

Cap. IV. LUCRĂRI DIN BETON ARMAT

4.1. CONDIȚII TEHNICE GENERALE REFERITOARE LA COMPOZIȚIA SI CALITATEA BETONULUI.....	2
4.1.1. Generalități.....	2
4.1.2. Proiectarea compoziției betonului.....	8
4.1.3. Controlul calității betonului.....	11
4.2. CONDIȚII TEHNICE PRIVIND PREPARAREA BETONULUI.....	17
4.2.1. Etapele de preparare a betonului și condițiile tehnice de realizare.....	17
4.2.2. Procedee și echipamente tehnologice pentru prepararea betonului	20
4.2.3. Condiții tehnice privind betonul preparat pe șantier	20
4.2.4. Condiții tehnice privind betonul preparat în stațiile de betoane	21
4.3. CONDIȚII TEHNICE PRIVIND TRANSPORTUL BETONULUI.....	21
4.3.1. Condiții tehnice și tehnologice generale	21
4.3.2. Echipamente tehnologice pentru transportul betonului la distanțe mari	22
4.3.3. Echipamente tehnologice pentru transportul betonului la distanțe mari (în incinta șantierului) și pentru turnarea betonului	23
4.4. CONDIȚII TEHNICE PRIVIND TURNAREA BETONULUI.....	25
4.4.1. Lucrări pregătitoare la stația de betoane	25
4.4.2. Lucrări pregătitoare la obiect.....	25
4.4.3. Turnarea betonului.....	27
4.4.4. Rosturi tehnologice de lucru	33
4.4.5. Verificarea calității executării lucrărilor	34
4.5. CONDIȚII TEHNICE PRIVIND COMPACTAREA BETONULUI.....	36
4.5.1. Scopul operației de compactare	36
4.5.2. Procedee de compactare.....	36
4.6. CONDIȚII TEHNICE PRIVIND TRATAREA ȘI PROTEJAREA BETONULUI DUPĂ PUNEREA SA ÎN LUCRARE	44
4.6.1. Scopul tratării și protejării	44
4.6.2. Tratarea betonului proaspăt	44
4.6.3. Protejarea betonului proaspăt.....	45
4.7. CONDIȚII TEHNICE PRIVIND COFRAREA	46

4.7.1. Condiții de calitate ale cofrajelor	46
4.7.2. Alcătuirea cofrajelor. Părți componente, materiale.....	47
4.7.3. Clasificarea cofrajelor.....	50
4.7.4. Pregătirea lucrărilor de cofrare	51
4.7.5. Montarea cofrajelor demontabile.....	52
4.7.6. Demontarea și depozitarea elementelor de cofraj	54
4.7.7. Verificarea calității lucrărilor de cofraje.....	54
4.8. CONDIȚII TEHNICE PRIVIND DECOFRAREA ELEMENTELOR DE BETON	56
4.8.1. Principii privind cofrarea.....	56
4.8.2. Condiții de calitate pentru elementele de construcții decofrate.....	58
4.9. CONDIȚII DE CALITATE PENTRU ELEMENTELE DIN BETON.....	59
4.9.1. Verificări la beton în stare proaspătă	59
4.9.2. Încercări pe beton întărit la 28 de zile	60
4.9.3. Încercări orientative pe beton întărit efectuate la termene scurte	61
4.9.4. Calitatea betonului pus în lucrare.....	62
4.9.5. Recepția structurii de rezistență.....	62
4.9.6. Abaterile limită la elementele executate monolit.....	63
4.9.7. Defecte la turnarea betonului și remedierea lor	68

4.1. CONDIȚII TEHNICE GENERALE REFERITOARE LA COMPOZIȚIA SI CALITATEA BETONULUI

4.1.1. Generalități

Betonul reprezintă un material compozit, obținut din amestecuri bine omogenizate naturale sau/și artificiale, care, după întărire capătă un aspect de conglomerat și prezintă anumite proprietăți fizico-chimice și mecanice relativ bine definite.

În principal componenții unui beton sunt: agregatele (naturale sau artificiale), liantul (anorganic sau organic), adaosurile (adaosurile naturale, fibrele naturale sau artificiale), aditivii (pentru modificarea proprietăților betonului proaspăt sau/și întărit) și apa (dacă liantul o impune necesară).

În funcție de natura componenților și de dozarea lor se pot obține foarte multe compoziții care conferă betonului astfel preparat (atât celui proaspăt cât și celui întărit) o mare variație a proprietăților fizico-chimice și mecanice.

Prezentul ghid se rezumă numai la betoanele grele preparate cu agregate naturale și având ca liant cimentul.

Proiectarea compoziției unui beton reprezintă o problemă complexă, care pe lângă rezolvarea analitică necesită și verificări și determinări în laboratoare de specialitate atestate.

În funcție de proiectantul compoziției, betonul se poate situa în două cazuri:

- *amestec de beton proiectat* - reprezintă amestecul de beton proiectat de către producătorul acestuia, care este responsabil să furnizeze beneficiarului un amestec care să asigure performanțele stabilite de către acesta;
- *amestec de beton prescris* reprezintă amestecul de beton proiectat de către beneficiar pe care producătorul de beton este responsabil să-l furnizeze, respectând întocmai materialele care se folosesc și compoziția, fără a răspunde de performanțele acestuia. Având în vedere că, de regulă, se folosesc amestecuri de beton proiectate, în continuare vom trata problema proiectării compoziției acestui tip de beton.

Proiectarea compoziției betonului

Proiectarea compoziției betonului, reprezentând rezolvarea calitativă și cantitativă dar și verificarea experimentală a unui amestec, în vederea obținerii unui beton care să aibă anumite proprietăți în stare proaspătă și cea întărită, este o problemă foarte complexă, care presupune cunoașterea pe de o parte a metodologiei de proiectare cât și a unor proprietăți ale betonului în stare proaspătă și ale betonului întărit.

Proprietățile betonului în stare proaspă

Principalele proprietăți ale betonului în stare proaspătă sunt:

Lucrabilitatea - este o proprietate foarte complexă a betonului proaspăt, care se poate defini sumar prin aptitudinea sa de a umple cofrajul și de a îngloba bine armăturile sub efectul unui mijloc de compactare, cu un consum minim de energie și de forță de muncă, precum și aptitudinea de a conserva omogenitatea amestecului în timpul transportului, manipulării, a punerii în lucrare și compactării sale. Până în prezent nu s-a găsit o metodă eficientă pentru măsurarea lucrabilității, aceasta fiind apreciată convențional și aproximativ prin metode de determinare a consistenței betonului proaspăt. De remarcat este faptul că lucrabilitatea, cu toate că este o caracteristică a betonului proaspăt, influențează direct și proprietățile betonului întărit precum omogenitatea, permeabilitatea, rezistența la agresivitate chimică etc. Așa cum s-a menționat, fiind o proprietate foarte complexă, ea depinde atât de compoziția betonului (cantitatea de apă, factorul A/C, cantitatea de parte fină, curba de granulozitate, forma, dimensiunea și starea suprafeței agregatelor, temperatura componentelor etc. care conduc la obținerea unor anumite coeziuni, frecări interioare și vâscozități) cât și de anumiți factori externi (dimensiunea elementelor, modul de realizare a armării și distanța dintre armături, frecarea dintre beton și plăcile cofrante, frecarea dintre beton și armături, tehnologia de transport, punere în lucrare și compactare a betonului etc.

Consistența - definită ca mobilitatea betonului proaspăt sub acțiunea masei proprii sau a unor forțe exterioare care acționează asupra lui. Ea se poate clasifica, fiind determinată prin următoarele metode:

a) *încercarea de tasare cf. SR EN 12350-2;*

Tabel 4.1.1

Clasa	Tasarea conului [mm]
S_1	10-40
S_2	50-90
S_3	100-150
S_4	160-210
S_5	>220

b) *încercarea Vebe, cf. SR EN 12350-3* (recomandată pentru betoane cu lucrabilitate redusă plastică, vârhoase, foarte vârhoase preparate cu agregate având dimensiunea maximă a granulelor până la 40 mm);

Tabel 4.1.2

Clasa	Remodelare VE-BE (s)
V_0	>31
V_1	30-21
V_2	20-11
V_3	10-6
V_4	5-3

- c) *determinarea gradului de compactare, cf. SR EN 12350-4* (recomandată pentru betoane plastice, vârtoase și foarte vârtoase, preparate cu agregate având dimensiunea maximă a granulelor până la 40 mm). Se menționează că există și o determinare a gradului de compactare Glanville, metoda fiind standardizată în Anglia și ale cărei rezultate diferă de cele determinate cu metoda Waltz;

Tabel 4.1.3

Clasa	Grad de compactare (Waltz Gc)
C_0	>1,46
C_1	1,45-1,26
C_2	1,25-1,11
C_3	1,10-1,04
C_4	<1,04

- d) *încercarea cu masa de răspândire, cf. SR EN 12350-5* (utilizată în special în cazul betonului fluid, plastic și semivârtos).

Tabel 4.1.4

Clasa	Răspândire [mm]
F_1	<340
F_2	350-410
F_3	420-480
F_4	480-550
F_5	560-620
F_6	>630

Proprietăți ale betonului întărit

Dintre principalele proprietăți ale betonului întărit se pot menționa:

a) *Densitatea aparentă* – reprezentând masa (m) unității de volum a betonului, inclusiv golurile (V_a) și determinată conform STAS 2414-91:

$$\delta_{ap} = m/V_a \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

b) *Compactitatea* – reprezentând raportul dintre densitatea aparentă ($\delta_{ap} = \frac{m}{V_a}$) și consistența betonului întărit $\left[\delta = \frac{m}{V_s}\right]$, unde V_s reprezintă volumul fazei solide] exprimat în procente

$$C = \frac{\delta_{ap}}{\delta} \cdot 100 = \frac{V_s}{V_{a+100}} \text{ [%]}$$

Se determină conform STAS 2414-91;

c) *Porozitatea totală* – reprezintă volumul de goluri din unitatea de volum:

$$P = \left(1 - \frac{C}{100}\right) \cdot 100 = 100 - C \text{ [%]}$$

Se determină conform STAS 2414-91

d) *Permeabilitatea la apă* – apreciată după ușurința de pătrundere a apei în masa betonului determinată conform ISO 7031. Ea depinde de dimensiunile, distribuția și continuitatea porilor și este exprimată prin gradul de impermeabilitate față de apă (reprezentând valoarea presiunii maxime a apei la care betonul este străpuns până la o adâncime de 100 mm, respectiv 200 mm).

Tabel 4.1.5 Gradul de impermeabilitate (conform STAS 3622-86)

Adâncimea de pătrundere a apei [mm]		Presiunea apei [bari]
100	200	
Gradul de impermeabilitate		
P_4^{10}	P_4^{20}	4
P_8^{10}	P_8^{20}	8
P_{12}^{10}	P_{12}^{20}	12

e) *Clasa betonului* – reprezintă rezistența minimă la compresiune a betonului, exprimată în $[N/mm^2]$ și determinată pe cilindri de 150/300 mm sau pe cuburi cu latura de 150 mm, la vârsta de 28 de zile (epruvetele fiind păstrate conform STAS 1275-88), sub a cărei valoare se pot situa statistic cel mult 5% din rezultate.

Pentru determinarea clasei, se prelucrează un număr minim de probe de beton (prevăzut în Codul de practică NE 012-2007), din fiecare probă de beton realizându-se trei epruvete.

Tabel 4.1.6 *Clasa de rezistență la compresiune a betonului* (Conform Tabel 7 NE 012-2007)

Clasa de rezistență a betonului	C 8/10	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60
f_{ckcil}	8	12	16	20	25	30	35	40	45	50
f_{ckcub}	10	15	20	25	30	37	45	50	55	60

f) *Rezistența la îngheț-dezghet* – se definește prin numărul de cicluri de îngheț-dezghet succesive, pe care epruvetele le pot suporta după o vârstă de 28 de zile de la confecționare, fără ca reducerea de rezistență să fie mai mare de 25% și reducerea modulului de elasticitate să fie mai mare de 15%. Ea se determină conform STAS 3518-89. După numărul de cicluri de îngheț-dezghet pe care le pot suporta în condițiile arătate mai sus, betoanele se încadrează în unul din gradele de gelivitate prezentate în tabelul 3.7, conform STAS 3622-86.

Tabel 4.1.7 Gradul de gelivitate (conform STAS 3622-86)

Gradul de gelivitate al betonului	Număr de cicluri îngheț-dezghet
G 50	50
G 100	100
G 150	150

Utilizarea aditivilor la prepararea betoanelor

Aditivii au un spectru larg de utilizare fiind folosiți pentru îmbunătățirea proprietăților betonului proaspăt sau/și întărit. Cei mai utilizați sunt cei plastifianți, superplastifianți, fluidizanți, acceleratori de priză sau/și întărire, anti-îngheț, impermeabilizatori etc. Cazurile în care folosirea aditivilor este obligatorie sunt prezentate în tabelul 3.8.

Tabel 4.1.8 Betoane preparate obligatoriu cu aditivi (conform tabel2a, NE 012-1-2007)

Nr. crt.	Categoria de betoane	Aditiv recomandat	Observații
1.	Betoane supuse la îngheț - dezgheț repetat	antrenor de aer	
2.	Betoane cu permeabilitate redusă	reducător de apă - plastifiant	după caz: - intens reducător - superplastifiant - impermeabilizator
3.	Betoane expuse în condiții de agresivitate intensă și foarte intensă	reducător de apă –plastifiant	după caz: - intens reducător - superplastifiant - impermeabilizator
4.	Betoane de rezistență având clasa cuprinsă între C 8/10 și C 30/37 inclusiv	plastifiant	După caz: -superplastifiant
5.	Betoane executate monolit având clasa \geq C 35/45	superplastifiant – intens reducător de apă	
6.	Betoane fluide	superplastifiant	
7.	Betoane masive Betoane turnate prin tehnologii speciale (autocompactante)	(Plastifiant) Superplastifiant + întârzietor de priză	
8.	Betoane turnate pe timp călduros	Întârzietor de priză + Superplastifiant (Plastifiant)	
9.	Betoane turnate pe timp friguros	Anti - îngheț + accelerator de priză	
10.	Betoane cu rezistențe mari la termene scurte	Acceleratori de întărire	

Proiectarea compoziției betoanelor de ciment cu densitate normală (betoane grele) în România

Stabilirea compoziției betoanelor este o problemă foarte complexă, pe de o parte datorită multor factori de compoziție și tehnologici care influențează direct proprietățile betonului proaspăt și întărit, iar pe de altă parte a variației acestora în limite destul de largi.

În tabelul 3.9 sunt prezentați parametrii compoziției betonului conform prevederilor codului de practică NE 012-99 iar în tabelul 3.10 sunt prezentați principalii factori de compoziție ai betonului și influența lor asupra unor proprietăți ale betonului proaspăt și ale betonului întărit

Tabel 4.1.9 Parametrii compoziției betonului (Conform NE 012-2007 Anexa 1.4, tabel 1.4.1)

Nr. crt.	Parametrul compoziției	Factorii pe baza cărora se stabilește
1	Tipul de ciment	<ul style="list-style-type: none"> clasa betonului condițiile de serviciu și expunere caracteristicile elementului (masivitate)
2	Tipul de aditiv	<ul style="list-style-type: none"> condițiile de transport și punere în operă cerințele de rezistență și durabilitate, impuse prin proiect
3	Raportul A / C, max.	<ul style="list-style-type: none"> caracteristicile elementului (secțiune, armare) clasa betonului gradul de omogenitate asigurat la prepararea betonului gradul de impermeabilitate impus prin proiect condițiile de expunere
4	Dozajul minim de ciment	<ul style="list-style-type: none"> condițiile de serviciu și expunere
5	Consistența betonului	<ul style="list-style-type: none"> condiții de transport și punere în operă forma și dimensiunile elementelor

- | | | |
|---|----------------------------------|---|
| 6 | Cantitatea de apă de amestecare | <ul style="list-style-type: none"> • desimea armăturilor • consistența adoptată • mărimea granulei maxime a agregatului • tipul de aditiv folosit |
| 7 | Granula maximă a agregatelor | <ul style="list-style-type: none"> • forma și dimensiunile elementelor • desimea armăturilor |
| 8 | Granulozitatea agregatului total | <ul style="list-style-type: none"> • condițiile de preparare și transport • dozajul de ciment • consistența • tehnologia de punere în operă |

Tabel 4.1.10

Unii factori de compoziție și tehnologici care influențează caracteristicile proprietăților betonului în stare proaspătă și întărită

(Ion Ionescu, Traian Ispas "Proprietățile și tehnologia betoanelor" Tabel 5.6)

Factori de influență	Densi-tate	Lucra-bilitate	Rezistențele mecanice			Deformațiile			Permea-bilitate	Durabilitatea		Alte propnett		Dila-tare termică
			Com-pres	Întin-dere	Uzur-ă	Modulul de elast	Con-tracții	Curgere lentă		Rezistența la:		Căldura de hidrat.	Conducti-bilitatea termică	
										Acțiuni chimico-agresive	Ingheț-dezgheț repetat			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cimentul prin:	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
- compoziție chim-mineralogică	-	-	x	x	x	x	-	x	-	-	x	-	-	-
- rezist. mecanice proprii	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-
- rezist. la act.chimic-agresive	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-
- finețea de măcinare	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x
- cantitate (dozaj)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-
- căldura de hidratare	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x
- dilatare tennică														
Agregate de diverse tipuri prin: - compoz, mineralogică	x	-	x	x	x	x	x	x	-	x	x	-	x	x
- rezist. mecanice proprii	-	-	x	x	x	x	-	x	-	-	-	-	-	-
- modulul de elasticitate	-	-	x	x	x	x	-	x	-	-	-	-	-	-
- porozitatea granulelor	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	x	-	-	-
- forma granulelor	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	-	-	-
- suprafața specifică (granubzitate, modul de finețe)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	-
- conductibilitate termică	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-
- dilatare tennică	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x
Apa de preparare prin;														
- cantitate	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	-
- conținutul de săruri	-	-	x	x	x	x	x	x	x	-	x	-	-	-
Adaosuri și aditivi prin;	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	-
- adaosurile minerale fine	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-
- aditivi de diverse tipuri	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
- modul de preparare și transport al betonului	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
- modul de punere în operă și compactarea betonului	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-
- modul de protecție a betonului după turnare														

Din această cauză proiectarea compoziției betoanelor se bazează atât pe unele elemente teoretice dar în special pe foarte multe date experimentale.

Fiind practic imposibilă găsirea unui algoritm de calcul care să conducă la rezolvarea exactă și corectă a problemei, practic în majoritatea țărilor care s-au preocupat de acest domeniu s-au pus la punct una

(S.U.A., Anglia, Rusia etc.) sau chiar mai multe (Franța, Germania etc.) metode pentru proiectarea compoziției betoanelor.

Proiectarea compoziției betoanelor în România este unică și este reglementată prin Codul de practică pentru executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat NE 012-2007, partea 1 realizându-se în următoarele etape:

Stabilirea datelor inițiale

Pentru proiectarea compoziției trebuie să se cunoască următoarele date minime:

- clasa betonului;
- caracteristicile elementului care urmează să fie realizat (tipul elementului, dimensiunea minimă, distanța minimă dintre armături, grosimea stratului de acoperire cu beton a armăturilor);
- condițiile de serviciu (de mediu) și clasa de expunere;
- condițiile de transport și punere în lucrare a betonului;
- gradul de omogenitate asigurat la prepararea betonului;
- gradul de impermeabilitate impus prin proiect;
- gradul de agresivitate al apelor naturale;
- umiditatea agregatelor pentru fiecare sort.

4.1.2. Proiectarea compoziției betonului

Proiectarea compoziției betonului presupune parcurgerea următoarelor etape:

A. Pentru beton de clasă C 4/5:

a) stabilirea sorturilor de agregate 0...31 mm sau 0...71 mm ale căror limite de granulozitate sunt date în tabelele 3.11 și 3.12 (conform NE 012 – 99, Anexa 1.4)

Tabel 4.1.11 Limitele zonelor de granulozitate pentru agregate 0....31 mm (Conform NE 012-99, Tabelul 1.4.8.)

Zona	Limita	% treceri în masă prin sită sau ciur					
		0,2	1	3	7	16	31
I	max.	10	40	50	70	90	100
	min.	3	31	41	61	81	95
II	max.	7	30	40	60	80	100
	min.	2	21	31	51	71	95
III	max.	5	20	30	50	70	100
	min.	1	10	20	40	60	95

Tabel 4.1.12 Limitele zonelor de granulozitate pentru agregate 0...71 mm (Conform NE 012 - 99 Tabelul 1.4.11)

Limita	% treceri în masă prin sită sau ciur								
	0,2	1	3	7	16	25	31	40	71
max.	8	18	32	45	61	70	77	84	100
min.	1	6	13	22	38	50	57	68	95

b) prepararea unei cantități de beton după o compoziție orientativă prezentată în tabelul 3.13, urmând ca apa de amestecare să se determine, exact astfel încât, să se obțină lucrabilitatea dorită;

Tabel 4.1.13 Compoziția orientativă a betonului (conform NE 012 – 99 Tabel 1.5.1)

Clasa betonului	Domeniul de utilizare	$\Phi_{max} ag$ regat	Dozaj ciment min kg/m^3	Total agregat (în stare uscată) kg	Apa (orientativ) l/m^3
C4/5	fundații	31 71	150 135	2020 2085	160 140

- c) determinarea densității aparente a betonului proaspăt (ρ_b);
- d) corectarea cantității totale de agregate:

$$Ag = \rho_b \cdot C \cdot A;$$
- e) stabilirea compoziției de bază (Ag, C, A);
- f) prepararea a două amestecuri de beton de câte 30 l ($0,03 m^3$):
- primul amestec având compoziția de bază stabilită conform pct. e);
- al doilea amestec având dozajul de ciment sporit cu $20 kg/m^3$ față de cel al compoziției de bază și menținând constante cantitatea de apă și de agregate;
- g) confecționarea a minimum 6 epruvete din fiecare amestec (conform STAS 1275 - 88);
- h) păstrarea epruvetelor în condițiile prevăzute în STAS 1275-88 și încercarea lor la 7 zile;
- i) adoptarea dozajului de ciment pentru care la această vârstă, asigură o rezistență cel puțin egală cu clasa betonului;
- j) definitivarea compoziției betonului, dacă este cazul, aplicând relația de la pct. d). *B. Pentru betoanele de clasă C8/10 ... C 50/60:*
 - a) stabilirea tipului și mărcii cimentului în funcție de clasa betonului (rezistența caracteristică a sa), viteza de dezvoltare a rezistențelor (întărire rapidă, normală, lentă), condițiile de serviciu (condiții normale de serviciu, elemente de construcții expuse la îngheț în stare saturată cu apă, elemente de construcții expuse apelor naturale cu agresivitate chimică și clasa de expunere, condițiile de executare și tehnologia adoptată (executarea pe timp friguros, elemente masive, elemente realizate în cofraje glisante etc), gradul de agresivitate al apelor naturale (foarte slabă, slabă, intensă, foarte intensă).
 - b) stabilirea agregatului: natura (de râu sau de balastieră, de concasaj), dimensiunea maximă a granulei (în funcție de tipul și dimensiunea minimă a elementului de beton, distanța minimă dintre armături, grosimea stratului de acoperire cu beton a armăturilor), tehnologia de transport și punere în lucrare a betonului (transport pe conducte, cu bena etc);
 - c) stabilirea aditivului - în funcție de dorința de îmbunătățire a unor proprietăți ale betonului proaspăt sau/și întărit; obligatorii în cazul betoanelor supuse la îngheț-dezgheț repetat, cu permeabilitate redusă expuse în condiții de agresivitate intensă și foarte intensă, cu clasa cuprinsă între C 12/15 și C 30/37 și cu clasa de tasare minim T_3 , cu clasa de minim C 35/45, fluide, masive, turnate pe timp friguros și turnate fără vibrație;
 - d) stabilirea clasei de consistență în funcție de tipul elementului de beton și tehnologia de transport și punere în lucrare a betonului;
 - e) stabilirea cantității orientative de apă de amestecare în funcție de clasa betonului, clasa de consistență a betonului, dimensiunea maximă a granulei de agregat, natura agregatelor și aditivul folosit; stabilirea valorii raportului A/C în funcție de clasa betonului, clasa cimentului și gradul de omogenitate asigurat la prepararea betonului, natura agregatului, gradul de permeabilitate și gradul de gelivitate;
 - f) stabilirea dozajului de ciment - în funcție de cantitatea de apă, raportul A/C și dozajul minim (funcție de dimensiunea maximă a granulelor de agregat, tipul betonului - simplu sau armat și clasa de expunere);
 - h) stabilirea zonei de granulozitate - în funcție de clasa de tasare a betonului și dozajul de ciment;
 - i) stabilirea limitelor zonelor de granulozitate în funcție de zona de granulozitate a agregatelor și dimensiunea maximă a granulei acestora;
 - j) stabilirea cantității totale a agregatelor - în funcție de tipul agregatelor (densitatea aparentă a sa), cantitatea de ciment și de apă și volumul de aer occlus sau antrenat;
 - k) repartizarea agregatelor pe sorturi - în funcție de cantitatea totală a agregatelor și limitele zonelor de granulozitate;

Stabilirea compoziției de bază

a) Se face o verificare a compoziției stabilite prin calcul, preparându-se un amestec informativ de beton de minim 30 l - 0,03 m³ (se prepară un amestec luând în considerare cantitatea de ciment și de agregate), apoi se introduce treptat apa de amestecare până la obținerea consistenței dorite (aditivul se introduce după prima cantitate de apă); se determină densitatea aparentă δ_{ap} ; se recalculează cantitatea de ciment și cantitatea totală de agregat.

Atât la prepararea amestecului informativ cât și a amestecurilor preliminare se utilizează numai agregate uscate.

- b) Se prepară trei amestecuri de beton de minimum 30 l (0,03 m³) fiecare, pentru trei compoziții:
- cea de bază prezentată la subpunctul "a";
 - o compoziție a dozajului de ciment mărit cu 7% dar cu minimum 20 kg/m³ față de cel al compoziției de bază, dar menținând cantitatea de apă și de agregate conform compoziției de bază;
 - o compoziție cu dozaj de ciment redus cu 7% dar cu minimum 20 kg/m³ față de cel al cantității de apă și de agregate conform compoziției de bază.

Încercări și stabilirea compoziției

a) Din fiecare cele trei amestecuri se confecționează minimum 12 epruvete (conform STAS 1275-88);

b) Câte 6 epruvete din fiecare compoziție se vor încerca la vârsta de 7 zile (păstrarea și încercarea epruvetelor se vor efectua conform STAS 1275-88) adoptându-se drept *compoziție preliminară* cea pentru care rezistențele determinate sunt cel puțin egale cu valorile indicate în Codul de practică NE 012-2007, Anexa 1.5, pct. 2.13. Se încearcă restul de 6 epruvete la vârsta de 28 de zile, rezultatele obținute fiind analizate în vederea definitivării compoziției. Rezistența medie pentru fiecare compoziție (f_{bm}) se va corecta în funcție de rezistența efectivă a cimentului, aplicând relația:

$$f_{cor} = \frac{1,15 \cdot \text{clasacimentului}}{f_{efcim}} \cdot f_{bm}$$

d) unde f_{bm} - rezistența betonului la 28 de zile obținută la încercările preliminare. Se va adopta compoziția pentru care valoarea rezistenței corectate (f_{cor}) este cel puțin egală cu rezistența la 28 de zile indicată în Tabelul 3.14 (conform Codului de practică NE 012-2007, Anexa 1.5, tabel 1.5.4).

Tabel 4.1.14 Rezistența la compresiune la 28 de zile, minimă pentru încercări preliminare (Conform NE 012-2007 Tabelul 1.5.4)

Clasa betonului	f_c preliminară (N/mm²)	
	cilindru	cub
C8/ 10	14,5	18
C 12/ 15	19	23,5
C 16/20	23	29
C 20/25	29	36
C25/30	33,5	42
C30/37	38,5	48
C35/45	45	56,5
C40/50	50	62,5
C45/55	54	67,5
C50/60	58	73

Observație! Valorile sunt valabile pentru gradul 11 de omogenitate. Pentru gradul I, respectiv gradul III de omogenitate la valorile prevăzute în tabelul 3.14 se adaugă valoarea Δ conform Codului de practică NE 012-2007, Anexa 1.5, tabel 1.5.5.

Corectarea cantității de apă de amestecare și a agregatelor pe sorturi

În funcție de umiditatea agregatelor pentru fiecare sort se fac corecțiile necesare. Se menționează că, stabilirea compoziției betonului se va realiza numai de către un laborator autorizat în acest sens.

