

Anexa D (informativă) – Comentarii și recomandări de proiectare

Cuprins

- D. 1. Elemente generale
- D. 2. Situații de proiectare
- D.3 Încărcarea din zăpada pe sol
- D.4 Încărcarea din zăpadă pe acoperiș
- D. 5. Coeficienți de formă pentru încărcarea din zăpadă pe acoperiș
 - D.5.1 Acoperișuri cu o singură pantă
 - D.5.2 Acoperișuri cu două pante
 - D.5.3 Acoperișuri cu mai multe deschideri
 - D.5.4 Acoperișuri cilindrice
 - D.5.5 Acoperișuri adiacente sau apropiate de construcții mai înalte
- D.6 Efecte locale
 - D.6.1 Aglomerarea de zăpadă pe acoperișuri cu obstacole
 - D.6.2 Zăpada atârnată de marginea acoperișului
 - D.6.3 Încărcarea din zăpadă pe panouri de protecție și alte obstacole de pe acoperișuri
- D.7 Coeficienți de formă pentru aglomerări excepționale de zăpadă pe acoperiș
- D.8 Intervalul mediu de recurență al încărcării din zăpadă pe sol
- D.9 Greutatea specifică a zăpezii
- Bibliografie

Introducere

Comentariile și recomandările de proiectare următoare se referă la aplicarea reglementării tehnice CR 1-1-3/2012 “Cod de proiectare. Evaluarea acțiunii zăpezii asupra construcțiilor” și au ca obiectiv facilitarea evaluării încărcărilor din zăpadă de către inginerii proiectanți.

Prevederile codului CR 1-1-3/2012 sunt armonizate cu standardul SR EN 1991-1-3, care reprezintă versiunea în limba română a standardului european EN 1991-1-3. În cod s-a luat în considerare informația meteorologică din România privind maximele anuale ale încărcărilor din zăpadă (obținute pe baza maximelor anuale ale înălțimii stratului de zăpadă) înregistrate până în anul 2005.

Cercetarea în domeniul încărcărilor din zăpadă necesită studii suplimentare, mai ales în ceea ce privește încărcarea din zăpadă pe acoperiș. Multitudinea de factori care influențează caracteristicile zăpezii și modul de depunere a acesteia, variabilitatea fenomenelor meteorologice, multitudinea de tipuri și de materiale de acoperișuri, fac ca cercetarea să fie complexă, iar rezultatele dificil de extrapolat. În privința încărcărilor din zăpadă pe acoperiș, direcția principală de cercetare pre-normativă la nivel internațional (și în special la nivel european) este cea a studiilor probabiliste, ale căror rezultate trebuie să conducă la definirea unor valori asociate unor probabilități anuale de nedepășire sau, respectiv, unor intervale medii de recurență [1].

D. 1. Elemente generale

Încărcarea din zăpadă este o acțiune variabilă, fixă și statică, exprimată ca încărcare distribuită pe metru pătrat de proiecție orizontală a acoperișului. În cazurile de aglomerare excepțională a zăpezii, încărcarea din zăpadă este acțiune accidentală.

Conform codului CR 0 - 2012:

- O acțiune este variabilă atunci când variația în timp a intensității ei nu este nici neglijabilă nici monotonă;
- O acțiune este fixă atunci când are o poziție fixă și o distribuție fixă pe construcție;
- O acțiune este statică atunci când nu induce accelerații construcției, deci nu induce forțe de inerție pe construcție și pe elementele sale componente;
- O acțiune accidentală este o acțiune de scurtă durată și de intensitate semnificativă, cu probabilitate redusă de apariție pe o construcție pe durata ei de viață (considerată pentru proiectare).

D. 2. Situații de proiectare

Situațiile de proiectare la acțiunea zăpezii sunt în concordanță cu cele prevăzute în codul CR 0 - 2012 și reprezintă un set de condiții fizice reprezentând situațiile reale ce au loc într-un interval de timp considerat, pentru care prin proiectare sunt create premisele ca stările limită relevante să nu fie depășite. Conform CR 0 situațiile de proiectare sunt definite astfel:

- Situație persistentă de proiectare: situație de proiectare ce este relevantă pe un interval de timp de același ordin cu durata vieții construcției (condiția normală de proiectare);

- Situație tranzitorie de proiectare: situație de proiectare care este relevantă pe o durată de timp mai scurtă decât durată proiectată a vieții construcției și care are o probabilitate mare de a se produce;
- Situație accidentală de proiectare: situație ce implică condiții de expunere excepțională a construcției la foc, explozii, impact, cedare locală, zăpadă.

