a fi surprinsă de îngheț în stare saturată.

48 funcție de permeabilitatea, absorbția și porozitatea capilară a acestuia

49 clasa, A/C, dozaj minim de ciment, obligativitate utilizare antrenor de aer în clasa de expunere XF4, agregate rezistente la îngheț-dezghet etc.

5. Betonul proaspăt și întărit

5.1 Betonul proaspăt

Betonul proaspăt este definit de raportul A/C, de tipul și dozajul de ciment, de consistența, de dimensiunea maximă a agregatului, de densitate, de conținutul maxim de cloruri, de conținutul de aer antrenat etc. Aceasta enumerare nu este limitativă, de exemplu temperatura betonului proaspăt poate fi luată în considerare pe timp friguros sau în acele aplicații⁵⁰ în care acest aspect este important.

Pentru verificarea consistenței betonului poți prevedea în proiect necesitatea dotării șantierului cu un con Abrams, de exemplu. Ca proiectant trebuie să știi seama de acele caracteristici fizico-chimice ale betonului care pot varia semnificativ în timpul producției și transportului, incluzând în proiecte valori țintă, condiții⁵¹ pentru acestea, frecvențe⁵² de determinare precum și metode standardizate de încercare.

În cazul în care - în mod voit de către producător (stația de betoane) – se livrează beton vârtos pe șantier, se poate adăuga, diluată în mod controlat, o anumită cantitate de aditiv plastifiant în cuva malaxoare, în proporția indicată de producătorul de aditivi și acceptată de stația de betoane.

Această operațiune se face doar sub supravegherea și cu aprobarea laboratorului stației de betoane și trebuie să fie urmată de o malaxare suficientă.

Obiectivul adăugării controlate de aditiv plastifiant pe șantier este de a se aduce betonul la consistența specificată, adăugarea acestuia fiind însă anterior prevăzută în compoziția betonului, conform # 7.5. din **CP 012/1:2007**.

Durata de reamestecare în autobetonieră, după adăugarea aditivului, este funcție de tipul utilajului de amestecare însă nu poate fi mai mică de 1min/m³ beton sau de 5 minute, pentru o cantitate mai mică de 5m³ beton, în conformitate cu # 9.8. din **CP 012/1:2007**.

Operațiunea se consemnează în documentele șantierului și pe avizul de însoțire a mărfii fiind recomandabil să nu devină o regulă întrucât calitatea malaxării și omogenizării pe șantier nu este similară cu cea din stație.

Alte caracteristici ale betonului proaspăt pot deveni deosebit de importante funcție de aplicația dorită, așa cum este timpul Vebe, gradul de compactare etc. pentru betonul rutier turnat cu mașina cu cofraje glisante, de exemplu. În această situație, măsurarea timpului Vebe chiar la descărcarea betonului oferă informații esențiale în vederea reglării vitezei de înaintare a mașinii de turnare.

Este important să știi că activitatea de verificare a calității betonului pe șantier este o activitate care se desfășoară în condiții dificile. Cu cât proiectul tău este mai explicit în a furniza elemente de detaliu sau proceduri de lucru, cu atât șansele ca acesta să fie aplicat cu succes sunt mai mari.

50 de exemplu betoane masive turnate pe timp canicular unde este necesară folosirea fulgilor de gheață
51 de exemplu toleranțe (±) rezonabile din punct de vedere tehnic
52 cel mai eficient fiind la numărul de cife sau la cantitatea de beton [m³] pusă în operă

5.2. Betonul întărit

Pe lângă rezistența la compresiune betonul întărit mai poate fi caracterizat de absorbție, porozitate și permeabilitate. Spre deosebire de rezistența la compresiune acestea din urmă pot fi determinate doar în laboratoare specializate și care necesită o dotare deosebită.

Determinarea cu acuratețe a absorbției, porozității și permeabilității betonului este desigur importantă însă la fel de importantă este și definirea unor criterii de performanță pentru a stabili dacă o compoziție de beton cu „x” [%] absorbție și/sau „y” [%] porozitate este – de exemplu – corespunzător utilizării într-o anumită aplicație, identificată.

În aceasta situație trebuie să existe o comparație cu absorbția, porozitatea și/sau permeabilitatea „limită⁵³” a unei compoziții de beton care a oferit o durabilitate corespunzătoare în același tip de aplicație (adică o rețetă care „a trecut proba timpului”). Stabilirea acestui mecanism de comparație rămâne dificilă fără existența unei baze de date experimentale.

5.2.1 Absorbția

Determinarea absorbției⁵⁴ se folosește, în general, pentru caracterizarea betoanelor din aplicații speciale cum ar fi îmbrăcămînți rutiere, pavele, borduri sau alte elemente care pot îngheța în stare saturată, exploatate în clasele de expunere XF2, XF3 și XF4.

Mărimea absorbției (măsurată prin evaluarea cantității de apă absorbită) este proporțională cu riscul de apariție al unor degradări datorate, în principal⁵⁵, îngheț-dezghețului.

Determinarea absorbției nu reprezintă, în sine o metoda directă de evaluare a durabilității betonului, însă este evident ca o absorbție scăzută este favorabilă asigurării durabilității. Betoanele ce pot fi considerate în mod preliminar⁵⁶ a fi corespunzătoare sub aspectul durabilității trebuie să aibă o absorbție de sub 2 ... 2,5%, determinată conform **STAS 2414:1991**.

Ca proiectant nu este cazul să oferi în proiect valori limită maxime ale absorbției betonului însă este important să știi că acest parametru al betonului poate caracteriza, în mod preliminar, durata de serviciu a unui beton.

5.2.2 Porozitatea

Betonul este un material compozit, multieterogen, alcătuit dintr-o matrice liantă (piatră de ciment) și un schelet de rezistență format din agregate de diferite dimensiuni. Microscopic se observă complexitatea structurală a pietrei de ciment care este un sistem polifazic, polidispers, microfisurat și microporos format din faze cristaline, gelice, apa liberă și absorbită, precum și dintr-un sistem complex de pori conținând faze lichide și gazoase.

Una dintre cele mai importante caracteristici ale betonului - aflată în relație directă cu durata de serviciu - este porozitatea care se caracterizează prin cauza, tipul și distribuția dimensională a porilor. Porozitatea betonului reprezintă procentual, la un anumit moment de timp (vârsta) raportul între volumul porilor (golurilor) și volumul total al elementului care se dorește a fi caracterizat.

53 în sens favorabil asigurării durabilității

54 este necesară realizarea delimitării între absorbție (care se referă la fenomene ca suțiuena capilară sau osmoza) și adsorbție (care se referă la procese care imobilizează ioni, permanent sau temporar).

55 o absorbție mare poate fi, însă, un semnal de vulnerabilitate și la pătrunderea ionilor de clor, la atac chimic etc.

56 durabilitatea trebuie să fie confirmată și prin alte determinări de laborator și “in situ”

Un „por” este un spațiu plin cu gaze, aer sau apă⁵⁷ din matrice care nu poate prelua eforturi mecanice. Din acest motiv, rezistența la compresiune a betonului este direct dependentă de porozitatea acestuia în sensul că, dacă volumul de pori crește, atunci rezistența la compresiune a betonului scade⁵⁸.

Înțelegerea modului de formare a porilor în beton precum și descrierea lor cât mai fidelă sub aspect dimensional, a felului în care aceștia influențează permeabilitatea și absorbția, precum și identificarea factorilor care influențează porozitatea, reprezintă pași importanți și necesari pentru proiectarea compozițională corectă și punerea în opera a unor betoane durabile.

Ca proiectant nu este cazul să oferi valori maxime, limită, ale porozității betonului uzual folosit în proiect însă este important să știi că acest parametru al betonului – alături de absorbție și permeabilitate - poate caracteriza în mod preliminar⁵⁹ durata de serviciu a unei structuri de beton.

*Durabilitatea betonului este influențată decisiv de porozitatea capilară a pietrei de ciment. O pondere ridicată a porilor capilari, în special când aceștia au dimensiuni mari, va conduce la o permeabilitate ridicată, pe când o pondere ridicată a porilor capilari mici sau absența lor vor conduce la o permeabilitate redusă. **Oricare prevedere a proiectului tău care va conduce la reducerea porozității capilare a betonului este benefică sub aspectul asigurării durabilității și reducerii costurilor de întreținere pe durata de serviciu.***

Porozitatea betonului se află în relație directă cu rezistența la compresiune a acestuia, un beton de clasă de rezistență mai ridicată are, la rapoarte A/C rezonabile, o porozitate scăzută. Creșterea raportului A/C are ca efect, pentru aceeași compoziție de beton, creșterea porozității capilare adică în mod evident diminuarea durabilității. *De aceea este important, prin prevederile proiectelor precum și pe șantier, să îți iei toate măsurile necesare, așa încât să nu se adauge în mod necontrolat apă în beton la locul de punere în operă întrucât aceasta va spori porozitatea capilară a acestuia.*

Trebuie să știi că pe șantiere există întotdeauna tentația introducerii de apă în beton, peste apa compozițională oferită de către stație. Motivațiile sunt diverse, de la „necesitatea sporirii lucrabilității”, „reducerea efortului fizic la punerea în operă” și până la „pentru a fi pompat mai ușor” etc.

Trebuie înțeles de către toți participanții la punerea în operă faptul că odată introdusă⁶⁰ apa în beton raportul A/C se majorează⁶¹ iar durabilitatea betonului are de suferit prin creșterea contracțiilor și a porozității capilare cu efecte vizibile pe termen scurt (fisurare) și lung.

Porozitatea betonului influențează mult rezistența sa la compresiune și la îngheț-dezghet. Acest lucru se observă (în special) la betonul preparat cu aditiv antrenor de aer, efectul negativ al prezenței acestuia asupra rezistențelor la compresiune, cât și pozitiv asupra rezistenței la îngheț-dezghet, fiind ușor de sesizat prin comparație cu un beton „de referință”, fără acest aditiv⁶².

O pondere mare a porilor capilari „deschiși” („de trecere”) influențează în mod negativ durabilitatea betonului, aceștia fiind direct responsabili pentru degradările din îngheț-dezghet repetat, în special când betonul este surprins de îngheț în stare saturată.