4.1.3. Controlul calității betonului

4.1.3.1. Controlul calității materialelor constitutive

A. Controlul calității cimentului

Controlul calității cimentului *la aprovizionare* presupune un minimum de verificări și încercări și anume:

- a) examinarea datelor înscrise în documentele de certificare a calității sau cele de garanție emise de producător sau/și de furnizor pentru fiecare lot;
- b) determinarea timpului de priză (conform SR EN 196-3); verificarea se efectuează pentru fiecare transport, dar minimum o determinare la 100 t pe o probă medie;
- c) determinarea rezistențelor mecanice la 2 și/sau 7 zile (conform SR EN 196-1) pentru confirmarea clasei. Încercările se fac pentru o probă la 200 t dacă livrarea s-a efectuat în loturi mai mici de 100 t și pentru o probă la 500 t în celelalte cazuri;
- d) determinarea rezistențelor mecanice la 28 de zile (conform SR EN 196-1). Încercările se efectuează ca la pct. c);
- e) prelevarea de probe care se păstrează pentru 45 de zile (etanș, în cutii metalice sau în pungi sigilate), în vederea efectuării unor verificări ulterioare în caz de litigiu;
- f) starea de conservare în cazul în care s-a depășit termenul de depozitare sau au intervenit factori de degradare/alterare, efectuându-se o determinare la fiecare transport dar minimum una la 100 t pe o probă medie; prelevarea de probe se face înainte sau în timpul livrării și dacă este necesar și după livrare, dar la maximum 24 de ore de la aceasta, în prezența reprezentantului producătorului (sau vânzătorului), utilizatorului și pentru pct. e) și beneficiarului sau I.S.C. teritorial;

Înainte de utilizare se face verificarea duratei de depozitare (pentru fiecare lot aprovizionat) și a stării de conservare în cazul depășirii termenului de depozitare sau a intervenției unor factori de alterare (două probe pe siloz - sus și jos - sau după maxim 50 t de ciment consumat).

Cimentul trebuie să fie protejat de umezeală și de impurități pe parcursul:

- depozitării, când se livrează ambalat în saci - în spații închise, sacii fiind așezați în stive de cel mult 10 rânduri de saci suprapuși, stivele fiind rezemate la partea inferioară pe scânduri dispuse cu interspații și păstrând împrejurul lor un spațiu de minimum 50 cm pentru asigurarea aerisirii și circulației, sau când se livrează vrac (în recipiente etanșe);
- transportului și manipulării (când se livrează vrac transportul se efectuează în recipiente etanșe montați pe șasiuri auto sau pe cale ferată în vagoane - transportul și manipularea se fac pneumatic prin conducte);

Livrarea cimentului va fi însoțită de o declarație de conformitate care trebuie să conțină următoarele date:

- tipul și clasa cimentului
- fabrica producătoare;
- data fabricării;
- data sosirii în depozitul furnizorului;
- numărul certificatului de calitate eliberat de către producător și datele înscrise în acesta;
- garanția, respectiv condițiile de păstrare;
- numărul buletinului de analiză a calității cimentului efectuat de către un laborator autorizat și datele înscrise în acesta (inclusiv precizarea condițiilor de utilizare în toate cazurile în care termenul de garanție a expirat);

B. Controlul calității agregatelor

Agregatele se vor manipula, transporta și depozita astfel încât să nu fie contaminate iar sorturile să nu se amestece între ele.

La depozitare compartimentele se vor marca cu tipul sortului depozitat, fiind interzisă așezarea directă a agregatelor direct pe pământ sau pe platforme balastate.

Toate agregatele trebuie să satisfacă cerințele prevăzute în reglementările tehnice (STAS 1667-76, STAS 662-89, SR 667-98) iar producătorii sunt obligați să prezinte la livrare certificatul de calitate pentru agregate și cel de conformitate eliberat de către un organism de certificare acreditat.

Stațiile de producere a agregatelor vor funcționa numai pe baza unui atestat (eliberat de către o comisie internă în prezența unui reprezentant al I.S.C. teritorial).

La aprovizionare, controlul calității agregatelor presupune următoarele verificări:

- a) examinarea datelor înscrise în documentele de transport emise de furnizor sau/și producător, pentru fiecare lot;
- b) determinarea conținutului de impurități (conform STAS 4606-80), partea levigabilă, humusul și corpurile străine. Se va recolta o probă la maximum 500 m³ pentru fiecare sursă, la schimbarea sursei și în cazul în care se observă prezența impurităților;
- c) granulozitatea se verifică conform STAS 4606-80, o probă la maximum 500 m³ pentru fiecare sort iar în cazul aprovizionării constante de la aceeași sursă se efectuează minimum o probă pe săptămână pentru fiecare sort și sursă;
- d) densitatea în grămadă în stare afanată și uscată (conform STAS 4606-80) se verifică prin efectuarea unei probe la maximum 200 m³;
- e) înainte de utilizare se va verifica:
 - conținutul de impurități de câte ori apar factori de impurificare, dar cel puțin o dată pe săptămână;
 - granulozitatea (conform STAS 4606-80), o probă la maximum 400 m³ de beton cel puțin o dată pe zi și ori de câte ori apar factori care pot modifica granulozitatea sortului;
 - umiditatea, efectuându-se o probă la maximum 200 m³ de beton, cel puțin o dată pe zi și ori de câte ori se observă o schimbare cauzată de condițiile meteorologice.

C. Controlul calității apei

Apa utilizată la prepararea betoanelor poate să provină din rețeaua publică de alimentare. Dacă provine din altă sursă va trebui să îndeplinească condițiile tehnice prevăzute în STAS 790-84, iar înainte de utilizare este necesar să se determine compoziția chimică (o probă la începerea utilizării).

O atenție deosebită trebuie acordată conținutului ionilor de clor solubili în apă care pot conduce la corodarea armăturii. Astfel se limitează acest conținut de ioni de clor la valorile maxime:

- 1% față de masa cimentului pentru beton simplu;
- 0,4% față de masa cimentului pentru beton armat exploatat în mediu uscat sau protejat contra umidității;
- 0,15% față de masa cimentului pentru beton armat exploatat în alte condiții,

D. Controlul calității aditivilor

Aditivii utilizați la prepararea betoanelor nu trebuie să influențeze negativ proprietățile betonului sau să producă coroziunea armăturii, deteriorarea cofrajelor (aditivii trebuie să îndeplinească cerințele prevăzute în reglementările specifice sau în acordurile tehnice în vigoare). Aditivii care se folosesc nu trebuie să intre în reacție chimică cu adaosurile prevăzute în compoziția betonului.

Folosirea lor se va face cu maximum de atenție, respectându-se integral instrucțiunile întocmite de producător privind condițiile de transport, depozitare și utilizare.

În cazul folosirii concomitente a doi sau mai mulți aditivi a căror compatibilitate și comportare împreună nu este cunoscută, este obligatorie efectuarea de încercări preliminare și avizul unui institut de specialitate autorizat.

La aprovizionare se vor examina datele înscrise în documentele de certificare sau de garanție emise de către furnizor sau/și producător, la fiecare lot aprovizionat.

Înainte de utilizare se va determina densitatea soluției (conform reglementărilor tehnice în vigoare) cel puțin o probă la fiecare șarjă.

E. Controlul calității adaosurilor

Utilizarea adaosurilor la prepararea betoanelor se va face strict în conformitate cu reglementările tehnice specifice în vigoare, agrementele tehnice sau studiile întocmite de către laboratoare de specialitate autorizate; adaosurile nu trebuie să influențeze negativ proprietățile betonului proaspăt și întărit, să nu producă coroziunea armăturilor și să nu producă deteriorarea cofrajelor.

Transportul, manipularea și depozitarea adaosurilor se vor efectua astfel încât să se evite modificarea proprietăților fizico-chimice ale acestora.

La aprovizionare se vor examina datele înscrise în documentele de certificare a calității sau de garanție emise de către furnizor sau/și de către producător la fiecare lot aprovizionat. Dacă este cazul se vor efectua și alte încercări prevăzute în instrucțiunile tehnice specifice tipului de adaos.

4.1.3.2. Controlul calității betonului proaspăt și întărit

A. Verificări în cursul preparării la stația de betoane

- a) Consistența (conform STAS 1759-88) se verifică de două ori pe schimb și pe tip de beton și la începutul preparării, determinată prin metoda tasării conului;
- b) Temperatura (dacă este prevăzută ca o cerință), se fac patru determinări pentru fiecare tip de beton și schimb de lucru;
- c) Conținutul de nisip 0...3 mm (conform STAS 1759-88), de câte ori se apreciază ca fiind necesar;
- d) Rezistența la compresiune la vârsta de 28 de zile pe epruvete cilindrice $d=150$ mm, $L=300$ mm sau cubice $a=150$ mm, conform STAS 1275-88. Pentru determinare este necesar să se preleveze minimum o probă la 100 m³ dar nu mai puțin de 6 probe/zi pentru betoane cu clasa $C<8/10$ și minim o probă la 50 m³ dar nu mai mult de 15 probe/zi pentru betoane cu clasa $C > 8/10$;
- e) Rezistența la compresiune la vârsta de 3 și/sau 7 zile (conform STAS 1275-88) pentru încercări orientative, se prelevează o probă pe săptămână pentru betoane cu clasa $C > 16/20$;
- f) Gradul de impermeabilitate (conform STAS 3519-76) dacă acesta este prevăzut ca dată în compoziția betonului; se prelevează minimum două probe pe obiect și minim o probă la 300 m³ de beton;
- g) Gradul de gelivitate (conform STAS 3518-89) dacă acesta este prevăzut ca dată în compoziția betonului; se prelevează minimum două probe pe obiect și minimum o probă la 100 m³ de beton.

B. Verificări la locul de punere în lucrare

- a) documentul de transport care trebuie să conțină date privind clasa betonului, consistența, cantitatea, ora preparării și eventual alte date la cerere (tipul cimentului, dimensiunea maximă a granulei de agregat, aditivi și adaosuri etc); verificarea se face pentru fiecare transport de beton;
- b) verificări vizuale asupra betonului livrat, privind dimensiunea maximă a granulei de agregat, lucrabilitatea, omogenitatea etc;
- c) consistența (conform STAS 1759-88), minimum o probă pentru fiecare tip de beton și schimb de lucru și cel puțin o probă la 20 m³ de beton;
- d) temperatura (dacă este prevăzută ca o cerință tehnică); se fac patru determinări pentru fiecare tip de beton și schimb de lucru;
- e) rezistența la compresiune pe epruvete cilindrice $d=150$ mm, $L=300$ mm/cubice $a=150$ mm, (conform STAS 1275-88); pentru verificarea rezistențelor de control pe faze, pentru stabilirea termenelor pentru decofrare (dacă este prevăzută prin proiect sau conform unei proceduri speciale); se efectuează o probă pe schimb;
- f) rezistența la compresiune pe epruvete cilindrice $d=150$ mm, $L=300$ mm/cubice $a=150$ mm (conform STAS 1275-88) pentru verificarea clasei betonului; se vor preleva pentru fiecare tip de beton, parte de structură minimum o probă pe zi de turnare și nu mai puțin de una la 300 m³ - pentru betoane cu clasa $C \leq 8/10$, la 100 (200) m³ - pentru betoane de clasă $C 8/10$, $C 12/15$ și $C 16/20$ și la 50 (100) m³ - pentru betoane cu clasa $C > 16/20$ (valorile din paranteză se referă la elemente sau părți de structură cu volum mai mare de 300 m³ și care se betonează fără întreruperi);
- g) gradul de impermeabilitate (conform STAS 3519-76) dacă este prevăzut prin proiect sau conform unei proceduri speciale; se prelevează minimum două probe pentru fiecare obiectiv și minimum o probă la 300 m³ beton;

- h) gradul de gelivitate (conform STAS 3518-89 dacă este prevăzut prin proiect sau conform unei proceduri speciale): se prelevează minim o probă la 1000 m³ de beton;

Rezultatele obținute în urma încercărilor sau măsurărilor efectuate asupra betonului proaspăt sau întărit prezentate la subcap. 3.3.2 se vor analiza și interpreta astfel:

- Limitele de referință admise pentru caracteristicile betonului proaspăt sunt cele prezentate în tabelul 3.15.

Tabel 4.1.15 Limitele de referință pentru caracteristicile betonului în stare proaspătă (conform NE 012-2007 tabel VI.3.1)

Nr. crt.	Caracteristica	Valoare de referință			Limitele de referință admise
		t = tasare medie	tasare medie	abatere a	
1.	Consistența	(mm)	t- 10..40 mm t-50 ...120 mm t> 120 mm	± 10 mm ±20 mm ±30 mm	
		g _c = gradul de compactare mediu		g±0,5	
2.	Temperatura	t _{min} sau t _{max}			
3.	Densitatea aparentă	Pb(kg/m')			Ph ± 40 kg/m'
4.	Conținut de aer oclus/antrenat	p % valoarea medie			p%± 1,5
5.	Granulozitatea agregatelor conținute în beton sort 0 -3	g n,m , g max (%)			

- Temperatura se măsoară în patru puncte diferite. Dacă valoarea medie a temperaturii măsurate nu se înscrie în limitele admise (tabel 3.15) se vor efectua pentru același transport de beton încă două serii de determinări. Dacă valoarea medie a celor două serii de determinări nu se înscrie în limitele admise, transportul de beton se refuză;
- Gradul de impermeabilitate și gradul de gelivitate se consideră realizat dacă cel puțin 10% din numărul de încercări (epruvete) care se analizează îndeplinesc condițiile tehnice prevăzute;
- Dacă rezistența la compresiune determinată pentru verificarea rezistențelor de control pe faze (subcap. 3.3.2 pct. B) rezultă necorespunzătoare, se decalează faza și se procedează la o nouă verificare;
- Dacă prin proiect se prevede determinarea conținutului de ioni de clor din beton iar acesta depășește valorile maxime admise (subcap. 3.3.1 pct. C) se va analiza conținutul de clor; se vor schimba sursele de aprovizionare;
- În cazul betonului preparat în malaxoare mobile (de șantier) pentru fiecare lot de beton se vor preleva minim 6 probe; în cazul în care betonul are o clasă <C 16/20 și pentru loturi de maximum 50 m se pot preleva 3 probe;
- În cazul determinării rezistenței la compresiune pentru verificarea clasei (vezi subcap. 3.3.2 pct. B) - e); în cazul verificării la locul punerii în lucrare a betonului, pentru fiecare lot de beton se vor preleva minim 6 probe; în cazul în care betonul are o clasă <C 16/20 și pentru loturi până la 50 m³ se pot preleva 3 probe;
- Pentru verificarea rezistențelor mecanice pentru stabilirea compoziției de bază (în cazul proiectării compoziției betoanelor), din fiecare amestec de beton se vor preleva minimum 4 probe, reprezentând 12 epruvete pentru fiecare compoziție;
- *Proba de control* (proba) reprezintă cantitatea de beton necesară pentru obținerea unui rezultat care reprezintă media încercărilor a trei epruvete (cilindri/cuburi);
- *Lot* reprezintă volumul de beton ales, astfel încât să fie asigurate condițiile de omogenitate și de

uniformitate a compoziției (respectiv a conformității rezistenței betonului) și a cărei mărime este condiționată de:

- cantitatea de beton turnat pentru fiecare clasă de beton în parte de structură (fundatie, nivel etc);
- cantitatea pentru o zi de turnare;
- cantitățile limită stabilite prin norme (vezi subcap. 3.3.2. pct. A. și pct. B).
- În cazul în care rezultatele determinărilor nu îndeplinesc condițiile de conformitate sau în oricare din cazurile în care există dubii cu privire a realizarea rezistenței, trebuie efectuate încercări suplimentare (cu metode nedistructive sau semidistructive) cu respectarea prevederilor normativelor C 54-81 și C 26-85.

Determinarea consistenței betonului proaspăt cu ajutorul metodei tasării

Metoda constă în măsurarea tasării betonului proaspăt, sub greutatea proprie, iar metodologia încercării este reglementată prin STAS 1759-88.

A. Echipamentul tehnologic utilizat

- trunchi de con cu înălțimea de 300 mm (pentru betoanele cu dimensiunea maximă a agregatelor <40 mm) sau de 450 mm (pentru betoanele cu dimensiunea maximă a agregatelor >40 mm) din tablă galvanizată de min. 2 mm grosime conform fig. 3.1 a).

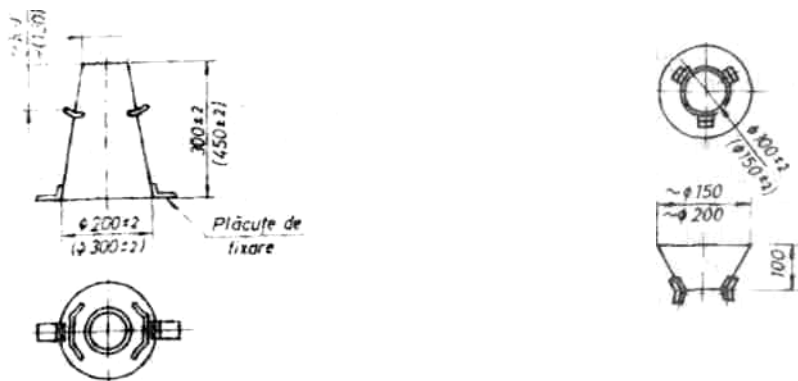


Figura 4.1

Trunchiul de con poate să fie realizat cu sau fără rigidizări. Peretele său interior trebuie să fie neted, fără asperități și fără deformări locale. Trunchiul de con este prevăzut la partea superioară cu un prelungitor conform fig. 3.1 b).

- vergea de oțel rotund cu diametrul de 16 mm și lungimea de 600 mm, având capetele rotunjite în formă de emisferă;
- riglă metalică cu lungimea de 600 mm
- scafă metalică;
- mistrie;
- metru pliant sau riglă gradată, de 500 mm lungime

B. Modul de lucru (conform pct. 3.1.3 STAS 1759-88)

- a) Se umezește interiorul trunchiului de con și se așează pe o suprafață orizontală plană, rigidă, umezită și neabsorbantă de min. 700x400 mm. Se umple trunchiul de con cu beton în trei straturi, fiecare corespunzând aproximativ unei treimi din înălțime;
- b) În fiecare strat se dau câte 25 de împunsături (respectiv 50 pentru conul cu înălțimea de 450 mm), cu ajutorul vergelei, repartizându-se uniform pe suprafața betonului. Pentru stratul inferior este necesar de a înclina vergeaua și de a face aproximativ jumătate din împunsături de-a lungul perimetrului, apoi se continuă cu împunsăturile verticale în spirală până în centru. Stratul inferior se împunge pe toată grosimea sa. Se repetă operația de îndesare în stratul al doilea și în stratul superior, fiecare pe toată grosimea sa, astfel ca vergeaua să pătrundă ușor stratul situat dedesubt;

- c) Pentru a umple și a îndesa stratul superior, se montează prelungitorul și se introduce beton în exces asigurându-se menținerea acestui exces pe toată durata de îndesare;
- d) După ce stratul superior a fost îndesat, se înlătură prelungitorul și se nivelează suprafața betonului prin ferăstruie cu ajutorul riglei metalice sau cu vergeaua metalică prin rulare. În timpul umplerii și compactării betonului, trunchiul de con se menține fix pe suprafața plană, cu ajutorul celor două plăcuțe;
- e) Se curăță betonul căzut în jurul trunchiului de con. Se procedează la ridicarea trunchiului de con, operație care trebuie să se facă în 5... 10 s printr-o mișcare verticală, constantă, evitându-se deplasările laterale sau răsucirile trunchiului de con. Intervalul de timp de la începerea umplerii trunchiului de con și până în momentul ridicării complete a acestuia nu trebuie să fie mai mare de 150 s;
- f) Imediat după ridicarea trunchiului de con se măsoară tasarea (diferența - h_t - dintre înălțimea acestuia și punctul cel mai ridicat al betonului tasat) fig. 3.2 (fig. 3 - STAS 1759-88)

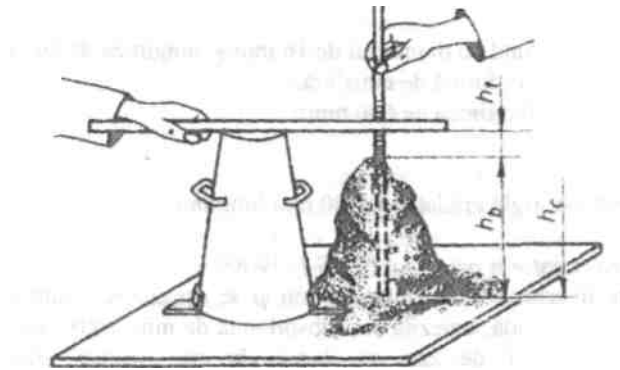


Figura 4.2

- g) Dacă se produce o prăbușire parțială sau o rupere a betonului pe o porțiune, nu se ia în considerare încercarea și se repetă determinarea pe o nouă probă de beton.
- h) Dacă după două încercări consecutive se produce o prăbușire sau o rupere parțială a betonului din masa epruvetei sau tasarea este mai mică de 10 mm, lucrabilitatea betonului se apreciază după altă metodă.

C. Exprimarea rezultatelor (conform pct. 3.1.4 din STAS 1759-88)

- Tasarea betonului (h_t) se calculează cu formula:

$$h_t = h_c - h_t \text{ (mm)}$$
 în care
 h_c - înălțimea trunchiului de con, în milimetri;
 h_t - înălțimea punctului cel mai ridicat al betonului tasat, în milimetri.
 Valoarea se rotunjește la 10 mm.
 Ca rezultat se consideră media aritmetică, rotunjită la 10 mm, a două determinări efectuate la un interval de max. 10 min și care nu diferă între ele cu mai mult de:
 10 mm, pentru tasare < 40 mm, 20 mm, pentru tasare = 50...90 mm,
 30 mm, pentru tasare > 10 mm.
- *Clasificarea în clase a consistenței* -
 Se face în funcție de tasarea măsurată conform STAS 1759-R8.

Realizarea epruvetelor din beton

Epruvetele se realizează conform instrucțiunilor tehnice și metodologiei prevăzută în STAS 1275-88.

În funcție de determinarea dorită, epruvetele pot avea diferite forme și dimensiuni standardizate și anume:

- rezistența la compresiune (conform NE 012-2007) cub cu latura de 150 mm sau cilindru cu diametrul de 150 mm și înălțimea de 300 mm;
- rezistența la întindere (conform STAS 1275-88) cub (având dimensiunea conform tabelului 3.16) prismă (având dimensiunea conform tabelului 3.17) sau cilindru;

Tabel 4.1.16 Dimensiunile epruvetelor cubice (Conform STAS 1275-88 tabel 1)

Latura epruvetei		Aria nominală a secțiunii de referință a epruvetei (mm ²)	Dimensiunea maximă a granulelor agregatelor, d _{max} (mm)
Dimensiune (mm)	Abateri (mm)		
100	±0,50	10000	20
141	±0,75	20000	31,5
150	±0,75	22500	31,5
200	± 1,00	40000	40
300	± 1,50	90000	71

Tabel 4.1.17 Dimensiunile epruvetelor prismatice (Conform STAS 1275-88 tab. 2)

Dimensiuni în mm ± 0,5%	Dimensiunea maximă a agregatelor, d _{max} (mm)
100x100x400	25
100x100x550	25
150x150x600	40
200x200x800	50

- gradul de gelivitate (conform STAS 3518 - 89) cub (cu latura de 100 mm, 141 mm, 150 mm, 200 mm sau 300 mm);
- gradul de impermeabilitate la apă - cub (cu latura de 141 mm și 200 mm), prismă (având dimensiunile 200x200x(200xk) mm și 140x140x(140xk) mm în care coeficientul $k \leq 1$ și se alege astfel încât înălțimea epruvetei să fie de minimum 100 mm și mai mare decât adâncimea limită prescrisă, de pătrundere a apei) sau cilindru (cu diametrul de minim 140 mm și înălțime egală cu diametrul și mai mică de 200 mm).

Confecționarea epruvetelor

Echipamentul tehnologic, luarea probelor, modul de lucru și păstrarea epruvetelor se va realiza conform instrucțiunilor tehnice din STAS 2320-88.

Se menționează faptul că, este foarte indicat ca operațiile de realizare a epruvetelor de beton să se facă într-un laborator de specialitate autorizat.

4.2. CONDIȚII TEHNICE PRIVIND PREPARAREA BETONULUI

4.2.1. Etapele de preparare a betonului și condițiile tehnice de realizare

Depozitarea componentelor

Agregatele - se vor depozita numai pe sorturi, pe platforme amenajate (nu direct pe pământ sau pe balast) astfel încât să se evite amestecarea sorturilor între ele sau contaminarea lor cu alte materiale.

Platformele se vor amenaja cu pante și rigole pentru asigurarea scurgerii apelor pluviale, iar compartimentele se vor marca cu tipul de sort depozitat.

Cimentul se va depozita în recipiente etanșe (silozuri sau buncăre) atunci când este livrat vrac (asigurându-se și transportul pneumatic al lui) sau în spații închise, când este livrat în saci. În acest caz sacii vor fi stivuiți, stiva rezemând pe un grătar din lemn (pentru asigurarea ventilației la partea inferioară

a ei) și păstrând un spațiu de circulație (minimum 50 cm) în jurul lor. Numărul de rânduri de saci stivuiți se limitează la 10. Toți recipientii și stivele se vor marca prin înscrierea vizibilă a tipului de ciment.

Depozitarea cimentului se va face numai după recepționarea calitativă și cantitativă a lui și după verificarea capacității libere de depozitare (recipienti etanși și/sau spațiile din încăperile închise și special amenajate).

Aditivii și adaosurile - se vor depozita și transporta, în conformitate cu instrucțiunile tehnice specifice elaborate de către proiectant, în vederea păstrării proprietăților fizico-chimice ale lor.

Dozarea componentelor

Dozarea materialelor este indicat să se efectueze gravimetric (cu balanța cu pârghii, cu arcuri sau cu doze tensiometrice), fiind admise următoarele abateri:

- agregate: $\pm 3\%$;
- ciment: $\pm 2\%$;
- aditivi: $\pm 5\%$;
- adaosuri: $\pm 3\%$.

Dozatoarele se vor verifica cel puțin o dată pe săptămână și la un interval de maximum 50 ore de funcționare (utilizându-se greutăți etalon). Cel puțin o dată pe an și ori de câte ori este nevoie, ele se vor verifica metrologic.

În cazul malaxoarelor cu amestecare prin cădere liberă cu capacitatea maximă de 250 l ($0,25 \text{ m}^3$) cu care se prepară beton cu clasa $\leq C 12/15$ pentru executarea unor lucrări de importanță redusă și obligatoriu cu acceptul scris al investitorului este permisă și dozarea volumetrică respectându-se următoarele condiții:

- pentru dozare se vor utiliza recipienti (cutii, găleți etc), etalonați și gradați corespunzător în prealabil;
- abaterile admise sunt: $\pm 5\%$ pentru agregate și aditivi și $\pm 3\%$ pentru ciment și apă.
- un laborator autorizat va determina umiditatea agregatelor și va face corecțiile la cantitatea de apă și de agregat pe sorturi, ținând seama și de curba de înfiere a nisipului.

Amestecarea componentelor

Considerații generale

Calitatea amestecării are o mare influență asupra proprietăților betonului proaspăt (coeziunea, stabilitatea, omogenitatea, separarea apei etc.) și întărit (rezistențele mecanice, rezistențele la îngheț-dezgheț, impermeabilitatea, contracția la uscare, durabilitatea etc).

Omogenitatea betonului, reprezentând o distribuție uniformă a tuturor componentelor acestuia în masa lui, se obține numai prin amestecare și reprezintă o condiție de bază pentru obținerea unui beton de bună calitate. Această omogenitate este influențată, în timpul amestecării, de o serie de factori și fenomene care trebuie avute în vedere și anume:

- agregatul uscat absoarbe la început apa, reducând sensibil consistența amestecului;
- agregatul concasat, având o suprafață rugoasă și respectiv frecări mai mari, necesită un consum de energie și un timp de amestecare mai mare;
- granulele de agregat cu dimensiuni mai mari, datorită masei mai mari și a frecării mai reduse (suprafața specifică - raportul dintre suprafața exterioară și volum mai mică) favorizează segregarea (separarea componentelor);
- agregatele se dispersează mai repede decât cimentul;
- parte din ciment se flocculează (floccularea reprezintă tendința de aglomerare a particulelor de ciment), diminuând dispersia sa;
- proporțiile componentelor solizi;
- cantitatea de apă de amestecare;
- raportul A/C;
- tipul malaxorului și gradul de uzură al acestuia;
- ordinea introducerii componentelor în malaxor;
- durata de amestecare;
- modul și durata descărcării amestecului etc.

În ceea ce privește durata de amestecare, aceasta se stabilește experimental, timpul optim de amestecare reprezentând durata minimă de amestecare pentru care se obține o omogenitate acceptată a betonului (evident și clasa de rezistență a lui) cu un consum de energie și de timp cât mai reduse.