Condițiile excepționale referitoare la zone cu căderi excepționale de zăpadă pe sol (caracterizate de o probabilitate foarte redusă de apariție), așa cum sunt definite în SR EN 1991-1-3, nu se iau în considerare pentru proiectarea construcțiilor pe teritoriul României (climă temperată). Cu datele disponibile la nivel european în 1997, din peste 2600 de stații meteo considerate, au fost înregistrate căderi excepționale de zăpadă la 159 de stații [2]. În acest context, în viitor, se impune efectuarea de studii aprofundate pe acest subiect la nivel național, în condițiile utilizării unei baze de date meteorologice cât mai extinse.

Conform Capitolului 2 din cod, trebuie considerate următoarele două condiții de amplasament pentru proiectarea la acțiunea zăpezii:

(i) **Condiții normale**, fără considerarea aglomerărilor excepționale de zăpadă pe acoperiș. Se consideră situația de proiectare persistentă/tranzitorie și se utilizează două tipuri de distribuție a încărcării din zăpadă: încărcarea din zăpadă neaglomerată și încărcarea din zăpadă aglomerată (cu prevederile de la alineatul 4.1(8), relația 4.1 și Capitolul 5);

(ii) **Condiții excepționale**, cu considerarea aglomerărilor excepționale de zăpadă pe acoperiș. Se consideră două situații de proiectare:

- persistentă/tranzitorie cu utilizarea încărcării din zăpadă neaglomerată și aglomerată (fără cazurile din Capitolul 7), cu prevederile de la alineatul 4.1(8), relația 4.1 și Capitolul 5, și
- accidentală (în care zăpada este acțiunea accidentală) cu utilizarea încărcării din aglomerarea excepțională de zăpadă (pentru cazurile din Capitolul 7), cu prevederile alineatului 4.1(9) și relația 4.2.

Pentru verificări locale se folosește situația de proiectare persistentă/tranzitorie cu prevederile din Capitolul 6.

În absența vântului sau în cazul unor viteze reduse ale vântului ($<2\text{ m/s}$), depunerile de zăpadă pe acoperișuri conduc, în general, la o depunere (zăpadă neaglomerată) și acoperire cvasiuniformă a acestora.

În cazul unor viteze ale vântului de peste $4\div5\text{ m/s}$, zăpada poate fi spulberată și aglomerată în zonele adăpostite ale acoperișului sau pe acoperișurile mai joase sau în spatele obstacolelor. Pentru viteze ale vântului de $4\div7\text{ m/s}$ depunerile suplimentare de zăpadă sunt de ordinul centimetrilor/zecilor de centimetri. Fenomenul devine important cantitativ în cazul vitezelor de peste 7 m/s , când depunerile suplimentare pot atinge $1,5\text{--}2,5\text{ m}$, funcție de rugozitatea suprafeței zăpezii [3].

Aglomerarea de zăpadă pe acoperiș este influențată de mulți factori: viteza vântului, durata de timp cu vânt puternic, compoziția suprafeței zăpezii (de exemplu dacă zăpada este umedă, fulgii de zăpadă sunt mai greu de ridicat, smuls și deplasat de către vânt), dimensiunea fulgilor de zăpadă, înălțimea stratului de zăpadă din care se face deplasarea zăpezii, expunerea clădirii (topografia și construcțiile înconjurătoare), temperatura și umiditatea aerului aflat în mișcare (vânt) etc.

D.3 Încărcarea din zăpada pe sol

În practica internațională se admite că încărcarea din zăpadă pe sol poate fi studiată adoptând un interval de referință pentru culegerea datelor de un an, deoarece se consideră că datele meteorologice anuale sunt independente statistic. Astfel, în analiza statistică se folosesc valorile maxime anuale, care în cazul zăpezii reprezintă maxime asociate unei ierni. Deși în unele regiuni geografice pe o perioadă lungă de timp se pot identifica anumite tendințe în evoluția climatică, acestea nu se iau în considerare în practica actuală de stabilire a încărcărilor din zăpadă pe sol.

