

PROIECT

COD DE PROIECTARE. BAZELE PROIECTĂRII CONSTRUCȚIILOR
Indicativ CR 0 - 2012

Cuprins

1. ELEMENTE GENERALE	4
1.1 DOMENIU DE APLICARE	4
1.2 IPOTEZE	4
1.3 DEFINIȚII ȘI TERMENI DE SPECIALITATE.....	4
1.3.1 Termeni pentru proiectare	4
1.3.2 Termeni pentru acțiuni.....	5
1.3.3 Termeni pentru proprietățile/rezistențele materialelor.....	7
1.3.4 Termeni pentru geometria structurii.....	7
1.4 SIMBOLURI	7
1.5 DOCUMENTE DE REFERINȚĂ.....	9
2. REGULI/CERINȚE DE BAZĂ.....	10
2.1 REGULI/CERINȚE DE BAZĂ	10
2.2 MANAGEMENTUL SIGURANȚEI	10
2.3 DURATA DE VIAȚĂ PROIECTATĂ A STRUCTURII/CONSTRUCȚIEI.....	10
2.4 DURABILITATEA STRUCTURII/CONSTRUCȚIEI.....	11
2.5 MANAGEMENTUL CALITĂȚII.....	11
3. PRINCIPILE PROIECTĂRII LA STĂRI LIMITĂ.....	11
3.1 ELEMENTE GENERALE	11
3.2 SITUAȚII DE PROIECTARE	11
3.3 STĂRI LIMITĂ ULTIME	12
3.4 STĂRI LIMITĂ DE SERVICIU	12
3.5 PROIECTAREA LA STĂRI LIMITĂ	13
4. VARIABLE DE BAZĂ	13
4.1 ACȚIUNI.....	13
4.1.1 Clasificarea acțiunilor	13
4.1.2 Valori caracteristice ale acțiunilor.....	13
4.1.3 Alte valori reprezentative ale acțiunilor variabile.....	14
4.1.4 Reprezentarea acțiunilor pentru structurile sensibile la oboseală	15
4.1.5 Reprezentarea acțiunilor dinamice.....	15
4.1.6 Acțiuni geotehnice.....	15
4.1.7 Influența mediului	15
4.2 PROPRIETĂȚILE/REZISTENȚELE MATERIALELOR	15
4.3 GEOMETRIA STRUCTURII	16
5. MODELAREA STRUCTURALĂ.....	16
6. PROIECTAREA PRIN METODA COEFICIENȚILOR PARȚIALI DE SIGURANȚĂ	17
6.1 ELEMENTE GENERALE	17
6.2 LIMITĂRI	17
6.3 VALORI DE PROIECTARE	17
6.3.1 Valori de proiectare ale acțiunilor	17
6.3.2 Valori de proiectare ale efectelor acțiunilor	18
6.3.3 Valori de proiectare ale proprietăților/rezistențelor materialelor	18
6.3.4 Valori de proiectare pentru rezistențele elementelor structurale	18
6.3.5 Valori de proiectare pentru datele geometrice	19
6.4 STĂRI LIMITĂ ULTIME	19
6.4.1 Elemente generale.....	19
6.4.2 Verificarea rezistenței structurii și a echilibrului static	20
6.4.3 Combinarea sau gruparea (efectelor) acțiunilor.....	20
6.4.4 Coeficienți parțiali de siguranță pentru acțiuni și combinarea efectelor acțiunilor.....	22
6.4.5 Coeficienți parțiali de siguranță pentru materiale	22
6.5 STĂRI LIMITĂ DE SERVICIU	22
6.5.1 Verificări.....	22
6.5.2 Criterii de serviciu	22
6.5.3 Combinarea (efectelor) acțiunilor	22

1. ELEMENTE GENERALE

1.1 Domeniu de aplicare

Codul cuprinde principii, reguli de aplicare și date de bază armonizate cu standardul SR EN 1990, necesare pentru proiectarea și verificarea clădirilor, structurilor, elementelor structurale și ale tuturor elementelor de construcții, instalații, echipamente și mobilier pentru care există cerințe normative de rezistență, stabilitate și durabilitate.

Codul se aplică pentru proiectarea și verificarea clădirilor și construcțiilor ingineresti noi sau a celor existente, în vederea reabilitării sau schimbării funcțiunii acestora.

Prevederile codului nu se aplică la proiectarea centralelor nucleare-electrice, barajelor și podurilor.

Prevederile codului se adresează investitorilor, proiectanților, executanților de lucrări, precum și organismelor de verificare și control (verificarea și/sau expertizarea proiectelor, verificarea, controlul și/sau expertizarea lucrărilor, după caz).

1.2 Ipoteze

Ipotezele generale care stau la baza prevederilor codului sunt:

- alegerea sistemului structural și proiectarea structurii sunt făcute de personal calificat și cu experiență;
- execuția lucrărilor este efectuată de personal având experiența și cunoștințele corespunzătoare;
- materialele de construcție și produsele utilizate respectă specificațiile de material și produs conform legislației în vigoare;
- structura este adecvat întreținută în exploatare;
- structura este utilizată în acord cu ipotezele din proiectare.

1.3 Definiții și termeni de specialitate

1.3.1 Termeni pentru proiectare

- *Criterii de proiectare:* formulări cantitative care descriu condițiile ce trebuie îndeplinite în diferite stări limită;
- *Situații de proiectare:* set de condiții fizice reprezentând situațiile reale ce au loc într-un interval de timp considerat, pentru care proiectarea asigură că stările limită relevante nu sunt depășite;
- *Situație tranzitorie de proiectare:* situație de proiectare care este relevantă pe o durată de timp mai scurtă decât durata de viață proiectată și care are o probabilitate mare de a se produce;
- *Situație persistentă de proiectare:* situație de proiectare ce este relevantă pe un interval de timp de același ordin cu durata vieții structurii (condiția normală de proiectare);
- *Situație accidentală de proiectare:* situație ce implică condiții de expunere excepțională a structurii la foc, explozii, impact, cedare locală;
- *Situație de proiectare seismică:* situație de proiectare excepțională când structura este expusă unui eveniment seismic;
- *Proiectare la incendiu:* situație de proiectare a performanței necesare în caz de incendiu;

- *Durata de viață proiectată*: durata de timp considerată pentru care structura sau parte a acesteia trebuie utilizată fără reparații majore în condiții normale de întreținere/mentenanță;
- *Hazard*: un eveniment neuzual și sever provenind din mediul natural, o rezistență insuficientă sau abateri dimensionale excesive;
- *Stare limită*: stare dincolo de care structura nu mai îndeplinește criteriile de proiectare;
- *Stare limită ultimă*: stare asociată cu ruperea elementelor structurale și alte forme de cedare structurală care pot pune în pericol siguranța vieții oamenilor;
- *Stare limită de serviciu*: stare dincolo de care cerințele de serviciu specificate pentru structură și elementele sale structurale nu mai sunt îndeplinite. În cazul în care consecințele acțiunilor ce au provocat depășirea cerințelor de serviciu rămân și după ce acțiunile respective au fost îndepărtate, starea limită de serviciu este denumită ireversibilă; în caz contrar este denumită stare limită de serviciu reversibilă.
- *Variabilă de bază*: variabilă reprezentând mărimi fizice ce caracterizează acțiunile, geometria și proprietățile materialelor, inclusiv proprietățile terenului;
- *Valoare nominală*: valoare stabilită pe baze nestatistice;
- *Reparație*: refacerea sau înnoirea oricărei părți degradate sau avariate a construcției cu scopul de a obține același nivel de rezistență, rigiditate și/sau ductilitate, cu cel anterior degradării;
- *Consolidare*: refacerea sau înnoirea oricărei părți a construcției (a unor elemente sau ansamblu de elemente) în scopul obținerii unei capacități structurale sporite, de exemplu, capacitate de rezistență superioară, rigiditate mai mare, ductilitate ridicată.

1.3.2 Termeni pentru acțiuni

1.3.2.1 Acțiuni (*F*)

Acțiunile asupra construcțiilor se pot exprima prin:

- a) Forțe/încărcări aplicate asupra structurii (acțiuni directe);
- b) Accelerații provocate de cutremure sau alte surse (acțiuni indirecte);
- c) Deformații impuse cauzate de variații de temperatură, umiditate, tasări diferențiate sau provocate de cutremure (acțiuni indirecte).

1.3.2.2 Efect al acțiunii (*E*)

Efectul acțiunii/acțiunilor pe structură se poate exprima în termeni de efort secțional și/sau efort unitar în elementele structurale, precum și în termeni de deplasare și/sau rotire pentru elementele structurale și structură în ansamblu.

1.3.2.3 Acțiune permanentă (*G*)

Acțiune pentru care variația în timp a parametrilor ce caracterizează acțiunea este nulă sau neglijabilă.

1.3.2.4 Acțiune variabilă (*Q*)

Acțiune pentru care variația în timp a parametrilor ce caracterizează acțiunea nu este nici monotonă nici neglijabilă.

1.3.2.5 Acțiune accidentală (A)

Acțiune de durată scurtă dar de intensitate semnificativă, pentru care există o probabilitate redusă de a se exercita asupra structurii în timpul duratei sale de viață proiectate.

De exemplu, impactul și impulsul sunt acțiuni accidentale, iar zăpada și vântul sunt acțiuni variabile.

1.3.2.6 Acțiune seismică (A_E)

Acțiune asupra structurii datorată mișcării terenului provocată de cutremure.

1.3.2.7 Acțiune geotehnică

Acțiune transmisă structurii de către teren, umplutura de pământ și apa subterană.

1.3.2.8 Acțiune fixă și acțiune liberă

Acțiunea fixă are distribuția și poziția fixe pe structură. Acțiunea liberă poate avea diverse distribuții și poziții pe structură.

1.3.2.9 Acțiune statică

Acțiune ce nu provoacă forțe de inerție pe structură și în elementele sale componente.

1.3.2.10 Acțiune dinamică

Acțiune care provoacă forțe de inerție semnificative pe structură și în elementele sale componente.

1.3.2.11 Acțiunea cvasistatică

Acțiune dinamică reprezentată printr-o acțiune statică echivalentă.

1.3.2.12 Valoare caracteristică a unei acțiuni (F_k)

Valoarea caracteristică a unei acțiuni (F_k) reprezintă principala valoare reprezentativă a acțiunii. Valoarea caracteristică a unei acțiuni corespunde unei probabilități mici de depășire a acțiunii în sensul defavorabil pentru siguranța structurii în timpul unui interval de timp de referință. Valoarea caracteristică se determină ca fractil al repartiției statistice a acțiunii.

1.3.2.13 Valoare de proiectare a unei acțiuni (F_d)

Valoare obținută prin multiplicarea valorii caracteristice, F_k cu un coeficient parțial de siguranță, γ_f ce ia în considerație incertitudinile nealeatoare, cu caracter defavorabil asupra siguranței structurale, ce caracterizează acțiunea.

1.3.2.14 Valoare cvasipermanentă a unei acțiuni variabile ($\psi_2 Q_k$)

Valoare determinată, astfel încât durata totală în care aceasta este depășită reprezintă un procent ridicat din durata de viață proiectată a structurii.

Valoare exprimată ca o fracțiune din valoarea caracteristică a acțiunii utilizând factorul $\psi_2 \leq 1$.

1.3.2.15 Valoarea frecventă a unei acțiuni variabile ($\psi_1 Q_k$)

Valoare determinată în mod ideal pe baze statistice astfel încât pe durata de viață a structurii această valoare se întâlnește frecvent; se exprimă ca o fracțiune din valoarea caracteristică a acțiunii utilizând factorul $\psi_1 \leq 1$.

1.3.2.16 Valoarea de combinare/grupare a unei acțiuni variabile ($\psi_0 Q_k$)

Valoare determinată în mod ideal pe baze statistice, astfel încât probabilitatea de depășire a efectelor provocate de combinația (gruparea) de încărcări din care face parte este aproximativ aceeași cu probabilitatea de depășire a valorii sale caracteristice; se exprimă ca o fracțiune din valoarea caracteristică a acțiunii utilizând factorul $\psi_0 \leq 1$.

1.3.3 Termeni pentru proprietățile/rezistențele materialelor

1.3.3.1 Valoare caracteristică a unei proprietăți mecanice/rezistențe (X_k sau R_k)

Valoarea caracteristică a unei proprietăți mecanice/rezistențe a materialului structural corespunde unei probabilități mici de nedepășire a valorii proprietății mecanice/rezistenței. Valoarea caracteristică se determină ca fractil inferior al repartiției statistice a proprietății mecanice/rezistenței materialului.

În lipsa datelor statistice poate fi folosită ca valoare caracteristică o valoare nominală stabilită determinist sau indicată în documente specifice.

1.3.3.2 Valoare de proiectare a unei proprietăți mecanice/rezistențe (X_d sau R_d)

Valoarea de proiectare a unei proprietăți mecanice/rezistențe este obținută prin împărțirea valorii caracteristice, X_k sau R_k la un coeficient parțial de siguranță, γ_m sau γ_M ce ia în considerare incertitudinile nealeatoare, cu caracter defavorabil asupra siguranței structurale.

1.3.3.3 Valoare nominală (X_{nom} sau R_{nom})

Valoarea nominală este valoarea din documente specifice de material sau de produs utilizată în lipsa datelor statistice.

1.3.4 Termeni pentru geometria structurii

1.3.4.1 Valoare caracteristică a unei proprietăți geometrice (a_k)

Valoarea caracteristică a unei proprietăți geometrice (a_k) corespunde, de obicei, dimensiunilor specificate în proiect.

1.3.4.2 Valoare de proiectare a unei proprietăți geometrice (a_d)

Valoarea de proiectare a unei proprietăți geometrice este egală, în general, cu valoarea nominală.

1.4 Simboluri

Litere latine majuscule

A	Acțiune accidentală
A_d	Valoare de proiectare a acțiunii accidentale
A_{Ed}	Valoare de proiectare a acțiunii seismice
A_{Ek}	Valoare caracteristică a acțiunii seismice
C_d	Valoarea limită a unui criteriu de serviciu specificat
E	Efect al acțiunii
E_d	Valoare de proiectare a efectului acțiunilor
$E_{d,dst}$	Valoare de proiectare a efectului acțiunilor cu efect defavorabil asupra stabilității structurale
$E_{d,stab}$	Valoare de proiectare a efectului acțiunilor cu efect favorabil asupra stabilității structurale

F	Acțiune
F_d	Valoare de proiectare a unei acțiuni
F_k	Valoare caracteristică a unei acțiuni
F_{rep}	Valoare reprezentativă a unei acțiuni
G	Acțiunea permanentă
G_d	Valoare de proiectare a acțiunii permanente
$G_{d,inf}$	Valoare inferioară de calcul a acțiunii permanente
$G_{d,sup}$	Valoare superioară de calcul a acțiunii permanente
G_k	Valoare caracteristică a acțiunii permanente
$G_{k,j}$	Valoare caracteristică a acțiunii permanente j
$G_{k,j,sup}/G_{k,j,inf}$	Valoare caracteristică superioară/inferioară a acțiunii permanente j
P	Valoare reprezentativă a acțiunii precomprimării
P_d	Valoare de proiectare a acțiunii precomprimării
P_k	Valoare caracteristică a acțiunii precomprimării
P_m	Valoare medie a acțiunii precomprimare
Q	Acțiune variabilă
Q_d	Valoare de proiectare a unei acțiuni variabile
Q_k	Valoare caracteristică a unei acțiuni variabile
$Q_{k,1}$	Valoare caracteristică a principalei acțiuni variabile, 1
$Q_{k,i}$	Valoare caracteristică a unei acțiuni variabile asociate, i
R	Rezistența
R_d	Valoare de proiectare a unei rezistențe
R_k	Valoare caracteristica a unei rezistențe
X	Proprietate a materialului
X_d	Valoare de proiectare a unei proprietăți a materialului
X_k	Valoare caracteristica a unei proprietăți a materialului

Litere latine mici

a_d	Valoare de proiectare a unei proprietăți geometrice
a_k	Valoare caracteristică a unei proprietăți geometrice
a_{nom}	Valoare nominală a unei proprietăți geometrice

Litere grecești majuscule

Δa	Abaterile, erorile nefavorabile față de valorile nominale și efectul cumulativ al producerii simultane a mai multor abateri geometrice
------------	--

Litere grecești mici

γ	Coeficient parțial de siguranță
γ	Coeficient parțial de siguranță pentru acțiuni, ce ține seama de posibilitatea unor abateri nefavorabile și nealeatoare ale valorii acțiunii de la valoarea sa caracteristică
γ	Coeficient parțial de siguranță pentru acțiuni, care ține seama de incertitudinile modelului și de variațiile dimensionale
γ_g	Coeficient parțial de siguranță pentru acțiuni permanente, ce ține seama de posibilitatea unor abateri nefavorabile ale valorilor acțiunii de la valorile reprezentative
γ_G	Coeficient parțial pentru acțiuni permanente, ce ține seama de incertitudinile modelării acțiunii și de variațiile dimensionale
$\gamma_{G,j}$	Coeficient parțial pentru acțiunea permanentă j
$\gamma_{G,j,sup}/\gamma_{G,j,inf}$	Coeficienți parțiali de siguranță pentru acțiunea permanentă j
γ	Factor de importanță și expunere a construcției pentru acțiunile din cutremur

γ_{w}	Factor de importanță și expunere a construcției pentru acțiunile din vânt
γ_{s}	Factor de importanță și expunere a construcției pentru acțiunile din zapadă
γ_m	Coeficientul parțial de siguranță pentru rezistența materialului ce ține seama de posibilitatea unor abateri nefavorabile și nealeatoare ale rezistenței materialului de la valoarea sa caracteristică;
γ_M	Coeficient parțial de siguranță pentru o proprietate de material, ce ține seama de incertitudinile modelului și de variațiile dimensionale
γ_P	Coeficient parțial de siguranță pentru acțiuni de precomprimare
γ_q	Coeficient parțial de siguranță pentru acțiuni variabile, ce ține seama de posibilitatea unor abateri nefavorabile ale valorilor acțiunii de la valorile sale reprezentative
γ_Q	Coeficient parțial de siguranță pentru acțiuni variabile, ce ține seama de incertitudinile modelului și de variații dimensionale
$\gamma_{Q,i}$	Coeficient parțial de siguranță pentru acțiunea variabilă i ($i = 1, 2, \dots$)
γ_{Rd}	Coeficient parțial de siguranță ce evaluează incertitudinea modelului de calcul al rezistenței
γ_{Sd}	Coeficient parțial de siguranță ce evaluează incertitudinile privind modelul de calcul al efectului în secțiune al acțiunii F_d și, în unele cazuri, în modelarea acțiunii
η	Valoarea medie a factorului de conversie ce ține cont de efectele de volum, scară, de umiditate, temperatură, timp și de alți parametri asupra rezistenței materialului testat;
ψ_0	Factor pentru valoarea de grupare a unei acțiuni variabile
ψ_1	Factor pentru valoarea frecventă a unei acțiuni variabile
ψ_2	Factor pentru valoarea cvasipermanentă a unei acțiuni variabile.