Nerespectarea timpului optim de amestecare conduce fie la realizarea unui beton neomogen (timpul de amestecare mai redus), fie la un beton mai costisitor (consum de energie mai mare și productivitate mai redusă) fie la un beton segregat (depășirea substanțială a duratei optime de amestecare)

A. Amestecarea manuală a componentelor

Amestecarea manuală a componentelor se recomandă să nu se folosească și este admisă în mod excepțional numai în următoarele cazuri:

- volumul de beton preparat în cantitate mică sau foarte mică (maximum 1m^3);
- clasa betonului $\leq C 8/10$;

Amestecarea manuală presupune realizarea următoarelor operații tehnologice:

- amenajarea unei platforme plane, etanșe și curate (beton, cherestea, placaje, folii de plastic);
- așezarea sorturilor de pietriș (începând cu sortul cel mai mare și apoi descrescător de jos în sus);
- așezarea a cea. 50% din cantitatea de nisip;
- așezarea cantității de ciment;
- adăugarea restului cantității de nisip;
- amestecarea prin lopătare a componentelor uscați până la obținerea unei culori uniforme a amestecului;
- continuarea amestecării, adăugându-se treptat apa de amestecare, până la obținerea unei culori uniforme a amestecului (ceea ce indică obținerea unei omogenități satisfăcătoare);
- evitarea introducerii oricăror impurități (alte materiale) în amestec.

B. Amestecarea mecanizată a componentelor

Realizarea betonului în incinta șantierului presupune de regulă utilizarea unor malaxoare cu amestecare prin cădere liberă, cu capacități reduse (de regulă, maximum $250\text{ l}/0,05\div 0,25\text{ m}^3$). În cazul unor betoane cu anumite proprietăți impuse prin proiectare se pot utiliza și alte tipuri de malaxoare. Utilizarea unui malaxor se poate face numai cu respectarea condițiilor tehnice și de calitate impuse, cu folosirea de personal calificat, instruit și atestat și numai după efectuarea mai multor încercări (preparări și determinări) în vederea stabilirii timpului optim de amestecare și a calității amestecului de beton prescris.

Pentru obținerea unui beton de calitate trebuie respectată o anumită ordine de introducere a componentelor în malaxor. Ea se stabilește, de regulă, în funcție de compoziția betonului și tipul malaxorului, cea mai avantajoasă fiind introducerea simultană a tuturor componentelor (care practic, este imposibil de realizat).

În cazul folosirii unor malaxoare cu amestecare prin cădere liberă și a agregatelor uscate, se recomandă următoarea ordine de introducere a componentelor:

- parte din cantitatea de apă de amestecare (stabilită în funcție de curba de granulozitate aleasă);
- agregatele începând cu sortul cel mai mare și introduse succesiv în ordinea descrescătoare a sorturilor;
- cimentul;
- restul cantității de apă.

În cazul utilizării aditivilor, aceștia se vor amesteca în prealabil cu o cantitate de apă (luată din cantitatea de apă de amestecare) și se vor introduce astfel în malaxor, după introducerea cimentului.

În cazul utilizării adaosurilor, modul și ordinea de introducere a acestora în malaxor se va stabili în funcție de instrucțiunile tehnice de utilizare a lor, întocmite de către producător.

Durata de amestecare se va majora după caz pentru:

- utilizarea aditivilor sau adaosurilor;
- utilizarea agregatelor cu dimensiunea granulei mai mari de 31 mm;
- prepararea betonului cu cantități reduse (tasare $T < 50\text{ mm}$);
- prepararea betonului în perioada de timp friguros;
- utilizarea agregatelor de concasaj.

Se recomandă ca, în cazul preparării betoanelor utilizând agregate cu dimensiunea granulei mai mare de 40 mm, să se utilizeze malaxoare cu amestecare prin cădere liberă. Durata de menținere a betonului în malaxor sau în buncărul tampon se recomandă să nu depășească 20 minute.

4.2.2.Procedee și echipamente tehnologice pentru prepararea betonului

Ca variante tehnologice de preparare a betonului se utilizează:

- prepararea descentralizată, în incinta șantierului, la lucrări de construcții cu volum mic (până la 2000 m³) și distanța de transport a betonului de 0 ... 1 km ;
- prepararea centralizată, în afara șantierului, pentru prepararea de betoane, de diverse clase, în cazul volumelor mari de lucrări și transportul lor pe distanțe uzuale de 1 ... 30 km.

4.2.3.Condiții tehnice privind betonul preparat pe șantier

Prepararea descentralizată (30...40 mii m³/an) se poate face, în funcție de mărimea șantierului și de cantitățile și clasele de beton necesare, manual sau mecanizat.

Prepararea manuală este permisă pentru cantități mici de betoane (maximum 1 m³) și de regulă pentru betoane de clasă $\leq C 8/10$.

Prepararea mecanizată se poate face în două variante tehnologice:

- cu echipamente singulare, ce acoperă potențial procesul tehnologic de preparare, respectiv:
 - malaxoare cu cădere liberă sau cu amestecare forțată (dozarea se realizează independent);
 - autobetoniere (dozarea se realizează independent);
 - miniautobetonierele cu autoîncărcare (pot asigura și dozarea volumetrică).
- cu centrale de șantier, mobile sau demontabile, ce acoperă potențial toate componentele procesului tehnologic de preparare, inclusiv dozarea componentelor.

A Prepararea betonului cu echipamente singulare

Pentru dozarea componentelor betonului se au în vedere următoarele:

- *dozarea agregatelor*: se poate face volumetric pentru lucrări izolate cu volum maxim de 500 m³ și pentru elemente de beton și beton armat având clasa până la C 8/10. În alte situații, dozarea agregatelor se face gravimetric;

- *dozarea cimentului*: se face volumetric; în cazul livrării cimentului în saci, se permite ca aceștia să constituie unități de măsură pentru dozare.

- *dozarea apei*: se face cu recipiente gradate pentru lucrările având volum redus de betoane.

În cazul în care se întrerupe prepararea betonului mai mult de o oră, este obligatoriu ca toba malaxorului să fie spălată cu jet puternic de apă.

Descărcarea betonului preparat, din malaxor, se face într-un buncăr metalic de stocare intermediară, de unde este preluat prin cădere liberă în mijloacele de transport sau de punere în lucrare. Este bine ca durata de menținere a betonului în buncăr să nu depășească 15 min.

Pentru lucrările de volum foarte redus, betonul se poate descărca într-o cutie așezată pe sol în fața malaxorului, din care se încarcă apoi în mijloacele de transport locale (roabe, tomberoane, vagonete, dumpere).

B Prepararea betoanelor în centrale de șantier

Caracteristicile generale sunt următoarele:

- dozarea componentelor betonului se face gravimetric, admitându-se abateri de cel mult $\pm 3\%$ la agregate și $\pm 2\%$ la ciment;
- dozarea apei se face cu dozatoarele automate sau cu contoare atestate metrologic, abaterea maximă fiind de $\pm 2\%$. Cantitatea de apă corespunzătoare unui amestec se corectează ținând seama de umiditatea agregatelor, astfel încât să se respecte raportul A/C;
- dozarea aditivilor se face astfel încât să se obțină rețeta dorită de beton și ținând cont de tipul de aditivi folosiți.

Ordinea de introducere a materialelor componente în malaxor se face conform prevederilor cărții tehnice a utilajului respectiv.

Durata de amestecare este de cel puțin 30 min, prelungindu-se în următoarele cazuri:

- utilizare de aditivi sau adaosuri, conform indicațiilor de folosire a acestora;
- perioade de timp frigurose;
- utilizare de agregate cu granule mai mari de 31 mm.

4.2.4. Condiții tehnice privind betonul preparat în stațiile de betoane

Prepararea centralizată a betonului se face în centrale de beton staționare, cu capacități de producție de 120... 160 mii m³/an, care livrează betonul sub formă de beton-marfă, în stare gata preparată conform prevederilor proiectantului (amestec de beton prescris sau proiectat, după caz).

Se au în vedere aceleași condiții prezentate la punctul 4.2.1 B.

În momentul sosirii la șantier a betonului preparat într-o stație atestată, constructorul este obligat să facă următoarele verificări:

- Examinarea documentelor de transport, la fiecare transport, care trebuie să conțină următoarele date:
 - a) clasa betonului (tabelul 3.6);
 - b) cantitatea de beton livrată;
 - c) consistența betonului proaspăt (cap. 3);
 - d) ora preparării;
 - e) alte date, dacă sunt specificate prin proiect sau cerute de către proiectant sau de către constructor: tipul cimentului, dimensiunea maximă a granulei de agregat, tipul aditivilor și adaosurilor etc.
- Verificări vizuale asupra betonului privind dimensiunea maximă a granulei de agregat, omogenitatea, lucrabilitatea etc. În cazul în care verificările nu confirmă calitatea dorită a betonului, acesta se refuză.

4.3. CONDIȚII TEHNICE PRIVIND TRANSPORTUL BETONULUI

4.3.1. Condiții tehnice și tehnologice generale

Indiferent de distanța la care se transportă betonul și de tipul mijlocului de transport folosit, operația de transport se va face cu respectarea următoarelor reguli:

- Păstrarea intactă a compoziției amestecului, evitându-se introducerea unei cantități suplimentare de apă (de ploaie sau din alte surse) sau pierderea unei cantități de apă și de parte fină precum cimentul și nisipul fin (datorită neetanșeității mijlocului de transport). În acest sens mijlocul de transport trebuie să fie etanș și să aibă o suprafață neacoperită cât mai redusă:
- Asigurarea omogenității amestecului, evitându-se apariția segregărilor în timpul transportului sau/și descărcării betonului. Aceste segregări se datorează șocurilor sau vibrațiilor, apărute în timpul transportului și descărcării betonului și care depășind anumite limite, pot provoca învingerea frecărilor vâscoase și ruperea coeziunii dintre granule. Astfel pot să apară două tipuri de segregări:
 - segregarea interioară care reprezintă tendința de deplasare în jos a granulelor de agregat cu dimensiuni mari (cu raportul greutate/suprafață cel mai mare) în timpul transportului betonului;
 - segregarea exterioară care poate apare în timpul descărcării betonului, când înălțimea liberă de cădere a acestuia depășește o valoare maximă (stabilită în funcție de consistența betonului și de armarea elementelor de beton care se realizează) sau când nu s-a adoptat un echipament tehnologic adecvat sau nu s-au respectat instrucțiunile tehnice de utilizare a acestuia;
- Reducerea la minimum a consumului de manoperă și a manipulării (încărcări-descărcări) betonului, prin mecanizarea la maximum a acestor operații. Astfel se evită modificarea compoziției amestecului de beton proaspăt, apariția segregărilor, reducerea duratei de transport, scăderea costului etc.
- Limitarea duratei de transport la o valoare maximă, stabilită în funcție de unii factori exteriori (temperatura, tipul mijlocului de transport) și de alții legați de compoziția amestecului de beton proaspăt (cantitatea de apă de amestecare, raportul A/C, existența unor aditivi, temperatură etc). Stabilirea duratei maxime de transport se face avându-se în vedere că operațiile de transport, punere în lucrare, compactarea și prelucrarea suprafeței betonului se pot efectua numai până la începerea prizei cimentului (determinată conform STAS 1759-88). Durata de transport se consideră din momentul încărcării mijlocului

de transport până la sfârșitul descărcării acestuia. În tabelul 5.1 se prezintă valorile orientative ale duratei maxime de transport al betoanelor preparate cu cimenturi de clasă 32,5 și 42,5 și transportate cu autobetoniera. În cazul utilizării unor aditivi întârziatori de priză sau în situația transportului unor betoane cu temperaturi peste 30°C, durata maximă de transport va fi stabilită numai de către un institut sau laborator de specialitate autorizat.

Tabel 4.2.1 Durata maximă de transport a betonului proaspăt cu autobetoniera (prin asimilarea valorilor prezentate în codul de practică NE-012, tabel 12.1)

Temperatura amestecului de beton	Durata maximă de transport (minute)	
	cimenturi de clasa 32,5	cimenturi de clasa $\geq 42,5$
$10^{\circ} < t \leq 30^{\circ}$	50	35
$t < 10^{\circ}$	70	50

În conformitate cu prevederile emise de Inspectoratul de Stat în Construcții, transportul betonului proaspăt cu autobasculanta și autoagitator nu mai este permis. Se recomandă transportul betonului cu autobetoniera atât pentru amestecul umed cât și pentru cel uscat indiferent de distanță.

Pentru cazuri de excepție, utilizarea acestor sisteme de transport va trebui să se efectueze în conformitate cu prevederile Codului de practică NE 012-2007.

4.3.2. Echipamente tehnologice pentru transportul betonului la distanțe mari

4.3.2.1 Cele mai utilizate mijloace de transport, în momentul de față sunt autobetonierele.

Autobetoniera se compune din:

- autoșasiul ce poate asigura deplasarea pe drumurile publice cu o viteză de până la 60 km/oră;
- toba rotitoare, în jurul unui ax înclinat față de orizontală cu 10° - 15° , prevăzută cu palete continui, în formă elicoidală în dublu sens, pentru amestecare și respectiv descărcare
- instalația de apă cu sistem de dozare cu pompare în toba, pentru prepararea amestecului umed pe parcurs sau la locul de punere în lucrare a betonului, în funcție de distanța de transport, în cazul transportului amestecului uscat.

Unele tipuri de autobetoniere sunt amplasate pe semiremorca unui autotractor.

Autobetoniera poate fi folosită atât pentru transportul betonului preparat umed cât și uscat, (toți componenții, cu excepția apei, amestecați în prealabil). În al doilea caz prepararea betonului umed, se face cu vehiculul în staționare la șantier, prin adăugarea apei și amestecarea prin cădere liberă, asigurând o turație a tobei de 16-20 rot/min și o durată de amestecare stabilită anterior.

În acest scop autobetoniera este dotată cu echipamentul suplimentar alcătuit din rezervorul de apă ($0,4 \div 1,0 \text{ m}^3$), dozatorul de apă și aparatajul pentru controlul raportului A/C. Rezervorul de apă este dispus, perpendicular pe axul sașii, între cabină și toba malaxoare. Instalația de apă servește atât pentru asigurarea cantității de apă necesară pentru prepararea betonului proaspăt, cât și pentru spălarea tobei după descărcarea betonului.

În cazul transportului betonului uscat, nu se limitează distanța de transport.

Capacitatea uzuală a autobetonierelor este de $3 \div 6 \text{ m}^3$. Se pot folosi și autobetoniere montate pe semiremorci având capacități de $9 \div 10 \text{ m}^3$

La ora actuală se preferă transportul betonului proaspăt (95% din cazuri), rolul autobetonierei fiind redus la acela de transport. Rezervorul de apă poate fi utilizat în acest caz pentru spălarea tobei și în nici un caz pentru introducerea unei cantități suplimentare de apă în masa amestecului.

În cazul în care instrucțiunile tehnice de folosire a aditivilor (de exemplu superplastifianți) permit introducerea acestora în masa amestecului de beton proaspăt aceasta se va face cu câteva minute înainte de descărcare continuând malaxarea cu circa $60 \div 90$ de secunde.

4.3.2.2 Autobetoniere cu construcție specială

Autobetonierele cu construcție specială sunt:

A. Miniautobetoniere cu autoîncărcare - prevăzute cu un șasiu pe pneuri, de construcție specială (viteza de deplasare de maximum 25 km/oră), toabă prevăzută cu palete și având capacitatea utilă de $1\div 1,5\text{ m}^3$ sistem de descărcare prin inversarea sensului de rotație a tobei, echipament cu cupă, acționat hidrostatic, pentru dozarea volumetrică și încărcarea agregatelor și a cimentului și instalație de apă prevăzută cu pompă și dozator volumetric de tip debitmetru.

Dozarea volumetrică în cupă a agregatelor și cimentului recomandă folosirea acestui tip de autobetonieră numai pentru prepararea unor betoane de clasă inferioară (maximum C 8/10).

B. Autobetoniere cu pompă de beton - construite cu sau fără braț pliabil rotitor amplasat între cabina și rezervorul de apă și folosite pentru transportul de aprovizionare și punerea în lucrare a betonului (când cantitatea de beton pusă în lucrare nu depășește capacitatea autobetonierei).

- *Autobetonierele cu pompă de beton cu braț pliabil* - recomandate pentru transportul betonului umed, turnarea acestuia putându-se realiza de regulă, pe o înălțime maximă de 21 m, la cel mult 11 m adâncime sub nivelul de staționare și pe o rază (în plan orizontal) de până la 17 m.
- *Autobetonierele cu pompă de beton fără braț pliabil* - folosite pentru transportul amestecului umed până în apropierea locului de punere în lucrare a betonului, unde urmează să fie racordate la sistemul de conducte orizontale (de regulă maxim 200 m) și pe verticală (de regulă 100 m) pentru transportul și turnarea acestuia.

C. Autobetonierele cu transportoare cu bandă - au montată o bandă transportoare articulată, dintre elemente pliabile, cu lungimea desfășurată de maximum 18 m, folosită pentru transportul și punerea în lucrare a betonului. Transportul betonului se poate realiza, de regulă, până la o adâncime de maximum 2 m, până la o înălțime de maximum 7 m și pe o rază de acțiune pe orizontală de maximum 13 m. Betonul transportat trebuie să aibă clasa de consistență T_3 , respectiv o tasare a conului de 63 - 76 mm.

4.3.3. Echipamente tehnologice pentru transportul betonului la distanțe mari (în incinta șantierului) și pentru turnarea betonului

5.3.1 Roabe - cu capacitatea de 80 ... 120 l ($0,08 \dots 0,12\text{ m}^3$) necesită existența unei podine de circulație, având lățimea de minim 600 mm, rampe de maxim 4 %, pante de maxim 12 % și lungimea până la 70 m;

5.3.2 Tomberoane - au capacitatea de 120 ... 200 l ($0,12 \dots 0,20\text{ m}^3$) necesită existența unei podine pentru circulație având lățimea de minim 1,340 m, rampa de maxim 4 %, pante de maxim 12 % și lungimi până la 150 m;

5.3.3 Benele pentru beton de construcție metalică, din oțel sau chiar aluminiu, sunt folosite pentru transportul și turnarea betonului prin suspendarea la cârligul unui echipament de ridicat.

Selectarea tipului de benă folosită se face în funcție de următoarele criterii:

- dimensiunile, forma și poziția elementului turnat;
- accesibilitatea la locul de turnare, prin înălțimea de cădere liberă a betonului;
- capacitatea mijlocului de ridicare folosit;

Benele pot avea diferite forme constructive:

- cilindro-conică cu ax vertical (descărcare centrală) sau înclinat, (descărcare laterală);
- tronconică;
- rectangulară;
- în forma de papuc.

Încărcarea benelor cu beton se poate face în poziție verticală (primele trei forme) sau orizontală (benele papuc, basculante).

Benele cu încărcare în poziție verticală pot fi prevăzute cu furtun.

Corelarea capacității benelor cu parametrii tehnologici ai macaralelor se poate face ținând cont de caracteristicile prezentate în tabelul 5.2

Tabelul 4.2.2 Caracteristici tehnice pentru bene (cap. 13 111. Bibliografie pct.M)

Caracteristici	UM	Domenii de mărimi pe tipuri standard					
CAPACITATE GEOMETRICA	m ³	0,35	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00
GREUTATE DE CONSTRUCȚIE	kN	1,0-3,0	2,0-3,0	2,0-3,3	3,3-4,3	4,5-6,0	5,7-8,0
GREUTATE LA ÎNCĂRCAREA MAXIMĂ	kN	9,0-11,0	13,0-14,0	18,50-19,8	25,0 ^-26,5	37,5-39,0	50,0-52,0

- Utilizarea unor tuburi sau furtune de turnare amplasate la ieșirea din benă, cu diametre standard de 200 mm și lungimi de 1,5 m sau mai mult;
- Benele trebuie să fie etanșe, pentru a evita modificarea compoziției betonului.

5.3.4. *Jgheaburi pentru transportul și turnarea betonului*- realizate din tronsoane de scânduri sau dulapi geluiți și este de preferat să fie protejate cu tablă zincată, din oțel sau din polimeri având lungimea de cca. 2,00 m și secțiunea transversală în formă circulară sau dreptunghiulară, montate cu un unghi față de orizontală de maximum 30° și având o diferență de nivel de maximum 2,5 m.

5.3.5. *Burlane pentru transportul și turnarea betonului* (hoboți) realizate din tronsoane de formă tronconică, din tablă de oțel sau polimeri, montate cu baza mare în sus, suprapus și articulat între ele, având diametrul mediu de cca. 350 mm și lungimea de cca. 1000 mm. Se realizează de regulă, din maximum 8 tronsoane și având posibilitatea de distribuire a betonului la o distanță de maximum 2,00 m față de axul vertical al lui (funcție de numărul de tronsoane din care este realizat).

5.3.6 *Transportoarele cu bandă pentru beton* - folosite pentru transportul și, de preferat, turnarea betonului, cu respectarea următoarelor condiții tehnice:

- înălțimea maximă de transport 10 m;
- adâncimea maximă de transport 2 m;
- raza de acțiune pe orizontală maximum 13 m;
- unghiul de înclinare al benzii față de orizontală maximum 30°;
- viteza de deplasare a covorului benzii 2,8-2,9 m/s;
- prevederea unui paravan de reținere la capătul de descărcare;
- clasa de consistență a betonului transportat T[^], respectiv tasarea 63 -76 mm.

5.3.7 *Transportul prin conducte folosind pomparea*

Această tehnologie este cea mai modernă și cea mai utilizată, prezentând multe avantaje dar și unele dezavantaje, aplicarea acesteia trebuind să fie făcută cu respectarea strictă a unor condiții tehnologice generale dar și a unora specifice fiecărui echipament tehnologic utilizat.

A. Condiții tehnologice, legate de alcătuirea construcției, avute în vedere la selectarea pompelor de beton

Alegerea pompelor de beton, ținând seama de caracteristicile referitoare la performanțele de transport pe orizontală și pe verticală și la capacitatea de pompare este influențată de poziția locului de turnare a betonului astfel:

- construcții dezvoltate sub nivelul de staționare al utilajului: influențează asupra adâncimii de turnare;
- construcții dezvoltate pe orizontală: influențează asupra razei de lucru;
- construcții dezvoltate deasupra nivelului de staționare al utilajului: influențează asupra înălțimii de turnare;

cantitatea de beton turnată

B. Condiții tehnologice, legate de compoziția betonului, avute în vedere la selectarea pompelor de beton

Pompabilitatea betonului este proprietatea acestuia de a fi transportat prin conducte, sub presiune, fără a se dezamesteca, păstrând o coeziune bună la turnare.

Betoanele turnate cu ajutorul pompelor și autopompelor de beton trebuie să îndeplinească anumite condiții, privind proiectarea compoziției, în conformitate cu cap. 6.2.1 B.

C. La punerea în operă a betoanelor pompate, în funcție de mediu și de complexitatea lucrării se vor lua toate măsurile în așa fel încât:

- a) înainte de începerea pompării, conductele să fie amorsate cu o pastă de ciment, având compoziția de: 2 părți ciment + 1 parte apă (în unități de masă);
- b) procesul de pompare să se desfășoare continuu, fără întreruperi care pot favoriza blocarea betonului în conducte;
- c) după terminarea transportului betonului, instalația să se curețe prin spălare cu apă, folosind și dispozitive ștergătoare (dopuri de cauciuc și hârtie, sfere de cauciuc spongios etc);
- d) înălțimea liberă de cădere a betonului să se limiteze la maximum 0,5 m;
- e) realizarea elementelor de beton din mai multe straturi succesive, fiecare având grosimea de maximum 0,4 m;
- f) betonul turnat se va compacta numai prin vibrare

Tipuri de pompe de beton:

- *staționare* - cu productivitate ridicată (până la 150 m³/h), distanță de transport mare (până la 450 m pe orizontală și până la 150 m pe verticală);
- *montate pe șasiuri auto* (autopompe) - cu productivitate mică, medie și mare (până la 150 m³/h), distanțe de transport mici și medii (până la 60 m pe orizontală și până la 65 m pe verticală).

Alegerea pompei de beton se face în funcție de puterea acesteia care trebuie să fie cel puțin egală cu puterea efectivă stabilită analitic funcție de:

- productivitatea necesară;
- distanța de transport pe orizontală;
- distanța de transport pe verticală;
- numărul de coturi și unghiul lor;
- consistența betonului proaspăt;
- diametrul interior al conductei de transport al betonului etc.

4.4. CONDIȚII TEHNICE PRIVIND TURNAREA BETONULUI

Ansamblul de măsuri care trebuie luate pentru punerea în operă a betonului este determinat și condiționat de următorii factori importanți:

- poziția elementului în ansamblul construcției;
- dimensiunile și forma elementului;
- caracteristicile betonului;
- viteza de turnare a betonului;
- tehnologia adoptată pentru compactarea betonului

În aceste condiții, sunt necesare unele lucrări pregătitoare la stația de betoane, la obiect, precum și unele verificări la elementele de construcții.

4.4.1. Lucrări pregătitoare la stația de betoane

Măsuri referitoare la beton:

- emiterea din timp a comenzii, a programului și precizarea ritmului de livrare a betonului, precum și obiectul (partea de structură la care urmează a se folosi);
- în comanda de beton se vor înscrie: clasa de rezistență a betonului, dimensiunea maximă a granulei agregatelor, consistența betonului proaspăt și cantitatea, iar dacă este cazul detalii privind compoziția betonului (ex. raportul A/C maxim, tipul și dozajul minim de ciment) și alte condiții speciale (condiții de expunere, grad de impermeabilitate, grad de gelivitate etc).

4.4.2. Lucrări pregătitoare la obiect

- a) Se stabilesc mijloacele de transport de la locul de preparare la obiect (dacă este cazul) și mijloacele de

transport în cadrul obiectului (pe verticală și orizontală);

b) Se elaborează procedura pentru betonarea obiectului, stabilindu-se și dimensionându-se următoarele elemente

- poziția rosturilor de lucru;
- etapizarea betonării pe elemente de construcție;
- viteza cu care se va introduce betonul în diferite elemente;
- alcătuirea schelelor, poziționarea podinelor de circulație pentru turnarea betonului, accesul muncitorilor la punctul de turnare;
- echipamentul tehnologic necesar.

c) Se analizează și se stabilesc mijloacele necesare pentru compactarea diferitelor elemente de construcții care se betonează în funcție de:

- tipul și numărul dispozitivelor de vibrare
- distanțele la care trebuie introdus pervibratorul sau pozițiile de fixare a vibratoarelor de cofraj;
- locurile (ferestrele) de acces pentru realizarea turnării și pentru introducerea vibratoarelor (dacă este cazul);
- ordinea de vibrare;
- durata de vibrare.

d) Se stabilesc mijloacele necesare pentru protejarea betonului în funcție de condițiile de climă, în perioada de turnare și întărire a betonului pentru a se împiedica uscarea rapidă a betonului proaspăt, efectul intemperiilor și efectul mecanic al vibrațiilor:

- în condiții normale de climă și de lucru;
- pe timp ploios;
- în condiții de caniculă sau însorire puternică;
- pe timp friguros.

e) Se asigură condițiile și mijloacele pentru prelevarea probelor precizându-se:

- tipul probelor;
- numărul probelor;
- locul de unde vor trebui recoltate probele.

f) Se asigură măsurile de tehnica securității muncii și P.S.I. specifice pentru fiecare fază a betonării;

g) Se asigură măsurile tehnice și organizatorice pentru realizarea lucrării, inclusiv verificarea echipamentelor tehnologice;

- numirea persoanei care va coordona și supraveghea permanent betonarea (coordonatorul tehnic al lucrării/șef punct de lucru) și a persoanei care va controla calitatea execuției lucrărilor (din cadrul compartimentului de control al calității -CQ - care trebuie să fie autorizată conform legislației în vigoare);
- asigurarea cu forță de muncă corespunzătoare, calificată pentru betonare și pentru transportul betonului;
- asigurarea echipamentelor tehnologice (utilajelor, sculelor și dispozitivelor) ca număr și caracteristici specificate, dacă este cazul, în fișele tehnologice; h)

h) Se verifică cofrajele:

- amplasarea corectă;
- dimensiunile în plan;
- cota de nivel;
- planeitatea, orizontalitatea sau verticalitatea (dacă este cazul);
- etanșeitatea;
- starea de curățare;
- prinderea, susținerea și rigidizarea lor

i) Se verifică armăturile:

- tipul oțelului;
- diametrul barelor;
- distanța dintre bare/numărul barelor;
- modul de fasonare;
- poziționarea;

- sistemul de prindere a barelor între ele;
 - distanțierii.
 - starea de curățare;
 - proces-verbal de lucrări ascunse.
- j) În cazul în care, de la montarea și recepționarea armăturii, a trecut o perioadă îndelungată (peste 6 luni) este necesară o nouă inspectare a stării armăturii de către o comisie alcătuită din beneficiar, executant, proiectant și reprezentantul ISC care va decide oportunitatea expertizării stării armăturii de către un expert sau un institut de specialitate și va dispune efectuarea ei; în orice caz, dacă se constată prezența ruginii neaderente, armătura - după curățare - nu trebuie să prezinte o reducere a secțiunii sub abaterea minimă prevăzută în standardele de produs; se va proceda apoi la o nouă recepție calitativă;
- k) Se asigură posibilitatea spălării utilajelor de transport și punere în operă a betonului;
- l) Se verifică suprafețele de beton turnat anterior și întărit, care vor veni în contact cu betonul proaspăt; acestea se vor curăța de pojghița de lapte de ciment (sau de impurități); suprafețele nu trebuie să prezinte zone necompactate sau segregate și trebuie să aibă rugozitatea necesară asigurării unei bune legături între cele două betoane;
- m) Se asigură măsurile de dirijare a apelor provenite din precipitații, astfel încât acestea să nu se acumuleze în zonele ce urmează a se betona;
- n) Se iau toate măsurile care se impun pentru prelucrarea suprafeței betonului de la rosturile de turnare în vederea reluării betonării;
- o) Se obține acceptarea de către beneficiar a procedurii pentru betonare (menționată și în fișa tehnologică de betonare);
- p) Se va obține și consemna aprobarea începerii betonării de către: responsabilul tehnic cu execuția, reprezentantul beneficiarului și în cazul fazelor determinante proiectantul, reprezentantul ISC, în conformitate cu prevederile programului de control al calității lucrărilor - stabilite prin contract;
- q) Aprobarea începerii betonării trebuie să fie reconfirmată, pe baza unor noi verificări, în cazurile în care:
- au intervenit evenimente de natură să modifice situația constatată la data aprobării (intemperii, accidente, reluarea activității la lucrări sistate și neconservate);
 - betonarea nu a început în intervalul de 7 zile, de la data aprobării.
- r) Betonarea elementelor de construcții va fi condusă de conducătorul tehnic al punctului de lucru care va fi permanent la locul de turnare și va supraveghea respectarea prevederilor din fișa tehnologică, procedura tehnică de execuție a lucrării, caietul de sarcini și prescripțiile tehnice în vigoare.