În cazul atacului chimic, cu cât ponderea și dimensiunea medie a porilor capilari este mai redusă, cu atât agenții agresivi pătrund mai greu. Finețea porilor este puternic dependentă de dozajul și tipul de ciment (tipul și ponderea adaosului în ciment), raportul A/C și eficiența tratării după turnare.

57 apa evaporabilă sau absorbită

58 același lucru este de așteptat să se întâmple cu rezistența la întindere, torsiune etc.

59 durabilitatea trebuie să fie confirmată și prin alte determinări de laborator și „in situ”

60 in mod necontrolat, pe șantier

61 față de prevederile CP 012/1:2007 considerate respectate de către producatorul de beton, în stație

62 însă cu același tip de ciment, la același dozaj de ciment și raport A/C

Pentru betoanele expuse în stare saturată la îngheț-dezgheț este important să impui prin proiect utilizarea unui aditiv antrenor de aer. Folosirea acestuia este obligatorie în clasa de expunere XF4 în conformitate cu CP 012/1:2007.

Sub aspectul durabilității, un beton cu o porozitate capilară, absorbție și permeabilitate ridicate va fi puternic afectat, indiferent de tipul cimentului, de expunerea la îngheț-dezgheț în stare saturată sau într-un mediu chimic agresiv, de exemplu sulfatic.

5.2.3 Permeabilitatea

Permeabilitatea⁶³ betonului este o caracteristică relevantă pentru durabilitate, fiind evaluată prin măsurarea directă a adâncimii de pătrundere a apei în beton, în urma aplicării unei anumite presiuni pe fața elementului, printr-o metodă standardizată.

În exploatare, pătrunderea apei în beton se supune Legii lui Darcy și depinde în cea mai mare parte de mărimea și distribuția porilor capilari din structură, de orientarea acestora, precum și de (micro) fisurile pietrei de ciment și a agregatelor⁶⁴. Un beton cu porozitate și absorbție mari (având așadar o pondere ridicată a porilor capilari) va avea și o permeabilitate mare, între porozitatea capilară și permeabilitate fiind o puternică relație de dependență. Pentru același tip de ciment utilizat și egala consistență a betonului, cu cât rezistența la compresiune este mai mare iar raportul A/C mai scăzut, cu atât permeabilitatea acestuia va fi mai redusă și respectiv durata de serviciu mai mare.

Aceasta arată, din nou, importanța ținerii sub control a raportului A/C în compoziția betonului. Permeabilitatea pietrei de ciment ce înconjoară granulele de agregat este (și) o consecință a prezenței microfisurilor generate de modificări de volum și de gradienti termici efect al proceselor de hidratare.

Pentru a avea o comportare normală, previzibilă sub aspectul asigurării duratei de serviciu, este necesar să iei în proiect măsuri de limitare a (micro) fisurilor datorate unor erori așa cum sunt – de exemplu - fisurile de contracție termică sau plastică. Trebuie să ai tot timpul în vedere faptul că porii mari și fisurile, având o legătură directă cu exteriorul, reprezintă „porți de intrare” în masa betonului a substanțelor chimice agresive, a dioxidului de carbon, a soluțiilor ce conțin ioni de clor precum și (eventual) de pierdere a hidroxidului de calciu sub formă de carbonat de calciu.

Determinarea permeabilității betonului oferă informații directe privind capacitatea acestuia de a rezista pătrunderii apei sub o anumită presiune, în final putându-se face anumite aprecieri asupra durabilității și performanțelor sale, prin comparație cu un beton “de referință”, pentru care există o suficientă experiență în practică.

Determinarea permeabilității se face – în laborator - în momentul proiectării unei compoziții noi de beton precum și în mod curent pentru verificarea acelor compoziții care au un dozaj mai redus de ciment. Determinarea permeabilității compoziției de beton se poate face și la cererea proiectantului.

Gradul de impermeabilitate la apă a betoanelor se notează P_n^x , în care:

n – valoarea prescrisă a presiunii maxime a apei (N/mm²);

x – valoarea prescrisă a adâncimii limită de pătrundere a apei (cm).

63 permeabilitatea este o caracteristică mai ușor de stăpânit din punct de vedere practic – în laboratoare - decât absorbția și porozitatea

64 acolo unde este cazul, la agregate reciclate/concasate, de exemplu

STAS 3622-86 și **NE 012/1999** (ambele ieșite din vigoare) prezentau următorul tabel prin care se încadrau performanțele diferitelor compoziții de beton în grade de impermeabilitate „P”.

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

Se făcea mențiunea în **NE 012/1999** precum și în **STAS 3622-86** că se pot stabili și alte grade de impermeabilitate „P” precum și faptul că adâncimea limită de pătrundere a apei se poate determina și la alte vârste⁶⁵ decât 28 de zile. În general, în aplicații uzuale, s-a lucrat cu adâncimea limită de pătrundere a apei de 100 mm și presiunea apei de 4 bari („ P_4^{10} ”) respectiv 8 bari („ P_8^{10} ”), situațiile în care se cerea un grad de impermeabilitate „ P_{12}^{10} ” fiind rare.

NE 012/1999 făcea o corelație directă între clase⁶⁶ de expunere și grade de impermeabilitate „P”, cu cât agresivitatea mediului înconjurător era mai mare cu atât gradul de impermeabilitate „P” cerut betonului devenea mai mare.

În **CP 012/1:2007** nu mai există cerințe de grad de impermeabilitate „P” asociate unor clase de expunere la acțiunea mediului înconjurător „X”, aceasta fiind abordarea europeană oferită de **SR EN 206-1:2002**.

Pentru faptul că normativul **CP 012/1:2007** impune - pentru clasele de expunere „X” definite - clase minime mai ridicate de beton și rapoarte maxime mai reduse A/C față de situațiile oarecum similare reglementate de **NE 012/1999**, nu mai apare ca și cerință explicită - necesar a fi menționată în proiecte - stabilirea gradului de impermeabilitate „P” pentru betonul obișnuit, acesta fiind - într-o anumită măsură – satisfăcut în mod indirect. Verificarea este utilă de fiecare dată, bineînțeles.

CP 012/1:2007 nu mai include condiționări privind permeabilitatea în modul descriptiv de stabilire a compoziției și parametrilor betonului. Respectarea cerințelor de clasă minimă de beton, de raport maxim A/C și de dozaj minim de ciment/m³ (prevăzute în Anexa F a **CP 012/1:2007** pentru diferite clase de expunere “X”) oferă un anumit grad de asigurare sub aspectul adâncimii de pătrundere a apei sub presiune, pentru betonul folosit în aplicații uzuale.

*Acesta poate fi unul din motivele pentru care gradul de impermeabilitate nu mai este o cerință explicită în **CP 012/1:2007** și prin urmare nu mai este necesar să îl introduci în proiecte, pentru aplicații uzuale în care betonul nu este supus în exploatare unei presiuni a apei. Pe de altă parte trebuie înțeles și acceptat că între parametrii compoziționali ai betonului (clasa, A/C etc.) și gradul de impermeabilitate pe care îl ceri în proiect trebuie să existe o legătură, unei clase reduse de beton (cu raport mare A/C) neputându-i-se asocia un grad ridicat de impermeabilitate.*

⁶⁵ gradul de impermeabilitate al betoanelor hidrotehnice se evaluează la o vârstă mai mare de 28 de zile, de exemplu.

⁶⁶ Clasele de expunere în **NE 012/1999** erau prezentate diferit față de **CP 012/1:2007**. În **NE 012/1999** clasele erau codificate 1, 2a, 2b, 3, 4a, 4b1, 4b2, 5a, 5b, 5c, 5d. Acestea conțineau agresiunea mediului înconjurător sub forma unor combinații de situații provenite din realitate. Situația este diferită în **CP 012/1:2007** care prezintă agresiunea mediului înconjurător sub forma unor clase de expunere la diferite riscuri „X” intrând în sarcina proiectantului combinarea corectă a acestora.

Efect al modului de punere în opera și tratării betonului, între rezultatele de permeabilitate oferite de laborator și ceea ce este obținut în șantier („în situ”) pot exista diferențe (relativ) mari între adâncimile de pătrundere ale apei. *Pe șantier trebuie să acționezi asupra reducerii permeabilității prin prevederea unor măsuri de compactare eficientă a betonului și prin asigurarea duratei de tratare prevăzute în NE 012/2:2010, știind că porozitatea capilară este puternic influențată de umiditatea⁶⁷ de la suprafața betonului în prima perioadă de viață.*

Determinarea gradului de impermeabilitate a existat în vechile reglementări naționale C140/1986 și NE 012/1999. Încercarea a fost considerată a fi relevantă pe plan național pentru asigurarea durabilității fiind inclusă în Anexa X a NE 012/2:2010 pe considerente de respectare a tradiției naționale și o mai bună caracterizare a betoanelor aflate în contact cu apa.

Nu este obligatoriu să impui în proiecte grade de impermeabilitate „P” pentru întreg betonul utilizat. Pentru elemente/structuri aflate sub nivelul pânzei freatice sau pentru oricare elemente/structuri pe a căror suprafață se exercită presiunea apei este însă necesar să atragi atenția în proiecte asupra cerinței de impermeabilitate a betonului prin impunerea unui grad „P”. Consultă PE 713 pentru mai multe detalii, inclusiv pentru a vedea modul particular în care se stabilește gradul de impermeabilitate la construcțiile hidrotehnice.

Verificarea compoziției betonului în vederea satisfacerii gradului de impermeabilitate „P” impus de tine se face în laboratorul stației de betoane (sau cu care are stația contract) prin testare nemijlocită, conform Anexei X din NE 012/2:2010.

În mod suplimentar pentru asigurarea unui anumit grad de impermeabilitate, poți prevedea soluții de etanșare împotriva pătrunderii apei utilizând diferite membrane sau produse chimice aplicate pe suprafața betonului și/sau în interiorul acestuia.

5.2 Rezistența la compresiune

Betonul, după preparare, trebuie să-și mențină consistența (lucrabilitatea) o perioadă de timp suficientă pentru transport, punere în operă, compactare, finisare și eventual aplicarea unor tratamente speciale. Rigidizarea pastei de ciment se datorează hidratării componentelor mineralogici⁶⁸ aflați în compoziția clincherului Portland, ulterior aparând și efectul reacției puzzolanice caracteristice adaosurilor. După anumite intervale de timp, predefinite, cimentul⁶⁹ sau betonul⁷⁰ trebuie să atingă anumite nivele minime de rezistență la compresiune, să prezinte stabilitate de volum și durabilitate pe termen lung în (diferite) clase de expunere “X” la acțiunea mediului înconjurător.