Codul CR 1-1-3/2012, armonizat cu standardul SR EN 1991-1-3, definește valoarea caracteristică a încărcării din zăpada pe sol ca fiind valoarea cu 2% probabilitate anuală de depășire (interval mediu de recurență $IMR=50$ ani), valoare care reprezintă un fractil superior al unei variabile aleatoare ale cărei valori măsurate sunt maxime anuale.

Modalitatea de constituire a bazei de date utilizate pentru zonarea valorii caracteristice a încărcării din zăpadă pe sol este considerată a fi una dintre cauzele cele mai importante care conduc la incertitudinile asociate evaluării încărcărilor din zăpadă. Pe de o parte există incertitudini asociate tehnicilor de măsurare a înălțimii stratului de zăpadă sau a încărcării din zăpadă pe sol, în mod evident corelate cu evoluția istorică a tehnicilor/procedurilor de măsurare și a calității instrumentelor utilizate. Pe de altă parte există și incertitudini inerente asociate erorilor umane. De asemenea, există incertitudini ale zonării încărcării din zăpadă pe sol datorate dispunerii aleatorii și neuniforme a stațiilor meteorologice pe ansamblul suprafeței unei țări și pe diferite regiuni geografice. Expunerea diferită a amplasamentelor în care se fac măsurătorile influențează depunerile de zăpadă și, deci, și valorile măsurate.

Incertitudinile asociate valorii caracteristice a încărcării din zăpadă pe sol într-un amplasament sunt sporite și de incertitudinile de modelare. Acestea sunt de două tipuri: (i) incertitudini asociate trecerii de la înălțimea stratului de zăpadă la încărcarea echivalentă din zăpadă și (ii) incertitudini ale modelării probabiliste a încărcării din zăpadă (repartiția de probabilitate este doar un model al realității). Rezultatele obținute prin utilizarea modelului de probabilitate ales au o incertitudine sporită în cazul stațiilor meteorologice cu un număr redus de ani de observație. Se recomandă utilizarea unui număr de 40÷50 de ani de observații pentru determinarea valorii caracteristice cu interval mediu de recurență de 50 de ani. Este de preferat o perioadă de observație de cel puțin 20 de ani. Dimensiunea bazei de date care este diferită pentru fiecare stație meteorologică (numărul de ani/ierni de înregistrări este diferit) sporește de asemenea incertitudinile.

Pentru zonare, pentru toate stațiile meteorologice se alege aceeași relație de trecere de la înălțimea (grosimea) stratului de zăpadă la încărcarea din zăpadă și se alege același model de repartiție de probabilitate.

În final, harta de zonare a încărcării din zăpadă la sol se obține pornind de la interpolarea cu programe de tip S.I.G. (Sisteme Informatic Geografice) a valorilor caracteristice asociate amplasamentelor stațiilor meteorologice. Stațiile meteorologice au o distribuție geografică neuniformă și un număr diferit de ani de măsurători ale depunerilor de zăpadă pe sol.

Harta de zonare a valorii caracteristice a încărcării din zăpadă pe sol a fost elaborată pe baza analizei statistice și a modelării probabiliste a valorilor extreme maxime anuale ale încărcării din zăpadă pe sol observate la 122 stații meteorologice de pe teritoriul României. Baza de date disponibilă constă în date meteorologice înregistrate de Institutul Național de Meteorologie și Hidrologie – INMH pentru perioada 1930-1989 și Administrația Națională de Meteorologie – ANM (pentru perioada 1989-2005). Datele pentru încărcarea din zăpadă pe sol disponibile la stațiile meteorologice din România acoperă perioade de timp cu valori măsurate de la 10-13 ani (3 stații recent instalate) până la 74 ani, media numărului de ani cu valori măsurate fiind de 48 ani (ceea ce este satisfăcător pentru evaluarea încărcării cu interval mediu de recurență de 50 de ani).