4.4.3. Turnarea betonului

4.4.3.1 Tehnologie și echipamente tehnologice

A. Turnarea betonului cu bena:

Benele pot fi:

- bene basculante cu descărcare laterală, cu capacitatea de 0,6... 1,5 m³
- bene cu furtun, nebasculante de formă conică, cu capacitatea de 0,35 ... 2,25 m³;
- bene papuc cu capacitatea de 0,8... 1,00 m³.

Folosirea benelor permite deplasarea betonului cu un minim de transbordări și cu manoperă redusă; folosirea lor este legată de dotarea șantierului cu macarale-turn, care să acopere întreaga suprafață pe care urmează a se pune în operă betonul.

Pentru a fi corespunzătoare, benele trebuie să nu permită scurgerea laptelui de ciment din beton, să aibă o greutate proprie cât mai redusă, să permită descărcarea treptată a betonului, evitând în acest mod șocurile asupra macaralei și asupra cofrajelor, să poată fi manevrate și curățite cu ușurință.

Încărcarea benelor se face direct din mijlocul de transport; se pot încărca câte două bene sau mai multe, așezate în raza de acțiune a macaralei; urmează ridicarea benei cu macaraua în mod lent, până ajunge în poziția verticală și apoi descărcarea betonului din benă direct în elementele construcției prin rotirea dispozitivului de închidere; se apropie jgheabul benei de cofrajul elementului și se descarcă betonul în cantități corespunzătoare indicațiilor din fișa tehnologică, deplasând bena în lungul elementului; în cazul benelor prevăzute cu furtun, acesta se introduce în cofraj astfel încât să se reducă cât mai mult înălțimea de cădere a betonului.

B. Beton turnat prin pompă

B1. Compoziția betonului

Clasele de beton recomandate pentru realizarea în mod curent prin acest procedeu de punere în operă sunt C 8/10...C 20/25. Pomparea betoanelor de altă clasă situată în afara acestui domeniu se va face numai după efectuarea unor încercări experimentale preliminare care să dovedească aplicabilitatea procedurii.

Materialele utilizate pentru prepararea betonului turnat prin pompare trebuie să fie dozate și amestecate corespunzător procedurii. Conținutul în părți fine (ciment+agregate mai mici de 0,2 mm) se recomandă să fie de minimum 350 kg/m³. În general, fracțiunea fină mai mică de 0,2 mm se recomandă să fie în proporție de (15-30)% față de masa betonului. Dimensiunea maximă a agregatelor va fi limitată la 1/3 din diametrul conductei de refulare; în cazul agregatelor bine rotunjite se poate admite ca dimensiunea maximă a agregatelor să fie 40% din diametrul conductei.

La prepararea betoanelor pompate este obligatorie folosirea aditivilor plastifianți sau superplastifianți.

Consistența betonului proaspăt trebuie să fie uniformă pentru a realiza o pompare fluentă a betonului; în general, se recomandă ca tasarea betonului proaspăt să aibă următoarele valori:

- max. 120 mm, pentru betoane cu aditivi plastifianți;
- max. 180 mm, pentru betoane cu aditivi superplastifianți.

B2. Punerea în lucrare a betonului pompat

Locul stației de pompare se alege astfel ca să permită:

- accesul în flux continuu al autotransportoarelor pentru alimentare cu beton,
- distanța minimă față de punctul de lucru;
- asigurarea gabaritelor pentru stația de pompare și autoagitator în diferite poziții.

Înainte de pompare conductele se amorsează introducându-se în ele prin pompare 120 - 200 l pastă de ciment sau mortar cu dozaj minim de ciment de 300 kg ciment/m³.

Pentru a se realiza un flux continuu de beton este necesară asigurarea numărului de autoagitatoare active, în corelare cu capacitatea stației de betoane și cu capacitatea pompei de beton, în condițiile locale de lucru.

Pentru asigurarea diferenței de nivel necesare descărcării ușoare a betonului din autoagitatoare în pâlnia de alimentare a pompei de beton se amenajează platforme sau rampe mobile sau fixe.

Poziția relativă pe verticală și orizontală, a platformei sau rampei de descărcare, a autoagitatoarelor față de pompa de beton se stabilește astfel încât să se asigure realizarea concomitentă a următoarelor condiții;

- jgheabul autoagitorului să poată fi fixat cu înclinare maximă;
- autoagitorul și pompa de beton să fie axate pe aceeași treaptă;
- descărcarea în jgheab să se facă în centrul grătarului pâlniei de alimentare a pompei de beton.

În cazul în care, din condițiile de deplasare a pompei de beton, în raport cu platforma sau rampa de descărcare a autoagitatoarelor, ar rezulta necesitatea intercalării unui jgheab suplimentar de descărcare a betonului, acesta va fi metalic sau din lemn căptușit cu tablă, cu înclinare cel puțin egală cu înclinarea maximă a jgheabului autoagitorului; jgheabul suplimentar va fi menținut permanent curat, prin ștergere după fiecare alimentare și prin spălare cu jet de apă la intervale maxime de 1½ h; grătarul și pâlnia pompei de beton vor fi menținute permanent curate, prin ștergere, după fiecare alimentare și prin spălare cu jet de apă, la intervalele de spălare ale întregului sistem pompă-conducte de refulare.

În cazul folosirii unei pompe de beton staționare, poziția acesteia și traseul conductei de refulare a betonului se va stabili în raport cu frontul de betonare și cu cantitățile zilnice care urmează a fi puse în lucrare, ținând seama de următoarele condiții:

- se adoptă traseul cel mai scurt posibil limitându-se sinuozitățile la cele strict necesare, pentru reducerea la minimum a frecărilor pe conducta de refulare;
- prima porțiune din conducta de refulare, de cel puțin 5-6 m, se montează orizontal și pe cât posibil în linie dreaptă;
- la transportul pe înălțime, conducta de refulare se montează vertical și nu înclinat
- în cazul unui transport ascendent pe verticală, porțiunea orizontală din conducta de refulare, între pompa de beton și conducta verticală, va fi suficient de mare, sau cu coturi astfel încât frecarea betonului de pereții conductei de refulare să echilibreze greutatea coloanei verticale de beton.

În cazul unui transport pe orizontală, se asigură următoarele măsuri:

- sprijinirea conductei de refulare și consolidarea fiecărui punct de îmbinare, pentru a se înlătura posibilitatea apariției unor neetanșări;
- organizarea operațiilor de punere în operă a betonului prin retragerea pompei de beton, astfel încât manipularea conductei de refulare să se rezume la demontarea succesivă a tronsoanelor de conductă, pe măsură ce nu mai sunt necesare
- alcătuirea ultimei porțiuni a conductei de refulare dintr-un tub flexibil, care să permită repartizarea betonului direct la locurile de punere în lucrare, fără curbări bruște ale tubului flexibil, care să obtureze secțiunea acestuia.

În cazul folosirii unei *pompe de beton mobile cu braț*, succesiunea pozițiilor acestuia se stabilește potrivit fronturilor de lucru, astfel încât turnarea betonului să se poată face direct la locul de punere în operă; domeniul de utilizare: construcții cu înălțimea până la 30 m și rază de acțiune până la 20 m.

Turnarea betonului cu *autopompa cu braț distribuitor fără conducte de prelungire*

➤ se utilizează la:

- betonarea infrastructurilor cu adâncimea de 3-6 m;
- fundații de subsoluri adânci și radiere;
- betonarea suprastructurilor cu înălțimea până la 15 m (hale industriale și agrozootehnice, parter sau etajate)
- la elaborarea fișei tehnologice de execuție a betonării se au în vedere:
 - amplasamentul optim al autopompei față de construcție;
 - suprafețele active maxime acoperite de brațul distribuitor;
 - variația productivității autopompei în funcție de presiunea medie a stratului de beton și de tipul autobetonierelor care alimentează cu beton autopompa.

4.4.3.2. Reguli tehnologice fundamentale la punerea în lucrare a betonului

Betonul trebuie turnat în maximum 15 minute de la aducerea acestuia la locul de punere în operă, pentru a se asigura terminarea tuturor operațiilor (inclusiv compactarea și netezirea) înainte de a începe priza cimentului; în cazul în care durata transportului este mai mică de 1 h se poate admite ca acest interval să fie de cca. 30 minute.

La locul de punere în lucrare betonul se descarcă în mijloace special amenajate (bene, pompe de beton, benzi transportoare, jgheaburi) sau direct în lucrare, fiind interzisă cu desăvârșire descărcarea direct pe pământ.

Dacă betonul adus la locul de punere în operă prezintă segregări, acesta trebuie reamestecat înainte de turnare până își recapătă omogenitatea, fără a se adăuga apă.

Se verifică de către laboratorul șantierului lucrabilitatea betonului; dacă acesta nu se încadrează în limitele de consistență admisibile (Anexa 1.4, tabelul 1.4.3. NE 012-2007) se vor lua următoarele măsuri:

- se corectează dacă este prea mică;
- se refuză transportul de beton dacă este prea mare

Pentru îmbunătățirea lucrabilității se poate folosi un aditiv plastifiant/superplastifiant pe baza datelor stabilite de laborator.

Betonul trebuie răspândit uniform și în straturi cu grosimea de 30-50 cm, în funcție de condițiile de compactare, fiind interzisă întinderea betonului prin tragere sau azvârlire cu lopata la distanțe mai mari de 1,5 m.

Descărcarea betonului pe suprafața unui element care se betonează trebuie făcută întotdeauna în sens invers celui care se înalțează cu betonarea; în caz contrar apare pericolul segregării iar betoniștii vor deranja betonul prin călcare.

Betonul se vibrează prin procedee mecanice sau manuale (în cazuri speciale) astfel încât să se asigure umplerea completă a cofrajului; o atenție deosebită trebuie acordată elementelor cu secțiuni mici, zonelor cu armături dese și zonelor unde armăturile sunt înădite, fiind recomandabilă îndesarea laterală a betonului cu șipci sau vergele de oțel-beton, concomitent cu vibrarea lui, pentru a se evita formarea de cuiburi sau goluri prin aglomerarea agregatelor mari. Când aceste măsuri nu sunt suficiente, se vor crea posibilități de acces lateral al betonului prin spații care să permită și pătrunderea vibratorului, se vor utiliza betoane cu o compoziție stabilă cu atenție (dimensiunea maximă a granulei de agregat redusă, aditivi superplastifianți etc.) și pervibratoare cu lance.

Este interzisă strâmbarea sau deplasarea armăturilor față de poziția din proiect; o atenție deosebită se va acorda armăturii dispuse la partea superioară a plăcilor în consolă (dacă totuși se produc asemenea defecte, ele trebuie corectate imediat, chiar în timpul betonării).

Se va urmări cu atenție înglobarea completă în beton a armăturilor respectându-se grosimea straturilor de acoperire conform prevederilor proiectului și fișei tehnologice de betonare a elementului.

În timpul betonării nu trebuie să se producă șocuri sau vibrații în armătură (prin ciocănire, scuturare, circulație sau prin așezarea vibratorului pe armături) care pot împiedica realizarea aderenței între beton și armătură.

În timpul betonării, muncitorii și utilajele de transport vor circula pe podine speciale, care să nu reazeme pe armături, fiind interzisă circulația direct pe armături, pe cofraje sau pe zonele de beton proaspăt turnat.

În cazul unor eventuale deplasări sau deformări ale cofrajului apărute în timpul betonării, aceasta trebuie întreruptă, iar remedierea defectiunilor va trebui făcută înainte ca cimentul să intre în priză.

Instalarea podinelor pentru circulația lucrătorilor și a mijloacelor de transport pe planșeele betonate, precum și depozitarea pe ele a schelelor, cofrajelor și armăturilor pentru etajele superioare este permisă numai după

24-48 h de la realizarea acestora (în funcție de temperatură și de tipul cimentului utilizat)

Betonarea se va face continuu până la rosturile de lucru prevăzute în proiect sau în fișa tehnologică - aprobată de proiectant și beneficiar.

Durata maximă admisă a întreruperilor în timpul betonării nu trebuie să depășească timpul de începere a prizei betonului. Această durată se poate considera, orientativ, de 2 h de la prepararea betonului pentru cimenturile cu adaosuri și 1,5 h pentru cele fără adaos, însă ea se va stabili concret în funcție de temperatura betonului, compoziția betonului și mijlocul de transport utilizat. Dacă întreruperea de betonare este mai mare, reluarea turnării este permisă numai după pregătirea corespunzătoare a suprafețelor rosturilor. Se interzice crearea de rosturi de turnare în altă parte decât în pozițiile indicate în proiect sau în fișa tehnologică.

Înainte de a începe betonarea este obligatorie verificarea și recepționarea armăturii și a cofrajului.

4.4.3.3 Betonarea diferitelor elemente și părți de construcție

A. Turnarea betonului în fundații

- Înainte de turnarea betonului, se vor săpa manual cei 10÷20 cm de pământ, pentru a se ajunge la cota de fundare prevăzută în proiect;
- Se curăță fundul săpăturii (dacă este cazul);
- Se udă cofrajele (dacă este cazul);
- În cazul compactării manuale, betonul se toarnă în straturi longitudinale având grosimea de 15 - 20 cm, iar în cazul în care compactarea se execută prin vibrație în straturi având grosimea de 30-40 cm;
- Betonul poate fi turnat direct prin cădere liberă până la înălțimea de 1,00 m; pentru înălțimi mai mari se vor folosi jgheaburi, burlane, bene etc;
- Turnarea și compactarea straturilor de beton se execută succesiv și continuu, până se betonează întreaga fundație. Suprafețele straturilor intermediare nu se nivelează. Ultimul strat se netezește după terminarea compactării.

A₁. Betonarea fundațiilor pe tălpi continue din beton simplu

- Se toarnă betonul, de preferat, fără întreruperi;
- Dacă este necesar, betonarea se poate întrerupe la 45° pentru a se asigura o bună legătură cu betonul care urmează a fi turnat;
- În situația în care fundația se continuă deasupra terenului cu soclu acesta se toarnă într-un cofraj alcătuit din două șiruri de panouri montate de o parte și de alta a fundației; dacă panourile de cofraj au înălțimea soclului, fața betonului din ultimul strat se trage cu dreptarul rezemat pe canturile panourilor iar betonul se toarnă până la partea superioară a panourilor; dacă panourile de cofraj sunt mai înalte decât soclul, dreptarul trebuie așezat pe șipci de ghidare prinse la interior pe pereții cofrajului, iar betonul se toarnă până la nivelul necesar marcat pe panoul de cofraj prin cuie și sfoară;

- Dacă pământul este slab sau de umplutură și fundațiile nu se pot turna direct în șanțurile săpate, corpul fundației se execută - ca și soclurile - în cofraje.

A₂ Betonarea fundațiilor din beton armat

- Înainte de începerea turnării se curăță cofrajele, armăturile și betonul simplu de suport (este interzisă turnarea betonului direct pe pământ);
- Cu 2...3 ore înainte și imediat înainte de turnarea betonului, cofrajele și betonul de egalizare se udă bine cu apă;
- Betonul se va turna în straturi și se va compacta prin vibrare sau manual, prin îndesare cu vergele metalice sau șipci de lemn și prin baterea cofrajului cu ciocanul din lemn; se va acorda o atenție deosebită compactării betonului în colțurile cofrajului;
- Betonul trebuie turnat continuu, fără întreruperi, pe înălțimea secțiunii; de aceea cofrajele inimilor secțiunilor în formă de "T" trebuie montate înainte de începerea turnării betonului;
- În cazul fundațiilor continue, betonarea se va face în sens longitudinal, iar dacă ea trebuie oprită aceasta se va face la un unghi de 90°;
- Pe parcursul betonării se vor lua toate măsurile necesare pentru a asigura poziționarea corectă a pieselor înglobate (mustăți, plăcuțe metalice, cutii sau rame pentru goluri etc.);
- În cazul betonării radierelor aceasta se va face fără întreruperi, asigurând ca înălțimea de cădere liberă a betonului până la fața superioară a cofrajului să nu depășească 1 m și ca turnarea unui strat nou să se realizeze înainte de începerea prizei betonului turnat în stratul anterior; compactarea betonului se va realiza numai prin vibrare;
- După terminarea operațiilor de turnare și compactare pe toată înălțimea fundației, fața superioară a betonului se nivelează cu dreptarul

B. Turnarea betonului în stâlpi și pereți

- Înainte de începerea turnării betonului în stâlpi se va verifica dacă pe fundul cofrajelor stâlpilor nu există rămășițe de lemn, dacă betonul de la baza stâlpilor a fost bine spălat și nu mai există nici un fel de impurități; numai după ce sunt îndeplinite aceste condiții se poate fixa capacul de vizitare la baza stâlpului pentru a se începe betonarea;
- Înainte de turnarea betonului (cu 2÷3 ore înainte și imediat înainte de turnare), cofrajele se vor uda bine cu apă; apa acumulată la bază se va îndepărta; este indicat ca la baza stâlpilor să se toarne un strat de mortar de ciment cu grosimea de cca. 50 mm și având o marcă superioară clasei betonului care urmează să fie turnat;
- Înălțimea de cădere liberă a betonului nu trebuie să fie mai mare de 1,00 m;
- Betonarea se face în straturi orizontale de 30-50 cm înălțime; acoperirea cu un strat nou trebuie să se facă înainte de începerea prizei cimentului din betonul stratului inferior; determinarea înălțimii stratului se face exact, ținând seama de mijloacele folosite la compactare (în cazul utilizării pervibratorului, grosimea stratului nu trebuie să depășească $\frac{3}{4}$ din lungimea buteliei - carcasei acestuia);
- Pentru stâlpi cu secțiunea mai mică decât 30x30 cm se prevăd în pereții laterali ai cofrajelor, la distanță de 1 m, ferestre prin care se introduce betonul; în momentul în care betonul s-a turnat până la nivelul ferestrei aceasta se va cofra, se va fixa bine și turnarea se va continua prin fereastra superioară; în cazul în care în dreptul ferestrei se prevede un cofraj cu buzunar, fundul acestuia se va realiza numai orizontal;
- Când betonul se toarnă cu pompa sau cu bena cu furtun, furtunul flexibil se introduce în cofrajul stâlpilor cât mai aproape de nivelul de turnare dar la o distanță maximă de 1,5 m față de acesta; pentru vibrare se prevăd în cofraj ferestre prin care se introduc vibratoarele;
- La introducerea betonului în cofraje se urmărește ca acesta să fie dirijat cât mai vertical și spre centrul cofrajului; pentru aceasta se pot utiliza în unele cazuri burlane cu pânii;
- În cazul compactării manuale a betonului în stâlpi, acesta se îndeasă cu o vergea metalică sau cu o șipcă; carcasa de armătură se va scutura periodic, cu grijă, pentru ca betonul să intre în spațiul dintre armătură și cofraj, simultan cu baterea la exterior a cofrajului cu ajutorul unui ciocan din lemn (operație care trebuie efectuată sub nivelul betonului turnat);
- În sâmburii prevăzuți în zidăria executată sub formă de ștrepi, betonul trebuie turnat în straturi având grosimea de cca. 30 cm care se vor compacta, numai manual, astfel încât betonul să umple complet golurile dintre ștrepi pentru a se realiza o bună legătură cu zidăria.

C. Turnarea betonului în planșee (plăci și grinzi)

- Înainte de începerea turnării betonului în planșee se va verifica dacă fundul cofrajelor este curat;
- Înainte de turnarea betonului (cu 2÷3 ore înainte și imediat înainte de turnare), cofrajele se vor uda bine cu apă; apa acumulată la bază se va îndepărta;
- Turnarea betonului în plăci și grinzi se poate face numai după 1-2 ore de la terminarea turnării betonului în stâlpii sau pereții pe care acestea reazemă pentru a se asigura încheierea procesului de tasare a betonului proaspăt (care poate să ajungă până la 2% din înălțimea acestuia), iar în cazul în care aceasta nu se poate realiza, se vor prevedea rosturi de turnare a căror poziție va fi stabilită și indicată în fișa tehnologică întocmită anterior;
- Planșeele, este de preferat, să se betoneze continuu, fără întreruperi;
- În timpul betonării, personalul va circula pe podine de lucru, special amenajate evitându-se călcarea armăturilor; dacă nu se poate evita călcarea armăturii, este indicat să se calce pe armătura grinzilor și a nervurilor (care, fiind mai groasă, nu se va deforma) sau în mijlocul panourilor de plasă, acolo unde, în mod obișnuit, nu sunt prevăzute armături la partea superioară;
- Dacă în timpul betonării au loc deranjări ale armăturilor și a celorlalte piese înglobate, acestea se vor remedia imediat prin îndreptare și/sau remontare la poziția inițială;
- Pentru realizarea grosimii plăcilor prevăzută în proiect, la turnare se vor folosi reperi dispuși la distanțe de maximum 2 m;
- Pentru compactarea betonului se vor folosi pervibratoarele în cazul grinzilor și plăci vibratoare sau rigle vibratoare în cazul plăcilor; dacă spațiul în care trebuie introdus pervibratorul este îngust atunci se va atașa pervibratorului o lance;
- În cazul centurilor prevăzute la structurile din zidărie, ele se vor compacta numai manual.

D. Turnarea betonului în arce și bolți

- Bolțile la care lungimea generatoarei este mai mare decât deschiderea se betonează pe fâșii separate prin rosturi de lucru, orientate perpendicular pe direcția generatoarei; fiecare fâșie astfel determinată se betonează fără întreruperi, începând de la margini (nașteri) către centru (cheie), urmărindu-se ca încărcarea cintrelor de susținere a cofrajului să se păstreze simetrică;
- Bolțile la care deschiderea este mai mare decât lungimea generatoarei, precum și arcele, se betonează pe sectoare separate prin rosturi de lucru orientate paralel cu generatoarea bolții, respectiv perpendicular pe deschiderea arcului; betonarea pentru întreaga boltă se va face continuu, realizându-se simetric față de cheie și succesiv, câte unul, sectoarele stabilite, de la naștere spre cheie;
- Poziția și dimensiunile sectoarelor și a rosturilor față de cheie, precum și ordinea de betonare, se precizează prin proiect pentru fiecare caz în parte;
- Pe porțiunile înclinate față de orizontală cu mai mult de 45°, se prevăd contracofraje pentru a se împiedica curgerea betonului;
- Prin proiect se va preciza momentul începerii betonării tiranților de beton armat;
- Betonul folosit la bolți și arce trebuie să fie de consistență vâtoasă pentru a nu se produce curgerea acestuia pe cofrajele înclinate;
- Dat fiind importanța precum și condițiile dificile, pentru asigurarea unei betonări de bună calitate, se va da o atenție deosebită zonelor de ancorare a tiranților.

E. Betonarea scărilor

- Betonul trebuie să aibă o consistență plastic-vâtoasă, pentru a nu curge pe panta cofrajului;
- Betonul se va turna pornind de la partea de jos a rampelor și se va compacta manual sau prin vibrație;
- La scările încastrate în zidărie, betonul trebuie să umple complet locașurile prevăzute în zid și să fie bine compactat, numai manual;
- Dacă scara are vanguri, acestea se vor turna o dată cu rampele sau/și cu treptele;
- Nu este indicat să se realizeze un rost de turnare intermediar, între două niveluri consecutive;
- Treptele independente încastrate în ziduri se vor betona cu atenție, astfel încât armăturile de rezistență să rămână în poziția corectă de montaj;
- În cazul rampelor executate sub formă de plăci plane, treptele se pot realiza simultan sau ulterior

- realizării rampei
- Penfru a se asigura legătura treptelor cu placa de beton, este necesar ca la turnarea plăcii de beton armat să se prevadă mustăți de legătură;
- După decofrarea scării, până la turnarea treptelor, se poate asigura circulația muncitorilor pe scări de lemn așezate pe planul înclinat al plăcii de beton; la turnarea treptelor se îndepărtează scările de lemn, se curăță placa și se udă cu apă; treptele de beton simplu se toarnă apoi direct pe placa de beton armat, în cofraje așezate pe înălțimea contratrepte; în situația în care se prevede turnarea treptelor odată cu placa de beton armat, după decofrare, scările vor putea fi folosite pentru circulația muncitorilor, fără a se mai executa trepte de lemn.

4.4.4. Rosturi tehnologice de lucru

4.4.4.1. Generalități

- Betonarea este indicat să se efectueze continuu, cu evitarea rosturilor de lucru;
- Betonarea se va executa obligatoriu continuu în cazul plăcilor subțiri și recomandabil în cazul arcelor, bolților și cupolelor.

4.4.4.2 Reguli pentru executarea rosturilor de lucru

- Poziția rosturilor de lucru
 - Poziția rosturilor de lucru se va stabili numai de către conducătorul tehnic al lucrării, înainte de începerea betonării ținând seama de mărimea solicitărilor din diferite secțiuni ale elementelor de construcție și de posibilitățile de organizare a lucrului. Ele trebuie menționate în fișa tehnologică de betonare și se prevăd, în general, în zonele cu solicitări minime.
 - Stabilirea poziției lor se face în funcție de elementul sau elementele care se betonează și de cantitatea de beton adusă de un mijloc de transport, respectându-se următoarele reguli;
- Când grinzile se betonează separat (grinzi de înălțime și lungime mare), rostul de lucru se lasă la 30 - 50 mm sub nivelul inferior al plăcii sau vutei plăcii, astfel ca zona comprimată a secțiunii de beton armat să fie betonată fără rost de lucru; dacă din motive justificate nu se poate evita întreruperea, aceasta se va face în zonele în care momentul încovoietor este minim;
- La stâlpi și pereți se admit rosturi la baza lor și la partea superioară (amplasate la 30...50 mm sub partea de jos a grinzilor la legătura cu aceștia)
- La plăcile armate pe o direcție, rostul se va lăsa paralel cu armătura de rezistență (paralel cu latura scurtă), de preferat la minimum $0,2 l_{\min}$ față de marginea acestora și între două armături adiacente;
- La plăcile armate pe două direcții, rostul se poate lăsa pe orice direcție dar preferat paralel cu latura scurtă, în zona cuprinsă între $1/5 \dots 1/3$ din l_{\min} (l_{\min} = latura mică a plăcii), paralel cu armătura de rezistență și între două armături adiacente;
- La planșeele cu nervuri, când betonarea se face în direcția de dispunere a nervurilor, rostul se va amplasa în zona cuprinsă între $1/5$ și $1/3$ din deschiderea nervurilor. Este indicat să se evite crearea unui rost continuu, alternând poziția lor în câmpurile dintre nervuri;
- Când betonarea se face normal față de direcția de dispunere a nervurilor, rostul se va amplasa în zona cuprinsă între $1/5 \dots 1/3$ din deschiderea grinzii principale pe care reazemă nervurile și respectiv între două nervuri la cca. $1/5 \dots 1/3$ din distanța dintre ele;
- La plăcile subțiri nu se admit rosturi de lucru;
- La bolțile a căror generatoare este mai mare decât deschiderea, se vor împărți în bolțari egali dispuși pe direcția generatoarei, executați succesiv și având rosturile de turnare dispuse pe direcția deschiderii;
- Arcele și bolțile cu deschiderea mai mare decât generatoarea sau bolțarii bolților care au deschiderea mai mică decât generatoarea se vor betona confiniu dar pe zone amplasate simetric față de cheie (începând de la naștere spre cheie și alternativ de o parte și de alta);
- În cazul arcelor sau bolților la care unghiul de la naștere este mai mare de 45° se vor prevedea contracofraje (executate pe măsura realizării fiecărei zone de turnare);
- În cazul pereților structurali sau cu lungime mare, se vor prevedea rosturi verticale a căror poziționare, formă și tratare ulterioară se vor menționa și detalia în proiect.