Rezistența la compresiune a betonului (R_c) este influențată de performanțele componentelor săi, de proporția în care se găsesc aceștia (dozaj), de calitatea adeziunii dintre matricea de piatră de ciment și agregate, de modul și condițiile de punere în operă, de factorii fizico-chimici care intervin pe timpul duratei de serviciu, de vârsta sa etc.

⁶⁷ satisfacerea unui anumit grad de impermeabilitate se face, pe șantier, prin creșterea duratei de tratare care va reduce porozitatea capilară a betonului

⁶⁸ Aceștia sunt silicatul tricalcic (C_3S denumit și alit), silicatul dicalcic (C_2S denumit și belit), aluminatul tricalcic (C_3A denumit și celit II) și feritaluminatul tetracalcic (C_4AF denumit și celit I)

⁶⁹ încorporat în mortar standard, încercare pe prisme 40x40x160mm preparate conform SR EN 196-1

⁷⁰ cel mai utilizat în cazul betonului este termenul de 28 de zile însă se pot impune acestuia și alte termene (ex: 2, 7 și 90 de zile etc.)

Monitorizarea rezistenței la compresiune a betonului - în corelație cu raportul A/C și alți parametri - reprezintă principala modalitate de monitorizare la proiectare, în stație⁷¹ precum și pe șantier⁷², a conformității betonului sub aspectul durabilității. De aceea trebuie acordată o atenție deosebită urmării clasei de rezistență la compresiune a betonului pus în operă în toate etapele construcției.

Reamintesc faptul că, în conformitate cu **CP 012/1:2007**, în codificarea clasei betonului, **Cx/y** reprezintă:

x - rezistența caracteristică minimă [MPa], la 28 de zile, măsurată pe cilindri de 150mm diametru și 300mm înălțime;

y - rezistența caracteristică minimă [MPa], la 28 de zile, măsurată pe cuburi de 150mm latură (1MPa = 1 N/mm²);

Față de valorile "x" și "y", care reprezintă rezistențe caracteristice, la producerea betonului (în stație) precum și la locul de punere în operă (pe șantier) se aplica diferite seturi de criterii pentru evaluarea conformității. La producerea betonului, în stație, trebuie să se asigure - prin compoziția betonului - rezistențe la compresiune superioare celor caracteristice "x" și "y", care reprezintă valori minime.

Te rog să găsești în continuare un tabel informativ privind corespondența orientativă între vechile mărci („B”) sau clase de betoane („Bc”) și clasele actuale de betoane („C”), definite în conformitate cu reglementările în vigoare.

În prezent noțiunea de „marcă” a betonului („B”) nu se mai folosește.

Acest tabel poate fi utilizat - cu prudență - la actualizarea unor proiecte vechi, întocmite în conformitate cu prevederile unor reglementări ieșite din vigoare.

Este de fiecare dată necesară decizia proiectantului cu privire la stabilirea clasei de beton, în conformitate cu prevederile reglementărilor actuale (**CP 012/1:2007**).

71 la producerea betonului

72 prin verificarea documentelor însoțitoare

Tabelul 1. Corespondența orientativă între mărcile („B”) și clasele de beton („Bc” respectiv „C”)

Reglementare tehnică				Utilizare posibilă(**)	Ciment recomandat	
C 140/79(*)	C 140/86(*)	NE 012/99(*)	CP 012/07			
B 50	Bc 3,5	C2,8/3,5	Aceste clase de beton nu se mai regăsesc în actualele reglementări, nemaiputând fi livrate de către stațiile de betoane.			
B 75	Bc 5	C4/5				
B 100	Bc 7,5	C 6/7,5				
B 150	Bc 10	C 8/10	C 8/10	Beton simplu (nearmat)	Ciment de clasă de rezistență 32.5 C 8/10 ... C 30/37	
B 200	Bc 15	C 12/15	C 12/15			
B 250	Bc 20	C 16/20	C 16/20			
B 300	Bc 22,5	C 18/22,5	-			
-	Bc 25	C 20/25	C 20/25			
B 400	Bc 30	C 25/30	C 25/30		Beton armat	Ciment de clasă de rezistență 42.5 C 25/30 ... C 40/50
B 450	Bc 35	C 28/35	-			
-	-	C 30/37	C 30/37			
B 500	Bc 40	C 32/40	-			
-	-	C 35/45	C 35/45			
B 600	Bc 50	C 40/50	C 40/50	Beton armat și precomprimat	Ciment de clasă de rezistență 52.5 ≥ C 40/50	
-	-	C 45/55	C 45/55			
B 700	Bc 60	C 50/60	C 50/60			
-	-	-	C 55/67			
-	-	-	C70/85			
-	-	-	C 80/95			
-	-	-	C90/105			
-	-	-	C100/115			

(*) – Atenție, reglementare tehnică ieșită din vigoare

(**) - Se vor respecta cerințele proiectului de execuție precum și prevederile reglementărilor în vigoare

6. Proiectarea durabilității betonului

6.1 Generalități

Betonul este caracterizat de *durabilitate* definită a fi capacitatea acestuia de a-și păstra forma, caracteristicile și funcționalitatea o perioadă lungă de timp în condițiile de mediu înconjurător pentru care a fost proiectat.



Ca proiectant trebuie să incluzi în proiect clasa de rezistență a betonului incluzând-o atât în piesele scrise cât și – în special – în piesele desenate. Clasa betonului stabilită de către tine va fi, atât pentru stație cât și pentru șantier, principalul element de identificare a betonului livrat și respectiv pus în opera.

Turnarea în structura de rezistență a unui beton „sub clasă” are întotdeauna consecințe grave, tehnice și economice.

Alte caracteristici ale betonului, asociate durabilității, de care este obligatoriu să ții seama în etapa de proiectare (conform CP 012/1:2007) sunt:

- Rezistența la carbonare (la pătrunderea CO₂) – risc descris de clasele de expunere XC
- Rezistența la difuzia (pătrunderea) ionilor de Clor – risc descris de clasele de expunere XD, XS
- Rezistența la atacul din îngheț-dezghet – risc descris de clasele de expunere XF
- Rezistența la atacul chimic, sulfatic – risc descris de clasele de expunere XA
- Rezistența la uzură prin abraziune – risc descris de clasele de expunere XM

De toate aceste riscuri asupra durabilității betonului trebuie să ții cont în proiect prin încadrarea elementului/structurii în clasa (sau combinația de clase) de expunere la acțiunea mediului înconjurător „X”, în conformitate cu prevederile CP 012/1:2007. Este important să verifici pentru fiecare element al viitoarei construcții existența riscurilor mai sus enumerate și să iei măsurile necesare în proiect.

Respectând valorile limită specificate de Anexa F (normativă) a CP 012/1:2007 și cerințele impuse executantului de către NE 012/2:2010 există premisele asigurării duratei de serviciu de **50 de ani**, prevăzută de ambele reglementări. *Acesta este primul pas pe care trebuie să-l faci ca și proiectant, respectiv să incluzi în proiecte elementele obligatorii ale NE 012/1:2007 (CP 012/1:2007) și NE 012/2:2010.*

În continuare prezint modul de proiectare a durabilității betonului la diferite riscuri provenite din mediul înconjurător (încadrabile în clase de expunere „X”) în conformitate cu prevederile CP 012/1:2007, pentru o durată de serviciu de 50 de ani.

6.2 Proiectarea betonului rezistent la carbonatare

Betonul proiectat trebuie să fie rezistent la carbonatare adică la pătrunderea prin difuzie a CO₂. Frontul de carbonatare - reprezentat de adâncimea de pătrundere a CO₂ - trebuie să nu atingă, pe durata de serviciu de 50 de ani - prevăzută de **CP 012/1:2007** - suprafața armăturilor înglobate.

Este evitat astfel riscul de coroziune a armăturilor care, în mod normal, sunt protejate împotriva coroziunii datorită pH-ului ridicat (mediului bazic) oferit de către cimentul hidratat. Prin urmare, acest risc poate fi asociat doar betonului armat⁷³, nu și betonului simplu.

Elementul/structura de beton armat trebuie inclusă în una din clasele de expunere „XC” de mai jos.

Denumirea clasei „X”	Descrierea mediului înconjurător	Exemple informative ilustrând alegerea claselor de expunere	Valori limită pentru compoziția și proprietățile betonului	
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	Clasa minimă a betonului	C16/20
			Raport maxim A/C	0,65
			Dozaj minim de ciment	260Kg/m³
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	Clasa minimă a betonului	C16/20
			Raport maxim A/C	0,60
			Dozaj minim de ciment	260Kg/m³
XC3	Umiditate moderată	Beton în interiorul clădirilor unde umiditatea mediului ambiant este medie sau ridicată (bucătării, băi, spălătorii profesionale, altele decât cele ale clădirilor de locuit). Beton la exterior, însă la adăpost de intemperii (elemente la care aerul din exterior are acces constant sau des, de exemplu: hale deschise)	Clasa minimă a betonului	C20/25
			Raport maxim A/C	0,60
			Dozaj minim de ciment	280Kg/m³
XC4	Alternanță umiditate - uscare	Suprafețe supuse contactului cu apa, dar care nu intră în clasa de expunere XC2 (elemente exterioare expuse intemperiilor)	Clasa minimă a betonului	C25/30
			Raport maxim A/C	0,50
			Dozaj minim de ciment	300Kg/m³

Alături de respectarea valorilor limită prezentate este necesară respectarea exigențelor la executarea lucrărilor, obligatorii și prevăzute în reglementările aplicabile, în special **NE 012/2:2010**.

⁷³ inclusiv armătura constructivă precum și orice piese metalice înglobate

6.3 Proiectarea betonului rezistent la pătrunderea (difuzia) ionilor de clor

Betonul proiectat trebuie să fie rezistent la difuzia ionilor de clor, prin urmare frontul de pătrundere a ionilor de clor trebuie să nu atingă – pe durata de serviciu de 50 de ani prevăzută de **CP 012/1:2007** – suprafața armăturilor înglobate.

Este evitat astfel riscul de coroziune a armăturilor. Prin urmare acest risc este asociat doar betonului armat⁷⁴, nu și betonului simplu.