1.5 Documente de referință

(1) Următoarele referințe normative conțin prevederi care, prin trimiteri făcute în prezentul text, constituie prevederi ale acestui cod:

Nr. Crt.	Acte legislative	Publicația
1.	P100-1:2006 “Cod de proiectare seismică. Partea I. Prevederi de proiectare pentru clădiri”	Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr. 1711/ 2006 publicat în Monitorul Oficial al României, partea I nr. 803 și 803 bis din 25 septembrie 2006
2.	NP122/2010 “Normativ privind determinarea valorilor caracteristice și de calcul ale parametrilor geotehnici”	Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr. 2690/ 2010 publicat în Monitorul Oficial al României, partea I nr. 158 bis din 4 martie 2011

Nr. Crt.	Standarde	Denumire
1.	SR EN 1990: 2004	Eurocod 0: Bazele proiectării structurilor.
2.	SR EN 1990:2004/NA: 2006	Eurocod 0: Bazele proiectării structurilor. Anexă națională.
3.	SR EN 1991-1-2:2004	Eurocod 1. Acțiuni asupra structurilor. Acțiuni generale. Acțiuni asupra structurilor expuse la foc.
4.	SR EN 1991-1-2/NA	Eurocod 1. Acțiuni asupra structurilor. Acțiuni generale. Acțiuni asupra structurilor expuse la foc. Anexă națională.

2. REGULI/CERINȚE DE BAZĂ

2.1 Reguli/cerințe de bază

2.1.1 Structurile vor fi proiectate și executate cu un grad de siguranță corespunzător și în mod economic, astfel încât în timpul duratei lor de viață proiectate să preia toate acțiunile din timpul execuției și exploatarei construcției și să rămână funcționale pentru scopul pentru care au fost proiectate.

2.1.2 Structurile vor fi proiectate și executate pentru a rezista și la acțiuni produse de incendii, explozii, impact și consecințe ale erorilor umane, fără a fi degradate într-o măsură excesivă în raport cu exploatarea acestora.

2.1.3 Avarierea și degradarea potențială a unei structuri trebuie evitate sau limitate prin:

- eliminarea sau reducerea hazardurilor la care poate fi expusă;
- alegerea unui tip de structură ce este puțin vulnerabilă la hazardurile considerate;
- evitarea unor sisteme structurale ce pot ceda fără avertisment;
- utilizarea unor sisteme structurale unde elementele structurale conlucrează în preluarea acțiunilor.

2.2 Managementul siguranței

2.2.1 Nivelul de siguranță cerut pentru structurile proiectate în acord cu prezentul cod se poate realiza prin:

- a) proiectarea structurilor conform reglementărilor tehnice în construcții în vigoare în România,
- b) execuție corespunzătoare și luare de măsuri de management al calității lucrărilor.

2.2.2 În funcție de clasele de consecințe definite în anexa A2 pot fi adoptate nivele diferite de siguranță pentru rezistența structurală.

2.2.3 Alegerea nivelelor de siguranță pentru o structură va lua în considerare factori relevanți precum:

- cauzele posibile și modul de evoluție a structurii spre o stare limită (ultimă și/sau de serviciu);
- consecințele posibile ale cedării exprimate în termeni de risc de pierdere a vieții și de pierderi economice potențiale;
- reacția publicului față de cedarea structurii;
- costul reducerii a riscului de cedare (a structurii).

2.2.4 Pot fi adoptate nivele diferite de siguranță prin considerarea structurii ca ansamblu și/sau prin considerarea separată a elementelor sale componente.

2.3 Durata de viață proiectată a structurii/construcției

Durata de viață proiectată a structurii/construcției trebuie specificată. Aceasta poate fi simplificat evaluată ca în Tabelul 2.1.

Tabelul 2.1 - Durate indicative de viață proiectată pentru structuri/construcții

Categoria duratei vieții	Durata de viață proiectată a structurii/construcției, în ani	Exemple
5	≥ 100	Clădiri monumentale și structuri ingineresti importante
4	50 - 100	Clădiri și alte structuri curente
3	15 - 30	Construcții agricole sau similare
2	10 - 25	Părți de structură ce pot fi înlocuite
1	10	Structuri temporare

Notă - Structurile sau părți ale structurilor ce pot fi dezmembrate pentru a fi refolosite nu vor fi considerate ca temporare.

2.4 Durabilitatea structurii/construcției

2.4.1 În faza de proiectare se vor identifica condițiile de mediu și se vor evalua influențele acestora asupra durabilității și protecției materialelor structurii.

2.4.2 Gradul de degradare poate fi estimat pe baza calculului, a cercetărilor experimentale și/sau a experienței obținute de la construcțiile similare precedente.

2.5 Managementul calității

2.5.1 În vederea realizării unei structuri ce corespunde regulilor și ipotezelor considerate la proiectare trebuie luate măsuri de management al calității lucrărilor privind definirea cerințelor de siguranță precum și măsuri organizatorice și de control în stadiile de proiectare, execuție și funcționare a clădirii.

3. PRINCIPIILE PROIECTĂRII LA STĂRI LIMITĂ

3.1 Elemente generale

3.1.1 Trebuie făcută distincția între stările limită ultime și stările limită de serviciu.

3.1.2 Verificarea uneia dintre cele două categorii de stări limită poate fi omisă dacă există suficiente informații ce demonstrează că verificarea una dintre stări este satisfăcută de verificarea celeilalte.

3.1.3 Stările limită sunt corelate cu situațiile de proiectare (pct. 3.2)

3.1.4 Verificarea stărilor limită care se referă la efecte dependente de timp trebuie asociată cu durata de viață proiectată a structurii. Se notează că în general efectele dependente de timp sunt cumulative.

3.2 Situații de proiectare

3.2.1 Situațiile de proiectare vor fi selectate pe baza circumstanțelor în care structura este obligată să-și îndeplinească funcțiunea.

3.2.2 Situațiile de proiectare vor fi clasificate după cum urmează:

- Situații de proiectare persistente sau normale, care se referă la condiții de utilizare/funcționare normală;
- Situații de proiectare tranzitorii, care se referă la condiții temporare aplicabile structurii, de exemplu în timpul execuției sau reparațiilor;
- Situații de proiectare accidentale, care se referă la condiții excepționale la care este expusă structura (de exemplu foc, explozii, impact și consecințele degradării locale);
- Situații de proiectare seismice, aplicabile structurilor expuse acțiunii seismice.

3.2.3 Situațiile de proiectare selectate vor fi suficient de severe și variate pentru a cuprinde toate condițiile care pot fi rațional prevazute în timpul execuției și utilizării construcției.

3.3 Stări limită ultime

3.3.1 Stările limită ce implică protecția vieții oamenilor și a siguranței structurii sunt clasificate ca stări limită ultime.

3.3.2 Stările limită ce implică protecția unor bunuri de patrimoniu sau de mare valoare trebuie deasemenea clasificate ca stări limită ultime. Asemenea cazuri sunt stabilite de către client și autoritatea relevantă.

3.3.3 Stările limită anterioare cedării structurale care, pentru simplitate, sunt considerate în locul prăbușirii propriu-zise, pot fi tratate ca stări limită ultime.

3.3.4 Dacă sunt relevante pentru siguranța structurii, vor fi verificate și următoarele stări limită ultime:

- pierderea echilibrului structurii sau al unei părți a acesteia, considerate ca un corp rigid;
- cedarea prin deformații excesive, transformarea structurii sau a oricărei părți a acesteia într-un mecanism, pierderea stabilității structurii sau a oricărei părți a acesteia, incluzând reazemele și fundațiile;
- cedarea cauzată de oboseală și de alte efecte dependente de timp.

3.4 Stări limită de serviciu

3.4.1 Stările limită ce iau în considerare (i) funcționarea structurii sau a elementelor structurale în condiții normale de exploatare, (ii) confortul oamenilor/ocupanților construcției respectiv limitarea vibrațiilor, deplasărilor și deformațiilor structurii și (iii) estetica construcției (deformații mari și fisuri extinse) sunt clasificate ca stări limită de serviciu.

3.4.2 Va fi făcută o distincție între stări limită de serviciu reversibile și ireversibile.

3.4.3 Verificarea stărilor limită de serviciu se va baza pe criterii privind următoarele aspecte:

- a) deformații ce afectează aspectul structurii, confortul utilizatorilor și funcționarea construcției sau cauzează degradarea finisajelor și elementelor nestructurale;
- b) vibrații ce provoacă disconfortul ocupanților sau care limitează funcționarea efectivă a structurii și/sau a aparatelor, utilajelor și echipamentelor din clădire/structură;
- c) alte degradări ce afectează defavorabil aspectul, durabilitatea și funcționalitatea clădirii/structurii.

3.5 Proiectarea la stări limită

3.5.1 Proiectarea la stări limită trebuie să se bazeze pe utilizarea unor modele de evaluare a acțiunilor și de calcul structural corespunzătoare stărilor limită considerate.

3.5.2 Se va verifica nedepășirea stărilor limită atunci când sunt utilizate valorile relevante (pentru proiectare) ale acțiunilor, proprietăților materialelor și datelor geometrice.

3.5.3 Verificările trebuie efectuate pentru toate situațiile de proiectare relevante și critice de combinare de încărcări/efecte ale încărcărilor.

3.5.4 Cerințele de proiectare în raport cu starea limită pot fi îndeplinite utilizând coeficienții de siguranță parțiali specificați în Capitolul 6 și exemplificați în Capitolul 7.

3.5.5 La proiectare trebuie să se țină seama și de posibilele abateri de la modul anticipat/preconizat de acțiune al unor încărcări precum și de eventualele imperfecțiuni geometrice ale construcției.

3.5.6 Informativ, poate fi efectuată și o proiectare bazată pe metode probabilistice atunci când se dispune de datele și modelele probabilistice necesare (vezi Anexele A1 și A2).

4. VARIABILE DE BAZĂ

4.1 Acțiuni

4.1.1 Clasificarea acțiunilor

4.1.1.1 Acțiunile pot fi clasificate după variația lor în timp astfel:

- Acțiuni permanente (G), de exemplu acțiuni directe precum greutatea proprie a construcției, a echipamentelor fixate pe construcții și acțiuni indirecte, de exemplu datorate contracției betonului și tasărilor diferențiate;
- Acțiuni variabile (Q), de exemplu acțiuni pe planșeele și acoperișurile clădirilor, acțiunea zăpezii, acțiunea vântului, împingerea pământului, a fluidelor și a materialelor pulverulente;
- Acțiuni accidentale (A), de exemplu acțiuni din explozii, acțiuni din impact;
- Acțiunea seismică (A_E).

4.1.1.2 Acțiunile provocate de presiunea apei pot fi considerate fie permanente fie variabile, în funcție de variația intensității lor în timp.

4.1.1.3 Acțiunile pot fi de asemenea clasificate

- după origine, ca directe sau indirecte;
- după variația spațială, ca fixe sau libere;
- după natura și/sau după răspunsul structurii, ca statice sau dinamice.

4.1.2 Valori caracteristice ale acțiunilor

4.1.2.1 Valoarea caracteristică, F_k a unei acțiuni denumită și valoarea sa reprezentativă poate fi determinată:

- pe baze probabilistice, printr-un fractil, de obicei superior (dar și inferior în unele cazuri) al repartiției statistice a acțiunii;

- pe baze deterministe, printr-o valoare nominală, utilizată în documentația proiectului în lipsa datelor statistice.

4.1.2.2 Valoarea caracteristică, a unei acțiuni permanente, G_k va fi evaluată după cum urmează:
- dacă variabilitatea lui G poate fi considerată redusă, se va utiliza o singură valoare G_k ;
- dacă variabilitatea lui G nu poate fi considerată redusă, vor fi utilizate două valori: o valoare superioară, $G_{k,sup}$ și o valoare inferioară, $G_{k,inf}$.

4.1.2.3 Variabilitatea lui G poate fi neglijată dacă G nu variază semnificativ pe durata de viață proiectată a structurii și coeficientul său de variație este mic ($0,05 \div 0,1$). În acest caz G_k va fi luat egal cu valoarea sa medie.

4.1.2.4 Dacă variabilitatea statistică a acțiunii G nu poate fi neglijată (coeficientul de variație al acțiunii este peste 0,10) și/sau pentru structurile a căror siguranță este sensibilă la variația lui G , în proiectare vor fi utilizate acele valori ale lui G ce au un efect defavorabil asupra siguranței. Acele valori pot fi după caz fie $G_{k,inf}$ – reprezentat de fractilul de 5% al repartiției statistice a acțiunii G , fie $G_{k,sup}$ – reprezentat de fractilul de 95% al repartiției statistice a acțiunii G . Repartiția statistică a lui G poate fi considerată normală.

4.1.2.5 Determinist, greutatea proprie a structurii poate fi reprezentată de o singură valoare caracteristică, valoare calculată pe baza dimensiunilor nominale și a greutății specifice medii.

4.1.2.6 Pretensionarea P , trebuie clasificată ca o acțiune permanentă cauzată de forțe controlate și/sau de deformații controlate impuse pe structură. Tipul de pretensionare trebuie diferențiat în funcție de soluția tehnologică (de exemplu pretensionare prin toroane/tendoane, pretensionarea prin deformații impuse reazemelor).

Valorile caracteristice ale pretensionării, la un timp t , pot fi o valoare superioară $P_{k,sup}(t)$ și o valoare inferioară $P_{k,inf}(t)$. Pentru stările limită ultime va fi utilizată o valoare medie $P_m(t)$.

4.1.2.7 Pentru acțiunile variabile valoarea caracteristică Q_k va corespunde:

- fie unei valori superioare cu o probabilitate specificată de a nu fi depășită într-un interval de timp precizat;
- fie unei valori nominale, în cazurile unde reprezentarea statistică nu este cunoscută.

4.1.2.8 În general, valoarea caracteristică a acțiunilor din vânt și din zăpadă se definește prin probabilitatea de nedepășire de 2% într-un an, ceea ce corespunde unui interval mediu de recurență de 50 de ani a unei valori mai mari decât valoarea caracteristică, $IMR=50$ ani. În anumite cazuri valoarea caracteristică a acțiunilor climatice se poate defini și cu alte probabilități de nedepășire într-un an.

4.1.2.9 Pentru acțiuni accidentale, valoarea de proiectare A_d trebuie specificată pentru fiecare proiect individual în parte.

4.1.2.10 Pentru acțiuni seismice valoarea de proiectare A_{Ed} va fi determinată din valoarea caracteristică A_{Ek} din codul P 100-1.

Pentru proiecte individuale A_{Ed} poate fi specificată explicit și cu valori superioare celor din P100-1, în funcție de intervalul mediu de recurență a unei valori mai mari decât A_{Ed} : de exemplu $IMR = 475$ ani, respectiv 10% probabilitate de depășire a valorii A_{Ed} în 50 ani.

4.1.3 Alte valori reprezentative ale acțiunilor variabile

4.1.3.1 Alte valori reprezentative ale unei acțiuni variabile sunt:

- a) Valoarea de combinare/grupare a unei acțiuni reprezentată de produsul $\psi_0 Q_k$, utilizată pentru verificări la stări limită ultime și stări limită de serviciu ireversibile;
- b) Valoarea frecvență, reprezentată de produsul $\psi_1 Q_k$ utilizată pentru verificări la stări limită ultime ce implică acțiuni variabile și pentru verificări la stări limită de serviciu reversibile;
- c) Valoarea cvasipermanentă, reprezentată de produsul $\psi_2 Q_k$; utilizată pentru verificarea la stări limită ultime ce implică acțiuni accidentale și pentru verificarea la stări limită de serviciu reversibile. Valorile cvasipermanente sunt utilizate și pentru calculul efectelor de lungă durată.

4.1.4 Reprezentarea acțiunilor pentru structurile sensibile la oboseală

4.1.4.1 Structurile sensibile la oboseală trebuie asigurate prin considerarea efectelor aplicării repetate a acțiunilor specifice (ex. vibrații, vânt etc) conform codurilor de specialitate.

4.1.5 Reprezentarea acțiunilor dinamice

4.1.5.1 Modelele pentru acțiuni dinamice includ efectele accelerației structurii provocate de acțiunile dinamice, fie implicit, în acțiunea caracteristică, fie explicit, prin aplicarea unui factor dinamic la acțiunea statică.

4.1.5.2 Acțiunile dinamice sunt exprimate, simplificat, ca acțiuni statice echivalente, și se evaluează aplicând încărcării statice coeficienți dinamici de amplificare.

4.1.5.3 Atunci când acțiunile dinamice produc un răspuns dinamic semnificativ al structurii (acelerații mari), analiza structurii trebuie să fie o analiză dinamică.

4.1.6 Acțiuni geotehnice

4.1.6.1 Acțiunile geotehnice se evaluează conform Normativului NP 122, privind determinarea valorilor caracteristice și de calcul ale parametrilor geotehnici.

4.1.7 Influența mediului

4.1.7.1 În alegerea materialelor, a concepției structurii și pentru proiectarea de detaliu trebuie considerată influența factorilor de mediu ce pot afecta durabilitatea structurii.

4.1.7.2 Acolo unde este posibil, efectele mediului vor fi evaluate cantitativ.

4.2 Proprietățile/rezistențele materialelor

4.2.1 Proprietățile/rezistențele materialelor, inclusiv ale terenului de fundare, vor fi reprezentate de valori caracteristice.

4.2.2 Pentru verificările la stări limită sensibile la variabilitatea proprietăților/rezistențelor materialelor vor fi considerate valori caracteristice inferioare și superioare.

4.2.3 Dacă valoarea inferioară a proprietăților/rezistențelor unui material este nefavorabilă pentru siguranța structurii, valoarea caracteristică va fi definită ca fiind valoarea fractilului de 5% al repartiției statistice.

Dacă valoarea superioară a proprietăților/rezistențelor unui material este nefavorabilă pentru siguranța structurii, valoarea caracteristică va fi definită ca fiind valoarea fractilului de 95% al repartiției statistice.