4.4.4.3 Condiții tehnice pentru executarea rosturilor de lucru

- Suprafața rosturilor de lucru va fi perpendiculară pe axa longitudinală a elementului la stâlpi, grinzi și arce și perpendiculară pe suprafața lor la plăci, pereți și bolți;
- Suprafața betonului de la rost se lasă cât mai rugoasă, evitându-se netezirea ei;
- Durata maximă a întreruperilor de betonare pentru care nu este necesară luarea unor măsuri speciale la reluarea turnării, nu trebuie să depășească momentul de începere a prizei cimentului folosit la prepararea betonului
- Când s-a produs o întrerupere de betonare mai mare, reluarea turnării este permisă numai după ce betonul turnat a atins o rezistență la compresiune de cel puțin $1,25 \text{ N/mm}^2$ (astfel încât operația de compactare a betonului proaspăt turnat să nu aibă influență negativă asupra betonului turnat anterior). În cazul în care reluarea turnării se face în cca. 24 ore, înainte de betonare, suprafața de beton adiacentă rostului se va spăla bine cu apă. Dacă reluarea betonării se face după un timp mai îndelungat, înainte de betonare, suprafața de beton adiacentă rostului se va prelucra astfel:
 - cu dalta se va îndepărta betonul pe o adâncime de câțiva mm, apoi suprafața decopertată se va curăța prin frecare cu peria de sârmă și se va spăla bine cu apă
 - înainte de turnarea betonului, pe suprafața prelucrată anterior se va aplica un strat de mortar de ciment având grosimea de 10- 20 mm.

4.4.5. Verificarea calității executării lucrărilor

- Controlul interior efectuat de către executant se desfășoară pe baza unor proceduri operaționale de executare și control a diferitelor procese tehnologice în conformitate cu prevederile programului de control al calității lucrărilor stabilit prin contract; acest control presupune toate măsurile necesare pentru menținerea la un nivel corespunzător a calității betonului în conformitate cu cerințele specificate în proiecte și caiete de sarcini;
- Verificarea lucrărilor de betoane pe faze de execuție include inspecțiile în diferitele stadii de lucru și determinări privind echipamentul, materialele componente și calitatea betonului pus în lucrare; pentru realizarea inspecțiilor și determinărilor trebuie să se dispună de dotări corespunzătoare în ceea ce privește: echipament, aparatură, personal;
- Fazele procesului de execuție ale lucrărilor de beton și beton armat includ și lucrări ascunse, astfel încât controlul calității acestora trebuie să fie consemnat în procese-verbale de lucrări ascunse, încheiate între investitor, executant și după caz, proiectant; în aceste procese-verbale se precizează concret verificările efectuate, constatările rezultate și dacă se admite trecerea la executarea fazei următoare;

4.4.5.1. Înainte de începerea betonării

- a) se verifică:
 - acceptarea și aprobarea procedurii și fișei tehnologice pentru betonare de către investitor (inspector de șantier);
 - existența proiectului de execuție pe timp frigos, după caz
 - dacă sunt realizate măsurile pregătitoare prezentate la subcap. 6.3, după caz;
 - dacă sunt stabilite și instruite formațiile de lucru;
 - dacă au fost recepționate calitativ lucrările de săpături, cofraje, armături etc. și dacă există procesele verbale de lucrări ascunse;
 - calitatea suprafețelor de beton turnat anterior și întărit;
 - dacă sunt stabilite și pregătite măsurile ce vor fi adoptate pentru continuarea betonării în cazul intervenției unor situații accidentale
- b) acte necesare:
 - fișa tehnologică de betonare (care include procedura de betonare acceptată și aprobată de către investitor);
 - bonurile de transport/livrare a betonului

4.4.5.2. În cursul betonării elementelor de construcție

Se verifică dacă:

- datele înscrise în documentele de transport ale betonului corespund celor prevăzute în comandă, și nu s-a depășit durata de transport; astfel se verifică: clasa betonului, cantitatea livrată, ora de livrare și dacă au fost cerute în mod expres: consistența, tipul cimentului, dimensiunea maximă a granulei de agregat și tipul aditivilor și adaosurilor;
- consistența betonului corespunde celei prevăzute, (prin măsurarea acesteia la fiecare transport);
- condițiile de turnare și compactare asigură evitarea oricăror defecte;
- sunt corespunzătoare măsurile adoptate pentru menținerea poziției armăturilor, dimensiunilor și formei cofrajelor;
- se aplică corespunzător măsurile de tratare a suprafețelor libere ale betonului proaspăt;
- se respectă frecvența de efectuare a încercărilor și prelevărilor de probe conform prevederilor NE 012-2007, Anexa VI.1; Astfel se verifică:

- a) consistența - o probă pentru fiecare tip de beton și schimb de lucru dar cel puțin o probă la fiecare 20 m³ de beton;
- b) temperatura, dacă este prevăzută ca o cerință tehnică - se efectuează 4 determinări pentru fiecare tip de beton și schimb de lucru;
- c) rezistența la compresiune pe epruvete cilindrice/cubice conform STAS 1275-88 pentru verificarea rezistențelor de control pe faze dacă este prevăzut prin proiect sau procedură specială o probă pe schimb;
- d) rezistența la compresiune pe epruvete cilindrice/cubice conform STAS 1275-88 pentru verificarea clasei betonului - pentru fiecare tip de beton, parte de structură (fundatie, nivel, tronson) frecvența determinării este cel puțin o probă pe zi de turnare și nu mai puțin de o probă la:
 1. 300 m³ pentru C≤6/7,5;
 2. 100(200)m³ pentru C 8/10 - C 16/20;
 3. 50 (100) m³ pentru clase >C 16/20;* valorile din paranteză se referă la elemente sau părți de structură cu volum mai mare de 300 m³ și care se betonează fără întreruperi;
- e) gradul de impermeabilitate, dacă este prevăzută ca o cerință tehnică, conform prevederilor STAS 3519-76 în scopul verificării condițiilor prevăzute în proiect sau conform procedurii speciale; se efectuează o probă la 300 m³ dar nu mai puțin de două probe pentru fiecare obiect. Gradul de impermeabilitate se consideră realizat dacă cel puțin 90% din numărul de încercări care se analizează, îndeplinește condițiile tehnice prevăzute;
- f) gradul de gelivitate, dacă este prevăzută ca o cerință tehnică, conform prevederilor STAS 3518-86 în scopul verificării condițiilor prevăzute în proiect sau conform procedurii speciale; se efectuează o probă la 1000 m³. Gradul de gelivitate se consideră realizat dacă cel puțin 90% din numărul de încercări care se analizează, îndeplinește condițiile tehnice prevăzute.

Se vor consemna în condica de betoane:

- seria talonului livrării corespunzătoare betonului pus în operă;
- locul unde a fost pus în lucrare;
- ora începerii și terminării betonării;
- probele de beton prelevate;
- măsurile adoptate pentru protecția betonului proaspăt;
- evenimente intervenite (întreruperea turnării, intemperii etc);
- temperatura mediului;
- personalul care a supravegheat betonarea; în cazurile în care betonul se prepară pe șantier și conducătorul tehnic al punctului de lucru răspunde și de producerea betonului se vor efectua verificări privind calitatea materialelor componente, modul de dozare, amestecare și transport al betonului (conform capitolului – Prepararea betonului pe șantier); constatările acestor verificări se înscriu în condica de betoane.

Acte necesare:

- bon de livrare/transport;

- condică de betoane;
- buletine de încercări emise de către un laborator de specialitate atestat;
- rezultatele determinării consistenței și măsurării temperaturii betonului.

4.5. CONDIȚII TEHNICE PRIVIND COMPACTAREA BETONULUI

4.5.1. Scopul operației de compactare

Operația de compactare are ca scop umplerea completă a cofrajelor, înglobarea totală a armăturilor și eliminarea din masa betonului a aerului oclus și a unei părți din cantitatea de apă în exces, respectiv realizarea unui beton cu o compactitate cât mai mare (porozitate cât mai redusă). Operația de compactare trebuie să fie realizată până la începerea prizei cimentului.

Prin mărirea compactității (reducerea porozității) se obține o îmbunătățire a unor proprietăți ale betonului:

- rezistențele mecanice (la compresiune, întindere, forfecare etc);
- rezistența la îngheț-dezghet;
- impermeabilitatea;
- aderența betonului la armături;
- densitatea specifică;
- rezistența la agresivități fizico-chimico-mecanice;
- durabilitatea.

4.5.2. Procedee de compactare

Procedeele tehnologice aplicate pentru compactarea betonului pot fi manuale sau mecanice, (fig.7.1) alegerea acestora făcându-se în funcție de diverși factori (fig. 7.2). Compactitatea betonului poate fi asigurată și prin unele procedee speciale de betonare care, însă, nu fac obiectul acestor condiții tehnice.

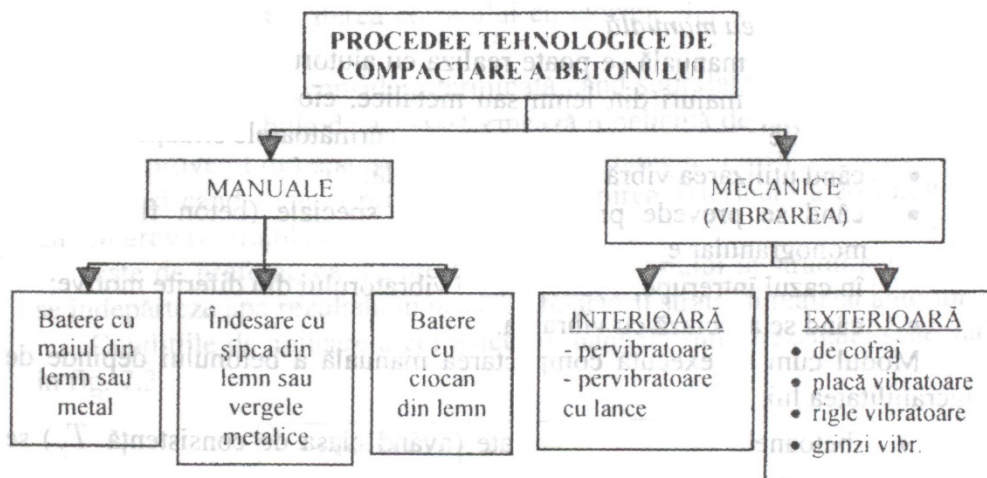


Fig. 4.5.1.

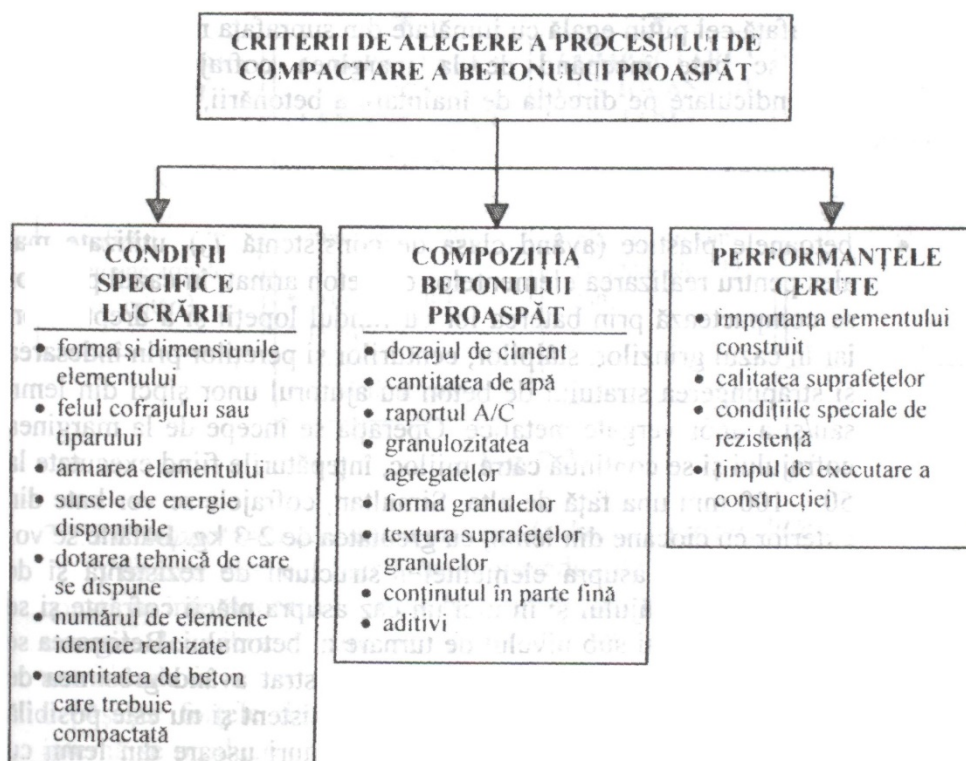


Fig. 4.5.2.

4.5.2.1. Compactarea manuală

Compactarea manuală se poate realiza cu ajutorul unor șipci din lemn, vergele metalice, maiuri din lemn sau metalice, ciocane din lemn, lopata, dreptarul, lopățele speciale etc. și se admite în următoarele situații:

- când utilizarea vibrații nu este posibilă;
- când se prevede prin reglementări speciale (beton fluid, beton monogranular etc);
- în cazul întreruperii funcționării vibratorului din diferite motive;
- când se asociază cu vibrarea.

Modul cum se execută compactarea manuală a betonului depinde de lucrabilitatea lui:

- betoanele vâtoase, nearmate (având clasa de consistență T_2) se toarnă în straturi având grosimea de maximum 200 mm, fiecare fiind compactat prin baterea cu maiuri de mână (din lemn cu greutatea de 2-3 kg sau din oțel cu greutatea de 12-15 kg), astfel încât loviturile să se acopere succesiv, pe ambele direcții pe o suprafață cel puțin egală cu jumătate din suprafața malului. Fiecare strat se bate începând de la marginea cofrajului, în șiruri perpendiculare pe direcția de înaintare a betonării, respectându-se regula suprapunerii atât între lovituri cât și între șiruri. În apropierea cofrajului, pentru efectuarea compactării se folosesc niște lopățele cu partea inferioară teșită;
- betoanele plastice (având clasa de consistență T_3), utilizate mai ales pentru realizarea elementelor de beton armat, în cazul plăcilor se compactează prin baterea lor cu fundul lopeții și a dreptarelor, iar în cazul grinzilor, stâlpilor, centurilor și pereților prin îndesarea și străpungerea stratului de beton cu ajutorul unor șipci din lemn sau/și a unor vergele metalice. Operația se începe de la marginea cofrajului și se continuă către mijloc, înțepăturile fiind executate la 50 - 100 mm una față de alta. Simultan, cofrajele se vor bate din exterior cu ciocane din lemn, cu greutatea de 2-3 kg. Bătăile se vor executa numai asupra elementelor structurii de rezistență și de rigiditate a cofrajului și în nici un caz asupra plăcii cofrante și se vor aplica numai sub nivelul de turnare al betonului. Betonarea se va executa în straturi succesive, fiecare strat având grosimea de cca. 300 mm. Când betonul este mai consistent și nu este posibilă deranjarea armăturii, se pot utiliza și maiuri ușoare din lemn cu greutatea de 5-8 kg, pentru îndesarea betonului;
- betoanele fluide (având clasa de consistență minimum T_3/T_4 se pot compacta numai prin înțeparea cu șipci din lemn sau/și vergele metalice și baterea cofrajului cu ciocane din lemn, cu greutatea de 2-3 kg.

Compactarea se consideră terminată când suprafața elementului devine plană, nu mai iese bule de aer, se formează o peliculă de lapte de ciment (un amestec provenit din apa în exces eliminată, ciment și nisip fin antrenate de aceasta) și când sunetul provenit din ciocănirea exterioară a cofrajului are un ton grav (cofrajul sună "a plin").

Este de preferat, ca înainte de turnarea betonului în stratul superior, să se îndepărteze apa rezultată în urma compactării stratului realizat anterior.

Condițiile de aplicare a compactării manuale sunt prezentate schematic în fig. 4.5.3.

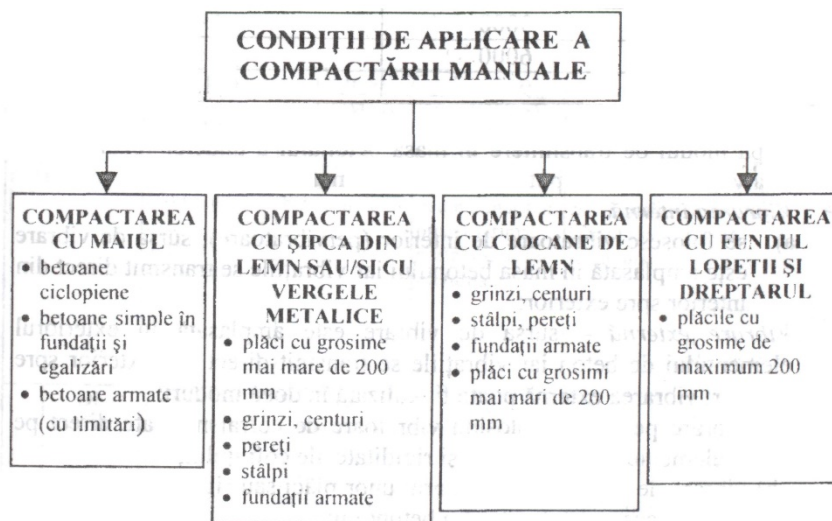


Fig. 4.5.3

4.5.2.2 Compactarea mecanică utilizând vibrarea. Generalități

Vibrarea este cel mai folosit procedeu de compactare a betonului. Ea constă în introducerea în masa betonului, cu ajutorul unor vibratoare, a unei energii de vibrare care se transmite tuturor componentelor acestuia, antrenându-i într-o mișcare oscilatorie. Atunci când energia transmisă depășește forțele de coeziune internă (de vâscozitate) și cele de frecare internă se produce o fluidificare a masei de beton și respectiv o compactare a ei, ca urmare a micșorării distanței dintre granule, eliminării aerului și a uinei părți din apa în exces. Frecvența mare excită mai mult granulele cu dimensiuni mai mici iar cele cu frecvență mai mică pe cele cu dimensiuni mai mari (tabel 7.1).

Tabel 4.5.1 Legătura dintre frecvența vibratoarelor și dimensiunea granulelor care intră în rezonanță (conform cap. 13. III. Bibliografie pct.19)

Frecvența		Diametrul granulei care intră în rezonanță (mm)
Hz	Vibrații/min	
10	600	100...280
20	1200	24...69
25	1500	16...44
50	3000	4...11
100	6000]...2,8
150	9000	0,4... 1,2

După modul de transmitere în masa betonului a undelor rezultate din acțiunea vibratoarelor, se pot diferenția două metode de vibrare:

➤ *Vibrarea internă*

a) se folosesc vibratoare de interior (pervibratoare); sursa de vibrare este amplasată în masa betonului iar vibrațiile se transmit direct din interior spre exterior;

➤ *Vibrare externă* - sursa de vibrare este amplasată în exteriorul elementului de beton iar vibrațiile se transmit direct din exterior spre interior; vibrarea externă poate fi realizată în două moduri:

a) vibrare pe cofraj, folosind vibratoare de cofraj montate direct pe elementele de rezistență și rigiditate ale cofrajului;

b) vibrare de suprafață cu ajutorul unor plăci sau rigle vibratoare care acționează pe fața liberă a betonului;

Particularitățile tehnologice ale folosirii acestor metode sunt prezentate în tabelul 7.2.

Calitatea compactării prin vibrație este influențată de caracteristicile betonului, de cele ale vibratoarelor prin parametri tehnici și parametri de vibrație, de modul de lucru și de caracteristicile elementului din beton (fig. 7. 4).

Tipul de vibrator potrivit pentru anumite lucrări se alege ținând seama de:

- energia disponibilă pe șantier;
- caracteristicile elementului de beton;
- caracteristicile betonului proaspăt;
- cantitatea de beton care trebuie compactată;
- productivitatea cerută;
- parametri tehnici și parametri de vibrație

Înainte de începerea lucrului cu vibratorul se verifică dacă:

- butoanele, șuruburile și piulițele, precum și mufele sunt bine strânse;
- comutatorul este în bună stare de funcționare;
- legătura fazelor motorului electric este corectă (în cazul în care motorul are curent, însă butelia nu vibrează, trebuie schimbate fazele);
- izolația cablului de alimentare cu curent electric este în bună stare;
- vibratorul funcționează.

Tabel 4.5.2 Particularitățile procedeelor de vibrație (conform cap. 13 III. Bibliografie pct. 18)

Metoda de vibrație		Frecvența vibrației vibr./min (Hz)	Domenii de utilizare		Avantaje	Dezavantaje
			Recomandate	Alternativă tehnologică		
Internă		6000-30000 (100-500) uzual 9000-12000 (150-200)	Elemente din beton monolit	Elemente din beton armat sau precomprimat prefabricate sau turnate	Pervibratorul este portabil și ușor de manipulat	Pervibratorul este ținut în mână. Vibrația este orizontală perpendiculară pe direcția de deplasare a particulelor
Externă	De cofraj	2700-12000 (45-200)	Elemente din beton armat sau precomprimat, prefabricate sau turnate	Elemente turnate monolit cu grosimi mici și armături dese	Vibrația elementelor cu grosimi mici și armături dese	Tiparul se poate deteriora. Operațiuni greoaie de montaj. Supradimensionare a cofrajului
	De suprafață	2400-6000 (40-100)	Platforme betonate cu grosimi de 10-20 cm	Finisarea suprafețelor	Vibratorul de suprafață este portabil și ușor de manipulat	Grosimea elementului este limitată de raza de acțiune a vibratorului
	Indusă	2700-12000 (45-200)	Elemente din beton armat sau precomprimat turnat în tipare	Planșee turnate	Vibrație verticală	Instalații costisitoare

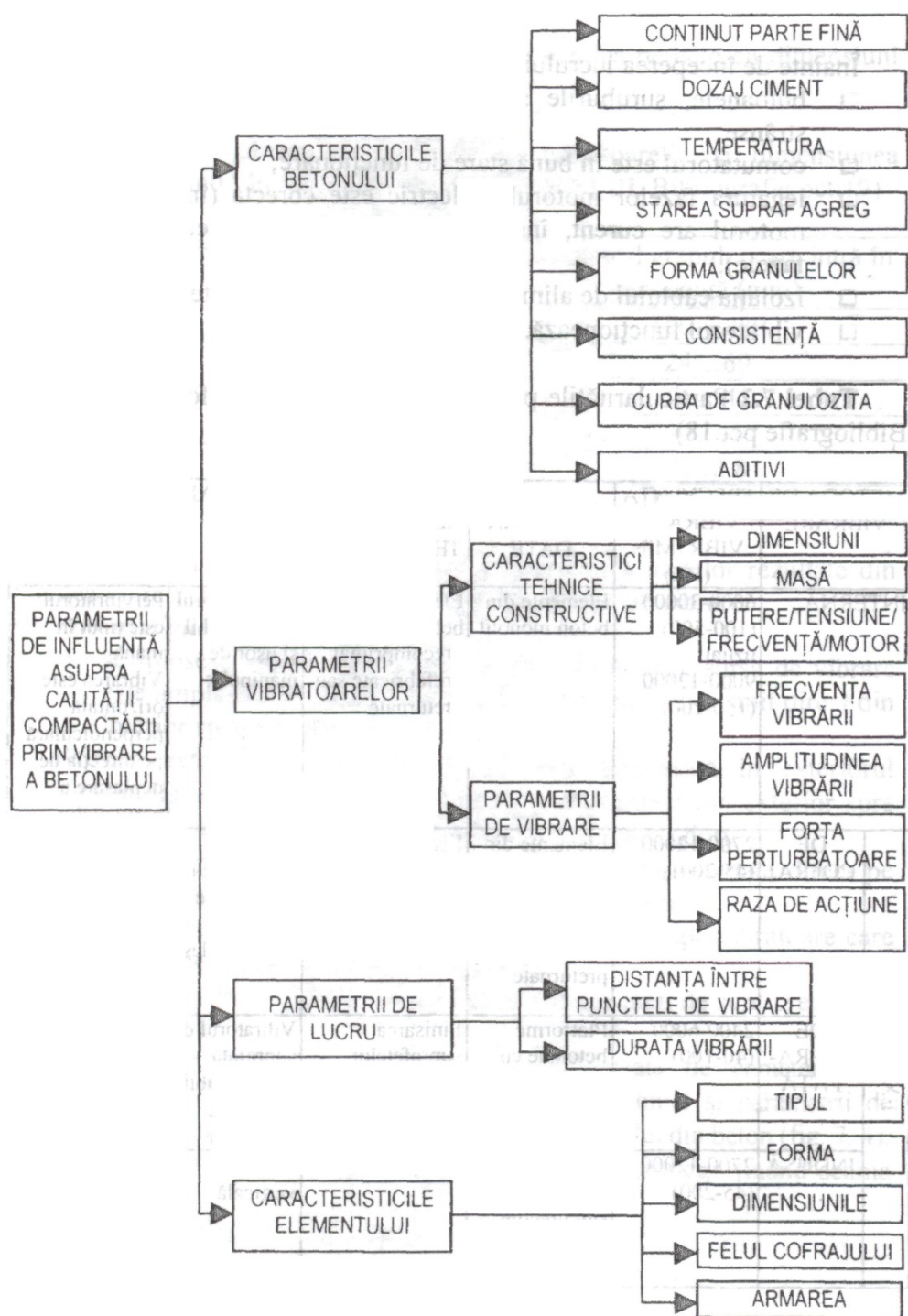


Fig. 4.5.4

A. Compactarea prin vibrație internă

Vibrația internă este principalul procedeu de compactare a betoanelor monolite.

Tipul de vibrator (mărimea buteliei, forța perturbatoare, amplitudinea și frecvența vibrațiilor) se alege în funcție de dimensiunile elementelor și de posibilitățile de introducere a capului vibrator (buteliei) printre barele de armătură (tabelul 7.3);

Tabel 4.5.3 Vibratoare. Caracteristici și utilizări (conform cap. 13 III. Bibliografie pct. 19)

Diametrul capului vibrator (mm)	Productivitate (m³/h)	Utilizări
25	1-3	Structuri cu dimensiuni foarte mici și armături dese
35-50	5-10	Structuri înguste și cu armături dese
50-75	10-20	Pereți și plăci normale în locuințe clădiri industriale, poduri etc.
100-150	25-40	Beton masiv în construcții de baraje etc

Durata optimă de vibrare, se determină, în principal, în funcție de caracteristicile betonului proaspăt și de cele ale vibratorului utilizat (tabelul 7.4). Ea se poate stabili prin determinări de probă efectuate cu prima șarjă de beton care se pune în lucrare. Depășirea timpului maxim de vibrare conduce la segregarea betonului, iar nerespectarea timpului optim, la o compactare insuficientă a acestuia.

Tabel 4.5.4 Durata optimă de vibrare

Tasare con (mm)	Clasa de consistență	Utilizări	Timp de vibrare (sec)
0-40	T ₂	Beton de egalizare, fundații nearmate, platforme	60-120
50-100	T ₃ sau T ₃ /T ₄	Fundații cofrate din beton armat, pereți structurali, planșee, dale, grinzi, stâlpi, ecrane	20
120-150	T ₄ sau T ₄ /T ₅	Fundații turnate în gropi, piloți, ecrane de grosime mică, pereți mulați, elemente cu armături dese	5
≥160	T ₅	Piloți, pereți mulați	fără vibrare

Raza de acțiune (r) a pervibratorului se determină experimental în următorul mod: se toarnă betonul într-o cutie având înălțimea egală cu lungimea buteliei, se introduce pervibratorul în mijlocul cutiei; din 50 în 50 mm, de la pervibrator spre lateral, pe suprafața betonului se așează niște vergele din oțel beton având diametrul d=25 mm și L=1000 mm; se pornește vibratorul, vergelele încep să se cufunde progresiv sub greutatea lor proprie și după cca. 30 sec. se măsoară distanța de la pervibrator la prima vergea care nu a atins fundul lăzii, aceasta reprezentând raza de acțiune a vibratorului "r".

Pozițiile pervibratorului vor fi dispuse în șah, distanța dintre două poziții succesive fiind de 1,4r.

Poziția de lucru a pervibratorului va fi în permanență verticală. El se va introduce brusc (pentru a nu antrena bule de aer în masa betonului) și se va scoate lent (pentru a antrena eventualele bule de aer

rămase și apa în exces). În timpul compactării, vibratorul se va mișca lent în sus și în jos, pe o distanță egală cu cca. un sfert din lungimea buteliei.

Grosimea stratului de beton se stabilește astfel încât să fie de maximum 500 mm și cel mult $\frac{3}{4}$ din lungimea buteliei.

Momentul terminării compactării prin vibrare se poate stabili după următoarele simptome:

- încetarea tasării vizibile;
- suprafața betonului devine orizontală și ușor lucioasă;
- se rărește apariția bulelor de aer la suprafața betonului și se reduce diametrul acestora;
- suprafața betonului nu conține lapte de ciment în exces.