Elementul/structura de beton armat trebuie inclusă în una din clasele de expunere „XD” de mai jos.

Denumirea clasei „X”	Descrierea mediului înconjurător	Exemple informative ilustrând alegerea claselor de expunere	Valori limită pentru compoziția și proprietățile betonului	
XD1	Umiditate moderată	Suprafețe de beton expuse la cloruri transportate de curenți de aer (de exemplu suprafețele expuse agenților de dezghețare de pe suprafața carosabilă, pulverizați și transportați de curenții de aer, la garaje, etc.).	Clasa minimă a betonului	C30/37
			Raport maxim A/C	0,55
			Dozaj minim de ciment	300Kg/m³
XD2	Umed, rar uscat	Piscine, rezervoare. Beton expus apelor industriale conținând cloruri.	Clasa minimă a betonului	C35/45
			Raport maxim A/C	0,50
			Dozaj minim de ciment	320Kg/m³
XD3	Alternanță umiditate - uscare	Elemente ale podurilor, ziduri de sprijin, expuse stropirii apei conținând cloruri. Șosele, dalele parcajelor de staționare a vehiculelor.	Clasa minimă a betonului	C35/45
			Raport maxim A/C	0,45
			Dozaj minim de ciment	320Kg/m³

Elementul/structura de beton armat trebuie inclusă în una din clasele de expunere „XS” din continuare, atunci când este amplasat(ă) în zona de influență a Mării Negre, adică pe o adâncime a teritoriului de 5 Km față de țărm.

74 inclusiv armătura constructivă precum și orice piese metalice înglobate

Denumirea clasei „X”	Descrierea mediului înconjurător	Exemple informative ilustrând alegerea claselor de expunere	Valori limită pentru compoziția și proprietățile betonului	
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 armat pe o distanță de circa 5 km de țărm)	Clasa minimă a betonului	C30/37
			Raport maxim A/C	0,55
			Dozaj minim de ciment	300Kg/m³
XS2	Imersate în permanență	Elemente de structuri marine	Clasa minimă a betonului	C35/45
			Raport maxim A/C	0,50
			Dozaj minim de ciment	320Kg/m³
XS3	Zone de variație a nivelului mării, zone supuse stropirii sau ceții	Elemente de structuri marine	Clasa minimă a betonului	C35/45
			Raport maxim A/C	0,45
			Dozaj minim de ciment	320Kg/m³

Alături de respectarea valorilor limită mai sus prezentate, corespunzătoare claselor de expunere XD și XS, este necesară respectarea exigențelor la executarea lucrărilor, obligatorii și prevăzute în reglementările aplicabile, în special **NE 012/2:2010**.

Este de observat faptul că reducerea riscului de coroziune a armăturilor înglobate este asociată cu clase de beton ridicate respectiv rapoarte mici A/C, adică un beton cu porozitate scăzută. Pe lângă acestea, prevederea unui strat de acoperire suficient de gros reprezintă o măsură de siguranță eficientă.

6.4 Proiectarea betonului rezistent la atacul din îngheț-dezghet

Betonul proiectat trebuie să fie rezistent la atacul din îngheț-dezghet pe durata de serviciu de 50 de ani prevăzută de **CP 012/1:2007**. Prin urmare, cantitatea de material exfoliat și nivelul de degradare internă⁷⁵ trebuie să fie limitate la niveluri sigure, rezonabile din punct de vedere tehnic.

Acest risc este asociat betonului în general, simplu și armat, riscul fiind de degradare a betonului (ca material) și nu a armăturilor înglobate. În compoziția betonului expus la atacul din îngheț-dezghet se folosesc doar agregate rezistente la acest atac, definite conform SR EN 12620.

⁷⁵ măsurate prin reducerea rezistenței la compresiune și/sau a modulului de elasticitate dinamic

Elementul/structura de beton trebuie inclusă în una din clasele de expunere „XF” de mai jos.

Denumirea clasei „X”	Descrierea mediului înconjurător	Exemple informative ilustrând alegerea claselor de expunere	Valori limită pentru compoziția și proprietățile betonului	
XF1	Saturație moderată cu apă fără agenți de dezghețare	Suprafețe verticale ale betonului expuse la ploaie și la îngheț	Clasa minimă a betonului	C25/30
			Raport maxim A/C	0,50
			Dozaj minim de Ciment	300Kg/m³
XF2	Saturație moderată cu apă, cu agenți de dezghețare	Suprafețe verticale ale betonului din lucrări rutiere expuse la îngheț și curenților de aer ce vehiculează agenți de dezghețare	Clasa minimă a Betonului	C35/45
			Raport maxim A/C	0,50
			Dozaj minim de Ciment	320Kg/m³
			sau	
			Clasa minimă a betonului	C25/30
			Raport maxim A/C	0,55
XF3	Saturație puternică cu apă, fără agenți de dezghețare	Suprafețe orizontale ale betonului expuse la ploaie și la îngheț	Clasa minima a betonului	C35/45
			Raport maxim A/C	0,50
			Dozaj minim de ciment	320Kg/m³
			sau	
			Clasa minima a betonului	C25/30
			Raport maxim A/C	0,55
XF4	Saturație puternică cu apă, cu agenți de dezghețare sau apă de mare	Șosele și tabiere de pod expuse la agenți de dezghețare. Suprafețele verticale ale betonului expuse la îngheț și supuse direct stropirii cu agenți de dezghețare. Zonele structurilor marine expuse la îngheț și supuse stropirii cu agenți de dezghețare.	Clasa minimă a betonului	C30/37
			Raport maxim A/C	0,50
			Dozaj minim de Ciment. Obligatorie utilizarea unui aditiv antrenor de aer. În cazul expunerii în zona marină se va folosi un ciment rezistent la acțiunea apei de mare.	340Kg/m³

6.5 Proiectarea betonului rezistent la atacul chimic, sulfatic

Betonul proiectat trebuie să fie rezistent la atacul chimic pe durata de serviciu de 50 de ani prevăzută de **CP 012/1:2007**. Prin urmare cantitatea de material exfoliat, expansiunile și nivelul de degradare internă trebuie să fie limitate la niveluri sigure, rezonabile din punct de vedere tehnic.

Acest risc este asociat betonului în general, simplu și armat, riscul fiind de degradare a betonului (ca material) și nu a armăturilor înglobate. O atenție deosebită trebuie acordată riscului de atac sulfatic, în clasele XA2 și XA3 când trebuie utilizat⁷⁶ un ciment rezistent la sulfați. Dacă agresiunea chimică nu prezintă componentă sulfatică (SO_4^{2-}) atunci nu există justificarea să fie utilizat un ciment rezistent la sulfați, bineînțeles.

O mare atenție trebuie să acorzi conținutului de ioni sulfați (SO_4^{2-}) în special când acesta depășește valoarea de 600 mg/litru în apă sau 2000mg/Kg în soluri.

Elementul/structura de beton trebuie inclusă în una din clasele de expunere „XA” de mai jos.

Denumirea clasei „X”	Descrierea mediului înconjurător	Valori limită pentru compoziția și proprietățile betonului	
XA1	Mediu înconjurător cu agresivitate chimică <u>slabă</u> , conform tabelului 2, prezentat în continuare	Clasa minimă a Betonului	C25/30
		Raport maxim A/C	0,55
		Dozaj minim de Ciment	300Kg/m³
XA2	Mediu înconjurător cu agresivitate chimică <u>moderată</u> , conform tabelului 2, prezentat în continuare	Clasa minimă a Betonului	C35/45
		Raport maxim A/C	0,50
		Dozaj minim de ciment. Ciment rezistent la sulfați (*)	320Kg/m³
XA3	Mediu înconjurător cu agresivitate chimică <u>intensă</u> , conform tabelului 2, prezentat în continuare	Clasa minimă a betonului	C35/45
		Raport maxim A/C	0,45
		Dozaj minim de ciment. Ciment rezistent la sulfați (*)	360Kg/m³

(*) - Când prezența de SO_4^{2-} conduce la o clasă de expunere XA2 și XA3 este esențial să fie utilizat un ciment rezistent la sulfați. Dacă cimentul este clasificat după rezistența la sulfați, trebuie utilizate cimenturi cu o rezistență moderată sau ridicată la sulfați pentru clasa de expunere XA2 (și clasa de expunere XA1 este aplicabilă) și trebuie utilizat un ciment având o rezistență ridicată la sulfați pentru clasa de expunere XA3.

76 funcție de nivelul de agresivitate sulfatică

Tabelul 2: Valorile limită pentru clasele de expunere XA1, XA2 sau XA3 corespunzătoare la atacul chimic al solurilor naturale și apelor subterane

Caracteristici chimice	Metode de încercări de referință	XA1	XA2	XA3
Ape de suprafață și subterane				
SO ₄ ²⁻ [mg/l]	SR EN 196-2	≥ 200 și ≤ 600	> 600 și ≤ 3000	>3000 și ≤ 6000
Ph	SR ISO 4316	≤ 6,5 și ≥ 5,5	≤ 5,5 și ≥ 4,5	< 4,5 și ≥ 4,0
CO ₂ agresiv [mg/l]	SR EN 13577	≥ 15 și ≤ 40	> 40 și ≤ 100	> 100 pana la saturație
NH ₄ ⁺ [mg/l]	SR ISO 7150-1 sau SR ISO 7150-2	≥ 15 și ≤ 30	> 30 și ≤ 60	> 60 și ≤ 100
Mg ₂ ⁺ [mg/l]	SR ISO 7980	≥ 300 și ≤ 1000	> 1000 și ≤ 3000	> 3000 pana la saturație
Sol				
SO ₄ ²⁻ [mg/kg] ^a , total	SR EN 196-2 ^b	≥ 2000 și ≤ 3000 ^c	> 3000 ^c și ≤ 12000	> 12000 și ≤ 24000
Aciditate [ml/kg]	DIN 4030-2	> 200 Baumann Gully	Nu sunt întâlnite în practică	

^a Solurile argiloase a căror permeabilitate este inferioară la 10⁻⁵ m/s, pot să fie clasate într-o clasă inferioară.

^b Metoda de încercare prevede extracția SO₄²⁻ cu acid clorhidric; alternativ este posibil de a proceda la această extracție cu apă, dacă aceasta este admisă pe locul de utilizare a betonului.