Zonarea pe teritoriul României a valorii caracteristice a încărcării din zăpadă pe sol, s_k [kN/m²], definită cu 2% probabilitate de depășire într-un an (corespunzând unui interval mediu de recurență $IMR=50$ ani), s-a realizat luând în considerare următoarele:

- (i) Valorile caracteristice ale încărcării din zăpadă pe sol, calculate în repartiția Gumbel pentru maxime, pentru fiecare stație meteorologică;
- (ii) Comparația dintre valorile caracteristice ale încărcării din zăpadă pe sol și valorile maxime observate ale încărcării din zăpadă pe sol, pentru fiecare stație meteorologică;
- (iii) Analiza distribuției pe teritoriul României a mediei maximelor anuale ale încărcării din zăpadă pe sol, a maximelor încărcării din zăpadă pe toată durata de observație și a valorilor coeficientului de variație.

Repartiția de valori extreme Gumbel pentru maxime este repartiția de probabilitate recomandată de EN 1991-1-3, deoarece în urma analizei datelor disponibile la nivel european la momentul elaborării standardului (anul 2003), această repartiție s-a dovedit a fi cea mai potrivită pentru modelarea încărcării din zăpadă la cele mai multe dintre stațiile meteorologice europene [4].

Repartiția Gumbel este repartiția care a modelat cel mai bine datele înregistrate în Elveția, Italia, Grecia, Norvegia, Suedia, Finlanda, Islanda, Germania, Franța și Marea Britanie, în timp ce în Danemarca a fost utilizată repartiția Weibull, iar în Irlanda repartiția Pareto generalizată [4]. Studii realizate în Japonia [5], [6] au indicat repartițiile Gumbel și Weibull ca oferind cele mai bune modelari pentru datele analizate. În SUA și în unele studii din Germania s-a folosit repartiția lognormală. Studii din Rusia [7] recomandă de asemenea repartiția Gumbel.

Repartiția Gumbel este recomandată și deoarece seria de date statistice este compusă din valori extreme maxime anuale, iar repartiția Gumbel este o repartiție de valori extreme.

Funcția de repartiție de tip Gumbel pentru maxime [8] este dată de relația:

$$F(s_{sol}) = e^{-e^{-\alpha(s_{sol}-u)}} \quad (D.3.1)$$

unde

- s_{sol} este valoarea încărcării din zăpadă pe sol (kN/m²);
- u este modul repartiției; $u = s_l - 0.45 \sigma_l$ (kN/m²);
- s_l este media maximelor anuale ale încărcării din zăpadă pe sol (kN/m²);
- σ_l este abaterea standard a maximelor anuale ale încărcării din zăpadă pe sol (kN/m²);
- α este parametru al dispersiei/împrăștierii datelor; $\alpha = 1.282/\sigma_l$.

Valoarea caracteristică a încărcării din zăpadă pe sol, s_k [kN/m²], este fractilul superior din repartiția Gumbel pentru maxime căruia îi este asociată o probabilitate anuală de nedepășire de 98% (2% probabilitate de depășire într-un an).

Valoarea caracteristică a încărcării din zăpada pe sol, s_k , în România, este indicată în harta de zonare din Figura 3.1. Harta este valabilă pentru altitudini $A \leq 1000$ m. În Tabelul A.1 sunt indicate valorile caracteristice ale încărcării din zăpadă pe sol pentru 337 localități urbane. Pentru altitudini $1000\text{m} < A \leq 1500\text{m}$ determinarea valorii caracteristice a încărcării din zăpadă pe sol se face cu relațiile (3.1) și (3.2) din cod (relații liniare funcție de altitudine). Exemple de valori pentru diferite altitudini între 1000m și 1500m sunt indicate în Tabelul D3.1.

Tabelul D3.1 Exemple de valori caracteristice ale încărcării din zăpadă pe sol pentru amplasamente cu altitudini $1000\text{m} < A \leq 1500\text{m}$

	$s_k(1000\text{m} < A \leq 1500\text{m}), \text{kN/m}^2$	
	Zona	
Altitudinea A , m	$s_k(A \leq 1000\text{m}) = 1,5 \text{ kN/m}^2$	$s_k(A \leq 1000\text{m}) = 2,0 \text{ kN/m}^2$
1000	1,5	2,0
1100	2,3	2,7
1200	3,0	3,4
1300	3,8	4,1
1400	4,5	4,8
1500	5,3	5,5

Analiza datelor europene [3], [4] a evidențiat existența unor proceduri diferite de obținere a datelor (măsuratori pentru grosimea stratului de zăpadă, pentru echivalentul în apă al încărcării, măsurători directe ale încărcării) și a atras atenția asupra necorelării la frontiere a hărților de zonare din țările europene.