Dacă se continuă vibrarea după apariția acestor semne, se produce o scurgere vizibilă a mortarului spre vibrator, în jurul căruia se formează un inel lichid aproape fără pietriș;

În timpul lucrului este interzisă atingerea cu vibratorul a pieselor înglobate în beton, a armăturilor și a cofrajelor (față de acestea se va păstra o distanță minimă de 50 mm). În cazul în care elementele se realizează din mai multe straturi, vibratorul se va introduce în stratul turnat anterior pe o adâncime de 50-150 mm pentru a antrena și scoate apa de la suprafața acestuia, rezultată în urma compactării lui;

În cazul în care distanța dintre armături și/sau grosimea elementului sunt reduse, pervibratoarele trebuie să fie prevăzute cu lance (o platbandă din oțel fixată bine de butelie), care se va introduce în masa betonului.

B. Compactarea prin vibrare externă

Acest mod de vibrare se caracterizează prin aceea că vibrațiile sunt transmise betonului direct (de la exterior spre interior).

Procedeu se folosește în special la elemente de suprafață (cu grosimi reduse) sau a celor verticale, cu grosimi mici și înălțimi mari și armături dese care nu se pot compacta prin vibrare internă.

Grosimea stratului de beton înainte de compactare se realizează cu 10-30% mai mare decât cea a elementului prevăzută în proiect (funcție de compoziția betonului) astfel încât în urma compactării să se ajungă la aceasta.

Mijloacele folosite pentru vibrarea externă, în cazul betoanelor monolite sunt:

➤ *Placi vibratoare*

- a) Plăcile vibratoare se utilizează pentru compactarea betoanelor elementelor cu suprafață mare și grosime redusă (maxim 350 mm, optim 200 mm). Se recomandă ca betonul proaspăt să aibă o clasă de consistență T_2 (10-40 mm) iar durata de compactare să fie de 30...60 sec; simptomul care indică terminarea compactării este acela de "împotmolire" a plăcii în masa betonului;
- b) Plăcile vibratoare sunt deplasate pe fața betonului în diferite poziții succesive, care se suprapun între ele pe fâșii de 30 - 50 mm lățime, se recomandă folosirea unei greutate suplimentare, legată elastic de placa propriu-zisă, care împiedică desprinderea plăcii vibratoare de suprafața betonului și îmbunătățește în felul acesta condițiile de lucru;

➤ *Rigla vibratoare*

Se folosește atât pentru nivelarea cât și pentru compactarea elementelor de suprafață având grosimi până la 200 mm. Ele pot să aibă lungimi cuprinse între 1,5 m și 3,0 m. Determinarea duratei compactării se stabilește experimental.

➤ *Vibratoare de cofraj*

- a) Vibratoarele sunt fixate cu ajutorul unor dispozitive speciale de elementele de rigidizare ale cofrajului; așezarea acestora se va face în "șah" pe una sau pe ambele fețe ale cofrajului, în funcție de grosimea elementului de beton.
- b) Procedeu este indicat la realizarea elementelor cu grosimi de 400 mm, prevăzute cu armături dese și la care nu se poate utiliza vibrarea internă.
- c) În cazul în care grosimea elementului este de maximum 20 cm, vibratorul se montează numai pe cofrajele de pe una din fețele acestuia. În cazul grosimilor între 200 și 400 mm, vibratoarele se montează pe cofrajele de pe ambele fețe ale elementului;
- d) Stabilirea numărului vibratoarelor, a poziției acestora, a frecvenței și forței de excitație se va face în funcție de compoziția betonului proaspăt (lucrabilitatea, dozajul de ciment, raportul A/C, granulozitate, aditivi etc.) prin încercări directe și pentru porțiunile elementelor de construcție care

prezintă cele mai mari dificultăți în procesul compactării.

4.6. CONDIȚII TEHNICE PRIVIND TRATAREA ȘI PROTEJAREA BETONULUI DUPĂ PUNEREA SA ÎN LUCRARE

4.6.1.Scopul tratării și protejării

Tratarea betoanelor reprezintă o serie de lucrări care se efectuează asupra betonului proaspăt turnat, în vederea prelucrării suprafeței lui (realizarea planeității și netezirii suprafeței) sau a accelerării întăririi lui (prin încălzirea elementului realizat).

Protejarea betonului reprezintă o serie de măsuri care se iau asupra betonului proaspăt turnat, în vederea asigurării unui proces normal de hidratare a cimentului pe perioada prizei și imediat după terminarea acesteia.

Păstrarea unui grad cât mai ridicat de umiditate în masa betonului, este necesară în vederea asigurării unei desfășurări normale a reacțiilor de hidratare-hidroliză ale cimentului, respectiv a întăririi betonului. Pierderea excesivă a apei din amestec conduce la reducerea până la stagnare a acestor procese, iar pe de altă parte la accentuarea contracției la uscare, dând naștere astfel, unui sistem specific de defecte în structura betonului și contribuind astfel la diminuarea celor mai multe proprietăți ale acestuia (rezistențele mecanice, rezistența la îngheț-dezghet, impermeabilitatea, aderența la armătură, rezistența la agresivități chimice, durabilitatea etc). Protejarea betonului proaspăt se face în general, față de acțiuni și influențe exterioare nefavorabile precum arșița soarelui, temperaturile ridicate sau scăzute, variațiile mari de temperatură și umiditate, vânt, vibrații, șocuri, acțiunea directă a apelor pluviale sau curgătoare (provenite din intemperii) etc, în vederea conservării unui grad cât mai ridicat de vâscozitate în masa betonului, pe o perioadă cât mai îndelungată de timp.

Tratarea și protejarea betonului sunt esențiale, ele reprezentând ultimul pas în producerea unui beton de calitate, și trebuie să fie efectuate imediat după terminarea punerii în lucrare a betonului (dacă este cazul).

4.6.2.Tratarea betonului proaspăt

Prelucrarea suprafeței betonului proaspăt în vederea nivelării și a netezirii ei, se realizează cu utilaje speciale precum mașinile de nivelat și cele de șlefuit (finisat) prevăzute cu discuri rotitoare speciale. Se utilizează numai în cazul elementelor de suprafață (plăci, pardoseli etc).

Tratarea termică are ca scop accelerarea întăririi betonului. Ea depinde în principal de:

- compoziția betonului: tipul cimentului, raportul A/C, cantitatea de ciment, existența și tipul aditivilor etc;
- caracteristicile elementului de beton: dimensiuni și formă, tipul cofrajului (în special în ceea ce privește proprietatea de izolator termic), gradul de acoperire cu cofraj etc.
- condiții atmosferice; temperatură, umiditate, vânt sau curenți de aer etc.

Tratarea termică se realizează în cazul turnării betonului în condiții de timp friguros (temperatură exterioară sub +5°C) sau când se dorește o accelerare a întăririi betonului. Ea se poate realiza:

- prin acoperirea elementului de beton cu o prelată etanșă și de preferat termoizolatoare și introducerea sub aceasta de abur sau aer cald; cu ajutorul cofrajelor încălzitoare (cofraje prevăzute cu pereți dubli depărtați și termoizolate, agentul termic fiind aburul sau aerul cald introdus în spațiul liber dintre pereții dubli).

Tratarea termică presupune respectarea unui regim termic de tratare stabilit anterior (cu parcurgerea unor etape precum așteptarea la întărire, ridicarea temperaturii, izotermia, coborârea temperaturii și așteptarea la răcire) și a cărui nerespectare poate să conducă la diminuarea proprietăților betonului și chiar la compromiterea sa.

4.6.3. Protejarea betonului proaspăt

Protejarea betonului proaspăt trebuie asigurată până când acesta atinge un grad de maturizare minim (de regulă o rezistență minimă de 5 N/mm²) astfel încât acțiunile și influențele exterioare defavorabile să îl afecteze cât mai puțin.

În tabelul 8.1 se prezintă durata orientativă (în zile) a protejării betonului funcție de dezvoltarea rezistenței și temperaturii acestuia și de temperatura și condițiile de mediu.

Tabel 4.6.1 Durata protejării betonului (conform NE 012-2007 cap. 15)

Dezvoltarea rezistenței betonului	rapidă			medie			lentă		
	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Temperatura betonului în timpul tratării (°C)									
Condiții de mediu în timpul tratării									
Elemente expuse indirect razelor solare, umiditate sub 80%	2	2	1	3	3	2	4	4	2
Elemente expuse razelor solare sau vântului cu viteză medie, umiditate peste 50%	4	3	2	6	4	3	8	5	4
Elemente expuse la razele intense ale soarelui sau la o viteză mare a vântului sau la o umiditate sub 50%	4	3	2	8	6	5	10	8	5

Datele prezentate în tabel se referă la betoane preparate cu ciment de tip I (Portland). Utilizarea altor tipuri de ciment (II, III, IV sau V) conduce la creșterea duratei protejării, în medie, orientativ, cu două zile. De asemenea, în cazul temperaturilor mai mari de 15°C, durata protejării se poate reduce, iar în cazul în care betonul este supus intens la uzură sau se află în condiții severe de expunere, această durată de protejare se recomandă să fie crescută cu 3...5 zile.

În lipsa unor date referitoare la compoziția betonului, condițiile de expunere în timpul duratei de serviciu a construcției - pentru a asigura condiții favorabile de întărire și a reduce deformațiile din contracție - se va menține umiditatea timp de minimum 7 zile după turnare.

În tabelul 8.2 sunt prezentate vitezele de dezvoltare a rezistenței betonului funcție de raportul A/C și de clasa de rezistență a cimentului.

Tabel 4.6.2 Dezvoltarea rezistenței betonului funcție de raportul A/C și clasa de rezistență a cimentului (conform NE 012-2007 cap. 15)

Viteza de dezvoltare a rezistenței betonului	Raport A/C	Clasa de rezistență a cimentului
Rapidă	<0,5	42,5 R-52,5 R
Medie	0,5÷0,6	42,5 R
	<0,5	32,5 R-42,5 R
Lentă	Toate celelalte cazuri	

Protejarea betonului se poate realiza:

- prin acoperirea lui cu diferite materiale (prelate, rogojini, nisip etc.) menținute în permanență în stare umedă;
- prin stropirea directă cu apă care va începe numai după ce betonul și-a terminat priza (după 2÷12 ore de la punerea lui în lucrare) pentru a nu antrena pasta de ciment de la suprafață și se va repeta la intervale de 2...6 ore în așa fel încât suprafața să se mențină umedă;
- prin acoperirea cu pelicule de protecție aderente realizată prin pulverizarea unor emulsii de polimeri, bitum sau parafină imediat când suprafața betonului proaspăt devine "mată" (când luciul apei de rezuaj a dispărut); peliculele se vor aplica cu respectarea strictă a instrucțiunilor specifice de utilizare, ele asigurând protecția pe durata a cea 3 săptămâni;
- prin acoperirea cu prelate sau folii de polietilenă pe durata precipitațiilor care pot antrena pasta de ciment;
- prin devierea apelor curgătoare, pentru a se evita contactul direct cu acestea, pentru o durată de minimum 7 zile.

În cazul vibrațiilor sau șocurilor, betonul se va feri de acestea minimum 3 zile de la punerea sa în lucrare (pentru a se obține o rezistență minimă de $1,2 \text{ N/mm}^2$), evitându-se efectuarea de transporturi și depozitări pe suprafața lui, amplasarea de utilaje care produc vibrații etc.

4.7. CONDIȚII TEHNICE PRIVIND COFRAREA

4.7.1. Condiții de calitate ale cofrajelor

Calitatea cofrajelor este apreciată după gradul de îndeplinire a trei categorii de condiții: tehnice, funcționale și economice. Între aceste condiții există o anumită interdependență, ele influențându-se reciproc. Nerespectarea lor, indiferent din ce categorie fac parte, influențează negativ asupra calității cofrajelor și respectiv a calității elementelor sau structurilor de beton și beton armat realizate.

4.7.1.1. Condiții tehnice

Să asigure redarea corectă a formei, dimensiunilor, poziției relative în structură a elementelor și gradului de finisare, prevăzute în proiectul respectiv;

Să fie stabile și rezistente, fără a se deforma peste limitele admise, la preluarea solicitărilor la care sunt supuse în timpul execuției lucrărilor, după caz, uneori este necesar să se imprime unor componente ale cofrajului abateri negative (contrasăgeți și supraînălțări), care să compenseze deformațiile elastice ale acestora sau tasările sub tălpile de rezemare a elementului de susținere;

Elementele cofrajului propriu-zis să nu se deformeze în timpul prizei și întăririi, ca urmare a variațiilor de umiditate, temperatură și acțiunilor exterioare;

Să fie etanșe, pentru a evita pierderi de lapte de ciment sau parte fină din amestec, după turnarea betonului; aceste pierderi aduc o serie de neajunsuri:

- scad rezistențele mecanice ale betonului;
- crește permeabilitatea betonului;
- scade capacitatea de conlucrare a betonului cu armăturile;
- protecția armăturilor este mai slabă;
- alterează planeitatea suprafețelor elementului;
- sunt necesare lucrări de remediere.

Plăcile cofrante să aibă o rezistență la uzură (duritate), suficient de mare pentru a nu fi ușor degradate, în timpul operațiilor de montare a armăturii, turnării și compactării betonului, curățării etc;

Starea suprafeței plăcilor cofrante să nu favorizeze aderența betonului la ea;

Materialele din care se realizează placa cofrantă să nu atace chimic și să nu fie atacată de beton.

4.7.1.2. Condiții funcționale

Să aibă dimensiuni modulate;

Să asigure asamblarea simplă, ușoară;

Să permită demontarea rapidă și în ordinea cerută de decofrare; de exemplu, să permită decofrarea fețelor laterale ale grinzilor, stâlpilor, pereților, fără a fi necesară demontarea elementelor de susținere a plăcilor și grinzilor, care urmează a se decofra mai târziu;

Să fie posibilă înlocuirea unor elemente componente uzate, cum ar fi de exemplu placa cofrantă;

Masa panourilor modulate să nu depășească anumite limite, 30-40 kg, pentru cele manipulate de un singur muncitor și 60-70 kg. pentru cele manipulate de doi muncitori;

Să corespundă din punct de vedere al normelor de tehnica securității muncii.

4.7.1.3. Condiții economice

Realizarea cofrajelor să conducă la un consum cât mai redus de materiale, energie și manoperă;

Să asigure un număr cât mai mare de re folosiri;

Să fie utilizate intensiv;

Consumul de manoperă la asamblarea și demontarea lor să fie minim;

Întreținerea lor să fie corespunzătoare cerințelor (curățire, ungerea, manipularea, depozitarea, repararea etc.)

4.7.2. Alcătuirea cofrajelor. Părți componente, materiale

4.7.2.1. Cofrajul propriu-zis

➤ Placa cofrantă

Placa cofrantă este elementul de suprafață al cofrajului care vine în contact direct cu betonul turnat. Ea condiționează forma și dimensiunile elementelor, precum și calitatea suprafeței de beton.

Placa cofrantă preia direct, în funcție de poziția sa verticală sau orizontală, acțiunile din: împingerea (presiunea) sau greutatea betonului, greutatea proprie, a armăturilor, a mijloacelor de transport (roabe, tomberoane), a oamenilor care circulă pe ea, efectul dinamic din turnare și compactare etc, în consecință este un element de rezistență. Placa cofrantă se reazemă pe nervuri cărora le transmite nemijlocit, toate solicitările la care este supusă.

Placa cofrantă se realizează curent din următoarele materiale:

a) produse superioare din lemn

Cel mai frecvent, din placaj rezistent la umiditate, cu grosimea de 8 ... 15 cm, cu o suprafață foarte netedă și suficient de dură. Avantajele acestor calități:

- reducerea aderenței betonului;
- obținerea unor suprafețe lise (fără asperități mari) ale elementului de beton
- sporirea durabilității plăcii cofrante.

În funcție de calitatea placajului și de condițiile reale de utilizare, aceste plăci cofrante se pot refolosi de 10-80 de ori.

Placajul va satisface condițiile din STAS 7004-1989 "Placaj din lemn de fag pentru lucrări de exterior"; va avea grosimea suficientă, stabilită prin fișa tehnologică de execuție, pentru a rezista presiunii date de betonul proaspăt turnat și deformări înscrise în limitele admise;

b) *Tabla de oțel*, având grosimea de 1,5-5 mm

Este calitativ superioară celei din placaj prin calitatea suprafeței (mai netedă și foarte dură) cât și prin insensibilitatea la apă și durabilitatea mult mai mare, având însă o greutate de peste 10 ori mai mare. Asemenea plăci cofrante pot fi refolosite până la 300 - 1500 de ori.

c) *Cherestea*, respectiv scânduri de 22-24 mm grosime și dulapi de 38-48 mm grosime.

Pentru a se obține suprafețe netede ale elementelor turnate și o aderență mai redusă a betonului la placa cofrantă, scândurile sau dulapii se geluiesc.

La confecționarea plăcii cofrante, se lasă spații (rosturi) de 1-3 mm între scânduri, pentru a permite deformarea (umflarea) lor liberă la umezire. Închiderea integrală sau parțială a acestor rosturi, depinde de gradul de umezire, distanța dintre rosturi, esența lemnului și dimensiunile scândurilor sau dulapilor folosiți.

Cofrajele de cherestea se folosesc la realizarea elementelor de beton la care nu se impun exigențe deosebite, sau care urmează a se finisa.

Numărul de refolosire a plăcilor cofrante din cherestea este de 8-12 ori, ceea ce conduce la un consum relativ mare de material lemnos, pe unitatea de suprafață cofrată.

d) *Polimeri duri, armați sau nearmați cu fibre de sticlă*

Avantajele folosirii acestora:

- asigură o calitate superioară a suprafeței elementelor
- aderența betonului la placa cofrantă este scăzută
- asigură un număr mare de refolosiri . Dezavantaj: cost relativ ridicat

➤ Elemente de rigidizare a plăcii cofrante (nervuri)

Nervurile sunt elemente de rezistență ce au rolul de a prelua nemijlocit de la placa cofrantă, toate acțiunile la care ea este supusă și de a limita deformările acesteia. Împreună cu placa cofrantă, nervurile formează cofrajul propriu-zis.

Nervurile se dispun pe ambele direcții, cele paralele cu latura lungă a panoului purtând denumirea de lonjeroni, iar cele dispuse transversal (paralel cu latura scurtă a panourilor) purtând denumirea de coaste și jucând în prealabil rolul de contravântuiri.

Nervurile plăcii cofrante se realizează curent din lemn și metal.

- *Nervurile din lemn*, se realizează cu foarte mare frecvență la confecționarea panourilor cu placa cofrantă din placaj, scânduri sau dulapi. Ele se obțin din grinzioare sau prin tăierea pe lățime a dulapilor, la dimensiunile stabilite.
- *Nervurile din metal* sunt utilizate la panourile de cofraj integral metalice și la cele cu placa cofrantă din placaj, scânduri sau dulapi. Nervurile din metale se obțin de regulă, din profiluri laminate ușoare și elemente din tablă ambutasată. Ele frebuie să aibă un număr de refolosiri cel puțin egal cu cel al plăcilor cofrante din tablă de oțel.

➤ *Panouri de cofraj (de inventar)*

Prin asamblarea plăcii cofrante cu nervurile se pot obține panouri de cofraj. Panourile de cofraj (inventar) au forme geometrice regulate, dimensiuni modulate și pot avea suprafața de cofrare relativ mică sau mare. Panourile (modulate) de inventar cu suprafața mare de cofrare, pot fi utilizate la realizarea elementelor de suprafață (plane sau curbe) și poartă denumirea de panouri mari care pot să aibă dimensiuni fixe sau variabile (obținute printr-o preasamblare).

Panourile modulate se pot realiza din lemn, metal sau mixte (metal și lemn).

Panourile modulate din lemn au placa cofrantă din placaj rezistent la umiditate iar nervurile din cherestea. Aceste panouri sunt scoase din uz o dată cu degradarea plăcii cofrante deși, nervurile mai pot fi, de obicei, apte pentru a fi refolosite.

Panourile metalice sunt mai avantajoase decât cele din lemn, deoarece pot fi prevăzute cu conducte de circulație a unui agent încălzitor, permițând astfel încălzirea sau tratarea termică a betonului după turnare. Pentru montarea panourilor metalice se pot folosi mijloace mai eficiente, care măresc productivitatea muncii și reduc durata de cofrare și decofrare. Ca dezavantaj îl reprezintă dificultăți la manipulare din cauza masei lor mai mare la aceeași suprafață de cofrare.

Panourile mixte, cu placa cofrantă din lemn și nervurile din metal permit înlocuirea plăcii cofrante uzate având în vedere că structura metalică are un număr mult mai mare de refolosiri decât lemnul sau produsele superioare din lemn.

Panourile cele mai recent concepute au o structură de rezistență și rigidizare metalică și placa cofrantă realizată din polimeri.

4.7.2.2. Elemente de susținere sau sprijinire a cofrajului propriu-zis

Cofrajul propriu-zis, indiferent de modul de alcătuire, reazemă pe elemente de rezistență, cărora le transmite nemijlocit toate acțiunile la care el este supus. Aceste elemente, limitează în același timp deformațiile cofrajului.

După tipul, forma și poziția elementului ce urmează a se realiza (orizontală, oblică sau verticală), elementele de susținere sau sprijinire ale cofrajului propriu-zis, se alcătuiesc și se numesc diferit.

➤ *Pentru elemente de beton și beton armat verticale* la care principala solicitare care acționează asupra elementelor de sprijinire este cea de împingere (presiune) a betonului;

a) la cofrarea pereților, elementele de sprijinire se alcătuiesc din elemente tubulare din tablă îndoită, profiluri metalice ușoare, laminate, țevi de oțel, rigle din lemn ecarisat, tije sau buloane de oțel etc. Elementele de sprijinire sunt:

- *moaza* - grindă orizontală, pe care se reazemă nemijlocit panoul de cofraj (cu nervurile longitudinale dispuse pe verticală) și care are rolul de a susține și de a alinia panourile de cofraj dispuse pe fața respectivă a peretelui cofrat;
- *montantul* - grindă verticală pe care reazemă direct panoul de cofraj (cu nervurile longitudinale dispuse orizontal); în anumite situații, din condiții de rezistență sau deformații, se utilizează atât moaze cât și montanți, unele rezemând pe celelalte, în funcție de poziția nervurilor cofrajului propriu-zis.
- *tiranții* - elemente metalice supuse la întindere; ei preiau acțiunile orizontale de la moaze sau montanți. Transmiterea acțiunilor de la moaze sau montanți la tiranți se poate face direct

sau prin intermediul unor plăcuțe metalice. Tiranții se alcătuiesc din buloane speciale, tije filetate sau sârme de oțel.

- *șpraițurile* - elemente supuse la solicitarea axială de compresiune, provenită din acțiunea orizontală de la moaze sau montanți. Ele preiau aceste solicitări și le transmit elementului pe care reazemă,

b) la cofrarea stâlpilor, bulbilor elementele de sprijinire sunt:

- calotii, îndeplinesc rolul pe care îl au moazele la cofrarea pereților, se realizează din aceleași materiale; aceștia sprijină cofrajul propriu-zis pe toate laturile elementului de construcție;

- tiranții, șpraițurile

➤ *Pentru elemente orizontale (plăci, dale, grinzi)*

Sușinerile elementelor orizontale sunt solicitate dominant la acțiuni gravitaționale dar și din cele orizontale provenite din șocurile la descărcarea betonului și poartă denumirea de eșafodaj.

Eșafodajul este o structură care preia toate solicitările și le transmite terenului sau construcției pe care este asamblat, asigurând totodată stabilitatea întregului ansamblu al cofrajului. În cazul elementelor de construcție de formă curbă (arce, plăci curbe) eșafodajul poartă denumirea de cintru.

Elementele componente ale eșafodajului sunt;

- *grinzile* susțin cofrajul propriu-zis. Ele se dispun de regulă după o direcție, iar în cazuri mai rare, după două direcții. Ele se pot realiza din lemn (grinzi cu inimă plină sau grinzi cu zăbrele) sau din metal (profiluri sau grinzi cu zăbrele) și pot avea lungimi fixe sau variabile (grinzi extensibile).
- *popii* - elemente verticale pe care reazemă direct grinzile. Ei au înălțime variabilă (putând fi utilizați pentru înălțimi diferite ale eșafodajului), precum și moduri de alcătuire și capacități de încărcare diferite (cei de capacități mari și foarte mari se alcătuiesc sub forma unor structuri spațiale). În cazul încărcărilor foarte mari verticale și a înălțimilor mari se pot utiliza în locul popilor eșafodaje independente;
- *longrinele* - sunt elemente de rigidizare orizontale, realizate de obicei, din țevi de oțel, având rolul de aliniere și contravântuire a popilor dispuși pe același șir. Longrinele se fixează demontabil atât la partea superioară cât și la cea inferioară a popilor, purtând denumirea de longrine superioare sau inferioare;
- *contravântuirile* sunt elemente de rigidizare dispuse înclinat, montate după două direcții, de regulă ortogonal (în lungul șirului de popi și transversal), având rolul asigurării stabilității întregului ansamblu al cofrajului. Contravântuirile de inventar se realizează din țevi de oțel sau din tije de oțel cu dispozitive de tensionare. Eșafodajele din lemn se realizează cu aceleași tipuri de elemente, realizate din lemn ecarisat și bile. Ele se utilizează foarte rar și se încadrează în categoria cofrajelor dulgherești, având toate dezavantajele ce decurg din această categorie.

4.7.2.3 Elemente auxiliare ale cofrajelor

Elementele și piesele de completare și asamblare ale cofrajelor sunt:

- *Dulapii sau scândurile de aliniere* - se așează la baza panourilor de cofraj montate vertical sau înclinat; aceștia servesc la: alinierea panourilor (pe linia de trasare), asigurarea etanșeității la baza cofrajului și la asigurarea unei decofrări ușoare;
- *Clemele* - sunt piese metalice care au rolul de a prinde strâns între ele nervurile vecine ale panourilor modulate de cofraj;
- *Distanțierii* sunt piese tubulare, de obicei din PVC, beton sau oțel, care pot fi recuperate sau să rămână înglobate în beton. Ei îndeplinesc două funcțiuni:
 - limitează apropierea panourilor de cofraj dispuse pe fețele opuse ale elementului de beton, în momentul tensionării tiranților, asigurând astfel dimensiunea (grosimea) elementului turnat;
 - permit recuperarea tiranților, împiedicând contactul acestora cu betonul;

Distanțierii recuperabili sunt de regulă, piese metalice în formă tronconică sau casetată; ei se recuperează după utilizare și se reutilizează.

- *Conurile de capăt* sunt piese recuperabile, care se așează la extremitățile distanțierilor, pentru a mări suprafața de rezemare a acestora pe placa cofrantă; pot fi din PVC sau oțel
- *Plăcuțele de repartiție* (rezemare), au rolul de a prelua acțiunile de la moaze și montanți și de a le transmite pieselor de blocare ale tiranților.
- *Zăvoarele și piulițele de strângere* au rolul de a bloca tiranții după punerea lor sub tensiune și reazemă pe plăcuțele de repartiție
- *Eclisele* sunt piese metalice de îmbinare a moazelor și montanților; pot fi de formă liniară sau cotite.
- *Bridele și colierele* sunt piese metalice care se utilizează la asamblarea componentelor eșafodajului (popi, contravântuiri, longrine etc).
- *Tensorii* sunt elemente liniare solicitate axial care au rolul de a asigura stabilitatea cofrajelor verticale; pot îndeplini și rolul de șpraiț cu condiția să fie verificați prin calcul.
- *Bolțurile metalice cu pene* sunt piese de îmbinare demontabilă a două elemente alăturate.
- *Menghinele metalice* se utilizează pentru fixarea între ele, a moazelor sau montanților cu nervurile principale ale cofrajului propriu-zis.
- *Platforme de lucru (turnare a betonului)* se montează de regulă, pe moaze sau montanți, la nivelul de lucru.
- *Șipci profilate* pentru crearea de muchii teșite sau de șanțuri pentru instalații, în elementul de beton.

După tipul cofrajului și modul său de alcătuire, mai pot exista și alte elemente și piese auxiliare. În cazul realizării eșafodajelor din lemn îmbinările se fac, de obicei, cu scoabe și cuie.