^c Limita trebuie să rămână de la 3000 mg/kg până la 2000 mg/kg în caz de risc de acumulare de ioni de sulfat în beton datorită alternanței perioadelor uscate și perioadelor umede, sau prin ascensiunea capilară.

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

6.6 Proiectarea betonului rezistent la uzură prin abraziune

Betonul proiectat trebuie să fie rezistent la atacul dat de abraziune pe durata de serviciu de 50 de ani prevăzută de **CP 012/1:2007**. Prin urmare cantitatea de material exfoliat trebuie să fie limitată la un nivel sigur, rezonabil din punct de vedere tehnic, pe această durată de viață (serviciu).

Acest risc este asociat betonului în general, atât simplu cât și armat, riscul fiind de degradare a betonului (ca material) și nu a armăturilor eventual înglobate. O atenție deosebită trebuie acordată rezistenței la abraziune a sorturilor mari de agregat din compoziția betonului.

Elementul/structura de beton trebuie inclusă în una din clasele de expunere „XM” de mai jos.

Denumirea clasei „X”	Descrierea mediului înconjurător	Exemple informative ilustrând alegerea claselor de expunere	Valori limită pentru compoziția și proprietățile betonului	
XM1	Solicitare moderată de uzură	Elemente din incinte industriale supuse la circulația vehiculelor echipate cu anvelope.	Clasa minimă a betonului	C30/37
			Raport maxim A/C	0,55
			Dozaj minim de ciment	300Kg/m³
XM2	Solicitare intensă de uzură	Elemente din incinte industriale supuse la circulația stivuitoarelor echipate cu anvelope sau bandaje de cauciuc.	Clasa minimă a betonului	C35/45
			Raport maxim A/C	0,45
			Dozaj minim de ciment	320Kg/m³
XM3	Solicitare foarte intensă de uzură	Elemente din incinte industriale supuse la circulația stivuitoarelor echipate cu bandaje de elastomeri / metalice sau mașini cu șenile.	Clasa minimă a betonului	C35/45
			Raport maxim A/C	0,45
			Dozaj minim de ciment	320Kg/m³

Asigurarea durabilității în clasa de expunere XM2 mai poate prezenta o variantă compozițională, bazată pe tratarea specială a suprafeței betonului, de exemplu prin vacuumare.

Consultă CP 012/1:2007 pentru detalii.

6.7 Stabilirea tipurilor de cimenturi ce pot fi utilizate în elemente/structuri

Anexa F – normativă - din CP 012/1:2007 furnizează valorile limită ale compoziției și proprietăților betonului în funcție de clasa de expunere „X” pentru o durată de serviciu de 50 de ani.

Clasa minimă a betonului, raportul maxim A/C precum și celelalte elemente sunt oferite în condițiile în care, în compoziția betonului diametrul maxim al granulei de agregat este cuprins între 20 și 32mm.

În diferite clase de expunere „X” la acțiunea mediului înconjurător se pot utiliza următoarele tipuri de cimenturi, fabricate în conformitate cu prevederile SR EN 197-1.

Tabelele prezintă o selecție de tipuri de ciment.

Clase de expunere „X” la acțiunea mediului înconjurător care prezintă risc asupra armăturilor											
Tip de ciment conform SR EN 197-1	Fără risc	Coroziunea armăturilor indusă prin carbonatare (datorită CO ₂ atmosferic)				Coroziunea armăturilor datorată clorurilor (din diferite surse)					
						Cloruri din alte surse decât apa de mare			Cloruri din apă de mare		
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2
CEM I	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM II/A-S	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM II/B-S	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM II/A-LL	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM III/A	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da

Clase de expunere „X” la acțiunea mediului înconjurător care prezintă risc asupra betonului										
Tip de ciment conform SR EN 197-1	Atacul datorat îngheț-dezghețului				Atacul chimic			Atacul mecanic		
	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2(*)	XA3(*)	XM1	XM2	XM3
CEM I	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM II/A-S	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM II/B-S	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM II/A-LL	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
CEM III/A	Da	Da	Da	Da(**)	Da	Da	Da	Da	Da	Da

(*) - Când prezența de SO₄²⁻ conduce la o clasă de expunere XA2 și XA3 este esențial să fie utilizat un ciment rezistent la sulfați. Dacă cimentul este clasificat după rezistența la sulfați, trebuie utilizate cimenturi cu o rezistență moderată sau ridicată la sulfați pentru clasa de expunere XA2 (și clasa de expunere XA1 este aplicabilă) și trebuie utilizat un ciment având o rezistență ridicată la sulfați pentru clasa de expunere XA3.

(**) – Se utilizează CEM III având clasa de rezistență ≥ 42,5 sau ≥ 32,5 cu zgură în cantitate ≤ 50% din masă, în cazul demonstrării comportării corespunzătoare la acțiunile de îngheț-dezgheț și agenți de dezghețare sau apă de mare.

Respectă cerințele CP 012/1:2007 privind stabilirea tipurilor de ciment posibil a fi utilizate în funcție de încadrarea elementului/structurii în clase de expunere la acțiunea mediului înconjurător „X”.

7. Alte elemente de proiectare care influențează durata de serviciu

7.1 Generalități

Durata de serviciu a unei structuri din beton reprezintă perioada de timp⁷⁷ care începe imediat după construire și în care cerințele impuse - în exploatare - performanțelor sale nu depășesc anumite valori limită, prestabilite prin proiect sau reglementări, în condițiile unei întrețineri curente și necostisitoare.

Din această definiție reiese importanța definirii de către tine, ca proiectant, a cerințelor impuse performanțelor⁷⁸ structurii întrucât astfel vei stabili – în mod indirect – durata de serviciu a acesteia. Te rog să observi din definiție și faptul că, pe durata de serviciu, se consideră normală și inevitabilă apariția de deteriorări și defecte în timp precum și ideea că (totuși) lucrările de întreținere curentă nu trebuie să fie costisitoare, ci să aibă costuri rezonabile.

Trebuie înțeles însă faptul că degradările structurii care influențează durabilitatea acesteia - adică durata de serviciu - sunt dificil de diagnosticat și în general costisitor de remediat. Prin urmare proiectarea durabilității trebuie făcută cu o deosebită prudență.

Stabilirea duratei de serviciu reprezintă, matematic, identificarea perioadei de timp în care se poate păstra⁷⁹ sub o anumită valoare fixă (prestabilă) probabilitatea de atingere a unei stări limită de serviciu (SLS) sau ultime (SLU). Această valoare este funcție de tipul construcției, de categoria sa de importanță, de influența unei cedări asupra siguranței persoanelor, din punct de vedere economic, social și de mediu precum și sub aspectul repulsiei publice la cedare, aspect greu de cuantificat însă fără îndoială important⁸⁰. Se poate discuta despre o durată de serviciu a unei structuri de beton doar în corelație cu o stare limită (SLS, SLU) predefinită sau prestabilă.

Stabilirea duratei de serviciu a structurilor din beton trebuie să fie în conformitate cu regulile oferite în **CR 0 / 2012** și **SR EN 1990:2004** din care este preluat tabelul următor.

Tabelul 3. Durate de serviciu prevăzute de **CR 0 / 2012** și **SR EN 1990:2004**:

Categoria duratei de viață	Durata de viață (serviciu) proiectată	Exemple
1	10 ani	Structuri temporare ⁸¹
2	10 ... 25 ani	Părți structurabile înlocuibile, de exemplu grinzi șevalet, reazeme
3	15 ... 30 ani	Structuri agricole și similare
4	50 ani	Clădiri și alte structuri obișnuite
5	100 ani ⁸²	Structuri monumentale, poduri și alte structuri de lucrări ingineresti

77 în mod normal de ordinul a zeci de ani

78 performanțe structurale și legate de durabilitate

79 prin anumite măsuri constructive inițiale și lucrări de întreținere curente și necostisitoare

80 de exemplu o construcție monumentală - simbol național

81 Notă: structuri sau părți ale structurilor care pot fi dezmembrate pentru a fi refolosite nu trebuie să fie considerate temporare.

82 **ISO/CD 16204** consideră chiar "100 de ani sau mai mult"

Tabelul oferit de CR 0 / 2012 și SR EN 1990:2004 trebuie utilizat cu atenție în situația în care îl aplici la clădiri sau alte structuri industriale. Acestea trebuie să prezinte o durată de serviciu în corelație cu durata de funcționare a echipamentelor instalate în interior, așa încât durata de funcționare a echipamentelor să fie inferioară duratei de serviciu a clădirilor respectiv structurilor.

Actualele reglementări privind asigurarea durabilității betonului (CP 012/1:2007⁸³ și NE 012/2:2010⁸⁴) acoperă o durată de serviciu de 50 de ani. Pentru durate de serviciu peste 50 de ani sunt necesare reglementări tehnice suplimentare, care să acopere în întregime⁸⁵ subiectul asigurării durabilității betonului prin stabilirea unor măsuri constructive speciale. Acestea pot fi restrângerea tipurilor de ciment aplicabile, sporirea valorilor limită compoziționale⁸⁶, creșterea grosimii stratului de acoperire, limitarea deschiderii fisurilor din exploatare precum și în exigențe suplimentare în ceea ce privește calitatea executării lucrărilor⁸⁷ și de urmărire a acestora în timp.

În cazul unui proiect⁸⁸ cu durata de serviciu „țintă” mai mare de 50 de ani și la care nu se poate interveni des cu lucrări de întreținere curentă, este util să poată fi anticipate în mod corect măsurile constructive necesare și, eventual, măsuri suplimentare de protecție, de la caz la caz. *Te rog să ne contactezi pentru detalii.*

În oricare proiect de execuție este necesar să prevezi explicit durata de serviciu a construcției. În cazul în care utilizezi în proiectare valorile limită ale betonului (clasa, A/C etc.) prevăzute de CP 012/1:2007 și în caietele de sarcini privind executarea lucrărilor diferite prevederi extrase din NE 012/2:2010, este important să menționezi că durata de serviciu este – în consecință - de 50 de ani.

7.2 Grosimea stratului de acoperire

Grosimea stratului de acoperire reprezintă valoarea maximă, acoperitoare, dintre grosimea minimă din cerințe de aderență a armăturilor la beton, din cerințe de asigurare a durabilității față de acțiunile mediului înconjurător precum și din cerințe asociate unei rezistențe la foc convenabile, suficiente, aspect prevăzut în SR EN 1992-1-2.