4.2.4 Valorile proprietăților/rezistențelor materialelor vor fi determinate din teste standard efectuate conform codurilor de specialitate și consultând datele informative din Anexa A3.

4.2.5 Dacă datele statistice disponibile sunt insuficiente pentru a determina valorile caracteristice ale proprietăților/rezistențelor materialelor și produselor, valorile nominale vor fi adoptate ca valori caracteristice.

4.2.6 În cazurile în care este necesară o estimare superioară a rezistenței vor fi folosite acoperitor valorile medii ale proprietăților/rezistențelor materialelor.

4.2.7 Parametrii ce descriu rigiditatea structurii (modulul de elasticitate, coeficienții de curgere lentă) și coeficienții de dilatare termică vor fi reprezentați de valori medii.

4.3 Geometria structurii

4.3.1 Datele geometrice vor fi reprezentate de valorile specificate în proiect.

4.3.2 Dimensiunile specificate în proiect pot fi considerate ca valori caracteristice ale dimensiunilor.

4.3.3 Dacă distribuția statistică a mărimilor geometrice este cunoscută, valorile caracteristice pot fi reprezentate prin fractili ai distribuției statistice.

4.3.4 Toleranțele pentru elementele ce se conectează trebuie să fie reciproc compatibile.

5. MODELAREA STRUCTURALĂ

5.1 Modelele structurale trebuie alese astfel încât să permită evaluarea comportării structurii cu un nivel de rigurozitate acceptabil. Modelele structurale trebuie să fie cele corespunzătoare stărilor limită considerate.

5.2 Modelul structural ce trebuie folosit pentru determinarea efectelor acțiunilor dinamice va fi ales luând în considerare toate elementele structurale importante, masele acestora, caracteristicile lor de rezistență, rigiditate și amortizare precum și elementele nestructurale relevante pentru comportarea dinamică a structurii (cu proprietățile respective).

5.3 Atunci când acțiunile dinamice sunt considerate ca acționând evasistatic, efectele dinamice pot fi considerate fie, uzual, prin aplicarea de coeficienți echivalenți de amplificare dinamică la valorile acțiunii statice, fie prin includerea lor în valorile statice.

5.4 Pentru structuri cu geometrie regulată și distribuție regulată a rigidității și maselor, dacă numai modul fundamental este relevant pentru răspunsul structurii, analiza modală explicită poate fi înlocuită de o analiză cu acțiuni statice echivalente.

5.5 Acțiunile dinamice pot fi exprimate nu numai în domeniul timp, ci și în domeniul frecvență, iar răspunsul structurii la aceste acțiuni va fi determinat, în consecință, prin metodele dinamicii stochastice.

5.6 Când acțiunile dinamice produc vibrații cu amplitudini și frecvențe ce pot depăși cerințele de exploatare, se va efectua și verificarea la starea limită de serviciu a construcției.

5.7 Analiza de proiectare structurală la incendiu trebuie să se bazeze pe scenariile de incendiu (vezi SR EN 1991-1-2 și SR EN 1991-1-2/NA).

5.8 Îndeplinirea cerințelor structurii expuse la foc va fi verificată fie prin analiza globală, analiza sub-ansamblelor sau analiza elementelor, fie prin folosirea rezultatelor încercărilor.

5.9 Modelele de comportare fizică a elementelor structurale la temperaturi ridicate trebuie să fie neliniare.

6. PROIECTAREA PRIN METODA COEFICIENȚILOR PARȚIALI DE SIGURANȚĂ

6.1 Elemente generale

6.1.1 Metoda coeficienților parțiali de siguranță constă în verificarea tuturor situațiilor de proiectare, astfel încât nici o stare limită să nu fie depășită atunci când în modelele de calcul sunt utilizate (i) valorile de proiectare pentru acțiuni și efectele lor pe structură și (ii) valorile de proiectare pentru rezistențe.

6.1.2 Pentru situațiile de proiectare selectate și stările limită considerate, acțiunile individuale vor fi grupate conform regulilor din acest capitol și din Capitolul 7; evident, acțiunile care nu pot exista fizic simultan nu se iau în considerare împreună în grupări de acțiuni/efecte structurale ale acțiunilor.

6.1.3 Valorile de proiectare vor fi obținute din valorile caracteristice sau alte valori reprezentative utilizându-se coeficienții parțiali de siguranță sau alți factori de grupare definiți în acest capitol.

6.2 Limitări

6.2.1 Metoda coeficienților parțiali de siguranță se referă la verificările la starea limită ultimă și la starea limită de serviciu a structurilor supuse la încărcări statice, precum și la cazurile în care efectele dinamice pe structură sunt determinate folosind încărcări statice echivalente (de exemplu efectele dinamice produse de vânt).

Pentru calculul structurilor în domeniul neliniar de comportare și pentru calculul structurilor la oboseală trebuie aplicate reguli specifice din codurile de specialitate.

6.3 Valori de proiectare

6.3.1 Valori de proiectare ale acțiunilor

6.3.1.1 Efectele pe structură ale acțiunilor pot fi exprimate fie în eforturi secționale fie în eforturi unitare.

Valoarea de proiectare, F_d a unei acțiuni F se exprimă în general astfel:

$$F_d = \gamma_f F_{rep} \quad (6.1.a)$$

cu

$$F_{rep} = \psi F_k \quad (6.1.b)$$

unde:

F_k este valoarea caracteristică a acțiunii;

F_{rep} este o valoare reprezentativă a acțiunii;

γ_f - coeficient parțial de siguranță pentru acțiune ce ține seama de posibilitatea unor abateri nefavorabile și nealeatoare ale valorii acțiunii de la valoarea sa caracteristică;

ψ este, după caz, ψ_0 sau ψ_1 sau ψ_2 .

6.3.1.2 Pentru acțiunea seismică valoarea de proiectare A_{Ed} va fi determinată conform codului P100-1. Pentru proiecte individuale A_{Ed} poate fi specificată explicit și cu valori superioare celor din P100-1 (vezi pct. 4.1.2.10).

6.3.2 Valori de proiectare ale efectelor acțiunilor

6.3.2.1 Valoarea de proiectare a efectului pe structură al unei acțiuni, E_d se calculează ca fiind efectul pe structură al acțiunii, $E(F_d)$ înmulțit cu coeficientul parțial de siguranță γ_{sd} :

$$E_d = \gamma_{sd} \cdot E(F_d) \quad (6.2)$$

Coeficientul parțial de siguranță, γ_{sd} evaluează incertitudinile din modelele de calcul ale acțiunii și ale efectului pe structură al acțiunii F_d .

6.3.2.2 Alternativ, efectele acțiunilor pe structură, E_d se pot exprima simplificat și sub forma:

$$E_d = E(\gamma_{sd} \cdot \gamma_f \cdot F_{rep}) = E(\gamma_F \cdot F_{rep}). \quad (6.2.a)$$

unde:

$$\gamma_{sd} \cdot \gamma_f = \gamma_F \quad (6.2.b)$$

6.3.2.3 În cazurile în care trebuie făcută o distincție între efectele favorabile și nefavorabile ale acțiunii permanente vor fi utilizați doi coeficienți parțiali de siguranță: $\gamma_{G,inf}$, $\gamma_{G,sup}$.

6.3.3 Valori de proiectare ale proprietăților/rezistențelor materialelor

6.3.3.1 Valorile de proiectare ale proprietăților/rezistențelor materialelor, X_d se exprimă astfel:

$$X_d = \eta \cdot \frac{X_k}{\gamma_m} \quad (6.3)$$

unde:

X_k este valoarea caracteristică a proprietății/rezistenței materialului (vezi pct. 4.2);

γ_m - coeficientul parțial de siguranță pentru proprietatea/rezistența materialului ce ține seama de posibilitatea unor abateri nefavorabile și nealeatoare ale proprietății/rezistenței materialului de la valoarea sa caracteristică;

η - valoarea medie a factorului de conversie a rezultatelor încercărilor experimentale în rezultate pentru proiectare, ce ține seama de efectele de volum, scară, umiditate, temperatură, timp și de alți parametri asupra proprietății/rezistenței materialului testat.

6.3.4 Valori de proiectare pentru rezistențele elementelor structurale

6.3.4.1 Rezistențele elementelor structurale, R_d pot fi exprimate fie în termeni de rezistențe secționale (sau capacități portante secționale) fie în termeni de eforturi unitare (sau tensiuni).

Valoarea de proiectare a rezistenței, R_d se exprimă sub forma:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot R(X_d) \quad (6.4)$$

unde coeficientul parțial de siguranță $\frac{1}{\gamma_{Rd}}$ evaluează incertitudinile privind modelul de calcul al rezistenței, inclusiv abaterile geometrice dacă acestea nu sunt modelate explicit.

6.3.4.2 Alternativ, rezistența R_d se poate exprima și sub forma:

$$R_d = R\left(\eta \cdot \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot \frac{1}{\gamma_m} \cdot X_k\right) = R\left(\frac{1}{\gamma_M} \cdot X_k\right) \quad (6.5.a)$$

unde coeficientul η a fost încorporat în $\frac{1}{\gamma_M}$ împreună cu $\frac{1}{\gamma_{Rd}}$ și $\frac{1}{\gamma_m}$.

6.3.4.3 Alternativ expresiei (6.5.a) R_d poate fi obținută direct din valoarea sa caracteristică R_k :

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (6.5.b)$$

unde

$$R_k = R(X_k) \quad (6.5.c)$$

6.3.5 Valori de proiectare pentru datele geometrice

6.3.5.1 Valorile de proiectare pentru datele geometrice, cum sunt dimensiunile elementelor structurale, pot fi reprezentate de valorile lor nominale.

$$a_d = a_{nom} \quad (6.6)$$

6.3.5.2 În cazurile în care efectele abaterilor în datele geometrice (poziția reazemelor sau pozițiile de aplicare ale acțiunilor) sunt semnificative pentru siguranța structurii (de exemplu provoacă momente de ordinul doi) valorile de proiectare ale datelor geometrice vor fi definite sub forma

$$a_d = a_{nom} \pm \Delta a \quad (6.6)$$

unde Δa ia în considerare abaterile, erorile nefavorabile față de valorile nominale și efectul cumulativ al producerii simultane a mai multor abateri geometrice.

6.4 Stări limită ultime

6.4.1 Elemente generale

6.4.1.1 Verificarea structurilor se face la următoarele stări limită ultime:

- STR: Pierderea capacității portante a elementelor structurale și a structurii sau deformarea excesivă a structurii și elementelor sale componente;
- GEO: Pierderea capacității portante a terenului sau deformarea excesivă a acestuia;

- c) ECH: Pierderea echilibrului static al structurii sau al unei părți a acesteia, considerată ca solid rigid;
- d) OB: Oboseala structurii și a elementelor structurale. Verificarea structurilor la starea limită de oboseală se detaliază în coduri de specialitate.

6.4.1.2 Valorile de proiectare ale acțiunilor se determină în conformitate cu prevederile din Capitolul 7.

6.4.2 Verificarea rezistenței structurii și a echilibrului static

6.4.2.1 Pentru verificarea la o stare limită ultimă a elementelor structurii și/sau a terenului de fundare, sau de deformare excesivă a acestora (STR / GEO) se va folosi relația:

$$E_d \leq R_d \quad (6.7)$$

unde:

E_d este valoarea de proiectare a efectului acțiunilor reprezentat fie prin eforturi secționale fie prin eforturi unitare (în secțiunea care se verifică);

R_d este valoarea de proiectare a rezistenței având aceeași natură fizică cu efectul acțiunii.

Expresia (6.7) nu se referă la verificările de flambaj.

6.4.2.2 Pentru verificarea la starea limită de pierdere a echilibrului static (ECH) se va folosi relația:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb} \quad (6.8)$$

unde:

$E_{d,dst}$ este valoarea de proiectare a efectului acțiunilor cu efect defavorabil asupra stabilității;

$E_{d,stb}$ este valoarea de proiectare a efectului acțiunilor cu efect favorabil asupra stabilității.

6.4.3 Combinarea sau gruparea (efectelor) acțiunilor

6.4.3.1 Elemente generale

6.4.3.1.1 Pentru fiecare caz de încărcare, valorile de proiectare ale efectelor acțiunilor (E_d) vor fi determinate combinând valorile provenind din acțiuni ce sunt considerate că se pot produce simultan.

6.4.3.1.2 Orice combinație sau grupare de acțiuni (efecte ale acțiunilor) va include o acțiune variabilă predominantă sau o acțiune accidentală.

6.4.3.1.3 În cazurile în care rezultatele verificării sunt sensibile la variațiile de intensitate ale acțiunii permanente aplicate în diverse locații pe structură, valorile acestei acțiuni vor fi luate pentru ambele cazuri: favorabil și nefavorabil.

6.4.3.2 Combinarea (efectelor) acțiunilor

Combinarea (efectelor) acțiunilor pentru proiectarea la stări limită ultime poate fi clasificată în următoarele trei tipuri de grupări:

- Combinarea (efectelor) acțiunilor în *Gruparea fundamentală* pentru situațiile de proiectare persistentă sau normală și tranzitorie

Combinarea efectelor acțiunilor în *Gruparea fundamentală* se face luând în considerare:

- (i) Valoarea de proiectare a acțiunii variabile predominante ($\gamma_{sd} \cdot Q_{k,1}$);
- (ii) Valorile de grupare ($\psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$) ale acțiunilor variabile ce acționează combinat cu acțiunea predominantă multiplicată cu coeficienții parțiali de siguranță corespunzători, respectiv ($\gamma_{sd} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$);

Combinarea (efectelor) acțiunilor în Gruparea fundamentală poate fi exprimată astfel:

$$E_d = \sum_{j=1}^n \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i=2}^m \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.9)$$

- Combinarea (efectelor) acțiunilor în *Gruparea accidentală* pentru situația de proiectarea accidentală

Combinarea efectelor acțiunilor în Gruparea accidentală fie implică explicit o acțiune accidentală *A* (foc, impact, impuls) fie se referă la situația de după accident ($A=0$). Pentru acțiuni asupra structurilor expuse la foc a se vedea capitolele 4.2 și 4.3 din SR EN 1991-1-2 și SR EN 1991-1-2/NA.

Combinarea (efectelor) acțiunilor în Gruparea accidentală poate fi exprimată după cum urmează:

$$E_d = \sum_{j=1}^n G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ sau } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i=2}^m \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.10)$$

- Combinarea (efectelor) acțiunilor în *Gruparea seismică* pentru situația de proiectare seismică

$$E_d = \sum_{j=1}^n G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i=1}^m \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.11)$$

unde semnificațiile simbolurilor utilizate sunt explicitate la 1.3 și în Tabelele 7.1, 7.2, 7.3 și 7.4.

De exemplu:

- În cazul unei structuri acționată predominant de efectele acțiunii vântului, relația de grupare a (efectelor) acțiunilor din greutate proprie G_k , din vânt V_k și din zăpadă Z_k se scrie:

$$1,35 \sum_{j=1}^n G_{k,j} + 1,5 V_k + (1,5 \times 0,7) Z_k$$

și similar, în cazul unei structuri acționată de aceleași acțiuni, unde însă predomină efectul acțiunii zăpezii Z_k , relația de grupare se scrie:

$$1,35 \sum_{j=1}^n G_{k,j} + 1,5 Z_k + (1,5 \times 0,7) V_k$$

unde:

G_k este valoarea efectului acțiunilor permanente pe structură, calculată cu valoarea caracteristică a acțiunilor permanente;

Z_k - valoarea efectului acțiunii din zăpadă pe structură (pe acoperiș), calculată cu valoarea caracteristică a încărcării din zăpadă;

V_k - valoarea efectului acțiunii vântului pe structură, calculată cu valoarea caracteristică a acțiunii vântului;

6.4.4 Coeficienți parțiali de siguranță pentru acțiuni și combinarea efectelor acțiunilor

Valorile coeficienților parțiali (de siguranță) pentru acțiuni și combinarea efectelor acțiunilor sunt prezentate în Capitolul 7.

6.4.5 Coeficienți parțiali de siguranță pentru materiale

Valorile coeficienților parțiali (de siguranță) pentru materiale sunt date în codurile de specialitate pentru proiectarea structurilor (metalice, din beton armat, compozite, de zidărie, s.a.) și pentru proiectarea infrastructurii.

6.5 Stări limită de serviciu

6.5.1 Verificări

6.5.1.1 Pentru verificarea la o stare limită de serviciu a structurii și elementelor sale componente se va folosi relația:

$$E_d \leq C_d \quad (6.12)$$

unde:

C_d este valoarea limită a unui criteriu de serviciu specificat;

E_d este valoarea de proiectare a efectului combinat al acțiunilor, asociat criteriului de serviciu respectiv, determinată pe baza combinației de acțiuni specificate în cod.

6.5.2 Criterii de serviciu

Criteriile de serviciu pentru structuri și elementele lor componente sunt indicate în Capitolul 7 pentru clădiri și structuri. Acestea pot fi completate și cu alte criterii conform codurilor de specialitate pentru proiectarea structurilor și construcțiilor.

6.5.3 Combinarea (efectelor) acțiunilor

6.5.3.1 Combinarea (efectelor) acțiunilor pentru proiectarea la stări limită de serviciu poate fi clasificată în următoarele trei tipuri de grupări:

- Combinația (gruparea) caracteristică;

$$\sum_{j=1}^n G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i=2}^m \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.13)$$

- Combinația (gruparea) frecventă;

$$\sum_{j=1}^n G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i=2}^m \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.14)$$

- Combinația (gruparea) cvasipermanentă;

$$\sum_{j=1}^n G_{k,j} + P + \sum_{i=1}^m \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.15)$$

De exemplu, în cazul unei structuri acționată predominant de efectele acțiunii vântului, relația de grupare a (efectelor) acțiunilor din greutate proprie G_k , din vânt V_k și datorate exploatării (birouri sau, respectiv, arii de depozitare) U_k , se scrie:

$$1,0 \sum_{j=1}^n G_{k,j} + 1,0 V_k + (0,7 \text{ sau, respectiv, } 1,0) U_k$$

unde:

G_k este valoarea efectului acțiunilor permanente pe structură, calculată cu valoarea caracteristică a acțiunilor permanente;

V_k - valoarea efectului acțiunii vântului pe structură, calculată cu valoarea caracteristică a acțiunii vântului;

U_k - valoarea efectului datorat exploatării, calculat cu valoarea caracteristică a încărcării din exploatare.