4.7.3. Clasificarea cofrajelor

4.7.3.1. După modul de alcătuire:

- *Cofraje demontabile* - alcătuite din panouri modulate și tipizate, elemente de susținere și sprijinire și piese auxiliare de asamblare; se assemblează și se demontează cu ocazia fiecărui ciclu de utilizare. Au avantajul de a se putea adapta la elemente și structuri de dimensiuni, modulate, diferite, ceea ce le conferă un domeniu larg de utilizare; ele permit asamblarea și demontarea cu ușurință, precum și re folosirea de mai multe ori. Dezavantajul acestui tip de cofraj este consumul mare de manoperă necesar montării și demontării la fiecare ciclu de utilizare. Din această categorie fac parte cofrajele de inventar din panouri, susțineri și sprijiniri demontabile modulate, cofraje pășitoare, cățăătoare etc.
- *Cofraje nedemontabile* care se assemblează și se demontează o singură dată, la începutul și respectiv la terminarea structurii de beton armat sau beton precomprimat. Aceste cofraje sunt echipate cu instalații sau dispozitive care permit deplasarea lor în întregime sau sunt deplasate sub formă de ansambluri ori subansambluri mari, utilizând macarale sau alte mijloace de transport. Cofrajele din această categorie prezintă marele avantaj de a nu fi assembleate și demontate la fiecare ciclu de utilizare, ceea ce conduce la o economie mare de manoperă, un rulaș cât mai mare a acestora și scurtarea duratei de execuție a structurii. O dată assembleate ele nu se pot utiliza decât pentru realizarea repetată a acelorași forme și dimensiuni ale elementelor. Decofrarea se realizează prin desprinderea (îndepărtarea) suprafețelor de contact a cofrajului propriu-zis de elementele din beton armat, fie pe întregul ansamblu al cofrajului, fie pe subansamble ale acestuia. Excepție face cofrajul glisant, care se decofrează prin alunecarea (glisarea) plăcii cofrante pe suprafața elementelor în curs de realizare. Din această categorie fac parte: cofrajele glisante, cofrajele rulante, mesele cofrante, cofrajele spațiale (tip tunel) pentru realizarea structurilor etajate cu diafragme dese, panourile (cofrajele) mari de suprafață realizate prin asamblarea de panouri modulate.
- *Cofrajele tradiționale dulgherești*. Se folosesc la elemente și structuri cu caracter de unicat sau cu forme variate și complicate ca de exemplu cupole, grinzi curbe, la care nu se pot adapta sisteme industrializate de cofrare. Ele se confecționează pe șantier din material lemnos, asamblarea și demontarea făcându-se exclusiv manual, piesă cu piesă componentă, fapt pentru care consumul de manoperă este foarte mare. Cofrajele tradiționale se folosesc o singură dată sau de un număr foarte

mic de ori, ceea ce determină un consum mare de material lemnos. O eventuală refolosire a materialului lemnos pentru alte cofraje sau altă destinație necesită o nouă prelucrare, cu pierderi însemnate de material lemnos și consum suplimentar de manoperă.

- *Cofraje pierdute.* Ele îndeplinesc funcțiile normale ale cofrajelor, dar nu se decofrează, rămânând aderente la elementul format. Aceste cofraje pot avea rol de rezistență (contându-se pe conlucrarea lor cu betonul), de izolator termic sau estetic (cofraje de armociment pentru planșee, predale, panouri cu caracter arhitectural, estetic etc.)

4.7.3.2 Din punct de vedere al destinației în raport cu elementele de construcție la a căror execuție se folosesc, cofrajele se clasifică în:

- cofraje pentru fundații
- cofraje pentru pereți
- cofraje pentru stâlpi
- cofraje pentru grinzi
- cofraje pentru planșee
- cofraje pentru arce și bolți
- cofraje pentru alte elemente de construcție

4.7.3.3 După materialele folosite pentru placa cofrantă:

- cherestea de rășinoase
- placaj rezistent la umiditate
- tablă de oțel
- profile din aliaje de aluminiu
- polimeri (armați sau nearmați cu fibre de sticlă)
- cauciuc
- materiale combinate (placaj acoperit cu folie de aluminiu, tablă de oțel sau cu poliester armat cu fibre de sticlă etc.)

4.7.4. Pregătirea lucrărilor de cofrare

Pentru fiecare tip de cofraj/element de beton armat monolit, pe baza proiectului tehnologic de execuție elaborat de proiectantul lucrării și ținând cont de condițiile specifice de execuție, constructorul va elabora fișa tehnologică de execuție a cofrajului care trebuie să conțină următoarele:

- lucrările pregătitoare;
 - fazele de execuție;
 - poziția eventualelor ferestre de curățire sau betonare;
 - controlul calității execuției lucrărilor de cofraje pe faze de execuție;
 - resursele necesare (echipamente de cofrare și susțineri, utilaje, scule.)
 - organizarea locului de muncă;
 - stabilirea formațiilor de muncă și instruirea personalului privind tehnica de securitate a muncii.
- Panourile de cofraj înainte de montare trebuie să fie verificate de către conducătorul tehnic al lucrării avându-se în vedere următoarele aspecte:
- dacă prezintă rigiditatea necesară pentru a nu se deforma;
 - dacă prezintă degradări sau deformări;
 - dacă s-au executat remedierile deteriorărilor apărute anterior
 - dacă au fost curățate și unse cu soluție decofrantă

Abaterile admisibile pentru lucrările de cofraje:

- pentru confecționarea și montarea cofrajelor glisante, se vor încadra în prevederile din "Normativ privind alcătuirea, executarea și folosirea cofrajelor glisante" - C41-76;
- pentru cofrajele demontabile se vor încadra în prevederile normativului NE 012-2007;
- pentru sistemele de panouri cu cadre metalice se va ține seama de prevederile agrementului tehnic și a datelor furnizate de producător/dealer.

Înainte de începerea operației de montare a cofrajelor se vor curăți și pregăti suprafețele care vor veni în contact cu betonul ce urmează a se turna; se va verifica și corecta poziția armăturilor conform prevederilor proiectului; se va verifica existența procesului-verbal de lucrări ascunse pentru armarea elementului respectiv.

4.7.5. Montarea cofrajelor demontabile

4.7.5.1 Prevederi comune de montare a panourilor de cofraje

Pentru orice element de construcție, operațiile de montare a panourilor de cofraje se succed în următoarea ordine:

- Curățarea și nivelarea locului de montaj;
- Trasarea poziției axelor construcției și a poziției cofrajelor;
- Transportul și așezarea panourilor de cofraj pe locurile trasate;
- Asamblarea și susținerea lor provizorie;
- Verificarea poziției cofrajelor fiecărui element de construcție și fixarea acestora în poziție corectă;
- Încheierea, legarea și sprijinirea definitivă a lor.

4.7.5.2 Montarea cofrajelor pentru fundații

- Pentru cofrarea fundațiilor continue și în general, a celor care au înălțime mică, panourile de cofraj se așează cu latura lungă pe orizontală;
- Pentru blocuri de fundații izolate, panourile de cofraj se așează cu latura lungă pe orizontală;
- Pentru fundații adânci panourile se pot așeza cu latura lungă în poziție verticală;
- În cazul fundațiilor continue, se trasează axa longitudinală a fundației pe fundul șanțului respectiv; față de acest ax se trasează pozițiile fețelor interioare ale panourilor de cofraj; după trasare se fixează montanții (de o parte și de alta a fundației) de care se vor prinde panourile de cofraj;
- În cazul fundațiilor izolate pentru stâlpi, se trasează două axe perpendiculare pentru fiecare fundație în parte, urmărindu-se alinierea pe axele șururilor de stâlpi; cofrajele se încheie complet și se înseamnă pe muchia lor de sus mijlocul fiecărei laturi, pentru centrarea cofrajelor pe amplasamentul respectiv; fixarea lor se realizează cu montanți, proptele etc, verificându-se în prealabil poziția lor corectă.

4.7.5.3 Montarea cofrajelor pentru pereți

- Pe suprafața pereților, panourile de cofraj se așează astfel ca rosturile dintre panouri, pe ambele fețe ale peretelui, să fie în același plan vertical normal pe perete;
- Alinierea panourilor de cofraj pentru pereți la partea lor inferioară se realizează cu ajutorul tălpilor de rezemare, așezate de o parte și de alta a peretelui și menținute la distanța corespunzătoare grosimii peretelui cu ajutorul unor distanțieri care pot fi din țevă PVC, prevăzuți la capete cu conuri tot din PVC; menținerea alinierii panourilor asamblate se obține cu ajutorul unor moaze (de obicei din țevă dreptunghiulară) așezate la partea exterioară a cofrajului și cu ajutorul distanțierilor amplasați în dreptul rosturilor dintre panouri și pe linia moazelor;
- Alăturarea strânsă între panourile de cofraj se poate asigura cu ajutorul clemelor. Împingerea betonului asupra panourilor de cofraj poate fi preluată de către perechile de moaze din țeava dreptunghiulară, legate între ele prin tiranți prevăzuți la un capăt cu saboți, iar la celălalt capăt cu un zăvor pentru strângerea și blocarea tirantului; poziția pe înălțime a perechilor de moaze este stabilită în proiectul tehnologic de execuție a cofrajelor și în fișa tehnologică corespunzătoare;
- Pentru montarea panourilor de cofraj pentru pereți, mai întâi se trasează axele și conturul pereților; apoi se fixează tăpile de rezemare și trasare și se montează panourile de cofraj pentru o față a peretelui, începând cu panoul din colț; montajul se execută pe ambele laturi concurente într-un colț al încăperii, pe măsură ce se execută montajul, fiecare panou de cofraj se assemblează cu cel anterior montat cu cleme din oțel-beton, sprijinindu-se provizoriu cu proptele. Apoi se montează armăturile peretelui, se fixează cutiile și ramele pentru goluri. După aceasta se montează panourile de cofraj pe a doua față a peretelui; o dată cu fiecare panou de cofraj de pe fața a doua a peretelui se montează distanțierii prin care se introduc și se fixează provizoriu tiranții; Se montează în continuare perechile de moaze și se fixează cu tiranți cu zăvor;

- Verticalitatea cofrajelor se verifică cu ajutorul unui dispozitiv cu fir de plumb;
- După verificare, cofrajele se șpraițuiesc (dacă este cazul) la poziția lor definitivă din proiect.

4.7.5.4 Montarea cofrajelor pentru stâlpi

- Cofrajele pentru stâlpi sunt alcătuite din panouri modulate, cu completări sub formă de panouri puse pe verticală și fururi pe orizontală;
- Panourile de cofraj pentru formarea cofrajului unui stâlp, se dispun sub formă de morișcă; Caloții (de regulă) se dispun de asemenea sub formă de morișcă dar în sens contrar.
- Cofrajul stâlpului se îmbină cu cofrajul grinzilor astfel încât cofrajul grinzilor să fie amplasat deasupra cofrajului stâlpilor, ceea ce permite o asamblare ușoară și decofrarea stâlpului înaintea grinzilor (acestea având nevoie de o perioadă mai mare de așteptare în stare cofrată);
- La montarea panourilor de cofraj pentru stâlpi se execută următoarele operații:
 - trasarea axelor construcției și a conturului stâlpului;
 - fixarea ramei de trasare;
 - montarea panourilor de cofraj pentru trei laturi, sprijinite provizoriu;
 - fixarea cu cuie a șipcii triunghiulare pe fețele panourilor de cofraj;
 - montarea armăturii;
 - montarea provizorie a ferestrei de control pe latura a patra;
 - continuarea cofrării laturii a patra cu panou de cofraj;
 - montarea caloților;
 - scoaterea ferestrei de control, curățirea bazei stâlpului (dacă este cazul) și montarea definitivă a ferestrei de control;

4.7.5.5 Montarea cofrajelor pentru grinzi și nervuri

- Cofrajele pentru grinzi și nervuri sunt alcătuite din panouri de cofraj modulate și completări;
- Este de preferat ca pe panoul de cofraj pentru fundul grinzii să nu reazeme panourile de cofraj ale fețelor laterale, care se decofrează mult mai repede;
- Prinderea și rigidizarea cofrajelor se realizează cu ajutorul unor caloți, a unor distanțieri și a unor tiranți;
- La montarea panourilor de cofraj pentru grinzi și nervuri se execută următoarele operații:
 - trasarea axelor grinzii și a lățimii lor;
 - verificarea poziției în plan orizontal și vertical a eșafodajelor;
 - verificarea eșafodajului;
 - montarea panourilor de cofraj pentru fundul grinzilor;
 - montarea armăturii;
 - montarea panourilor de cofraj pentru părțile laterale;
 - montarea distanțierilor, tiranților și caloților.

4.7.5.6 Montarea cofrajelor pentru plăci

- În cazul în care se utilizează panouri modulate, principalele operații care se execută sunt:
 - executarea eșafodajului
 - montarea panourilor cu prevederea rosturilor pentru decofrare pe ambele direcții;
 - realizarea cofrajului în zona rosturilor pentru decofrare și a zonelor de completare (dacă este cazul);
 - montarea cutiilor pentru goluri (dacă este cazul); etanșeizarea și curățirea cofrajului (dacă este cazul);
 - verificarea dimensiunilor, a cotei de nivel, a planeității și orizontalității (dacă este cazul);
- În cazul când se utilizează un platelaj preasamblat, principalele operații care se execută sunt:
 - executarea eșafodajului;
 - montarea platelajului;
 - montarea cutiilor pentru goluri (dacă este cazul);
 - verificarea cotei de nivel și a orizontalității (dacă este cazul);

4.7.6. Demontarea și depozitarea elementelor de cofraj

Cofrajele vor fi proiectate și montate astfel încât să permită decofrarea fără deteriorarea sau lovirea betonului.

Demontarea

- Ordinea operațiilor de demontare este, în general, inversă decât la montare;
- Decofrarea pereților începe prin desfacerea zăvoarelor, scoaterea tiranților și a moazelor (care se depozitează în zone necirculate), scoaterea clemelor de asamblare, a scândurilor de aliniere și a fururilor dintre panourile de cofraj și se încheie cu demontarea panourilor de cofraj care se curăță și se ung;
- Decofrarea stâlpilor constă în desfacerea caloșilor și scoaterea (de sus în jos) a panourilor de cofraj, care se curăță și se ung;
- Decofrarea fundațiilor se realizează prin demontarea șpraițurilor, proptelelor, țărușilor, cleștilor, montanților și respectiv a panourilor de cofraj care se curăță și se ung;
- Decofrarea grinzilor se începe prin desfacerea zăvoarelor, scoaterea tiranților, a jugurilor și a panourilor laterale, care se curăță și se ung. După ce betonul a atins gradul de maturizare dorit, se dezassemblează eșafodajul și se scot panourile de cofraj ale fundului, care se curăță și se ung ;
- Decofrarea plăcilor constă în dezasamblarea eșafodajului, scoaterea panourilor și curățirea și ungerea lor.

Depozitarea

- Panourile de cofraj se depozitează pe tipuri în stive, pe suporturi de 15-20 cm înălțime, chiar și pentru o perioadă scurtă de neutilizare; stivele sunt formate prin suprapunerea panourilor astfel împerecheate încât suprafețele lor de contact cu betonul să se afle față în față; pentru o perioadă mai lungă de depozitare, stivele se vor acoperi cu prelate sau folii de polietilenă;
- Celelalte materiale auxiliare și elemente de inventar și piesele mici se vor păstra în lăzi;
- Panourile de cofraj și celelalte elemente de inventar, care formează setul de cofrare, se manipulează cu atenție, pentru a nu se degrada și a nu se descompune;
- După recuperare, piesele componente ale setului de cofraj se curăță de resturile de beton și se ung pentru o mai bună conservare; se pot folosi mașini de curățat cofraje, rașchete cu lame metalice sau din PVC, perii etc.
- Pentru ungere se folosesc agenți de decofrare (emulsii parafinoase).

4.7.7. Verificarea calității lucrărilor de cofraje

4.7.7.1 Înainte de începerea lucrării de cofrare se verifică:

- calitatea panourilor de cofraje;
- existența fișei tehnologice a lucrării de cofraj care trebuie să cuprindă planurile de panotaj și să descrie execuția pe faze precum și controlul corespunzător fiecărei faze;
- suprafețele de beton turnat anterior (dacă este cazul);
- poziția armăturilor de legătură sau de continuitate;

4.7.7.2 În timpul executării lucrărilor de cofrare

- Se verifică etapizat:
 - lucrările pregătitoare și elementele sau subansamblurile de cofraje și susțineri;
 - poziționarea în raport cu trasarea și modul de fixare a elementelor componente ale cofrajului;
 - corespondența cu prevederile proiectului și încadrarea în abaterile admisibile conform normelor în vigoare (conform NE 012 – 2007)

Pentru fiecare fază de execuție se vor întocmi procese-verbale de recepție calitativă semnate de cei în drept (executant - șeful punctului de lucru, investitor/beneficiar-inspector de șantier):

4.7.7.3 La terminarea executării lucrărilor

- Se va întocmi după caz:

a) proces verbal de lucrări ascunse în care se vor consemna constatările cu privire la următoarele verificări:

- alcătuirea elementelor de susținere și sprijinire
- încheierea corectă a elementelor cofrajelor și asigurarea etanșeității necesare
- dimensiunile interioare ale cofrajelor în raport cu cele ale elementelor care urmează a se betona;
- dimensiunile și cota de nivel
- poziția cofrajelor în raport cu cea a elementelor corespunzătoare situate la nivelele inferioare;
- poziția golurilor.

Se constată înscrierea în toleranțele structurilor definitive pentru care sunt executate. Procesul verbal se va semna de; executant, responsabilul tehnic cu execuția, inspectorul de șantier și proiectant.

b) Proces-verbal de control al calității lucrărilor în faze determinante, dacă această etapă este trecută ca fază determinantă (de ex. recepția cofrajelor și armăturilor la fundații, planșee la diferite cote etc). Se vor efectua măsurători și examinări vizuale atât pentru lucrările de cofraje cât și pentru lucrările de armare, specificându-se în procesul verbal admiterea fazei respective. Procesul verbal se va semna de: executant, responsabilul tehnic cu execuția, inspectorul de șantier, proiectant și reprezentantul Inspectoratului de Stat în Construcții.

4.7.7.4 Abaterile cofrajelor și elementelor de beton și beton armat, sunt prezentate în tabelul 10.1 în conformitate cu prevederile NE 012-2007.

Tabel 4.7.1 (Conform NE 012 – 2007 si NE 012 - 99)

ABATERI ALE COFRAJELOR ȘI ELEMENTELOR DE BETON ȘI BETON ARMAT

Elementul	Dimensiune de referință	Cofraj		Elemente după cofrare																	
		Abateri în mm, pentru:																			
		Dimensiune	Înclinare față de proiect	Dimensiuni	Înclinarea suprafeței față de:						Forma muchiei sau suprafeței		Poziția elementelor								
					Verticală		Orizontală		Poziția oblică din proiect		Pe 1 m sau 1 m ²	Total lungime sau suprafață	Axe în plan orizontal	Cote de nivel							
					1 m, 1 m ²	totală	1 m sau 1 m ²	totală	1 m sau 1 m ²	totală											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15							
Fundații	Lungime	±15	3 mm/m	±20	3	-		20		16		L≤3m ...±10		10							
	Lățime	±6													15 mm/total	<2m...±20 >2m...±30	16	-	16		
	Înălțime	±10																			
Stâlpi	Înălțime	±10		<3m...±16 3-6m...±20 >6m...±25				16		20					-	5	-	4	3<L≤9m ... ±12 9<L≤18m ... ±16	10	<6m... ±10 >6m... ±16
	Dimensiunile secțiunii	±3																			
Pereți	Lungime	±10		<3m...±16 3-6m...±20 >6m...±25		-		-		-											
	Înălțime														16	-	-	-			

similare elementelor în cauză; va trebui să se țină seama de faptul că poate exista o diferență între aceste rezultate și rezistența reală a betonului din element (evoluția diferită a căldurii în beton în cele două situații, tratarea betonului etc); rezistența pe care a atins-o un beton la o anumită vârstă ținut în condiții diferite de temperatură se poate determina și prin evaluarea analitică a gradului său de maturizare; dacă există dubii în legătură cu stabilirea acestor rezistențe se recomandă încercările nedistructive.

În tabelele 11.1, 11.2, 11.3 (Conform NE 012 - 99 capitolul 14), se prezintă recomandări cu privire la termenele minime de decofrare și de îndepărtare a popilor de siguranță precum și a termenelor orientative de încercare a probelor de beton în vederea stabilirii rezistenței betonului, funcție de temperatura mediului și viteza de dezvoltare a rezistenței betonului.

Tabelul 4.8.1 Recomandări privind termenele minime de decofrare ale fețelor laterale funcție de temperatura mediului și viteza de dezvoltare a rezistenței betonului (conform NE 012-2007 - tabel 14.1)

Viteza de dezvoltare a rezistenței betonului	Termenul de decofrare (zile) pentru temperatura mediului (°C)		
	+5	+ 10	+ 15
Lentă	2	1 1/2	1
Medie	2	1	1

Tabelul 4.8.2 Termenele minime recomandate pentru decofrarea fețelor inferioare ale cofrajelor cu menținerea popilor de siguranță (conform NE012-99, tabel 14.2)

Condiții tehnologice	Termenul (în zile) de la turnare	
Viteza de dezvoltare a rezistenței betonului	Lentă	Medie
Temperatura mediului (°C)	+5 +10 +15	+5 +10 +15
Grinzi cu deschiderea de deschiderea de max. 6,00 m	6 5 4	3 5 5
Grinzi cu deschidere >6,00 m	10 8 6	4 6 5

Tabelul 4.8.3 Termenele minime recomandate pentru îndepărtarea popilor de siguranță (conform NE 012-2007, tabel 14.3)

Condiții tehnologice	Termenul (în zile) de la turnare					
Viteza de dezvoltare a rezistenței betonului	Lentă			Medie		
Temperatura mediului (°C)	+5	+ 10	+ 15	+5	+ 10	+ 15
Grinzi cu deschidere de max. 6,00 m	18	14	9	10	8	5
Grinzi cu deschidere de 6,00... 12,00 m	21	18	12	14	11	7
Grinzi cu deschidere > 12,00 m	36	28	18	28	21	14

În prima etapă se decofrează stâlpii și pereții, apoi se trece la plăci și grinzi. Susținerile cofrajelor se desfac începând din zona centrală a deschiderii elementului și continuând simetric către reazeme. Piese de fixare (pene, vinciuri, etc.) se slăbesc treptat, fără șocuri. Decofrarea se realizează astfel încât să se evite preluarea bruscă a încărcărilor de către elementele care se decofrează.

În cazul construcțiilor etajate având deschideri mai mari de 3 m, la decofrare se vor lăsa sau remonta popi de siguranță a căror poziție se stabilește astfel:

- la grinzi până la 6,00 m deschidere se va lăsa un pop de siguranță la mijlocul acestora; la deschideri mai mari, numărul lor se va spori astfel încât distanța dintre popi sau de la popi la

- reazeme să nu depășească 3 m;
- la plăci se va lăsa cel puțin un pop de siguranță la mijlocul lor și cel puțin un pop la 12 mp de placă;
- între diferitele etaje, popii de siguranță se vor așeza pe cât posibil unul sub altul;
- nu este permisă îndepărtarea popilor de siguranță a unui planșeu aflat imediat sub altul care este în curs de cofrare și respectiv, de betonare; de asemenea nu este permisă depozitarea de greutate pe elementele proaspăt decofrate;

Decofrarea elementelor cu deschideri mai mari de 12 m și descintrarea eșafodajelor care susțin cintrele bolturilor, arcelor, pânzelor subțiri se execută conform prevederilor din proiectul tehnologic de execuție.

După decofrarea oricărei părți de construcție se va proceda, în termen de 24 ore de la decofrare, la examinarea amănunțită a tuturor elementelor de rezistență ale structurii de către executant, reprezentantul investitorului și eventual proiectant (dacă acesta a solicitat să fie convocat), încheindu-se un proces-verbal de recepție în care se vor consemna calitatea lucrărilor precum și eventualele defecte constatate și aprecierea importanței lor; nu se va trece la o nouă lucrare fără aceste examinări și fără semnarea de către cei în drept a procesului verbal.

În cazul în care s-au constatat defecte (care se înscriu în abaterile admisibile prevăzute în reglementările tehnice în domeniu - respectiv NE 012-2007, C 56-85) la elementele decofrate remediarea acestora se va face pe baza unor detalii tehnice de execuție întocmite de executant și avizate de proiectant.

Este interzisă efectuarea de reparații de orice fel la suprafețele decofrate, înainte de examinarea acestora de către conducătorul tehnic al lucrării împreună cu reprezentantul investitorului (inspectorul de șantier) și, după caz, de către proiectant.

Calculul gradului efectiv de maturizare a betonului "M" se va efectua în conformitate cu prevederile normativului C 16-84 "Normativ pentru realizarea pe timp friguros a lucrărilor de construcții și a instalațiilor aferente" și se va compara cu gradul de maturizare M_β .

$$M = \sum(\theta_i + 10) t_i k_\theta \quad [h^\circ C]$$

în care θ_f - temperatura medie pentru intervalul de timp i ;

t_i - durata intervalului de timp i

k_θ - coeficientul de echivalare a gradului de maturizare al betonului evaluat la temperatura θ_{cu} cel evaluat la temperatura etalon de $+20^\circ C$

$$M \leq M_\beta \quad \beta - \text{nivelul de întărire};$$

În Normativul C 16 - 84 se prezintă valorile coeficientului de echivalare k_θ gradului de maturizare la temperatura θ_{cu} gradul de maturizare la $+20^\circ C$, precum și gradul de maturizare M_β (la $\theta = +20^\circ C$) pentru nivelul de întărire $\beta = [\%]$.

4.8.2. Condiții de calitate pentru elementele de construcții decofrate

La decofrarea oricărei părți de construcție:

a) înainte începerii decofrării:

- se verifică rezistențele betonului la care au ajuns părțile de construcție pe baza epruvetelor de control confecționate în acest scop și păstrate în condiții similare elementelor în cauză sau prin încercări nedistructive; rezultatele se obțin din buletinele de încercare emise de laboratorul atestat;

b) în timpul decofrării se verifică:

- aspectul elementelor, semnalându-se dacă se întâlnesc zone de beton necorespunzător (beton necompactat, segregat, goluri, rosturi de betonare, culoare neuniformă, fisuri, crăpături, planeitatea suprafeței, starea muchiilor etc);
- dimensiunile secțiunilor transversale ale elementelor;
- distanțele dintre diferitele elemente;

- poziția elementelor verticale (stâlpi, diafragme, pereți) în raport cu cele corespunzătoare situate la nivelul imediat inferior;
- poziția gurilor de trecere;
- poziția armăturilor sau a altor piese care urmează a fi înglobate în elementele ce se toarnă ulterior.

Constatările în urma acestor verificări (b) se vor consemna în proces-verbal de recepție calitativă; de asemenea se va preciza dacă sunt respectate prevederile proiectului și din punct de vedere al abaterilor admisibile (prezentate la capit. 12. subpunct 3 din acest ghid); în procesul verbal semnat de beneficiar, executant și proiectant se va preciza dacă betonul se poate considera de calitate corespunzătoare sau sunt necesare măsuri de remediere sau consolidare și care sunt acestea.

4.9. CONDIȚII DE CALITATE PENTRU ELEMENTELE DIN BETON

Controlul calității lucrărilor de execuție se face având ca bază Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții. Obligațiile și răspunderile factorilor implicați în activitatea de control a calității lucrărilor executate (executanți, proiectanți, investitori/beneficiari, inspectori de șantier, responsabili tehnici cu execuția, verficatori de proiecte, experți tehnici atestați) sunt stipulate în Legea nr. 10/1995, H.G. nr. 925/1995, H.G. 766/1997, Ordin MLPTL nr 488/2002).

Controlul interior efectuat de către executant se desfășoară pe baza unor proceduri operaționale de executare și control a diferitelor procese tehnologice în conformitate cu prevederile programului de control al calității lucrărilor stabilit prin contract; acest control presupune toate măsurile necesare pentru menținerea la un nivel corespunzător a calității betonului în conformitate cu cerințele specificate în proiecte și caiete de sarcini.

Verificarea lucrărilor de betoane pe faze de execuție include inspecțiile în diferitele stadii de lucru și determinări privind echipamentul, materialele componente și calitatea betonului pus în lucrare; pentru realizarea inspecțiilor și determinărilor trebuie să se dispună de dotări corespunzătoare în ceea ce privește: echipament, aparatură, personal.

Fazele procesului de execuție a lucrărilor de beton și beton armat includ și lucrări ascunse, astfel încât controlul calității acestora trebuie să fie consemnat în procese-verbale de lucrări ascunse, încheiate între investitor/beneficiar, executant și după caz, proiectant; în aceste procese-verbale se precizează concret verificările efectuate, constatările rezultate și dacă se admite trecerea la executarea fazei următoare.

4.9.1. Verificări la beton în stare proaspătă

Condițiile tehnice privind caracteristicile betonului proaspăt sunt stabilite în NE 012 Tabelul VL3.1.

Tabel 4.9.1 Caracteristicile betonului proaspăt (Conform NE 012 Tabelul VI.3.1.)

Nr. crt.	Caracteristici	Valoare de referință	Limitele de referință admise	
			tasare medie	abaterea admisă
1.	Consistența	t = tasare medie (mm)		± 10 mm ± 20 mm ± 30 mm
			t = 10...40 mm t = 50...120 mm t > 120 mm	

		g_c - gradul de compactare mediu	$g \pm 0,5$
2.	Temperatura	t_{min} sau t_{max}	$t_{min} - 1^{\circ}C$ $t_{max} + 2^{\circ}C$
3.	Densitatea aparentă	ρ_b (kg/m ³)	$\rho_b \pm 40$ kg/m ³
4.	Conținut de aer oclus/antrenat	p% valoarea medie	$p\% \pm 1,5$
5.	Granulozitate a agregatelor conținute în beton sort 0 - 3	g_{min}, g_{max} (%)	$g_{min} - 2$ $g_{max} + 2$

Determinări efectuate la locul de punere în operă

Determinările se referă la verificarea consistenței betonului iar dacă este prevăzut prin proiect sau în perioada de timp friguros, la determinarea temperaturii betonului. În cazuri speciale pot fi prevăzute și alte caracteristici.