Modul de stabilire a grosimii stratului de acoperire este prezentat în SR EN 1992-1 (Eurocod 2), acesta fiind și documentul de referință, după care se stabilește în prezent grosimea stratului de acoperire. O serie de referiri, indirecte, la grosimea stratului de acoperire se regăsesc pentru poduri în Eurocodul 2 specific și anexa sa națională de aplicare precum și în SR ENV 13670 privind executarea lucrărilor, preluat în NE 012/2:2010.

Reglementările naționale care fac referire la acest subiect – STAS 10107/0-90 și NE 012/1999 - au ieșit din vigoare, au un caracter juridic incert (C 170/2007⁸⁹) sau nu mai pot fi practic aplicate deși (oarecum) au rămas în vigoare (NE 013:2002).

Prin urmare, modul de stabilire al grosimii stratului de acoperire se realizează acum integral în

83 CP 012/1:2007 oferă valori limită pentru compoziția și proprietățile betonului (clasa minimă, A/C max., etc.) având în vedere o durată de serviciu de 50 de ani (vezi Anexa F normativă a acestuia).

84 NE 012/2:2010 oferă un set de exigențe impuse executării lucrărilor corespunzătoare nivelului IL2 de verificare a executării lucrărilor și gradul de independență a persoanelor care efectuează această verificare (vezi Capitolul 15 din aceasta reglementare).

85 în toate etapele (proiectare, executare și urmărire în timp)

86 creșterea clasei de beton, reducerea A/C etc.

87 de exemplu sporirea duratei de tratare

88 de exemplu construcții monumentale reprezentând simboluri naționale, depozite de deșeuri nucleare, poduri, viaducte, tuneluri și alte lucrări de artă etc.

89 Normativ privind protecția anticorozivă a elementelor din beton armat și beton precomprimat situate în medii agresive atmosferice

conformitate cu prevederi europene. Această armonizare a modului de stabilire a grosimii stratului de acoperire a fost posibilă întrucât clasele de expunere XS1, XS2, XS3 nu țin seama de specificul local (național)⁹⁰ în ierarhizarea intensității agresivității iar agresivitatea corespunzătoare XD și XC este aceeași, peste tot în Europa.

În conformitate cu **Eurocod 2 (SR EN 1992-1)**, introducerea noțiunii de grosime minimă de acoperire a armăturilor se face prin intermediul claselor structurale "S" (S1, S2...S6). *Această abordare îți oferă flexibilitate în sensul că pentru o anumită clasă de expunere "X" îți poți stabili grosimea de strat de acoperire în funcție de parametrii/aspectele care influențează în mod direct și real durata de serviciu, respectiv:*

- clasa de rezistență a betonului (având asociat un raport A/C rezonabil, însă neprecizat);
- existența sau nu a certificării controlului producției betonului (în stație);
- specificul elementului în corelație cu posibilitatea afectării poziției armăturilor în timpul construcției (respectiv riscul de nerespectare pe șantier a grosimii stratului de acoperire).

7.2.1. Utilizarea claselor structurale "S"

Pentru o durată de serviciu de 50 de ani (prevăzută de **SR EN 206-1** și preluată în **CP 012/1:2007**) clasa structurală "S" - recomandată de către **Eurocod 2 (SR EN 1992-1)** și preluată și în România - este "S4", pentru o serie de clase de rezistență (denumite "indicative") aceleași cu cele din Anexa F (normativă) a **SR EN 206-1**.

Anexa E (informativă) a **Eurocod 2 (SR EN 1992-1)**, fără a specifica tipul cimentului, oferă o corelație între clasele de expunere "X"⁹¹ și clasele de rezistență "indicative"⁹² ale betonului, mai puțin pentru clasa de expunere XF4. Aceste clase de rezistență "indicative" ("virtuale") nu reprezintă însă clasele de rezistență efective, ale betonului, furnizate de **CP 012/1:2007**.

7.2.2. Stabilirea grosimii stratului de acoperire

Pornind de la ceea ce recomandă **Eurocod 2 (SR EN 1992-1)** privind alegerea clasei structurale "S4" pentru o durată de serviciu de 50 de ani, se pot stabili grosimi de strat de acoperire pentru acele clase de expunere (XC, XD și XS) care, bineînțeles, au o legătură directă cu nivelul de risc de coroziune a armăturilor. *Te rog să constăți faptul că în Eurocod 2 (SR EN 1992-1) grosimile de strat de acoperire nu sunt date funcție de tipul de ciment, acest aspect simplificând mult procesul de decizie.*

Analizând prevederile **Eurocod 2 (SR EN 1992-1)** în ceea ce privește clasificarea structurală recomandată⁹³, se observă efectul benefic din punct de vedere tehnico-economic al certificării controlului producției betonului în sensul că, dacă betonul este livrat dintr-o "stație certificată", clasa structurală "S" a betonului pus în opera se poate reduce cu o treaptă, pentru toate clasele de expunere aparținând XC, XD, XS. *Acesta poate fi un motiv destul de puternic pentru a recomanda în proiect comandarea betonului dintr-o stație de betoane având certificat controlul producției în conformitate cu prevederile CP 012/1:2007 (NE 012/1:2007).*

90 așa cum ar putea fi agresivitatea ionilor de clor (XS) în diferite zone litorale (România vs. Spania, de exemplu)

91 la agresiunea mediului înconjurător

92 reprezentând o preluare a prevederilor Anexei F (informative) din EN 206-1

93 mai precis tabelul 4.3 N

7.3. Controlul fisurării

Deschiderea maximă a fisurilor în exploatare se limitează - prin raportare la stări limită de serviciu (SLS) sau ultime (SLU) - așa încât să nu aducă prejudicii funcționării și durabilității elementului/ structurii sau să conducă la un aspect necorespunzător, neplăcut al acestora, după caz.



În anumite situații, betonul poate lucra fisurat în exploatare nefiind necesare măsuri constructive de control respectiv de limitare a deschiderii fisurilor, atât timp cât fisurile nu prejudiciază funcționalitatea elementului sau structurii.

Controlul fisurării se face prin prevederea unei cantități minime de armătură aderentă în zonele în care se prevăd eforturi de întindere în elementul sau structura de beton. Evaluarea acestora se face plecând de la ecuația de echilibru între eforturile de întindere în beton imediat înainte de fisurare și eforturile de întindere în armături la limita de elasticitate, sau la un efort inferior necesar pentru a limita deschiderea fisurilor, conform **SR EN 1992-1-1:2004**. Modul de estimare al cantității de armături este prezentat în **Eurocod 2**, acesta nedepinzând de tipul cimentului ci de valoarea medie a rezistenței la întindere a betonului în momentul când se presupune că vor apărea primele fisuri.

*Se recunoaște în **SR EN 1992-3:2007** faptul că fenomenul de fisurare are o anumită natură aleatoare, arătându-se și că deschiderile efective ale fisurilor, în practică, nu pot fi prevăzute exact.*

În cazul în care în beton poate fi admisă⁹⁴ prezența fisurilor, deschiderea acestora se controlează prin măsuri constructive, definindu-se o valoare limită a deschiderii calculate a acestora (" w_{max} ") prin **Eurocod-uri** respectiv anexele naționale de aplicare pentru clădiri sau poduri, după caz.

În cazul României, anexa națională preia integral recomandările **Eurocod 2** limitând " w_{max} " la 0,3mm în toate clasele de expunere XC, XS și XD cu excepția XC0 și XC1 la care limitarea se face pe considerente estetice⁹⁵ la 0,4mm. În **Eurocodul 2** privind clădirile precum și în anexa sa națională lipsește condiția impusă deschiderii maxime a fisurilor în clasa de expunere XD3, aceasta nefiind specifică domeniului construcțiilor civile. **Eurocodul 2** privind podurile oferă însă valoarea de 0,3mm pentru " w_{max} ".

Când specificul proiectului nu impune cerințe specifice (de exemplu etanșeități la apă), se poate admite, pentru combinația cvasipermanentă de încărcări, că limitarea deschiderii calculate a fisurilor

⁹⁴ ținând cont de cauza fisurilor, de funcționalitatea elementului/structurii sau de costul măsurilor de limitare a fisurilor. Trebuie înțeles că fisurile pot avea cauze diferite, multiple, așa cum sunt reacțiile expansive interne sau contracția plastică; aceste cauze deosebite, speciale, nu fac obiectul acestui ghid.

⁹⁵ SLS privind aspectul vizual

" w_{max} " oferită în **Eurocodul 2** și preluată în anexa națională este (în general) satisfăcătoare din punct de vedere al aspectului și al durabilității în cazul elementelor de beton armat din clădiri.

Dacă prin proiect se impun însă cerințe specifice de etanșeitate la apă (rezervoare, baraje etc.) deschiderea calculată a fisurilor se poate impune $w_{max} = 0\text{mm}$ (SLS legat de "aspecte funcționale") sau funcție de clasele de etanșeitate prevăzute de către **SR EN 1992-3:2007** și anexa națională.

Valoarea limită recomandată și preluată în anexa națională a deschiderii calculate a fisurilor (" w_{max} ") oferită de **Eurocod-uri** este dată funcție de tipul elementului și combinația (cvasi-permanentă respectiv frecventă) de încărcări și nu de tipul cimentului sau de valori limită compoziționale ale betonului.

7.4. Constrațiile betoanelor

Betonul este un material compozit a cărui structură internă este microfisurată încă din primele zile de la punerea în operă și ale carui proprietăți fizico-mecanice și chimice se modifică, într-o anumită măsură, lent și continuu, pe întreaga durată de serviciu a elementului/structurii în care este încorporat.

Chiar înainte de aplicarea oricărei solicitări mecanice, betonul prezintă fisuri interioare fine, invizibile cu ochiul liber, la interfața agregat grosier – piatră de ciment datorită diferențelor (inevitabile) dintre proprietățile fizico-mecanice (asociate contracției) și termice (asociate căldurii de hidratare) ale celor două materiale⁹⁶. Aceste microfisuri reprezintă cauza principală a rezistenței foarte reduse la tracțiune a betonului. *Este important să știi că aproximativ 80% din totalitatea constrațiilor au loc în primul an de serviciu al betonului precum și faptul că, în condiții compoziționale identice, cimenturile cu adaos oferă betoanelor constrații ceva mai mari decât cimenturile Portland unitare (CEM I).*

Gestionarea aspectelor nedorite legate de constrația betonului este una din cele mai delicate probleme pe care trebuie să le rezolvi în etapa de proiectare, constrația plastică și împiedicată⁹⁷ putând determina fisuri care să afecteze durabilitatea betonului (chiar pe termen scurt) sau cauza probleme estetice.