6.5.3.2 Efectele acțiunilor datorate deformațiilor impuse se vor considera atunci când acestea sunt semnificative față de celelalte efecte ale acțiunilor.

6.5.3.3 Pentru situația de proiectare seismică (gruparea seismică), valoarea de proiectare a acțiunii seismice pentru starea limită de serviciu este indicată în codul P100-1 la punctul 4.6.3.

6.5.4 Coeficienți parțiali (de siguranță) pentru materiale

Coeficienții parțiali (de siguranță) pentru materiale sunt indicați în codurile de specialitate pentru proiectarea structurilor (metalice, din beton armat, compozite, de zidarie) și respectiv pentru proiectarea infrastructurii.

7. COMBINAREA EFECTELOR ACȚIUNILOR PENTRU PROIECTAREA CLĂDIRILOR ȘI STRUCTURILOR

7.1 Combinarea (efectelor) acțiunilor

Capitolul 7 cuprinde reguli de combinare a efectelor acțiunilor pentru proiectarea clădirilor și structurilor.

7.1.1 Elemente generale

7.1.1.1 Efectele acțiunilor ce nu se produc simultan nu vor fi considerate împreună în proiectare.

7.1.1.2 Valorile factorilor ψ_0 , ψ_1 și ψ_2 pentru combinarea/gruparea (efectelor) acțiunilor ce se pot produce simultan sunt indicate în Tabelul 7.1:

Tabelul 7.1 Valori recomandate pentru factorii de grupare (combinare) a acțiunilor variabile la clădiri și structuri

Acțiunea	Factori de grupare		
	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Acțiuni din exploatare provenind din funcțiunea clădirii			
- Rezidențială	0,7	0,5	0,3
- Birouri	0,7	0,5	0,3
- Întrunire/Adunare	0,7	0,7	0,6
- Spații comerciale	0,7	0,7	0,6
- Spații de depozitare	1,0	0,9	0,8
- Acoperișuri	0,7	0	0
Acțiuni din trafic			
- Greutatea vehiculelor <30kN	0,7	0,7	0,6
- Greutatea vehiculelor 30 ÷ 160kN	0,7	0,5	0,3
Acțiuni din zăpadă	0,7	0,5	0,4
Acțiuni din vânt	0,7	0,2	0
Acțiuni din variații de temperatură	0,6	0,5	0

unde semnificațiile simbolurilor sunt următoarele:

ψ_0 – Factor pentru valoarea de grupare a acțiunii variabile

ψ_1 – Factor pentru valoarea frecvență a acțiunii variabile

ψ_2 – Factor pentru valoarea cvasipermanentă a acțiunii variabile.

7.2 Stări limită ultime

7.2.1 Valori de proiectare ale (efectelor) acțiunilor pentru situațiile de proiectare persistentă și tranzitorie

7.2.1.1 Coeficienții parțiali de siguranță pentru combinarea (efectelor) acțiunilor pentru proiectarea la stări limită ultime în situațiile de proiectare persistentă și tranzitorie sunt indicați în Tabelele 7.2 și 7.3.

7.2.1.2 La aplicarea prevederilor din Tabelele 7.2 și 7.3, pentru cazurile în care starea limită ultimă este sensibilă față de variațiile de intensitate ale acțiunilor permanente se recomandă utilizarea în proiectare atât a valorilor caracteristice maxime cât și a celor minime.

7.2.1.3 Proiectarea elementelor structurale va fi efectuată utilizând combinațiile de acțiuni din 6.4.3 și valorile de proiectare ale acțiunilor calculate cu coeficienții parțiali de siguranță din Tabelul 7.2.

Tabelul 7.2 Stări limită ultime de pierdere a capacității de rezistență STR/GEO.
Coeficienți parțiali de siguranță pentru combinarea (efectelor) acțiunilor în situații de proiectare persistente și tranzitorii (Gruparea fundamentală)

Acțiuni caracteristice	Acțiuni permanente, $G_{k,j}$		Acțiunea variabilă predominantă, $Q_{k,1}$	Alte acțiuni variabile, $Q_{k,i}$	
	Cu efect nefavorabil asupra siguranței	Cu efect favorabil asupra siguranței		Cea principală (dacă există)	Altele $Q_{k,i}$ $i \geq 2$
Coeficient parțial de siguranță	$\gamma_{G_{j,sup}}$	$\gamma_{G_{j,inf}}$	$\gamma_{Q,1}$	-	$\gamma_{Q,i}$
Valori ale coeficienților parțiali	1,35	1,0	1,5	-	$1,5 \cdot \psi_{0,i}$ *

* Pentru valorile $\psi_{0,i}$ vezi Tabelul 7.1

În cazurile în care acțiunile variabile (predominantă sau alte acțiuni) au efect favorabil asupra siguranței, efectele acestor acțiuni se pot neglija în gruparea fundamentală de proiectare.

Pentru proiectarea structurilor, elementelor structurale componente și fundațiilor pot fi folosiți și alți coeficienți parțiali de siguranță decât cei din Tabelul 7.2 (de exemplu pentru deformații și deplăsări), coeficienți ce vor fi indicați în codurile de specialitate.

7.2.1.4 Verificarea echilibrului static pentru structuri va fi efectuată utilizând combinațiile de acțiuni din 6.4.3 și valorile de proiectare ale acțiunilor calculate cu coeficienții parțiali de siguranță din Tabelul 7.3.

Tabelul 7.3 Starea limită ultimă de pierdere a echilibrului static ECH.
Coeficienți parțiali de siguranță pentru combinarea (efectelor) acțiunilor în situații de proiectare persistente și tranzitorii (Gruparea fundamentală)

Acțiuni caracteristice	Acțiuni permanente, $G_{k,j}$		Acțiunea variabilă predominantă, $Q_{k,1}$	Alte acțiuni variabile, $Q_{k,i}$	
	Cu efect destabilizator	Cu efect stabilizator		Cea principală (dacă există)	Altele $Q_{k,i}$ $i \geq 2$
Coeficient parțial de siguranță	$\gamma_{G_{j,sup}}$	$\gamma_{G_{j,inf}}$	$\gamma_{Q,1}$	-	$\gamma_{Q,i}$
Valori ale coeficienților parțiali	1,10	0,90	1,5	-	$1,5 \cdot \psi_{0,i}$ *

* Pentru valorile $\psi_{0,i}$ vezi Tabelul 7.1

7.2.2 Valori de proiectare ale (efectelor) acțiunilor pentru situațiile de proiectare accidentale și seismice

7.2.2.1 Coeficienții parțiali de siguranță pentru combinarea (efectelor) acțiunilor pentru proiectarea la stări limită ultime în situațiile de proiectare accidentală și seismică sunt indicați în Tabelul 7.4.

7.2.2.2 În cazul situațiilor de proiectare accidentale, principala acțiune variabilă poate fi luată cu valoarea sa frecvență sau ca în Gruparea seismică – cu valoarea sa cvasipermanentă.

Tabelul 7.4 Stări limită ultime de pierdere a capacității de rezistență STR/GEO. Coeficienți parțiali de siguranță pentru combinarea (efectelor) acțiunilor în situațiile de proiectare accidentală și seismică (Gruparea accidentală și Gruparea seismică)

Acțiuni caracteristice	Acțiuni permanente		Acțiunea accidentală predominantă A_d sau Acțiunea seismică $\gamma_I \cdot A_{E_k}$ sau A_{E_d}	Alte acțiuni variabile*	
	Cu efect nefavorabil asupra siguranței, $G_{k,sup}$	Cu efect favorabil asupra siguranței, $G_{k,inf}$		Cea principală (dacă există) $Q_{k,i}$	Altele $Q_{k,i}$
Coeficienții acțiunilor în gruparea accidentală	1,0	1,0	1,0	$(\psi_{1,1} \text{ sau } \psi_{2,1})$	$\psi_{2,i}$ $i \geq 2$
Coeficienții acțiunilor în gruparea seismică	1,0	1,0	1,0	$\psi_{2,i}$ $i \geq 2$	

* A_d - Valoarea de proiectare a acțiunii accidentale

A_{E_d} - Valoarea de proiectare a acțiunii seismice $A_{E_d} = \gamma_I \cdot A_{E_k}$

A_{E_k} - Valoarea caracteristică a acțiunii seismice

γ_I - Factor de importanță și expunere a construcției la cutremur (vezi codul P100-1)

7.3 Stări limită de serviciu

7.3.1 Coeficienți parțiali de siguranță pentru acțiuni

7.3.1.1 Coeficienții parțiali de siguranță pentru stările limită de serviciu vor fi luați egali cu 1,0 cu excepția altor valori indicate în Tabelul 7.5 sau în codurile de specialitate.

Tabelul 7.5 Coeficienți parțiali de siguranță pentru combinarea (efectelor) acțiunilor în verificările la stări limită de serviciu

Combinăția/gruparea de acțiuni	Acțiuni permanente		Acțiuni variabile	
	Cu efect nefavorabil asupra siguranței, $G_{k,sup}$	Cu efect favorabil asupra siguranței, $G_{k,inf}$	Acțiunea principală sau predominantă $Q_{k,1}$	Alte acțiuni $Q_{k,i}$ $i \geq 2$
Caracteristică	1,0	1,0	1,0	$\psi_{0,i} \cdot 1,0$
Frecvență			$\psi_{1,1} \cdot 1,0$	$\psi_{2,i} \cdot 1,0$
Cvasi-permanentă			$\psi_{2,1} \cdot 1,0$	

7.3.2 Criterii de serviciu

7.3.2.1 Criteriile de serviciu pentru clădiri se referă la, de exemplu, rigiditatea planșeului, deplasările relative de nivel, deplasarea laterală a clădirii, rigiditatea acoperișului s.a.

Criteriile pot fi exprimate ca limite ale deplasărilor orizontale sau verticale precum și ca limite de confort pentru vibrații.

7.3.2.2 Criteriile de serviciu, referitoare la confortul utilizatorilor, pentru care nu există cerințe normative pot fi specificate pentru fiecare proiect în parte cu acordul clientului.

7.3.2.3 Criteriile de serviciu depind de funcțiunea clădirii și pot fi independente de materialele structurale utilizate în structură.

ANEXA A1. CLASIFICAREA CLĂDIRILOR ȘI STRUCTURILOR ÎN CLASE DE IMPORTANȚĂ-EXPUNERE

Construcțiile pot fi clasificate în clase de importanță-expunere, în funcție de consecințele umane și consecințele economice ce pot fi provocate de un hazard natural sau/și antropic major, precum și de rolul acestora în activitățile de răspuns post-hazard ale societății (vezi Tabel A1.1).

Tabel A1.1 Clase de importanță-expunere pentru clădiri și structuri

Clasa de importanță-expunere	Clădiri	Structuri
	<i>Clădiri și structuri esențiale pentru societate</i>	
<i>Clasa I</i>	<p>Spitale și instituții medicale/sanitare cu servicii de urgență și săli de operație</p> <p>Stații de pompieri, de poliție și garajele cu vehicule pentru servicii de urgență</p> <p>Centre de comunicații</p> <p>Stații de producere și de distribuție a energiei (electrice, a gazelor, etc)</p> <p>Clădiri ce conțin gaze toxice, explozivi și alte substanțe periculoase (radioactive, etc).</p> <p>Clădiri cu funcțiuni esențiale pentru administrația centrală și apărarea națională</p>	<p>Turnuri de control pentru activitatea aeroportuară și navală</p> <p>Rezervoare de apă, stații de tratare, epurare și pompare a apei</p> <p>Structuri ce conțin materiale radioactive</p> <p>Structuri cu funcțiuni esențiale pentru guvern și apărarea națională (antene, etc.)</p> <p>Turnuri de telecomunicații (TV, radio)</p> <p>Stâlpii liniilor de distribuție și transport a energiei</p>
	<i>Clădiri și structuri ce pot provoca în caz de avariere un pericol major pentru viața oamenilor</i>	
<i>Clasa II</i>	<p>Spitale și instituții medicale, altele decât cele din clasa I, cu o capacitate de peste 50 persoane în aria totală expusă</p> <p>Școli, licee, universități, instituții pentru educație etc. cu o capacitate de peste 250 persoane în aria totală expusă</p> <p>Aziluri de bătrâni, creșe, grădinițe și alte spații de îngrijire a persoanelor cu capacitate mai mare de 150 de persoane în aria totală expusă.</p> <p>Clădiri din patrimoniul cultural național, muzee s.a.</p> <p>Clădiri având peste 300 persoane în aria totală expusă</p> <p>Clădiri care deservește direct: centrale electrice, stații de tratare, epurare, pompare a apei, stații de producere și de distribuție a energiei, centre de telecomunicații</p>	<p>Tribune spectacole/stadioane</p> <p>Structuri ce conțin gaze toxice, explozivi și alte substanțe periculoase</p> <p>Rezervoare supraterane și subterane pentru stocare gaze naturale, GPL, benzina, motorina, petrol, etc.</p> <p>Castele de apă</p> <p>Turnuri de răcire pentru centralele termoelectrice</p> <p>Macarale turn</p>

<i>Clasa III</i>	<i>Toate celelalte clădiri și structuri cu excepția celor din clasele I, II și IV.</i>
<i>Clasa IV</i>	Clădiri și structuri temporare, agricole, clădiri pentru depozite, etc. caracterizate de un pericol redus de pierderi de vieți omenești.

Fiecărei clase de importanță-expunere (*I-IV*) i se asociază un factor de importanță - expunere, γ care se aplică la valoarea caracteristică a acțiunii.

Valorile factorului de importanță - expunere, γ pentru acțiunile din cutremur (γ), vânt (γ_w), zăpadă (γ_s) sunt indicate în codurile de specialitate.

ANEXA A2 (informativă). MANAGEMENTUL SIGURANȚEI STRUCTURILOR PENTRU LUCRĂRI DE CONSTRUCȚII

A2.1 Clase de consecințe

În condițiile în care este necesară o diferențiere moderată și argumentată prin calcul a coeficienților parțiali de siguranță pentru acțiuni și rezistențe, aceasta se poate face în funcție de Clasele de consecințe ale pierderii siguranței.

Clasele de consecințe pentru diferențierea siguranței se stabilesc pe baza consecințelor pierderii capacității portante și/sau funcționalității construcțiilor conform Tabelului A2.1.

Tabelul A2.1 Definiția Claselor de consecințe (CC)

Clasa de consecințe	Descriere	Exemple de clădiri și structuri
CC3	Mari pierderi de vieți omenești. Foarte mari consecințe economice, sociale și pentru mediul natural	Stadioane, clădiri publice
CC2	Pierderi moderate de vieți omenești. Considerabile consecințe economice, sociale și pentru mediul natural	Clădiri de locuit și birouri
CC1	Pierderi reduse de vieți omenești. Mici sau neglijabile consecințe economice, sociale și pentru mediul natural	Clădiri agricole, spații de depozitare, sere

ANEXA A3 (informativă). BAZE PROBABILISTICE PENTRU ANALIZELE DE SIGURANȚĂ ȘI PROIECTAREA CU COEFICIENȚI PARȚIALI DE SIGURANȚĂ

A3.1 Scop

Anexa promovează baze probabilistice pentru analizele de siguranță și calibrarea unor valori de proiectare și a unor coeficienți parțiali de siguranță pentru proiectarea construcțiilor în formatul standardelor de proiectare din seria SR EN 1990-1999.

A3.2 Metode de evaluare a siguranței

O prezentare schematică a metodelor de calibrare a siguranței și coeficienților parțiali de siguranță pentru proiectarea la stări limită ultime este prezentată, armonizat cu SR EN 1990, în Figura A3.1.

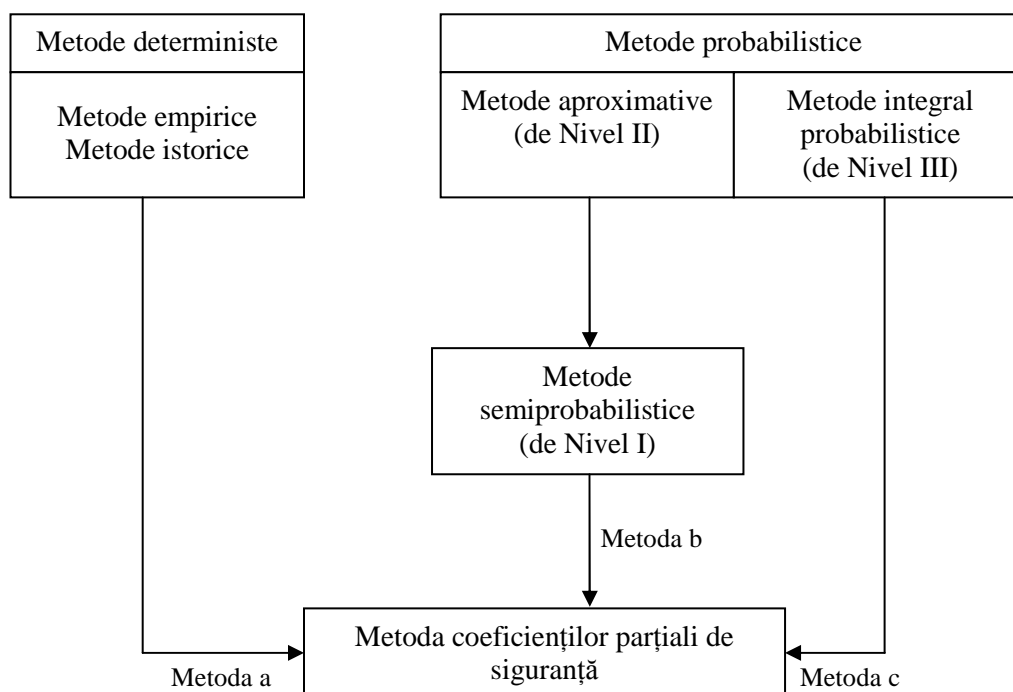


Figura A3.1. Metode de analiză a siguranței

A3.3 Coeficienți parțiali de siguranță

Semnificațiile coeficienților parțiali de siguranță din prezentul cod sunt indicate schematic și armonizat cu SR EN 1990 în Figura A3.2.