Caracteristicile care se verifică și valorile de referință ale acestuia, se precizează de către executant și se înscriu în procedura de execuție și nota de comandă a betonului.

În acest scop se vor avea în vedere după caz:

- prevederile din proiect sau proceduri speciale;
- mijloace folosite pentru transportul betonului (basculantă, autoagitator, benă, pompă etc);
- condițiile de punere în operă a betonului (dimensiunile elementelor, desimea armăturilor, posibilitățile de compactare).

Ori de câte ori un rezultat nu se înscrie în limitele admise conform prevederilor din tabelul 12.1. se vor efectua pentru același transport de beton încă două determinări. Dacă valoarea medie a trei determinări se înscrie în limitele admise se va accepta punerea în operă a betonului; dacă este depășită limita admisă, transportul respectiv de beton se refuză. Se acceptă ca în cazul în care valoarea consistenței este mai mică decât cea indicată, aceasta să se poată îmbunătăți numai prin adăugare de aditivi plastifianți (superplastifianți).

4.9.2. Încercări pe beton întărit la 28 de zile

Rezistența la compresiune, determinată ca medie pe fiecare serie de trei cilindri/cuburi, se analizează de laboratorul care efectuează încercarea imediat după înregistrarea rezultatului.

În cazul în care rezultatul este mai mic decât clasa betonului (reevaluat conform tabelului 12.1) laboratorul va comunica rezultatul în cauză stației de betoane și Executantului (beton preparat în stații), respectiv numai Executantului (beton preparat pe șantier), în termen de 48 de ore. Urmare a comunicării primite, la stația de betoane, în termen de 48 de ore, șeful stației împreună cu delegatul compartimentului de verificare a calității vor identifica obiectivele la care s-a livrat tipul respectiv de beton și vor comunica Executantului rezultatul înregistrat. Comunicarea se va face pentru fiecare obiectiv către Executant (conducătorul antreprizei, responsabilul tehnic cu execuția, responsabilul compartimentului controlul calității).

În termen de 5 zile, responsabilul tehnic cu execuția împreună cu reprezentantul investitorului vor proceda în felul următor:

- a) identifică elementele la care s-a folosit betonul în cauză;
- b) dacă proba respectivă a fost prelevată la stația de betoane se verifică în paralel dacă au fost

prelevare probe la șantier și dacă rezistența obținută pe aceasta este cel puțin egală cu clasa betonului determinată conform criteriilor de conformitate prezentate în NE 012-2007 pct. 17.2.2.3., în cazul existenței de mai puțin de trei rezultate; în cazul îndeplinirii acestei condiții se consemnează că nu este necesar să se efectueze verificări suplimentare;

- c) dacă proba respectivă a fost prelevată la șantier sau nu este îndeplinită condiția de la pct. b), se va decide:
- efectuarea de verificări suplimentare prin încercări nedistructive sau extragerea de carote;
 - convocarea Proiectantului pentru analizarea cazului, dacă nu este posibilă efectuarea de încercări suplimentare.

Dacă din verificările suplimentare rezultă că betonul nu îndeplinește condițiile prevăzute conform reglementărilor tehnice în vigoare, va fi convocat Proiectantul care va analiza și decide după caz:

- efectuarea de verificări suplimentare prin metode nedistructive sau extragerea de carote și reanalizare;
- expertizarea lucrării (și măsuri privind refacerea sau consolidarea elementelor necorespunzătoare, adoptarea unor restricții în serviciu, acceptarea recepționării lucrării dacă din verificările efectuate se dovedește ca satisfăcătoare clasa de beton efectiv realizată etc).

4.9.3. Încercări orientative pe beton întărit efectuate la termene scurte

În cazurile în care se urmărește obținerea de informații orientative asupra rezistenței care va fi atinsă la vârsta de 28 de zile se pot efectua încercări pe cilindri / cuburi de probă la 3 zile (72 ± 3 ore) sau/și 7 zile.

Asemenea încercări prezintă interes în prima perioadă de aplicare a unei noi compoziții de beton și în special pentru betoanele de clasă superioară clasei C 20/25.

Probele destinate determinărilor orientative vor fi prelevate, confecționate, păstrate și încercate cu o supraveghere competentă. În special se va verifica temperatura apei din bazinul de păstrare. Pentru fiecare epruvetă se va nota data și ora confecționării și încercării.

Se recomandă ca în cadrul unui schimb de lucru să se preleveze minimum 3 probe de beton din șarje diferite în interval de maximum 3 ore; din fiecare probă se vor confecționa cel puțin 2 cilindri/cuburi.

Se poate considera că este asigurată realizarea clasei de beton prevăzute, dacă rezistența evaluată pentru vârsta de 28 de zile conform datelor din tabelul 12.2, pe baza mediei obținute pe cilindri/cuburi confecționate în cadrul unui schimb, este cel puțin egală cu 1,2 clasa betonului.

Tabelul 4.9.2 Evaluarea rezistenței betonului la 28 de zile în condiții normale de întărire (Conform NE 012 -99 Tabelul VI.3.2.)

$f_{c\ 28\ zile\ 20^{\circ}C} = 1/Cf_{c\ n\ zile\ t_m}$								
Tipul de ciment utilizat	t_m temperatura medie din primele 7 zile (°C)	Valorile coeficientului "C", vârsta betonului de încercare "n" zile fiind:						
		3	7	14	28	56	90	180
II/B – S 32,5	+5	0,15	0,30	0,47	0,72	1,10	1,25	1,30
H I 32,5	+10	0,25	0,43	0,64	0,90	1,15	1,25	1,30
H II A – S 32,5	+20	0,35	0,55	0,75	1,00	1,15	1,25	1,30
SR II A – S 32,5	+30	0,43	0,63	0,80	1,03	1,15	1,25	1,30
II/A – S 32,5	+5	0,20	0,40	0,55	0,78	1,05	1,15	1,17
	+10	0,35	0,55	0,73	0,95	1,10	1,15	1,17
	+20	0,45	0,65	0,82	1,00	1,10	1,15	1,17
	+30	0,50	0,73	0,90	1,03	1,10	1,15	1,17

I 42,5	+5	0,30	0,50	0,67	0,85	1,05	1,10	1,12
	+10	0,45	0,65	0,82	0,97	1,07	1,10	1,12
	+20	0,55	0,75	0,90	1,00	1,07	1,10	1,12
	+30	0,63	0,80	0,93	1,02	1,07	1,10	1,12

Observații:

- Valorile indicate în tabel sunt orientative.
- În cazurile în care în cadrul încercărilor preliminare s-au efectuat determinări la 3 și 7 zile, sau se dispune de date obținute pe compoziții de beton la care s-a folosit același tip de ciment, criteriile de apreciere orientativă se vor stabili de laborator pe baza analizării rezultatelor înregistrate.
- Pentru valori intermediare se interpolează liniar

4.9.4. Calitatea betonului pus în lucrare

Calitatea betonului pus în lucrare, pentru fiecare parte de structură (fundatie, tronson, nivel, etc.) se apreciază ținând seama de:

- constatările examinării vizuale și prin ciocănire a tuturor elementelor;
- concluziile aprecierii calității betonului livrat (pe baza buletinelor de încercare a epruvetelor confecționate la locul de preparare și înștiințarea conducătorului punctului de lucru privind rezultatele obținute); calitatea betonului livrat pentru fiecare parte de structură se consideră corespunzătoare dacă rezistența medie este cel puțin egală cu clasa betonului;
- analizarea rezultatelor încercărilor efectuate pe epruvetele confecționate la șantier;
- analizarea rezultatelor încercărilor nedistructive (cu ultrasunete sau combinate);

Calitatea betonului pus în lucrare se consideră corespunzătoare dacă:

- nu se constată defecte de turnare sau compactare: goluri, segregări, întreruperi de betonare etc
- la ciocănire se înregistrează un sunet corespunzător și uniform
- calitatea betonului livrat este corespunzătoare;
- rezultatele încercărilor efectuate pe epruvete la șantier sunt corespunzătoare

Rezultatul aprecierii calității betonului pus în lucrare, pentru fiecare parte de structură, se consemnează într-un proces - verbal de recepție a structurii de rezistență încheiat între beneficiar, executant și proiectant. Dacă nu sunt îndeplinite condițiile de calitate se vor analiza de către proiectant măsurile ce se impun.

4.9.5. Recepția structurii de rezistență

- Recepționarea structurii de rezistență se va efectua pe întreaga construcție sau pe părți de construcție (fundatie, tronson, scară) potrivit normativului C 56-85, anexa 1.1
- Această recepție are la bază examinarea directă efectuată pe parcursul execuției în cadrul controlului interior sau exterior (efectuat de către organisme independente);
- Suplimentar se vor verifica:
 - documentele de certificare a calității prevăzute de reglementările în vigoare pentru materialele livrate;
 - existența și conținutul proceselor verbale de recepție calitativă privind cofrajele, armarea, aspectul elementelor după decofrare, aprecierea calității betonului pus în lucrare, precum și existența și conținutul proceselor verbale de control în faze determinante;
 - existența și conținutul documentelor de certificare a calității în cazul betonului livrat;
 - constatările consemnate în cursul execuției în cadrul controlului interior și/sau exterior;
 - confirmarea prin procese-verbale a executării corecte a măsurilor de remediere prevăzute în diferitele documente examinate;
 - consemnările din condica de betoane;
 - buletin privind calitatea betoanelor;

- dimensiunile de ansamblu și cotele de nivel;
 - dimensiunile diferitelor elemente în raport cu prevederile proiectului;
 - poziția gurilor prevăzute în proiect;
 - poziția relativă pe întreaga înălțime a construcției, a elementelor verticale (stâlpi, pereți structurali) consemnându-se eventualele dezaxări;
 - încadrarea în abaterile admise pentru elementele din beton monolit (cap. 10, tabel 10.1);
 - respectarea condițiilor tehnice speciale impuse prin proiect privind materialele utilizate, compoziția betonului, gradul de impermeabilitate, gradul de gelivitate, etc.
 - orice altă verificare care se consideră necesară
- În vederea recepției structurii unei construcții, în cazurile în care se solicită de către proiectant, executantul va prezenta beneficiarului buletine de analiză pe beton întărit prin încercări nedistructive;
- Alegerea elementelor și numărului necesar de încercări se va face de către proiectant;
- Încercările nedistructive se vor efectua în conformitate cu normativul C 26-85;
- Verificările efectuate și constatările rezultate la recepția structurii de rezistență se consemnează într-un proces verbal de recepție calitativă, încheiat între investitor, proiectant și executant, precizându-se în concluzie dacă structura în cauză se recepționează sau se respinge; în cazurile în care se constată deficiențe în executarea structurii, se vor stabili măsurile de remediere, iar după executarea acestora se va proceda la o nouă recepție;
- Acoperirea elementelor structurii cu alte lucrări (tencuieli, zidării, protecții, finisaje) este admisă numai pe baza dispoziției date de investitor sau proiectant. Această dispoziție se va da după încheierea recepției structurilor de rezistență sau, în cazuri justificate, după încheierea recepției parțiale a structurii de rezistență;
- Recepția parțială va consta din efectuarea tuturor verificărilor prezentate la pct. 12.5 alin. (3), cu excepția examinării rezistenței la 28 de zile abetonului care se va face la recepția definitivă a structurii de rezistență; în asemenea situații, proiectantul va preciza unele părți din elementele asupra cărora să se poată efectua determinări ulterioare și care nu se vor acoperi decât după încheierea recepției definitive a structurii.

4.9.6. Abaterile limită la elementele executate monolit

4.9.6.1. Defecte privind aspectul elementelor

Sunt admise următoarele defecte privind aspectul elementelor din beton și beton armat:

- defecte de suprafață (pori, segregări, denivelări) având adâncimea de maximum 1 cm și suprafața de maximum 400 cm², iar totalitatea defectelor de acest tip fiind limitată la maximum 10% din suprafața feței elementului pe care sunt situate;
- defecte în stratul de acoperire al armăturilor (știrbiri locale, segregări) cu adâncimea mai mică decât grosimea stratului de acoperire, lungime maximum 5 cm iar totalitatea defectelor de acest tip fiind limitată la maximum 5% din lungimea muchiei respective; Defectele care se încadrează în limitele menționate mai sus pot să nu fie înscrise în procesul verbal care se întocmește, dar vor fi în mod obligatoriu remediate conform normativului C 149-87 până la recepționarea lucrării.

Defectele care depășesc limitele de la primul paragraf se înscriu în procesul verbal care se întocmește la examinarea elementelor după decofrare și vor fi remediate conform soluțiilor stabilite de proiectant și/sau expert, după caz.

4.9.6.2. Abateri limită la dimensiunile elementelor executate monolit

A. Lungimi (deschideri, lumini) ale grinzilor, plăcilor, pereților:

- până la 3 m: ±16 mm
- 3...6 m: ±20 mm
- peste 6 m: ±25 mm

- B. Dimensiunile secțiunii transversale:
- grosimea pereților și plăcilor până la 10 cm, inclusiv: ± 3 mm
 - grosimea pereților și plăcilor peste 10 cm: ± 5 mm
- C. Lățimea și înălțimea secțiunii grinzilor și stâlpilor
- până la 50 cm: ± 5 cm
 - peste 50 cm: ± 8 cm
- D. Fundații:
- dimensiuni în plan: ± 20 mm
 - înălțimi până la 2 m: ± 20 mm
 - înălțimi peste 2 m: ± 30 mm

4.9.6.3. Abateri limită la forma muchiilor și suprafețelor elementelor:

- A. Pentru 1 m lungime de muchie, respectiv 1 mp de suprafață: 4 mm
- B. Pentru lungimea totală a muchiei L respectiv suprafața totală, cu latura cea mai mare L (indiferent de tipul elementului):
- $L \leq 3$ m 10 mm
 - $3,00 < L \leq 9,00$ m 12 mm
 - $9,00 < L \leq 18$ m 6 mm
 - $L > 18$ m 20 mm

4.9.6.4. Abaterile limită la înclinarea muchiilor și suprafețelor elementelor față de prevederile proiectului

Tabelul 4.9.3 Abaterile limită la înclinarea muchiilor și suprafețelor elementelor față de prevederile proiectului sunt (conform cap. 13 III. Bibliografie pct. 13)

Elementele la care se referă abaterile limită	Înclinarea muchiei sau suprafeței față de:		
	Verticală	Orizontală	Poziția oblică din proiect
Pe 1 m lungime sau pe 1 m de suprafață [mm]	3	5	5
Pe toată lungimea sau pe toată suprafața elementului [mm]:	16	20	16
a) Stâlpi, pereți, fundații	5	10	10
b) Grinzi	-	10	10
c) Fețele superioare ale pereților (diafragmelor)	40	-	-
d) Pereții de silozuri, castele de apă, tumuri etc. executate fără glisare	-	10	10
e) Plăci de planșeu sau acoperiș			

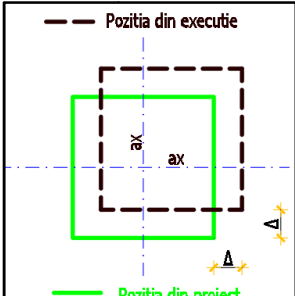
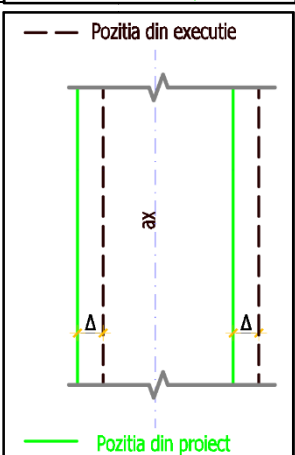
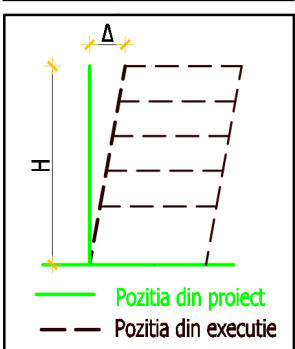
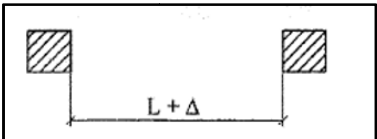
4.9.6.5. Abaterile limită de poziție ale elementelor

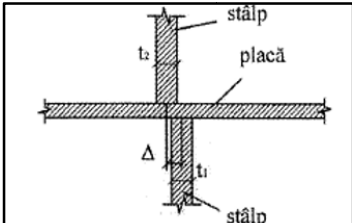
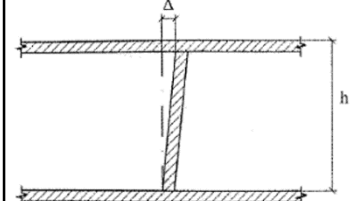
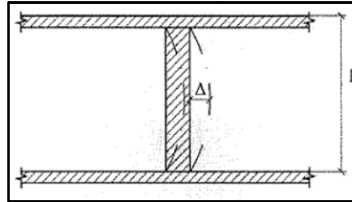
- A. Axe în plan orizontal:
- pentru fundații 10 mm
 - pentru stâlpi, grinzi, pereți la construcții civile și industriale 10 mm
- B. Cote de nivel:
- fundații de structuri 10 mm
 - plăci și grinzi, cu deschiderea < 6 m 10 mm
 - plăci și grinzi cu deschiderea > 6 m 16 mm
 - grinzi pentru căile de rulare ale podurilor rulante 5 mm
 - reazeme intermediare (la construcții etajate) 10 mm

4.9.6.6. Abateri limita sintetizate in tabel si schite, ce trebuiesc respectate in procesul de executie:

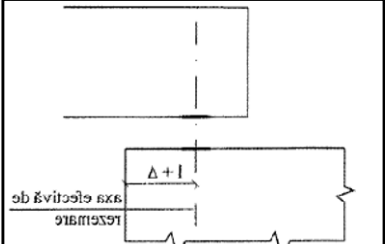
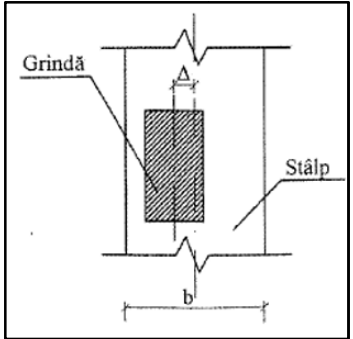
Abaterile admisibile la efectuarea lucrărilor de execuție sunt stabilite conform cu anexa D a normativului NE 012-2, pentru clasa de toleranțe 1 (toleranțe normale). Clasa de toleranțe 1 ia în considerare ipotezele de proiectare din SR EN 1992, pentru elemente structurale, precum și nivelul necesar de siguranță pentru elemente structurale.

Abateri admisibile pentru poziția stâlpilor și peretilor

<p>A) Poziția în plan a unui stâlp: se limitează abaterea (distanța) dintre poziția prevăzută în proiect a stâlpului și poziția rezultată în execuție, conform figurii.</p> <p>Abatere admisibilă: $\Delta = \pm 25 \text{ mm}$</p>	
<p>B) Poziția în plan a unui perete: se limitează abaterea (distanța) dintre poziția prevăzută în proiect a stâlpului și poziția rezultată în execuție, conform figurii.</p> <p>Abatere admisibilă: $\Delta = \pm 25 \text{ mm}$</p>	
<p>C) Poziția unui stâlp sau perete față de linia verticală prin centrul sau, de la nivelul de la baza, în clădiri multietajate:</p> <p>Abatere admisibilă: $\Delta = \text{maximul dintre } (\pm 50 \text{ mm}) \text{ și } (\frac{H}{200 \times N^2})$</p> <p>n-numărul de etaje</p>	
<p>D) Distanța între stâlpi sau pereți adiacenți: diferența între distanța (L) prevăzută și cea efectivă, măsurată între suprafețele stâlpilor sau peretilor:</p> <p>Abatere admisibilă: $\Delta = \text{maximul dintre } (\pm 25 \text{ mm}) \text{ și } L/600$</p>	

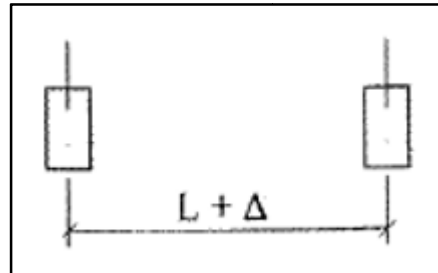
<p>E) Abaterea între axele centrelor la stalpi și pereti</p> <p>Abatere admisibilă $\Delta = \text{maximul dintre } (\pm 15 \text{ mm}) \text{ și } (t/30)$</p>	
<p>F) Inclinarea stălpului, la fiecare nivel, în clădiri cu unul sau mai multe etaje, măsurată ca în figura.</p> <p>Abatere admisibilă $\Delta = \text{maximul dintre } (\pm 15 \text{ mm}) \text{ și } (h/300)$</p>	
<p>G) Curbura unui stâlpi între planșeele unui etaj, măsurată ca în figura, acolo unde valoarea este maximă</p> <p>Abatere admisibilă $\Delta = \text{maximul dintre } (\pm 15 \text{ mm}) \text{ și } (h/300)$</p>	

2. Abateri admisibile pentru poziția grinzilor și placilor (sau a altor elemente structurale orizontale sau înclinate):

<p>A) Poziția axei reazemului: diferența între distanța prevăzută și cea efectivă între marginea reazemului și axa reazemului</p> <p>Abatere admisibilă $\Delta = \text{maximul dintre } (\pm 15 \text{ mm}) \text{ și } (l/20)$</p>	
<p>B) Poziția grinzii la îmbinarea grindă-stâlpi: distanța între axa stălpului și axa grinzii, la fața stălpului</p> <p>Abatere admisibilă $\Delta = \text{maximul dintre } (\pm 20 \text{ mm}) \text{ și } (b/30)$</p>	

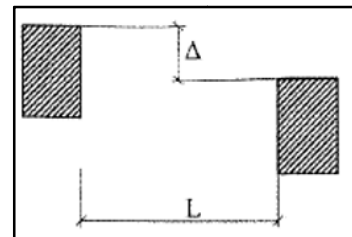
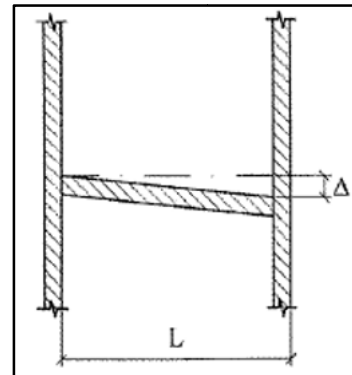
- C) Distanța între grinzi adiacente: diferența între distanța (L) prevăzută și cea efectivă, măsurată între axele grinzelor

Abatere admisibilă $\Delta = \text{maximul dintre } (\pm 15 \text{ mm}) \text{ și } (L/500)$



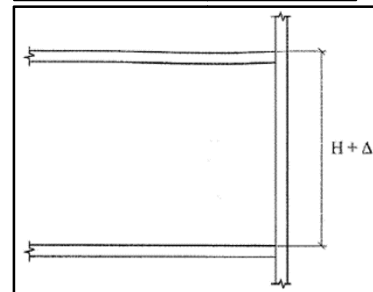
- D) Diferența de nivel, neintenționată, între două grinzi adiacente, sau înclinarea neintenționată a unei grinzi sau a unei plăci, măsurată ca diferența de nivel între laturile opuse, aflate la distanța L

Abatere admisibilă $\Delta = \pm (10 + L/500) \text{ mm}$



- E) Distanța între plăcile succesive, în zona de rezemare: diferența între distanța (H) prevăzută și cea efectivă, măsurată între fețele superioare ale plăcilor:

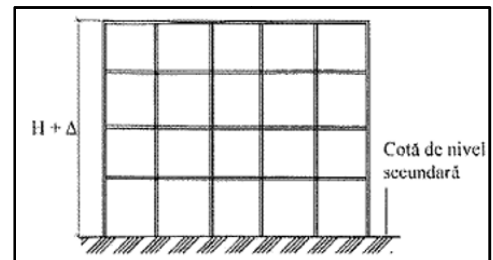
Abatere admisibilă $\Delta = \pm 15 \text{ mm}$



- F) Înălțimea totală la nivelul plăcii superioare față de nivelul secundar de la baza clădirii: diferența între înălțimea totală (H) prevăzută și cea efectivă, în funcție de mărimea înălțimii totale

H(m)	Δ
≤ 20	$\pm 20 \text{ mm}$
$> 20 \dots < 100$	$\pm 0,5(H+20) \text{ mm}$
≥ 100	$\pm 0,2(H+200) \text{ mm}$

Abatere admisibilă $\Delta = \pm 15 \text{ mm}$



4.9.7. Defecte la turnarea betonului și remedierea lor

A. Defecte la turnarea betonului

Ca urmare a betonării necorespunzătoare și a neglijării operației de compactare pot apărea în masa betonului goluri, segregări, caverne etc. care pot avea ca efect cedarea construcției.

Golurile în beton pot apărea:

- datorită unei îndesiri prea mari a armăturilor în anumite zone;
- unei compoziții granulometrice necorespunzătoare a agregatelor (existența în agregate a unor pietre prea mari);
- unui beton cu consistență necorespunzătoare sau
- unei compactări necorespunzătoare.

Pentru a evita producerea unor defecțiuni trebuie respectate cu strictețe condițiile generale de betonare, compactarea betoanelor și turnarea betonului în diferite elemente; de asemenea personalul implicat în executarea lucrărilor (betoniștii, conducătorul tehnic al lucrării) vor examina vizual elementele de construcție în timpul decofrării, cercetând cum se prezintă fețele văzute ale stâlpilor, planșelor etc. dacă au fisuri vizibile, colțuri căzute, cuiburi de segregare, materiale străine înglobate în beton.

Este interzisă cu desăvârșire tencuirea zonelor cu defecte înainte de cercetarea acestora de către compartimentul tehnic de control al calității al executantului (CTC) care va stabili modul de remediere sau va solicita efectuarea unor încercări de către laboratorul atestat (control nedistructiv sau extragerea de carote) sau expertiza tehnică a lucrării, după caz; pentru defecțiuni mai grave se va anunța beneficiarul/reprezentantul autorizat și proiectantul; soluțiile de remediere vor trebui vizate de proiectant.

B. Remedierea defectelor

Lucrările de remediere se fac în 3 faze;

- a) lucrări pregătitoare
- b) îndepărtarea betonului din zonele cu defecte
- c) lucrări de refacere a betonului

a) *Lucrări pregătitoare.* Elementele care urmează a fi reparate trebuie să fie bine sprijinite și să se ia toate măsurile pentru respectarea normelor de securitate a muncii; vor fi sprijinite de asemenea toate elementele

care sunt în legătură directă cu cele care urmează a fi reparate, pentru a degreva aceste elemente, precum și elementele din zonele învecinate.

b) *Îndepărtarea betonului defect*

- betonul din porțiunile cu defecte va fi îndepărtat până la betonul sănătos; îndepărtarea se va face manual, cu spițul și ciocanul, cu multă atenție astfel încât betonul sănătos din secțiunile învecinate să nu fie deranjat sau construcția să nu fie expusă la șocuri;
- rosturile dintre betonul vechi și betonul nou vor avea direcții perpendiculare pe axul elementelor;
- betonul din aceste rosturi trebuie îndepărtat prin simplă lovire până acolo unde granulele mari ale agregatului ajung să se spargă fără a ieși din alveolă (locăș); suprafețele rosturilor se vor spăla bine cu jet de apă puternic, sub presiune; udarea se va repeta cu cel puțin 24 h înainte de turnare, pentru a se asigura o bună umezire în porțiunea care urmează a fi completată;
- suprafața betonului vechi în momentul turnării betonului de reparație va fi umedă, excesul de apă îndepărtându-se prin ștergere.

c) *Lucrări de refacere a betonului:*

- armătura existentă a elementului care a avut de suferit eventuale deformări va fi reparată și așezată în poziția inițială prevăzută în proiect; ea va fi curățită de beton aderent, cu peria de sârmă;
- pe baza soluției stabilită de proiectant, în anumite cazuri, în zona supusă remedierii se pot introduce armături suplimentare (armături longitudinale și etrieri închiși);
- betonul care se va turna în porțiunea refăcută va fi de clasă imediat superioară celei din

elementul reparat; prin dispoziția de remediere a elementului de beton se vor preciza caracteristicile betonului (tipul cimentului, dozajul de ciment, agregatele pe sorturi, de regulă 3 sorturi; 0-3, 3-7, 7-15 mm, curba granulometrică corespunzătoare, raportul A/C corespunzător unei consistențe T_2T_3);

- se va realiza un cofraj local foarte rigid care să permită o compactare energetică, fără deformare;
- înainte de a se introduce betonul în cofraj, în secțiunea de întrerupere se va întinde un mortar de ciment cu dozaj 1:2 și grosimea de cca 1 cm, în care se va îndesa betonul nou turnat; introducerea betonului în cofraj se va face în straturi de maximum 10 cm; betonul va fi bine compactat prin îndesare cu vergele de fier, ciocane, șipci, folosindu-se acolo unde este posibil vibratoare; în primele 7 zile de la turnare se va uda betonul nou din abundență și se va acoperi pentru păstrarea umidității.

Intocmit
ing. Cantor Dana Maria