Știi că prezența ta este uneori solicitată pe șantier pentru a da soluții de remediere a diferitelor fisuri apărute în timp scurt după turnare. De aceea și subiectul constrațiilor betonului este prezentat mai extins în acest ghid.

Constrația betonului este un fenomen normal, obișnuit, care trebuie gestionat prin măsuri compoziționale asupra betonului, privind modul de punere în operă și tratare precum și constructive (de conformare⁹⁸ a elementului în etapa de proiectare, de exemplu). Fisurarea betonului simplu poate fi prevenită dacă efortul din constrație este mai redus decât rezistența la întindere a betonului, care are o valoare foarte redusă. Dispunerea judicioasă a armăturii de rezistență precum și a unei armături constructive⁹⁹ vor limita apariția și/sau deschiderea fisurilor.

Este important să știi că primele modificări ale volumului elementului de beton apar imediat după ce priza cimentului a avut loc, ele putând fi atât de constrație, cât și de umflare funcție de mediul în care se face întărirea¹⁰⁰. Păstrarea alternativă în aer uscat, respectiv în apă, poate determina fenomene alternative - de constrație și umflare¹⁰¹ - datorată comportamentului gelic al unor hidrocompuși, însă în final – după încheierea ciclurilor - piatra de ciment va prezenta o constrație remanentă.

96 piatra de ciment și granula de agregat

97 cele mai multe cazuri practice întâlnite în practică (betonul structural)

98 evită întotdeauna concentratorii de efort !

99 tip plasă sudată conform SR 438-2:2012 (plasă "de Buzau")

100 uscat respectiv umed (eventual imersat) efect al unei tratări corespunzătoare după turnare

101 umflarea betonului - însoțită de o creștere de masă - este cauzată de absorbția apei de către gelul de ciment, moleculele de apă acționând împotriva forțelor de coeziune și tinzând să îndepărteze particulele de gel între ele.



Tratarea necorespunzătoare sau insuficientă a betonului după turnare poate genera stări de eforturi care inițiază fisurarea - fenomen cu potențial evolutiv - rezultând în final o afectare a durabilității (o durată de serviciu mai redusă) precum și o integritate structurală incertă. *De aceea îți recomand introducerea în proiecte a unor caiete de sarcini privind tratarea betonului după turnare pentru a preveni apariția fisurării din contracția plastică, în special.*

Viteza de dezvoltare a contracției este mai mare în primul an de serviciu al betonului. Ca valoare de referință, caracteristică pentru un anumit beton, se consideră contracția măsurată la vârsta de un an estimându-se că după această vârstă valorile contracțiilor cresc relativ puțin în timp și anume cu 10 ... 30% din contracția măsurată la un an.

Contracția betonului, putând fi asociată cu fisurarea, este important să o gestionezi în mod corespunzător în special la elementele cu rol de etanșare, la cele aflate în contact cu ape agresive din punct de vedere chimic¹⁰², la elementele greu vizitabile sau pentru lucrări care devin ascunse, unde se poate pune în discuție durabilitatea armăturilor în urma difuziei substanțelor chimic agresive (de exemplu clor) prin beton.

102 ex. apa de mare sau în contact cu ape industriale, încărcate chimic

8. Durata de serviciu

8.1. Generalități

Am ajuns către finalul minighidului de proiectare a durabilității în care îți voi prezenta un mod modern de stabilire a duratei de serviciu pentru o construcție din beton nou proiectată de clasă ridicată de importantă¹⁰³ sau pentru o construcție existentă (stabilirea duratei de serviciu rămase). Metodele prezentate în continuare, cu adaptări, se pot aplica și în cazul stabilirii duratei de serviciu pe care se poate conta (cu o anumită probabilitate) în cazul apariției unor erori/vicii de proiectare¹⁰⁴ sau de executare¹⁰⁵ a lucrărilor din beton.

Evaluarea duratei de serviciu, în toate aceste cazuri, o poți face prin metode probabilistice (mai precise) sau prin metode semiprobabilistice (mai puțin precise), ambele categorii fiind modalități moderne de evaluare a fiabilității¹⁰⁶ structurilor acceptate de către Federația Internațională pentru Betonul Structural ("fib")¹⁰⁷.

De la început trebuie menționat faptul că aplicarea metodelor nu este simplă¹⁰⁸ precum și faptul că toate evaluările se aplică unui beton nefisurat.

Metodele prezentate în continuare pot fi găsite în detaliu în **Model Code for Service Life Design 2006** și în **Model Code 2010 – First complete draft, March 2010**, documente elaborate de "fib". Sub aspect juridic este necesară recunoașterea posibilității aplicării și în România a metodelor prezentate, printr-o reglementare tehnică care să prezinte, să explice și să fructifice pe plan național experiența deosebită a "fib". În continuare, când mă voi referi la aceste două referințe bibliografice voi menționa generic doar "MODEL CODE".

8.2. Evaluarea duratei de serviciu cu ajutorul metodelor integral probabilistice

Avantajul metodelor rezidă în faptul că procese îndelungate de degradare (așa cum este de exemplu carbonatarea) pot fi modelate și bine controlate sub aspectul evoluției, așa încât durata de timp necesară cuantificării rezultatelor să fie redusă foarte mult, plecând de la rezultatele unor determinări efectuate în timp relativ scurt. Aplicarea metodelor integral probabilistice presupune existența prealabilă a unor rezultate ale unor încercări preliminare, în poligoane de încercare, care să ofere anumiți parametri "de material".

În cadrul analizei fiabilității unui element sau structură de beton efectuată prin metode integral probabilistice se face¹⁰⁹ evaluarea siguranței structurale (la stări limită de serviciu, SLS), respectiv estimarea probabilității de cedare (la stări limită ultime, SLU). Obiectivul este să poată fi definită durata de serviciu a elementului/structurii până la atingerea unei stări limită (SLS, SLU).

Foarte importantă la evaluarea duratei de serviciu este definirea exactă și explicită a stării limită pentru care faci evaluarea. Această stare poate fi o stare limită de serviciu (SLS) sau ultimă (SLU), de cedare. Acest mod de evaluare a duratei de serviciu îți este foarte util atât pentru caracterizarea performanțelor unor noi structuri¹¹⁰, de clasă de importanță ridicată, cât și pentru evaluarea duratei de serviciu rămase ("reziduale") a unei structuri existente.

- 103 având o durată de serviciu mai mare de 50 de ani
104 de exemplu stabilirea prin proiect a unui tip de ciment necorespunzător
105 de exemplu o grosime mai mică a stratului de acoperire
106 uneori, în literatură, fiabilitatea se întâlnește și sub denumirea de "reliability".
107 International Federation for Structural Concrete (www.fib-international.org)
108 o mulțime de informații trebuind să fie colectate din mai multe surse și prelucrate
109 prin intermediul unui indice de fiabilitate ("reliability") "β"
110 noi sau existente

În continuare sunt prezentate câteva situații concrete, practice, în care aplicarea metodelor integral probabilistice de evaluare a duratei de serviciu prezentate în **"MODEL CODE"** îți este cât se poate de utilă:

- Când ai dubii¹¹¹ privind durabilitatea unui element/structură, neclaritățile putând include utilizarea unei clase de beton mai reduse decât cea reglementată (sau inclusă în proiect), a unei grosimi de strat de acoperire mai redus etc.
- Când constăți apariția unor schimbări pe timpul exploatării elementului/structurii de natură a afecta în sens negativ durabilitatea ei. Aceasta poate însemna o sporire a agresivității apei în contact cu betonul sau o schimbare a destinației¹¹² structurii față de cea proiectată de exemplu.
- Când o structură (veche) se apropie de expirarea duratei de serviciu proiectate și este necesară evaluarea duratei de serviciu rămase ("reziduale") până la atingerea unei stări limită.

În cele ce urmează sunt prezentați pe scurt parametrii cheie de evaluare a duratei de serviciu pentru o serie de tipuri de agresioni ale mediului înconjurător, identificate prin clase de expunere "X", definite în **CP 012/1:2007**. *Consultă "MODEL CODE" pentru detalii deosebit de importante.*

Tabelul 4. Parametri cheie corespunzători unor tipuri de agresioni venite din partea mediului înconjurător

Agresiunea mediului înconjurător	Clase de expunere „X”	Starea limită de serviciu SLS (descriere generală)	Parametri cheie
Carbonatare	XC	Depasivarea armăturilor	Adâncimea de carbonatare, grosimea stratului de acoperire
		Apariția fisurilor în betonul stratului de acoperire	Creșterea maximă a razei armăturii (corodate) la care nu apare fisurare, creșterea razei armăturii datorită coroziunii
			Perioada de timp scursă până la apariția fisurilor (inițiere + propagare)
Atac dat de cloruri	XD, XS	Depasivarea armăturii	Conținut (critic) de cloruri pentru apariția depasivării, grosimea stratului de acoperire
Atac din îngheț-dezghet fără sare	XF1, XF3	Inițierea degradărilor specifice	Grad critic de saturație, grad de saturație
Atac din îngheț – dezghet cu sare	XF2, XF4		Temperatura betonului, temperatura betonului pentru apariția exfolierilor

Metodele de evaluare probabilistică a duratei de serviciu, atât timp cât au la baza o lege de evoluție¹¹³ și o stare limită de serviciu (SLS) ce poate fi descrisă în mod convenabil¹¹⁴, prezintă parametri cheie (relativ) ușor de definit și evaluat. Atunci când fenomenul se îndepărtează însă de la legi de evoluție (așa cum este de exemplu cel de îngheț-dezghet) și parametrii necesari a fi cuantificați devin mult mai dificil de stăpânit (de exemplu temperatura betonului corespunzătoare apariției exfolierilor datorate îngheț-dezghetului).

111 provenite din proiectare și/sau de la executarea lucrărilor

112 apariția unui proces tehnologic cu degajare de noxe într-o clădire industrială, de exemplu.