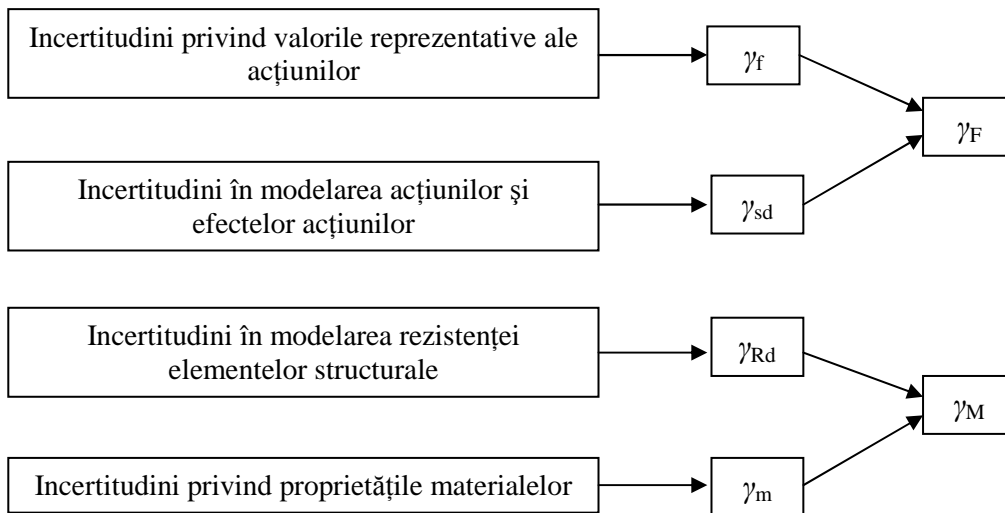


Figura A3.2 Relația dintre coeficienții parțiali de siguranță

A3.4 Factorii de combinare/grupare a (efectelor) acțiunilor ψ_0

În funcție de tipul repartiției statistice a (efectelor) acțiunilor, valorile factorilor de combinare / grupare ψ_0 pot fi calibrate pe modelele probabilistice de Nivel II. Valorile de combinare / grupare a (efectelor) acțiunilor specificate în cod sunt fundamentate pe astfel de baze probabilistice.

ANEXA A4 (informativă). PROIECTARE ASISTATĂ DE ÎNCERCĂRI

Pentru determinarea simplificată pe bază de teste a valorilor caracteristice ale rezistențelor materialelor având 5% probabilitate de apariție a unor valori mai mici decât acestea se recomandă utilizarea relației generale:

$$X_{k(n)} = \eta m_X [1 - k_n V_X] \quad (A4.1)$$

unde V_X este coeficientul de variație al rezistențelor, m_X este media rezultatelor iar η este un factor de conversie a rezultatelor obținute din teste în rezultate pentru materialele din structură..

Valorile k_n pentru repartiția normală sunt indicate în Tabelul A4.1.

Tabelul A4.1 Valorile k_n pentru determinarea valorii caracteristice $X_{k(n)}$

n , număr încercări	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
k_n	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64

Pentru o determinare directă a valorilor de proiectare ale rezistențelor materialelor pentru verificarea la stările limită ultime se poate utiliza și relația aproximativă:

$$X_d = \eta m_X [1 - k_{d,n} V_X] \quad (A4.2)$$

unde valorile $k_{d,n}$ sunt indicate în Tabelul A4.2.

Tabelul A4.2. Valorile $k_{d,n}$ pentru determinarea valorilor de proiectare X_d

n , număr încercări	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
$k_{d,n}$	3,77	3,56	3,44	3,37	3,33	3,27	3,23	3,16	3,13	3,04

COMENTARII ȘI RECOMANDĂRI DE PROIECTARE

Anexă informativă

Cuprins

C.1. ELEMENTE GENERALE.....	36
C.2. REGULI/CERINȚE DE BAZĂ	37
C.2.3 DURATA DE VIAȚĂ PROIECTATĂ A STRUCTURII/CONSTRUCȚIEI.....	37
C.3. PRINCIPIILE PROIECTĂRII LA STĂRI LIMITĂ	37
C.4. VARIABLE DE BAZĂ.....	38
C.6. PROIECTAREA PRIN METODA COEFICIENȚILOR PARȚIALI DE SIGURANȚĂ.....	39
C.6.4 STĂRI LIMITĂ ULTIME.....	39
C.7. COMBINAREA EFECTELOR ACȚIUNILOR PENTRU PROIECTAREA CLĂDIRILOR ȘI STRUCTURILOR.....	39
C.A1. CLASIFICAREA CLĂDIRILOR ȘI CONSTRUCȚIILOR INGINEREȘTI ÎN CLASE DE IMPORTANTĂ-EXPUNERE.....	40
C.A2 (INFORMATIVĂ). MANAGEMENTUL SIGURANȚEI STRUCTURILOR PENTRU LUCRĂRI DE CONSTRUCȚII.....	41
C.A3 (INFORMATIVĂ). BAZE PROBABILISTICE PENTRU ANALIZELE DE SIGURANȚĂ ȘI PROIECTAREA CU COEFICIENȚI PARȚIALI DE SIGURANȚĂ	42
C.A3.1. ELEMENTE GENERALE.....	42
C.A3.2. PROIECTAREA BAZATĂ PE MODELE PROBABILISTICE AVANSATE, CONFORM SR EN 1990.....	43
C.A3.3. CALIBRAREA COEFICIENȚILOR PARȚIALI DE SIGURANȚĂ CONFORM SR EN 1990	48
REFERINȚE	55

C.1. ELEMENTE GENERALE

Codul de proiectare “Bazele proiectării construcțiilor”, indicativ CR 0, cuprinde principiile, regulile de aplicare și datele de bază necesare pentru proiectarea clădirilor, structurilor, elementelor structurale sau altor elemente de construcții (pentru care există cerințe de rezistență și stabilitate), armonizate cu cele din SR EN 1990 cu anexa sa națională.

Versiunea actuală a codului se înscrie în procesul de armonizare a reglementărilor tehnice românești pentru proiectarea construcțiilor cu cele din Uniunea Europeană, cu scopul creșterii nivelului siguranței, funcționalității și durabilității structurilor și construcțiilor din România.

Prin comparație cu versiunea din anul 2005, codul CR 0 extinde integrarea conceptelor și regulilor de proiectare utilizate de Eurocodurile structurale (standardele de proiectare din seria SR EN 1990-1999), în practica de proiectare din țara noastră.

Codul CR 0 este organizat în 7 capitole și 4 anexe și urmărește, în general, prevederile SR EN 1990 (Eurocod: Bazele proiectării structurilor), precum și ținând seama de formulările existente în codurile românești în vigoare pentru proiectarea construcțiilor. Pentru o mai bună înțelegere a prevederilor codului sunt prezentate comentarii, recomandări de proiectare și exemple de calcul.

Correspondențele între capitolele și anexele celor 2 ediții ale codului CR 0 sunt după cum urmează:

CR 0 – versiunea actuală	CR 0 - 2005
1.Elemente generale	1. Generalități
2. Reguli/Cerințe de bază	
3. Principiile proiectării la stări limită	2. Principiile proiectării la stări limită
4. Variabile de bază	3. Variabile de bază
5. Modelarea structurală	
6. Proiectarea prin metoda coeficienților parțiali de siguranță	4. Proiectarea prin metoda coeficienților parțiali de siguranță
7. Combinarea efectelor acțiunilor pentru proiectarea clădirilor și structurilor	
8. Anexa A1. Clasificarea construcțiilor și structurilor în clase de importanță-expunere	5. Anexa 1. Clasificarea construcțiilor și structurilor în clase de importanță
Anexa A2 (informativă). Managementul siguranței structurilor pentru lucrări de construcții	-
Anexa A3 (informativă). Baze probabilistice pentru analizele de siguranță și proiectarea cu coeficienți de siguranță parțiali	-
Anexa A4 (informativă). Proiectare asistată de încercări	-

Prezenta versiune a CR 0 conține, în plus, concepte și elemente noi introduse în Capitolele 1, 2, 3, 6 și Anexele 2, 3 și 4 și armonizate cu SR EN 1990, astfel:

- (i) Ipoteze (Capitolul 1.3) și Simboluri (Capitolul 1.4);
- (i) Managementul siguranței (Capitolul 2.2) și Managementul calității (Capitolul 2.5);
- (ii) Formularea a patru situații de proiectare: normală, tranzitorie, accidentală și seismică (diferită de situația de proiectare accidentală) – (Capitolul 3.2);
- (iii) Explicitarea stărilor limită ultime (Capitolul 6.4);
- (iv) Introducerea a trei anexe informative: Managementul siguranței structurilor pentru lucrări de construcții (Anexa A2), Baze probabilistice pentru analizele de siguranță și proiectarea cu coeficienți de siguranță parțiali (Anexa A3) și Proiectare asistată de încercări (Anexa A4).

Se subliniază importanța ipotezelor listate în Capitolul 1.3 ce stau la baza prevederilor din orice cod pentru proiectarea construcțiilor și care, în esență, vizează respectarea legislației naționale în vigoare privind calificarea profesională a proiectanților, calitatea materialelor de construcții, inspecția calității lucrărilor pe șantier, utilizarea construcției conform funcțiunii proiectate, etc.

Codul introduce definiții clare, armonizate cu SR EN 1990, ale termenilor mai importanți și frecvent utilizați în proiectarea curentă precum: hazard, stare limită, reparație, consolidare, situație de proiectare ș.a.

Valorile tradițional denumite în codurile/normativele de proiectare din România valori de calcul (pentru acțiuni și rezistențele materialelor) au fost denumite valori de proiectare pentru:

- (i) acțiuni și efectele acțiunilor;
- (ii) proprietăți și rezistențe ale materialelor;
- (iii) dimensiuni și date geometrice.

C.2. REGULI/CERINȚE DE BAZĂ

C.2.3 Durata de viață proiectată a structurii/construcției

Durata de viață a structurii/construcției trebuie specificată. Durata de viață proiectată a structurii/construcției poate fi simplificat determinată din Tabelul 2.1.

Durata de viață a structurii/construcției a fost menținută ca cea din versiunea anterioară a codului CR 0 fiind, armonizată, în general, cu cea din anexa națională a SR EN 1990. Astfel, pentru construcțiile monumentale și de patrimoniu a fost specificată o durată de viață ≥ 100 ani (diferită de cea de 100 ani indicată în standard), iar pentru clădirile și structurile curente durata de viață a fost specificată 50 ÷ 100 ani (diferită de cea de numai 50 ani indicată în SR EN 1990).

Pentru construcțiile temporare durata de 10 ani trebuie înțeleasă ca o durată maximă.

C.3. PRINCIPIILE PROIECTĂRII LA STĂRI LIMITĂ

Codul detaliază și extinde definiția clasică a stărilor limită ultime fiind introduse prevederi care permit definire în mod suplimentar, cu acordul clientului, de stări limită specifice pentru

protecția unor bunuri de valoare deosebită, de exemplu de patrimoniu. De asemenea, codul face distincție clară între stările limită de serviciu reversibile și ireversibile.

C.4. VARIABILE DE BAZĂ

Acțiunile variabile se pot caracteriza și prin următoarele valori reprezentative, Figura C.4.1 utilizate în proiectare:

- Valoare de combinare/grupare a unei acțiuni variabile, reprezentată de produsul $\psi_0 Q_k$;
- Valoare frecvență a unei acțiuni variabile, reprezentată de produsul $\psi_1 Q_k$; această valoare este apropiată de o valoare centrală a repartiției statistice a valorilor acțiunii;
- Valoare cvasipermanentă a unei acțiuni variabile, reprezentată de produsul $\psi_2 Q_k$; aceasta este o valoare exprimată ca o fracțiune din valoarea caracteristică a acțiunii printr-un coeficient $\psi_2 \leq 1$. Valoarea cvasipermanentă a unei acțiuni este folosită pentru verificarea la stări limită ultime ce implică acțiuni accidentale și pentru verificarea la stări limită de serviciu reversibile. Valorile cvasipermanente sunt utilizate și pentru calculul efectelor pe termen lung.

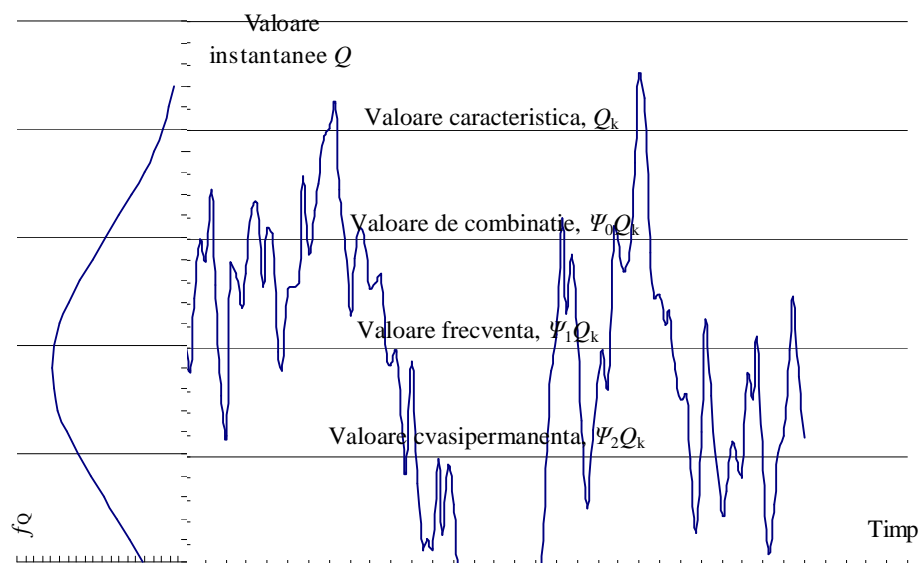


Figura C.4.1 Valori ale acțiunilor variabile, [14]

Prin comparație cu versiunea anterioară, în actualul cod se prevede explicit ca valoarea caracteristică a proprietăților/rezistențelor unui material poate fi și fractilul de 95% al repartiției statistice, dacă valoarea superioară a proprietăților/rezistențelor este nefavorabilă pentru siguranța structurii.

De asemenea se stabilește că pentru estimarea superioară a rezistențelor materialelor se vor folosi acoperitor valorile medii, deci frecvente, ale acestora.

C.6. PROIECTAREA PRIN METODA COEFICIENȚILOR PARȚIALI DE SIGURANȚĂ

Reformulările definițiilor valorilor de proiectare ale acțiunilor și respectiv proprietăților/rezistențelor materialelor din Capitolul 6.3 reprezintă un element de progres al versiunii actuale față de cea anterioară.

Relațiile de combinare/grupare a efectelor acțiunilor pentru stările limită ultime (Capitolul 6.4) și de serviciu (Capitolul 6.5) sunt formulate în cazul general iar valorile coeficienților parțiali de siguranță și respectiv de grupare aplicați valorilor (efectelor) acțiunilor sunt date numeric în Capitolul 7, în Tabelele 7.2, 7.3, 7.4 (pentru stările limită ultime), în Tabelul 7.5 (pentru stările limită de serviciu) și respectiv în Tabelul 7.1 (coeficienții de grupare).

C.6.4 Stări limită ultime

Codul definește următoarele tipuri de stări limită ultime:

STR: Pierderea capacității portante a elementelor structurale/ structurii sau deformarea excesivă a structurii și elementelor sale componente;

GEO: Pierderea capacității portante a terenului de fundare sau deformarea excesivă a acestuia;

ECH: Pierderea echilibrului static al structurii sau al unei părți a acesteia considerată ca solid rigid;

OB: Oboseala structurii și a elementelor structurale. Verificarea structurilor la starea limită de oboseală se detaliază în coduri de specialitate.

C.7. COMBINAREA EFECTELOR ACȚIUNILOR PENTRU PROIECTAREA CLĂDIRILOR ȘI STRUCTURILOR

În Tabelele din Capitolul 7 sunt explicitate mai clar decât în ediția 2005 a codului situațiile de proiectare, grupările de efecte ale acțiunilor și tipurile de acțiuni care pot fi luate în considerare: permanente, variabile, accidentale (inclusiv cele predominante) și seismice.

Totuși se subliniază că valorile actuale ale coeficienților parțiali de siguranță utilizați în Capitolul 7.2 și Capitolul 7.3 pentru exprimarea valorilor de proiectare ale acțiunilor/efectelor acțiunilor și ale rezistențelor/prorietăților materialelor, atât în standardele din seria SR EN 1990 ÷ EN 1998 cât și standardul american ASCE/SEI 7-05, sunt fundamentate probabilistic și sunt calibrate pe modele probabilistice inginerești de tip Moment de ordinul doi de evaluare a siguranței. Modelele Moment de ordinul doi se caracterizează prin descrierea variabilelor aleatoare prin indicatori de localizare (media) și de împrăștiere statistică (abaterea standard sau dispersia).

Tot probabilistic sunt fundamentate și principalele valori ale factorilor de grupare/combinare a acțiunilor variabile (Tabelul 7.1).

Calibrările utilizează pentru construcțiile din clasele de importanță-expunere II și III un nivel de referință de 10^{-4} ... 10^{-5} pentru probabilitatea de cedare în 50 ani a elementelor de structură la starea limită ultimă de pierdere a capacității portante (vezi și comentariile de la Anexa 3).

Exprimat alternativ, calibrările se bazează pe un indicator probabilistic al siguranței β pentru o durată de 50 ani cu valori în intervalul $1,5 \div 3,8$ pentru construcțiile din clasele de importanță-expunere III, (vezi și comentariile de la Anexa 3)..

C.A1. CLASIFICAREA CLĂDIRILOR ȘI CONSTRUCȚIILOR INGINEREȘTI ÎN CLASE DE IMPORTANȚĂ-EXPUNERE

Fața de ediția anterioară, în actuala variantă a codului a fost revizuită și detaliată clasificarea clădirilor și construcțiilor în clase de importanță-expunere pentru diferite acțiuni (Tabel A1.1 din Anexa A1).

Pentru exemplificare, se prezintă modul de diferențiere a claselor de importanță-expunere din standardul american de proiectare ASCE/SEI 7-05 (Tabelul C.A1.1).