113 de exemplu legea difuziei - a lui Fick - în cazul carbonatării și atacului dat de cloruri

114 "depasivarea armăturilor" de exemplu

8.3. Evaluarea duratei de serviciu cu ajutorul metodelor semi-probabilistice

Evaluarea duratei de serviciu a unei structuri de beton prin metode semi-probabilistice (folosind factori parțiali de siguranță) este un proces mai puțin precis și mai puțin laborios decât evaluarea prin metode integral probabilistice. Scopul metodei factorilor parțiali este să ofere o estimare în primul rând sigură a duratei de serviciu printr-un aparat matematic simplu, operativ, fără utilizarea unor calcule probabilistice pentru determinarea coeficienților și/sau parametrilor de intrare.

În cele ce urmează sunt prezentați pe scurt parametrii cheie de evaluare a duratei de serviciu pentru o serie de tipuri de agresiuni ale mediului înconjurător, identificate prin clase de expunere "X", definite în CP 012/1:2007. *Consultă "MODEL CODE" pentru detalii deosebit de importante.*

Tabel 5. Parametrii cheie corespunzători unor tipuri de agresiuni venite din partea mediului înconjurător

Agresiunea mediului înconjurător	Clase de expunere „X”	Starea limită de serviciu SLS (descriere generală)	Parametri cheie
Carbonatare	XC	Depasivarea armăturilor	Adâncimea de carbonatare, grosimea stratului de acoperire
Atac din îngheț-dezgheț fără sare	XF1, XF3	Inițierea degradărilor specifice	Grad critic de saturație, grad de saturație la timpul „t”

Se observă faptul că metodele de evaluare prin intermediul factorilor de siguranță parțiali s-au dezvoltat pentru acele agresiuni care sunt mai ușor de modelat prin legi (ex. carbonatare) sau au parametri cheie ușor de controlat în laborator (ex. grad de saturație).

8.4. Utilitatea aplicării „MODEL CODE”

Utilizarea acestor metode moderne, bazate pe prelucrări statistice ale parametrilor implicați în stabilirea duratei de serviciu, îți este foarte utilă în momentul în care vrei să stabilești valorile limită compoziționale ale betonului și/sau să verifici durata de serviciu corespunzătoare unei grosimi a stratului de acoperire a armăturilor.

Metodele cuprinse în „MODEL CODE” răspund și unor situații de litigiu sau de schimbare de destinație a unei structuri, venind în sprijinul tău când vrei să formulezi răspunsuri concrete la aspecte ce reies din practica de proiectare și de șantier.

Metodele prezentate în „MODEL CODE” - *pe care îți recomand să le consulți* - răspund necesității concrete și stringente de proiectare a duratei de serviciu de 100 de ani pentru elemente/structuri monumentale, poduri etc.

Metodele din „MODEL CODE” pot fi relativ ușor de aplicat degradărilor al căror mecanism se derulează după o lege de evoluție (ex. legea lui Fick) iar betonul nu prezintă fisuri. Atunci când mecanismele se îndepărtează de legi de evoluție se intră în domeniul teoretic al aplicării metodelor iar rezultatele concrete devin dificil de obținut.

Aplicarea practică a unor metode de evaluare a duratei de serviciu este uneori greoaie și datorită dificultăților de cuantificare a parametrilor ce intervin în relația de stabilire a duratei de serviciu precum și lipsei metodelor de încercare.

De aceea este foarte important ca atât în proiecte cât și pe șantiere să respecti toate reglementările tehnice în vigoare, așa încât să nu existe dubii cu privire la asigurarea duratei de serviciu dorite de investitor pentru structura proiectată!

9. „Check-list”

Acum, după ce ai parcurs acest ghid, îți retin atenția cu un “check-list” minim prin care să verifici dacă ai inclus în proiect toate aspectele legate de durabilitatea betonului.

Te rog din nou să accepți faptul că cele menționate în acest ghid au rol orientativ și explicativ din punct de vedere tehnic, ca proiectant trebuind să respecti și să pacurgi toate reglementările tehnice aplicabile, obligatorii sau voluntare.

Trebuie înțeles că acest “check-list” reprezintă un minim aplicabil betonului proiectat¹¹⁵.

Betonul din proiectul tău este necesar să respecte toate exigențele din reglementările tehnice aplicabile acestuia. Spre exemplu, acest “check-list” se poate aplica doar parțial betonului rutier sau betonului construcțiilor hidrotehnice, acestor tipuri de betoane speciale fiindu-le aplicabile și alte reglementări tehnice specifice și nu doar **CP 012/1:2007**. Modul de stabilire a specificației betoanelor cu compoziție prescrisă este diferit,¹¹⁶ iar acest ghid nu se referă la acest tip de beton special.

Te rog să ai în vedere întotdeauna că deficiențele din proiectare și/sau executarea lucrărilor care aduc atingere durabilității structurilor (reducând durata de serviciu) sunt în general costisitoare și greu de gestionat, parte din acestea devenind lucrări ascunse. De aceea trebuie să acorzi atenția cuvenită proiectării durabilității.

#	Întrebare	Pozitie în acest ghid	Reglementări tehnice minim aplicabile
	Ai stabilit clasa de expunere “X” sau combinația de clase de expunere în care va fi exploatat betonul?	# 6	CP 012/1:2007 PE 713
	Betonul elementului/structurii este un beton masiv sau susceptibil la fisurare din contracție?	# 3.5	GP 115:2011, PE 713 NE 012/2:2010
	Betonul elementului/structurii este un beton care urmează a fi exploatat în mediu chimic - agresiv, sulfatic ¹¹⁷ ?	# 6.5	CP 012/1:2007 PE 713
	Ai stabilit tipul sau tipurile de ciment care pot fi folosite funcție de clasele de expunere aplicabile “X”?	# 6.7	CP 012/1:2007 PE 713
	Ai stabilit clasa de rezistență a betonului “Cx/y” funcție de condițiile de durabilitate?	# 6	CP 012/1:2007 PE 713
	Ai stabilit raportul maxim A/C?	# 6	CP 012/1:2007 PE 713
	Ai stabilit dimensiunea nominală maximă a agregatelor (diam. max. al granulei de agregat D_{max}) ?	# 4.2	SR EN 12620 CP 012/1:2007 PE 713
	Ai stabilit clasa de cloruri?	# 4.2	CP 012/1:2007
	Ai stabilit clasa de consistență (de exemplu prin clasa de tasare “S”)?	# 4.2	CP 012/1:2007
	Este necesară impunerea unor cerințe de impermeabilitate betonului?	# 5.2.3.	CP 012/1:2007 NE 014:2002 PE 713
	Este necesară impunerea unor cerințe speciale agregatelor?	# 2.3	Buna practică

115 cu proprietăți specificate, așa cum este definit acesta la # 6.2. din **CP 012/1:2007**

116 modul de stabilire al specificației betonului cu compoziție prescrisă face obiectul #6.3. din CP 012/1:2007

	Este necesară impunerea unor cerințe speciale privind utilizarea – indiferent de perioada de turnare ¹¹⁸ - unui anumit aditiv în beton?	# 2.5 # 3.11	CP 012/1:2007
	Este necesară includerea unui caiet de sarcini privind turnarea betonului pe timp călduros?	# 4.5	NE 012/2:2010 Buna practică
	Este necesară includerea unui caiet de sarcini privind turnarea betonului pe timp friguros?	# 4.5	C16/1985 NE 012/2:2010 Buna practică
	Este necesară impunerea unor cerințe pentru temperatura betonului proaspăt, la livrarea pe șantier?	# 3.11	PE 713, C16/1985 CP 012/1:2007 Buna practică
	Este necesară impunerea unor cerințe pentru viteza de degajare a căldurii în perioada hidratării?	# 3.2	PE 713, C16/1985 CP 012/1:2007 Buna practică
	Pentru betonul de șantier (preparat pe șantier) ai inclus clasa de consistență sau valoarea specificată a consistenței?	# 4.2	CP 012/1:2007

Pentru alte posibile cerințe tehnice suplimentare privind betoanele cu proprietăți specificate, livrate pe șantier gata de utilizare, te rog să consulți CP 012/1:2007, NE 012/2:2010, PE 713, NE 014/2002, C16/1985, GP 115:2011 etc.

Prin noțiunea de “buna practică” am înțeles un ansamblu de măsuri și decizii - luate în mod corect din punct de vedere tehnic și cu bună-credință - care au dat rezultate favorabile, corespunzătoare așteptărilor, în situații similare.

Sperând că aceste informații minime îți sunt utile, așteptăm oricând întrebările tale la tehnica@heidelbergcement.ro!

Armonizarea reglementărilor românești cu cele europene a condus la modificări importante în ceea ce privește alegerea tipurilor de ciment precum și a regulilor de producere a betonului, de proiectare și executare a elementelor și structurilor. Consultă NE 012/1:2007 și NE 012/2:2010 pentru detalii.

Acest document nu poate și nu conține totalitatea informațiilor referitoare la produsele noastre sau asupra posibilităților de utilizare ale acestora. Documentul are ca scop informarea tehnică a utilizatorului fără a avea valoare comercială sau contractuală. Utilizatorul acestui document este obligat să consulte și să respecte toate reglementările tehnice în vigoare.

Acest document a fost actualizat la 08.05.2015 și are valabilitate până la 31.12.2016. Documentul este valabil atât timp cât NE 012/1:2007, respectiv CP 012/1:2007, sunt valabile din punct de vedere juridic.

Te rugăm să te asiguri că ești în posesia ultimei versiuni accesând site-ul www.heidelbergcement.ro unde sunt postate întotdeauna ultimele revizii ale documentelor noastre tehnice.

117 conform studiului geotehnic sau analizei chimice a apei

118 așa cum este obligativitatea utilizării unui aditiv antrenor de aer în clasa de expunere XF4, conform Anexa F din CP 012/1:2007



Contact:

HeidelbergCement România S.A.

Sediul central:

Soş. Bucureşti-Ploieşti 1A,
Bucharest Business Park, intrarea C, et. 1,
sector 1, 013681 Bucureşti, România

Tel: +40 21 311 59 76, +40 21 311 59 75

Fax: +40 21 311 59 74, +40 21 311 59 73

E-mail: heidelbergcement@heidelbergcement.ro

Pentru consiliere tehnică privind cimentul CARPATCEMENT®, contactați Departamentul Consultanță Tehnică prin fax: +40 21 311 59 74 sau prin e-mail: tehnica@heidelbergcement.ro.