Tabelul C.A1.1. Clase de importanță-expunere

Clasa de importanță-expunere	Clădiri	Structuri
	<i>Clădiri și structuri esențiale pentru societate</i>	
<i>Clasa I</i>	Spitale și instituții medicale/sanitare cu servicii de urgență și săli de operație Stații de pompieri, de poliție și garajele cu vehicule pentru servicii de urgență Centre de comunicații Stații de producere și de distribuție a energiei (electrice, a gazelor, etc) Clădiri ce conțin gaze toxice, explozivi și alte substanțe periculoase (radioactive, etc). Clădiri cu funcțiuni esențiale pentru guvern și apărarea națională	Turnuri de control pentru activitatea aeroportuară și navală Rezervoare de apă, stații de tratare, epurare și pompare a apei Structuri ce conțin materiale radioactive Structuri cu funcțiuni esențiale pentru guvern și apărarea națională (antene, etc.) Turnuri de telecomunicații (TV, radio) Stâlpii liniilor de distribuție și transport a energiei
<i>Clasa II</i>	<i>Clădiri și structuri ce pot provoca în caz de avariere un pericol major pentru viața oamenilor</i>	

	<p>Spitale și instituții medicale, altele decât cele din clasa I, cu o capacitate de peste 50 persoane în aria totală expusă</p> <p>Școli, licee, universități, instituții pentru educație etc. cu o capacitate de peste 250 persoane în aria totală expusă</p> <p>Aziluri de bătrâni, creșe, grădinițe și alte spații de îngrijire a persoanelor cu capacitate mai mare de 150 de persoane în aria totală expusă.</p> <p>Clădiri din patrimoniul cultural național, muzee s.a.</p> <p>Clădiri având peste 300 persoane în aria totală expusă</p> <p>Clădiri care deservește direct: centrale electrice, stații de tratare, epurare, pompare a apei, stații de producere și de distribuție a energiei, centre de telecomunicații</p>	<p>Tribune spectacole/stadioane</p> <p>Structuri ce conțin gaze toxice, explozivi și alte substanțe periculoase</p> <p>Rezervoare supraterane și subterane pentru stocare gaze naturale, GPL, benzina, motorina, petrol, etc.</p> <p>Castele de apă</p> <p>Turnuri de răcire pentru centralele termoelectrice</p> <p>Macarale turn</p>
<i>Clasa III</i>	<i>Toate celelalte clădiri și structuri cu excepția celor din clasele I, II și IV.</i>	
<i>Clasa IV</i>	Clădiri și structuri temporare, agricole, clădiri pentru depozite, etc. caracterizate de un pericol redus de pierderi de vieți omenești.	

Un conținut asemănător, în concepție, de încadrare în clase de importanță-expunere dar ușor modificat în privința numărului de referință de persoane în diferite tipuri de construcții este cel din P 100/1-2006 pentru anumite tipuri de clădiri (Tabelul C.A1.2).

Tabelul C.A1.2.

Funcțiunea clădirii	Codul	
	ASCE 7-05 și CR 0	P100/1 - 2006
Spitale și instituții medicale cu o capacitate de peste...	50 persoane în aria totală expusă	150 persoane în aria totală expusă
Școli, licee, universități, instituții pentru educație etc. cu o capacitate de peste ...	250 persoane în aria totală expusă	200 persoane în aria totală expusă
Clădiri având peste	300 persoane în aria totală expusă	400 persoane în aria totală expusă

Spre deosebire de ediția anterioară, în varianta actuală a codului s-a introdus o departajare a factorului de importanță - expunere asociat clădirilor și structurilor funcție de clasa de importanță-expunere în care acestea se încadrează pentru proiectarea la acțiunea cutremurului, vântului și zăpezii. Valoarea acestui factor se determină din codurile de specialitate.

C.A2 (informativă). Managementul siguranței structurilor pentru lucrări de construcții

Codul introduce explicit și armonizat cu SR EN 1990, conceptul de management al siguranței vizând diferențierea nivelelor de siguranță pentru structură în funcție de stările limită

probabile la care este expusă construcția și consecințele probabile ale cedării acesteia (pierderi de vieți omenești și pierderi economice, costul lucrărilor de reabilitare/consolidare s.a.). Astfel, proiectarea bazată pe metode de calcul integral probabilistice este considerată (atunci când se dispune de datele statistice și modelele de calcul adecvate) ca fiind indicativă, nu alternativă proiectării curente.

Anexa A2 diferențiază 3 clase de consecințe ale cedării construcției: CC3, CC2 și CC1.

Factorii de importanță-expunere pentru acțiunile din cutremur, vânt și zăpadă asociați celor 3 clase de consecințe, utilizați în diferite documente tehnice internaționale și europene (ASCE/SEI 7-05, Eurocodurile structurale EN 1990 ÷ EN 1998) și în România (CR 0, P100/1), sunt prezentați sintetic în Tabelul C.A2.1.

Tabelul C.A2.1 Factori de importanță-expunere pentru acțiuni conform standardelor / codurilor din SUA, UE și România

Clasele de importanță-expunere			SUA Standardul național			UE	România NP 082, CR 1-1-3 și P100/1		
EN 1990	CR 0, EN 1998 și P 100/1	ASCE 7-05	ASCE/SEI 7-05			EN 1998 Seism	Vânt, γ_w	Zăpadă, γ_s	Seism γ
			Vânt	Zăpadă	Seism				
CC1	IV	I	0,87	0,8	1,0	0,8	1,0	1,0	0,8
	III	II	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
CC2	II	III	1,15	1,10	1,25	1,20	1,15	1,10	1,20
CC3	I	IV	1,15	1,20	1,50	1,40	1,15	1,15	1,40

Se notează că diferențele între factorii de importanță-expunere din Tabelul C.A2.1 pentru clasa de consecințe CC2 sunt minore din punctul de vedere al proiectării; practic pentru acțiunea cutremurului sunt diferențe de 4% (1,25/1,20).

C.A3 (informativă). Baze probabilistice pentru analizele de siguranță și proiectarea cu coeficienți parțiali de siguranță

Nivelele de siguranță țintă pentru clasele de importanță-expunere I ÷ IV și 50 ani durata de viață proiectată a structurii/construcției sunt caracterizate de nivele diferite ale indicatorului probabilistic al siguranței β , valori ce sunt explicitate, orientativ, în Anexa C din SR EN 1990. Indicatorul probabilistic al siguranței β este utilizat în metoda de analiză a siguranței structurale de nivel II, care, în prezent, nu este utilizată în proiectare ca metodă generală și alternativă metodelor actuale semiprobabilistice de proiectare.

C.A3.1. Elemente generale

Proiectarea pe baze probabilistice a siguranței elementelor de structură utilizează reprezentările probabilistice ale încărcărilor / efectelor secționale ale încărcărilor și ale rezistențelor materialelor / rezistențelor secționale ale elementelor structurale .

Există trei nivele ale metodelor de analiză a siguranței structurale:

- Metode de nivel III, ce folosesc descrierea probabilistică completă a variabilelor aleatoare de bază;
- Metode de nivel II, care folosesc aproximarea liniară pentru funcțiile neliniare de performanță (de comportare);
- Metode de nivel I, ce folosesc coeficienți parțiali de siguranță, calibrați pe modele probabilistice.

În proiectare există două abordări de bază:

- Proiectarea (directă) bazată pe modele probabilistice avansate de nivel III și/sau II;
- Proiectarea (curentă) folosind coeficienții parțiali de siguranță, calibrați pe modele de nivel I.

În abordarea (i) condiția de proiectare cere ca indicatorul de siguranță efectiv β_{ef} să fie cel puțin egal cu indicatorul de siguranță țintă, β_t :

$$\beta_{ef} \geq \beta_t \quad (\text{C.A32.1})$$

În abordarea (ii) condiția de proiectare cere ca valoarea de proiectare a rezistenței secționale, R_d să fie mai mare sau cel mult egală cu efectul secțional sumă a valorilor de proiectare ale efectelor secționale ale încărcărilor i , $E_{d,i}$:

$$R_d \geq \sum_{i=1}^m E_{d,i} \quad (\text{C.A3.2}).$$

Relația (C.A3.2) poate fi exprimată alternativ și sub forma:

$$\gamma_k R_k \geq \sum_{i=1}^m \gamma_{E,i} E_{k,i} \quad (\text{C.A3.3}).$$

Indicele “ d ” se referă la valori de proiectare, indicele “ k ” se referă la valori caracteristice și coeficienții γ sunt coeficienții parțiali de siguranță pentru rezistențe (γ_R) și respectiv pentru încărcările i , ($\gamma_{E,i}$).

Relația (C.A3.2) implică faptul că starea limită nu este depășită (funcția de performanță este cel puțin egală cu zero) atunci când se introduc în analiză valorile de proiectare.

C.A3.2. Proiectarea bazată pe modele probabilistice avansate, conform SR EN 1990

Fie E , efectul secțional al încărcărilor și R , rezistența secțională, ambele considerate variabile aleatoare de bază.

Fie E , efectul secțional aleator al încărcării/ încărcărilor, Figura C.A3.1; variabila aleatoare redusă, e se exprimă sub forma:

$$e = \frac{E - \mu_E}{\sigma_E} \quad (\text{C.A3.4}).$$

Pentru $E=E_d$ (unde E_d este valoarea de proiectare a lui E) valoarea de proiectare a variabilei aleatoare reduse este:

$$e_d = \frac{E_d - \mu_E}{\sigma_E} \quad (\text{C.A3.5}).$$

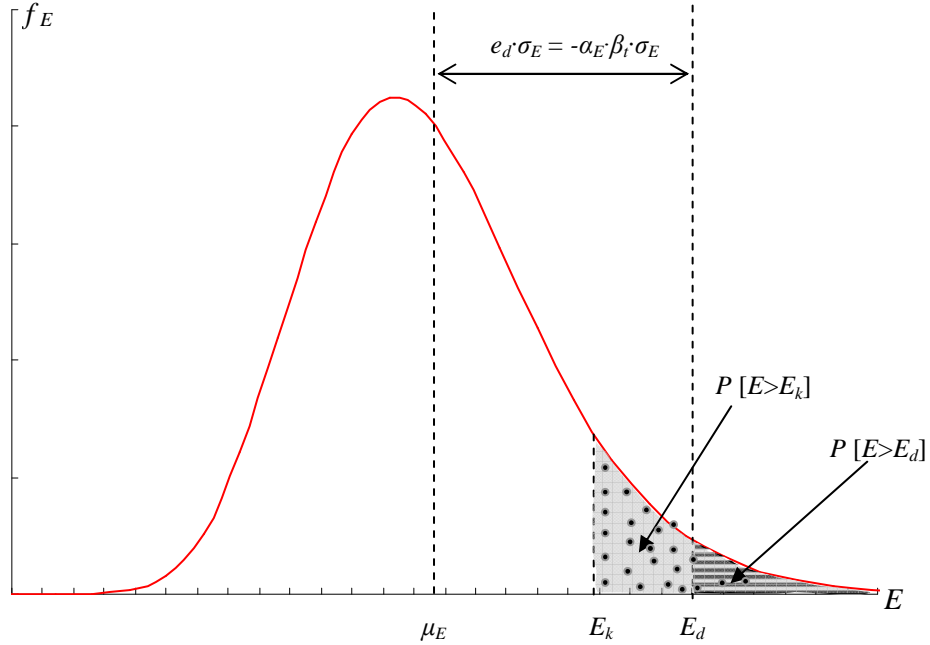


Figura C.A3.1. Densitatea de repartiție a efectului secțional al încărcărilor, E :
 $P[E > E_d] = 1 - P[E \leq E_d] = 1 - \Phi(e_d) = 1 - \Phi(-\alpha_E \beta_t) = \Phi(-e_d) = \Phi(\alpha_E \beta_t)$.

Valoarea de proiectare a variabilei aleatoare reduse, e_d se poate exprima ca produs între indicatorul de siguranță țintă, β_t și cosinusul director corespunzător variabilei E , α_E

$$e_d = -\alpha_E \cdot \beta_t \quad (\text{C.A3.6}).$$

Din relațiile (C.A2.5) și (C.A2.6) se obține valoarea de proiectare a efectului secțional al încărcării:

$$E_d = \mu_E + e_d \cdot \sigma_E = \mu_E - \alpha_E \cdot \beta_t \cdot \sigma_E = \mu_E (1 - \alpha_E \cdot \beta_t \cdot V_E) \quad (\text{C.A3.7}).$$

Coeficientul parțial de siguranță aplicat efectului secțional al încărcării E , γ_E se poate exprima prin raportul dintre valoarea de proiectare și valoarea caracteristică a efectului secțional al încărcării:

$$\gamma_E = \frac{E_d}{E_k} = \frac{\mu_E (1 - \alpha_E \cdot \beta_t \cdot V_E)}{E_k} \quad (\text{C.A3.8}).$$

Dacă variabila aleatoare E are o repartiție de tip normal, pentru care valoarea caracteristică poate fi exprimată sub forma $E_k = \mu_E + k_E \cdot \sigma_E = \mu_E (1 + k_E \cdot V_E)$, atunci relația (C.A3.8) poate fi scrisă sub forma:

$$\gamma_E = \frac{E_d}{E_k} = \frac{\mu_E (1 - \alpha_E \cdot \beta_t \cdot V_E)}{\mu_E (1 + k_E \cdot V_E)} = \frac{1 - \alpha_E \cdot \beta_t \cdot V_E}{1 + k_E \cdot V_E} \quad (\text{C.A3.9}).$$

Fie R , rezistența secțională aleatoare, Figura C.A3.2; variabila aleatoare redusă, r rezultă:

$$r = \frac{R - \mu_R}{\sigma_R} \quad (\text{C.A3.10}).$$

Pentru $R = R_d$, unde R_d este valoarea de proiectare a rezistenței secționale R , valoarea de proiectare a variabilei aleatoare reduse este:

$$r_d = \frac{R_d - \mu_R}{\sigma_R} \quad (\text{C.A3.11}).$$

Valoarea de proiectare a variabilei aleatoare reduse, r_d , se poate exprima ca produs între indicatorul de siguranță țintă, β_t și cosinusul director corespunzător variabilei R , α_R

$$r_d = -\alpha_R \cdot \beta_t \quad (\text{C.A3.12}).$$

Din relațiile (C.A3.11) și (C.A3.12) se obține valoarea de proiectare a rezistenței secționale:

$$R_d = \mu_R + r_d \cdot \sigma_R = \mu_R - \alpha_R \cdot \beta_t \cdot \sigma_R = \mu_R (1 - \alpha_R \cdot \beta_t \cdot V_R) \quad (\text{C.A3.13}).$$

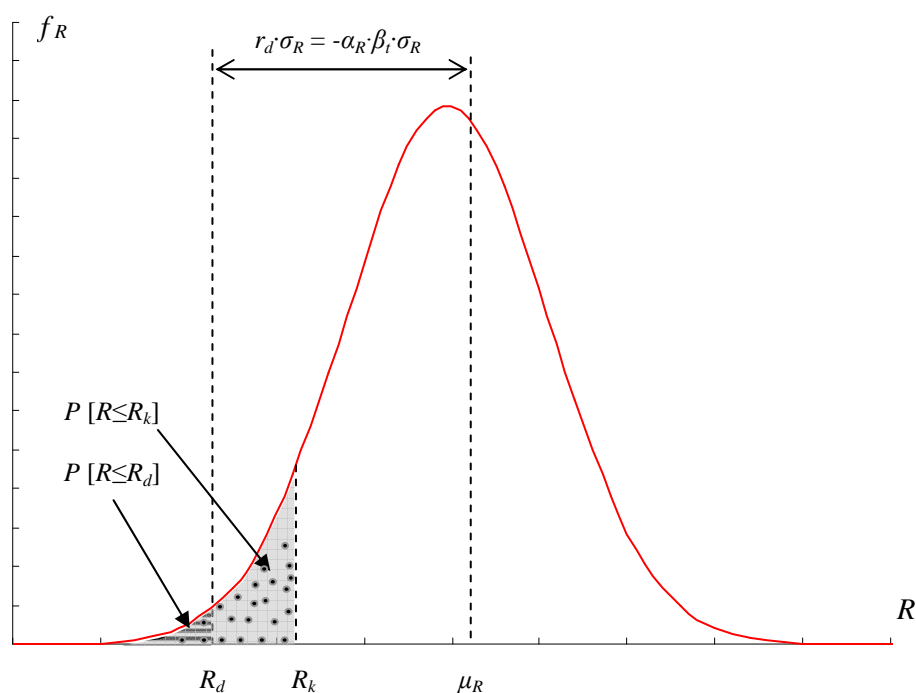


Figura C.A3.2. Densitatea de repartiție a rezistenței secționale, R :

$$P [R \leq R_d] = P [r \leq r_d] = \Phi(r_d) = \Phi(-\alpha_R \cdot \beta_t).$$

Coeficientul parțial de siguranță aplicat rezistenței secționale R , γ_R se poate exprima prin raportul dintre valoarea de proiectare și valoarea caracteristică a rezistenței secționale:

$$\gamma_R = \frac{R_d}{R_k} = \frac{\mu_R (1 - \alpha_R \cdot \beta_t \cdot V_R)}{R_k} \quad (\text{C.A3.14}).$$

Dacă variabila aleatoare R are o repartiție de tip normal, pentru care valoarea caracteristică poate fi exprimată sub forma $R_k = \mu_R + k_R \cdot \sigma_R = \mu_R(1 + k_R \cdot V_R)$, atunci relația (C.A3.14) poate fi scrisă sub forma:

$$\gamma_R = \frac{R_d}{R_k} = \frac{\mu_R(1 - \alpha_R \cdot \beta_t \cdot V_R)}{\mu_R(1 + k_R \cdot V_R)} = \frac{1 - \alpha_R \cdot \beta_t \cdot V_R}{1 + k_R \cdot V_R} \quad (\text{C.A3.15}).$$

Conform ISO 2394:1998 valorile factorilor α_E și α_R folosiți în SR EN 1990 pot fi luate ca în Tabelul C.A3.1 pentru $0,16 \leq \frac{\sigma_E}{\sigma_R} \leq 7,6$.

Tabelul C.A3.1 Valorile factorilor α_E și α_R , ISO 2394:1998

Ponderea variabilelor	E , Efecte secționale ale încărcărilor	R , Rezistențe secționale
Predominantă	$\alpha_E = -0,70$	$\alpha_R = 0,80$
Secundară	$\alpha_E = -0,28$	$\alpha_R = 0,32$

Conform Anexei C din SR EN 1990 valorile țintă ale indicatorului de siguranță β pentru structurile curente (construcții, în general) sunt cele din Tabelul C.A3.2.

Tabelul C.A3.2. Valorile țintă ale indicatorului de siguranță β_t

Interval de timp	1 an	50 de ani
Starea limită		
Ultimă, SLU	4,7	3,8
De serviciu, SLS	2,9	1,5

Dacă valorile acțiunilor, respectiv efectelor secționale generate de acțiuni, au maximele lor anuale modelate ca independente statistic, valorile indicatorului de siguranță pentru diferite intervale de timp de referință n , exprimate în ani, β_n se pot calcula în funcție de valoarea indicatorului de siguranță pentru un an (anual) β_1 , cu relația:

$$\Phi(\beta_n) = [\Phi(\beta_1)]^n \quad (\text{C.A3.16})$$

unde $\Phi(\beta)$ este funcția de repartiție a extremelor maxime anuale $\Phi(\beta_1)$ respectiv a extremelor maxime în n ani, $\Phi(\beta_n)$.

Din relația C.A3.16 rezultă valoarea indicatorului de siguranță pentru un interval de timp de n ani:

$$\beta_n = \Phi^{-1}\{[\Phi(\beta_1)]^n\} \quad (\text{C.A3.17}).$$

De exemplu, pentru un indicator de siguranță țintă într-un an, $\beta_1 = 4,7$, aplicând relația (C.A3.17) se obțin următoarele valori ale indicatorului de siguranță pentru intervalele de timp $n = 10$ ani, 20 ani și 50 de ani:

$$\beta_{10} = 4,21, \beta_{20} = 4,05 \text{ și } \beta_{50} = 3,83.$$

Folosind valorile factorului α_E din Tabelul C.A3.1 și ale indicatorului de siguranță țintă în 50 de ani pentru SLU din Tabelul C.A3.2 rezultă, de exemplu, că valoarea de proiectare a

efectului secționat al încărcărilor (în cazul în care încărcarea considerată este variabila dominantă) este egală cu:

$$E_d = \mu_E(1 - \alpha_E \cdot \beta_t \cdot V_E) = \mu_E(1 + 0,7 \cdot 3,8 \cdot V_E) = \mu_E(1 + 2,66 \cdot V_E).$$

Variabilele aleatoare de bază, R și E , sunt în cazul general necorelate iar funcția de performanță (de stare) conform SR EN 1990 se poate scrie dub formă:

$$g = R - E \quad (\text{C.A3.18}).$$

Dacă funcția de performanță, g are o repartiție de tip normal, probabilitatea de cedare este:

$$P_f = P[g \leq 0] = \Phi\left(\frac{0 - \mu_g}{\sigma_g}\right) = \Phi(-\beta) = 1 - \Phi(\beta) \quad (\text{C.A3.19}).$$

Probabilitățile de depășire (de nedepășire) asociate valorilor de proiectare ale variabilelor aleatoare de bază pentru un indicator de siguranță țintă β_t sunt:

$$P[E > E_d] = 1 - P[E \leq E_d] = 1 - \Phi(e_d) = 1 - \Phi(-\alpha_E \cdot \beta_t) = \Phi(\alpha_E \cdot \beta_t) \quad (\text{C.A3.20})$$

și

$$P[R \leq R_d] = \Phi(r_d) = \Phi(-\alpha_R \cdot \beta_t) = 1 - \Phi(\alpha_R \cdot \beta_t) \quad (\text{C.A3.21}).$$

Înlocuind valorile factorilor α_E și α_R în relațiile (C.A3.20) și (C.A3.21), se obțin următoarele probabilități:

$$P[E > E_d] = \Phi(\alpha_E \cdot \beta_t) = \Phi(-0,7 \cdot \beta_t) \quad (\text{C.A3.22})$$

și

$$P[R \leq R_d] = \Phi(-\alpha_R \cdot \beta_t) = \Phi(0,8 \cdot \beta_t) \quad (\text{C.A3.23}).$$

De exemplu, pentru efectul secționat al încărcării E , considerând indicatorii de siguranță țintă din SR EN 1990 și $\alpha_E = -0,7$, aplicând relația (C.A3.22) se obțin valorile probabilității $P[E > E_d]$ din Tabelul C.A3.3.

Tabel C.A3.3. Valorile probabilității de depășire a valorii de proiectare a efectului secționat al încărcării (cazul încărcării variabile predominante) pentru valorile țintă ale indicatorului de siguranță β_t recomandate de SR EN 1990

Starea limită	Ultimă, SLU		De serviciu, SLS	
	1 an	50 ani	1 an	50 ani
Intervalul de timp				
Indicatorul β_t	4,7	3,8	2,9	1,5
$P[E > E_d]$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-1}$

Dacă nu este satisfăcută condiția privind raportul abaterilor standard ($0,16 \leq \frac{\sigma_E}{\sigma_R} \leq 7,6$), se recomandă după ISO 2394: 1998 $\alpha = \pm 1,0$ pentru variabila cu abaterea standard mai mare și $\alpha = \pm 0,4$ pentru variabila cu abaterea standard mai mica.

Când modelul pentru acțiuni conține mai multe variabile aleatoare, relația (C.A3.22) se folosește pentru variabila aleatoare predominantă, $P[E > E_d] = \Phi(\alpha_E \cdot \beta_t) = \Phi(-0,7 \cdot \beta_t)$. Pentru celelalte acțiuni se folosește o valoare de proiectare pentru care $P[E > E_d] = \Phi(-0,7 \cdot 0,4 \cdot \beta_t) = \Phi(-0,28 \cdot \beta_t)$ (valoare ce corespunde, pentru $\beta_t = 3,8$, fractilului superior $E_{0,90}$).

De exemplu, pentru efectul secțional al încărcării, E considerând $\alpha_E = -0,28$ și indicatorii de siguranță țintă din SR EN 1990, aplicând relația (C.A3.22) se obțin valorile din Tabelul C.A3.4.

Tabel C.A3.4. Valorile probabilității de depășire a valorii de proiectare a efectului secțional al încărcării (cazul încărcării variabile nepredominante) pentru valorile țintă ale indicatorului de siguranță β_t recomandat de SR EN 1990.

<i>Starea limită</i>	<i>Ultimă, SLU</i>		<i>De serviciu, SLS</i>	
<i>Intervalul de timp</i>	1 an	50 ani	1 an	50 ani
<i>Indicatorul β_t</i>	4,7	3,8	2,9	1,5
<i>$P[E > E_d]$</i>	$9,4 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-1}$	$2,1 \cdot 10^{-1}$	$3,4 \cdot 10^{-1}$

C.A3.3. Calibrarea coeficienților parțiali de siguranță conform SR EN 1990

Calibrarea coeficienților parțiali de siguranță se face diferențiat, în funcție de tipul repartițiilor de probabilitate pentru variabilele aleatoare de bază. În cele ce urmează se prezintă numai calibrarea coeficienților parțiali de siguranță aplicați efectului secțional al încărcării, E . Calibrarea coeficienților parțiali de siguranță aplicați rezistențelor secționale, R se face asemănător.

a) Repartiția normală a lui E

Variabila aleatoare de bază E se consideră având o repartiție normală $E \sim N(\mu_E, \sigma_E)$. Valoarea caracteristică a efectului secțional al încărcării este:

$$E_k = \mu_E + k \cdot \sigma_E = \mu_E(1 + k \cdot V_E) \quad (\text{C.A3.24}),$$

unde:

μ_E este media variabilei aleatoare E ;

$k = \Phi^{-1}(p)$, p fiind probabilitatea de nedepășire a valorii caracteristice, E_k ;

σ_E , abaterea standard a variabilei aleatoare E ;

V_E , coeficientul de variație al variabilei aleatoare E .

Valoarea de proiectare a efectului secțional al încărcării este:

$$E_d = \mu_E - \alpha_E \cdot \beta_t \cdot \sigma_E = \mu_E(1 - \alpha_E \cdot \beta_t \cdot V_E) \quad (\text{C.A3.25}).$$

Din relațiile (C.A3.24) și (C.A3.25) rezultă coeficientul parțial de siguranță γ_E aplicat efectului secțional al încărcării, E :

$$\gamma_E = \frac{E_d}{E_k} = \frac{\mu_E(1 - \alpha_E \cdot \beta_t \cdot V_E)}{\mu_E(1 + k \cdot V_E)} = \frac{1 - \alpha_E \cdot \beta_t \cdot V_E}{1 + k \cdot V_E} \quad (\text{C.A3.26}).$$

b) Repartiția lognormală a lui E

Variabila aleatoare E de bază se consideră având o repartiție lognormală $E \sim \text{LN}(\mu_{\ln E}, \sigma_{\ln E})$. Valoarea caracteristică a efectului secțional al încărcării este:

$$E_k = \exp(\mu_{\ln E} + k \cdot \sigma_{\ln E}) = \exp(\ln e_m) \cdot \exp(k \cdot \sigma_{\ln E}) \quad (\text{C.A3.27}),$$

unde:

$\mu_{\ln E}$ este media logaritmului (natural) al variabilei aleatoare E ;

$k = \Phi^{-1}(p)$, p fiind probabilitatea de nedepășire a valorii caracteristice, E_k ;

$\sigma_{\ln E}$, abaterea standard a logaritmului (natural) al variabilei aleatoare E ;

e_m , mediana variabilei aleatoare E .

Valoarea de proiectare a efectului secțional al încărcării este:

$$E_d = \exp(\mu_{\ln E} - \alpha_E \cdot \beta_t \cdot \sigma_{\ln E}) = \exp(\ln e_m) \cdot \exp(-\alpha_E \cdot \beta_t \cdot \sigma_{\ln E}) \quad (\text{C.A3.28}).$$

Din relațiile (C.A3.27) și (C.A3.28) rezultă coeficientul parțial de siguranță γ_E aplicat efectului secțional al încărcării, E :

$$\gamma_E = \frac{E_d}{E_k} = \frac{\exp(-\alpha_E \cdot \beta_t \cdot \sigma_{\ln E})}{\exp(k \cdot \sigma_{\ln E})} = \exp[-\sigma_{\ln E} (\alpha_E \cdot \beta_t + k)] \quad (\text{C.A3.29}).$$

Pentru $V_E \leq 0,20$, $\sigma_{\ln E} \cong V_E$ și relația (C.A3.29) se simplifică sub forma:

$$\gamma_E = \exp[-V_E (\alpha_E \cdot \beta_t + k)] \quad (\text{C.A3.30}).$$

c) Repartiția Gumbel pentru maxime a lui E

Variabila aleatoare de bază E se consideră având o repartiție de tip Gumbel, pentru maxime $E \sim \text{Gmax}(u, \alpha)$. Valoarea caracteristică a efectului secțional al încărcării este:

$$E_k = u - \frac{1}{\alpha} \cdot \ln[-\ln(p)] \quad (\text{C.A3.31})$$

unde: p este probabilitatea de nedepășire a valorii caracteristice, E_k iar u și α sunt parametrii de localizare (u) și de dispersie (α) ai repartiției Gumbel pentru maxime.

Valoarea de proiectare a efectului secțional al încărcării este:

$$E_d = u - \frac{1}{\alpha} \cdot \ln\{-\ln[\Phi(-\alpha_E \cdot \beta_t)]\} \quad (\text{C.A3.32}).$$

Din relațiile (C.A3.31) și (C.A3.32) rezultă coeficientul parțial de siguranță γ_E aplicat efectului secțional al încărcării, E :

$$\gamma_E = \frac{E_d}{E_k} = \frac{u - \frac{1}{\alpha} \cdot \ln\{-\ln[\Phi(-\alpha_E \cdot \beta_t)]\}}{u - \frac{1}{\alpha} \cdot \ln[-\ln(p)]} \quad (\text{C.A3.33}).$$

Parametrii repartiției Gumbel pentru maxime se determină în funcție de media și abaterea standard a variabilei aleatoare de bază, E :

$$u = m_E - \frac{\gamma}{\alpha} \quad \alpha = \frac{\pi}{\sqrt{6}} \cdot \frac{1}{\sigma_E} \quad (\text{C.A3.34})$$

unde γ este constanta lui Euler ($\gamma = 0,5772\dots$).

Folosind relațiile (C.A3.33) și (C.A3.34) coeficientul parțial de siguranță γ_E aplicat efectului secțional al încărcării E , rezultă sub forma:

$$\gamma_E = \frac{u \cdot \alpha - \ln\{-\ln[\Phi(-\alpha_E \cdot \beta_t)]\}}{u \cdot \alpha - \ln[-\ln(p)]} = \frac{\frac{\pi}{\sqrt{6}} \cdot \frac{1}{V_E} - \gamma - \ln\{-\ln[\Phi(-\alpha_E \cdot \beta_t)]\}}{\frac{\pi}{\sqrt{6}} \cdot \frac{1}{V_E} - \gamma - \ln[-\ln(p)]} \quad (\text{C.A3.35}).$$

În Figurile C.A3.3... C.A3.5 se prezintă variația coeficienților parțiali de siguranță, γ_E determinați pe baza relațiilor (C.A3.26), (C.A3.30) și (C.A3.35) pentru valorile fractil superior $E_{0,95}$ și $E_{0,98}$ ale efectului încărcării E . Valorile de calibrare ale indicatorului probabilistic al siguranței β_t sunt cele recomandate de EN1990, $\beta_t = 4,7$ (iar $\alpha_E = -0,7$).

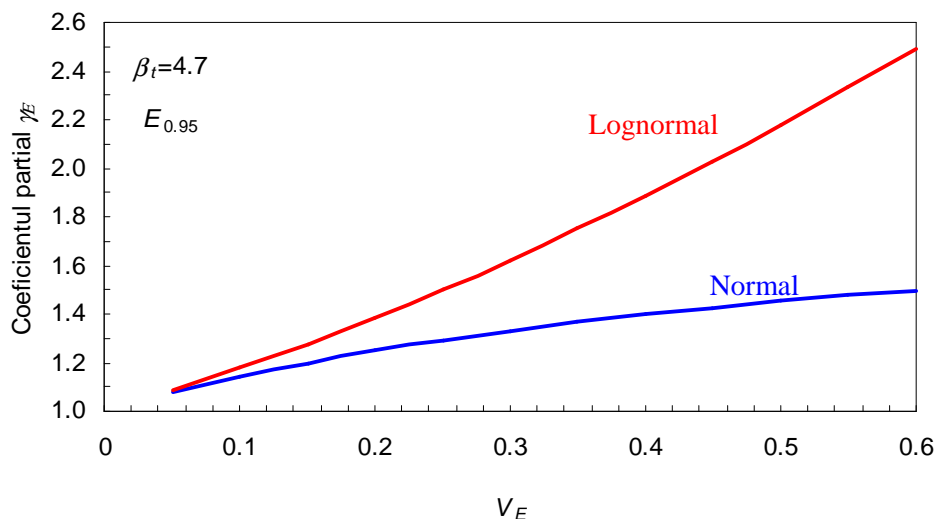


Figura C.A3.3. Comparație între coeficienții parțiali de siguranță γ_E aplicați fractilului $E_{0,95}$ calculați în repartițiile normală (N) și respectiv lognormală (LN) ale efectului încărcării E și pentru $\beta_t = 4,7$

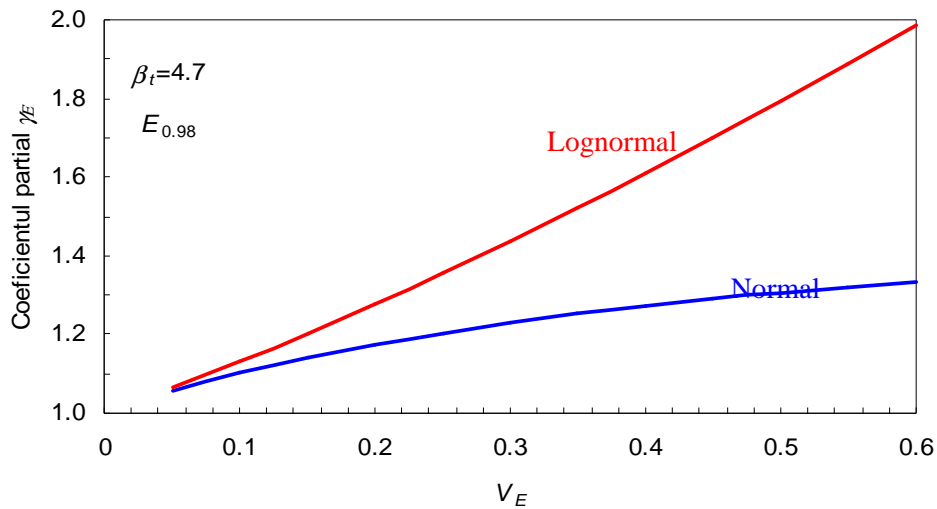


Figura C.A3.4. Comparație între coeficienții parțiali de siguranță γ_E aplicați fractilului $E_{0,98}$ calculați în repartițiile normală (N) și respectiv lognormală (LN) ale efectului încărcării E și pentru $\beta_t = 4,7$

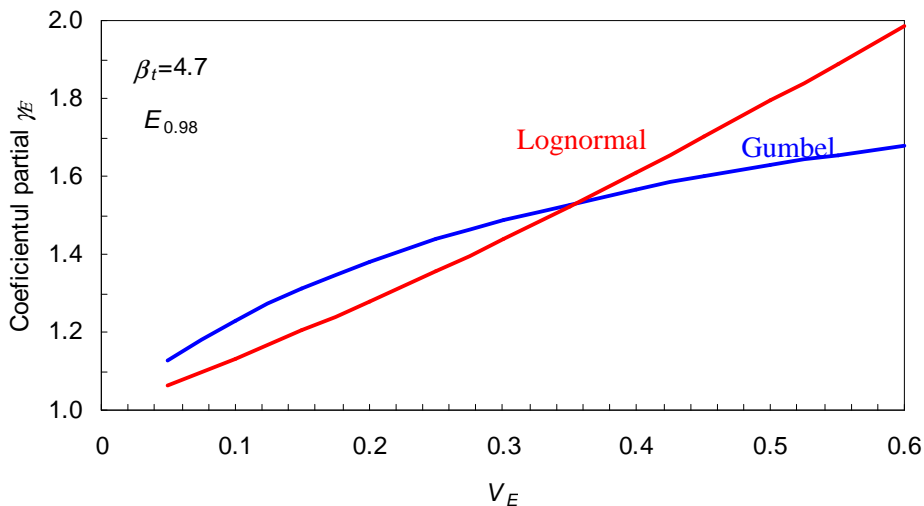


Figura C.A3.5. Comparație între coeficienții parțiali de siguranță γ_E aplicați fractilului $E_{0,98}$ calculați în repartițiile Gumbel pentru maxime (G) și respectiv lognormală (LN) ale efectului încărcării E și pentru $\beta_t = 4,7$

Pentru o analiză mai detaliată a efectelor coeficientului de variație V_E și nivelului de siguranță β_t asupra coeficientului parțial de siguranță γ_E în Figura C.A3.6 și Figura C.A3.7 sunt reprezentate valorile acestor coeficienți pentru diferite probabilități de cedare P_f împreună cu valorile de referință ale coeficientului parțial de siguranță γ_E din SR EN 1990. Calculele s-au efectuat pentru modelul probabilistic lognormal, Gumbel și s-au mediat în Figura C.A3.8.

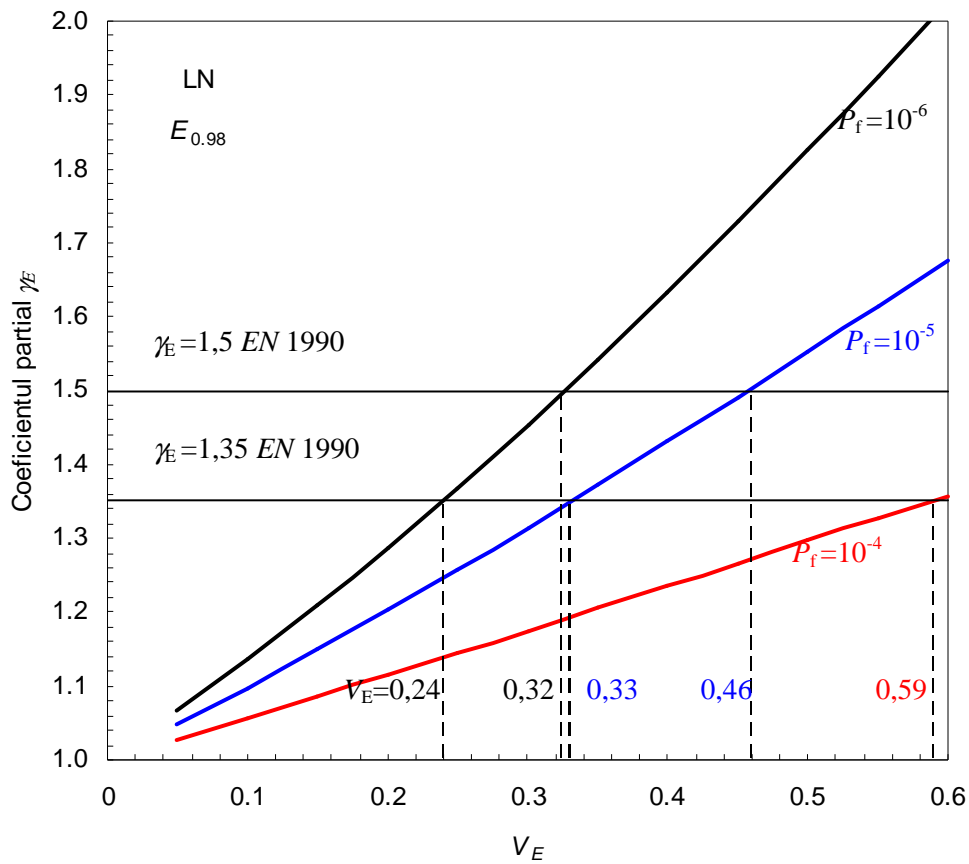


Figura C.A3.6. Calibrarea coeficientului parțial de siguranță $\gamma_E = \gamma_{0,98}$ pentru fractilul 0,98 al efectului încărcării E , $E_{0,98}$ conform modelului lognormal

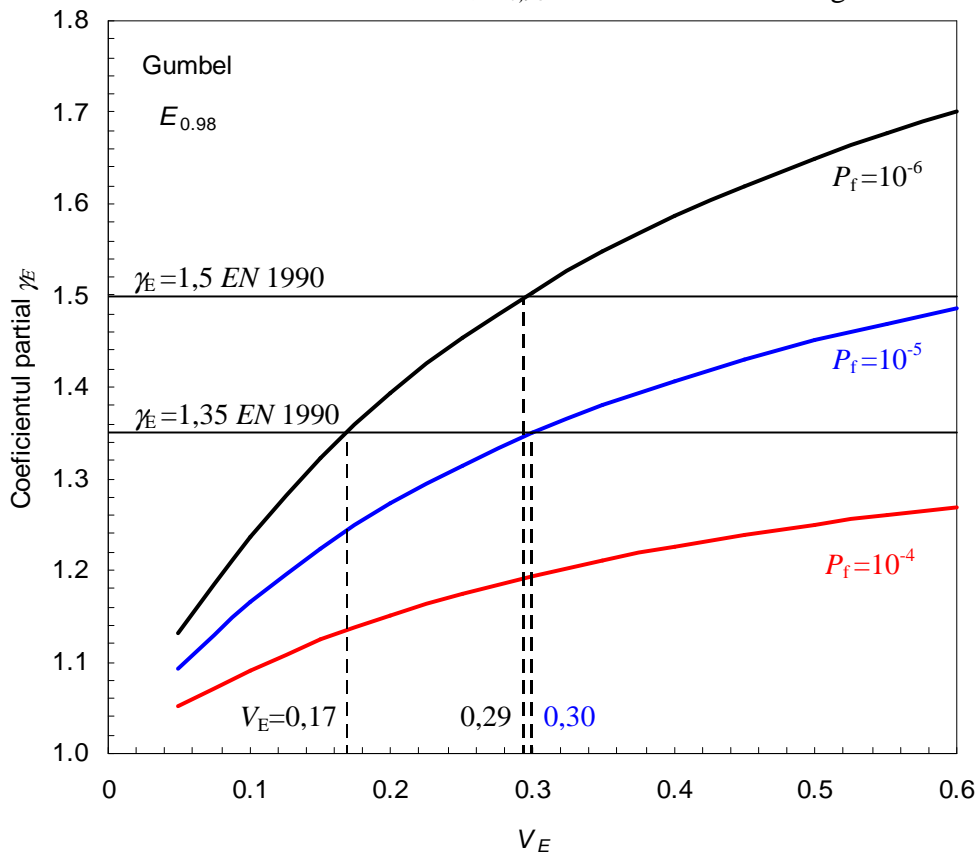


Figura C.A3.7. Calibrarea coeficientului parțial de siguranță $\gamma_E = \gamma_{0,98}$ pentru fractilul 0,98 al efectului încărcării E , $E_{0,98}$ conform modelului Gumbel

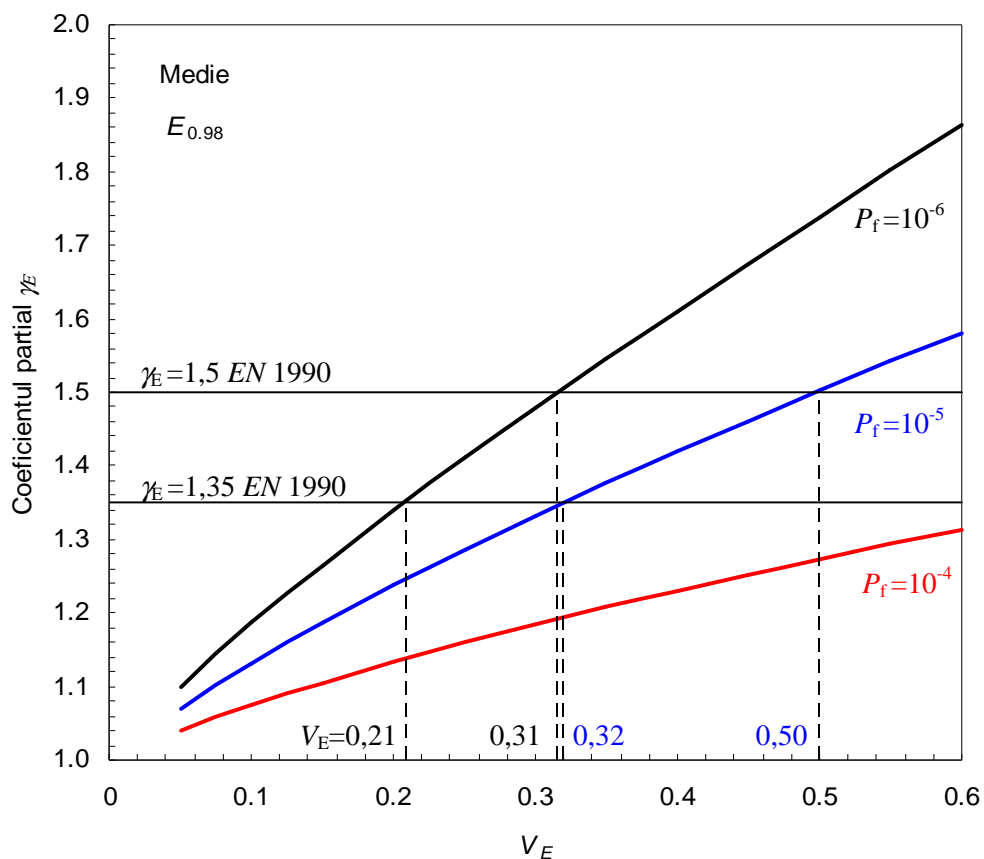


Figura C.A3.8. Calibrarea coeficientului parțial de siguranță $\gamma_E = \gamma_{0,98}$ pentru fractilul 0,98 al efectului încărcării E , $E_{0,98}$ – valori mediate

Se notează că diferențele relative între valorile coeficientului parțial de siguranță $\gamma_E = \gamma_{0,98}$ pentru fractilul 0,98 al efectului încărcării E , $E_{0,98}$ determinate în modelul lognormal și respectiv în modelul Gumbel sunt pentru nivelele de siguranță curente $P_f = 10^{-6} \dots 10^{-4}$ în general sub 10% (pentru $V_E < 0,55$), Figura C.A3.9.

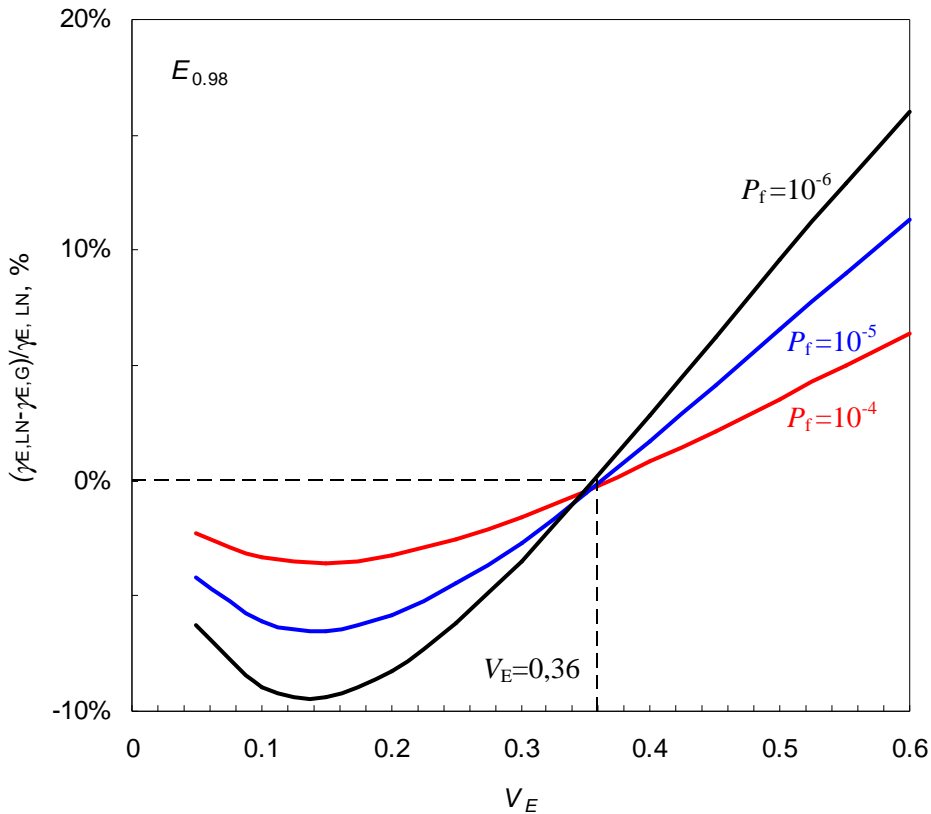


Figura C.A3.9. Diferențe relative între valorile $\gamma_E = \gamma_{0,98}$ determinate în modelul lognormal și respectiv în modelul Gumbel

Valorile maxime ale coeficienților de variație V_E ai efectului încărcării E corespund (i) valorilor recomandate de SR EN 1990 pentru fractilul 0,98 al efectului încărcării ($E_{0,98}$), respectiv $\gamma_E = 1,35$ și $\gamma_E = 1,50$ și (ii) nivelelor de siguranță caracterizate de $\beta_t = 4,75$; $4,25$ și $3,75$.

Tabel C.A3.5 Valorile coeficientului de variație (V_E) al efectului încărcării V_E corespunzând coeficienților parțiali de siguranță $\gamma_E = \gamma_{0,98}$ aplicați fractilului 0,98, ai efectului încărcării E , $E_{0,98}$

Modelul lognormal

Indicator de siguranță țintă β_t	Probabilitate de cedare P_f	Coeficient de variație al efectului încărcării V_E pentru		
		$\gamma_E = 1,35$	$\gamma_E = 1,50$	$\gamma_E = 1,70$
4,75	10^{-6}	0,24	0,32	0,44
4,27	10^{-5}	0,33	0,46	-
3,75	10^{-4}	0,59	-	-

Modelul Gumbel

Indicator de siguranță țintă β_t	Probabilitate de cedare P_f	Coeficient de variație al efectului încărcării V_E pentru		
		$\gamma_E = 1,35$	$\gamma_E = 1,50$	$\gamma_E = 1,70$
4,75	10^{-6}	0,17	0,29	0,6
4,27	10^{-5}	0,30	-	-
3,75	10^{-4}	-	-	-

Indicator de siguranță țintă β_t	Probabilitate de cedare P_f	Coeficient de variație al efectului încărcării V_E pentru		
		$\gamma_E = 1,35$	$\gamma_E = 1,50$	$\gamma_E = 1,70$
4,75	10^{-6}	0,21	0,31	0,47
4,27	10^{-5}	0,32	0,50	-
3,75	10^{-4}	-	-	-

De asemenea în Tabelele C.A3.5 sunt indicate orientativ și valorile V_E pentru $\gamma_E = 1,70$ valori ce evident ar putea fi aplicate în cazul unor acțiuni având variabilitatea naturală extrem de mare.

Valori superioare valorilor coeficientului de variație a efectului încărcării V_E din Tabelele C.A3.5 reprezintă reduceri ale nivelului siguranței structurale și invers, valori inferioare valorilor coeficientului de variație a efectului încărcării V_E din Tabelele C.A3.5 reprezintă creșteri ale nivelului siguranței structurale.

REFERINȚE

- [1] ASCE/SEI 7-05, ASCE Standard: Minimum design loads for buildings and other structures, by American Society of Civil Engineers (2005).
- [2] "Eurocodes, Building codes for Europe", June 2002, Brussels, Documents of reference of the Conference
- [3] CR0-2005 *Cod de proiectare. Bazele proiectării structurilor în construcții*, 2005
- [4] CR1-1-3 *Cod de proiectare. Evaluarea acțiunii zăpezii asupra construcțiilor*, 2005
- [5] ISO 2394:1998 – *General principles on reliability for structures*, ISO – International Organization for Standardization, TC 98/SC 2
- [6] NP122/2008 Normativ privind determinarea valorilor caracteristice și de calcul ale parametrilor geotehnici.
- [7] NP 082/2004 *Cod de proiectare. Bazele proiectării și acțiuni asupra construcțiilor. Acțiunea vântului*
- [8] SR EN 1990:2004, Eurocod – Bazele proiectării structurilor.
- [9] SR EN 1990:2004/NA: 2006, Eurocod: Bazele proiectării structurilor. Anexă națională.
- [10] SR EN 1990:2004/A1: 2006/AC:2010, Eurocod: Bazele proiectării structurilor.
- [11] SR EN 1991-1-2:2004, Eurocod 1. Acțiuni asupra structurilor. Acțiuni generale. Acțiuni asupra structurilor expuse la foc.
- [12] P100-1:2006. Cod de proiectare seismică. Partea I. Prevederi de proiectare pentru clădiri.
- [13] Ang, A. H.-S., Tang, W. H., *Probability - Concepts in Engineering Planning and Design - Vol. II - Decision Risk & Reliability*, John Wiley & Sons, 1984
- [14] Gulvanessian, H., J-A Calgaro, M. Holicky, 2002. Designer's Guide to EN 1990, Thomas Telford, 1992 pp.
- [15] Lungu D., Ghiocel D., 1982. Metode probabilistice în calculul construcțiilor, Editura Tehnică, București
- [16] Lungu D., van Gelder P., Trandafir R., 1996. Comparative study of Eurocode 1, ISO and ASCE procedures for calculating wind loads. *IABSE Colloquium, Basis of Design and Actions on Structures, Background and Application of EUROCODE 1*. Delft University of Technology, March 27-29, IABSE Report. Vol. 74, pp. 345-354, Delft, March 1996
- [17] Vrouwenvelder A., 1996. Eurocode 1, Basis of design, Background Information. *IABSE Colloquium, Basis of Design and Actions on Structures, Background and Application of EUROCODE 1*. Delft University of Technology, March 27-29, IABSE Report. Vol. 74, pp. 25 – 33, Delft, March 1996

EXEMPLE DE CALCUL

Anexă informativă

Lista exemplurilor de calcul cuprinde:

(i) Evaluarea acțiunilor și gruparea efectelor structurale ale acțiunilor pentru o clădire etajată expusă acțiunii seismice, în București;

1. Evaluarea acțiunilor permanente
2. Evaluarea acțiunilor variabile
3. Evaluarea acțiunii seismice
4. Gruparea efectelor structurale ale acțiunilor

(ii) Evaluarea acțiunilor și gruparea efectelor structurale ale acțiunilor pentru o construcție industrială expusă acțiunii combinate a vântului și zăpezii;

1. Evaluarea acțiunilor permanente
2. Evaluarea acțiunilor din exploatare
3. Evaluarea acțiunii vântului
4. Evaluarea acțiunii zăpezii
5. Gruparea efectelor structurale ale acțiunilor

(iii) Modelarea condiției de siguranță pe un model probabilistic Moment de ordinul doi pentru elemente de structură în stadiul limită ultim (calibrarea coeficienților parțiali de siguranță pentru proiectare pe modele probabilistice în funcție de probabilitatea de cedare).

1. Modelarea probabilistică a acțiunilor și a rezistențelor sectionale
2. Determinarea indicatorului de siguranță pe modele de ordin I folosind Momente de ordin II
3. Determinarea indicatorului de siguranță pe modele avansate de ordin I
4. Determinarea valorilor indicatorului de siguranță la încovoiere pentru o perioadă de expunere de 50 de ani
5. Determinarea valorilor indicatorului de siguranță la forța tăietoare pentru o perioadă de expunere de 50 de ani