În cadrul elaborării hărții de zonare a valorii caracteristice a încărcării din zăpadă pe sol din cod nu a fost posibilă o analiză de compatibilitate cu hărțile de zonare din țările învecinate.

La fel ca în cazul tuturor hărților de hazard natural, harta de zonare a valorii caracteristice a încărcării din zăpadă pe sol trebuie constant re-evaluată pe măsura acumulării mai multor date meteorologice (mai mulți ani de observație, mai multe stații meteorologice, etc.).

D.4 Încărcarea din zăpadă pe acoperiș

În general, în codurile și standardele naționale și internaționale, încărcarea din zăpadă pe acoperiș este evaluată prin multiplicarea valorii caracteristice a încărcării din zăpadă pe sol cu “coeficienți de formă” (care țin cont de o parte dintre fenomenele care influențează depunerea de zăpadă pe acoperiș), cu coeficientul de expunere al construcției în amplasament și cu coeficientul termic. În unele cazuri, așa cum este și în CR 1-1-3/2012, suplimentar, se multiplică și cu factorul de importanță-expunere pentru acțiunea zăpezii, γ_{Is} .

Aplicarea factorului de importanță-expunere pentru acțiunea zăpezii se recomandă a fi luată în considerare și pentru acoperișuri cu forme neuzuale, acoperișuri de mari deschideri și acoperișuri pentru care raportul dintre încărcarea permanentă și încărcarea din zăpadă este redus. Factorul de importanță-expunere pentru acțiunea zăpezii nu se aplică în cazul încărcării din zăpadă utilizată la evaluarea masei construcției pentru calculul forței seismice.

Distribuțiile zăpezii pe acoperiș din CR 1-1-3/2012 sunt valabile în cazul depunerii naturale a zăpezii pe acoperiș. Dacă se anticipează înlăturarea sau redistribuirea artificială a zăpezii de pe acoperiș, acesta trebuie proiectat cu distribuții ale încărcării din zăpadă specifice situațiilor anticipate, cu acordul clientului și conform standardelor de încercări, reglementărilor tehnice și legislației aplicabile în vigoare.

Există încă relativ puține date din măsurători privind încărcarea din zăpadă pe acoperiș, iar procedurile de măsurare nu sunt standardizate. În plus, există și multiple dificultăți practice de realizare a măsurătorilor. De aceea incertitudinile asociate încărcării din zăpadă pe acoperiș sunt mai mari decât incertitudinile asociate încărcării din zăpadă pe sol. Trebuie subliniată și existența unui număr foarte mare de tipuri, diferite, de acoperișuri. Normele și codurile încearcă să grupeze și să standardizeze tipurile de acoperișuri, dar în mod evident este imposibil să fie considerate toate configurațiile posibile pentru acestea.

De asemenea, codurile propun relații simplificate pentru calculul încărcării din zăpadă pe acoperiș, neputând propune pentru proiectarea curentă modelări complexe care să țină seama direct și explicit de toate tipurile de acoperișuri (formă, material, etc.) și de toți factorii care influențează depunerea de zăpadă pe acesta.

Calculul încărcării din zăpadă pe acoperiș ține seama de faptul că zăpada se poate distribui în diferite moduri, cu influențe datorate mai multor factori. Cei mai importanți factori sunt prezentați în cele ce urmează.

- **Forma acoperișului**

Acest factor este luat în considerare în calculul încărcării prin intermediul coeficientului de formă μ (al încărcării din zăpadă pe acoperiș). În Capitolul 5 al CR-1-1-3/2012 sunt prezentate distribuții și valori ale coeficientului de formă pentru diferite tipuri de acoperiș.

- **Condițiile meteorologice locale**

Condițiile meteorologice locale se referă în special la caracteristicile vântului, variațiile de temperatură, nivelul așteptat de precipitații (ploi sau ninsori). Influența deosebit de complexă a vântului este luată în considerare în prevederile codului astfel:

- vântul poate spori grosimea depunerilor de zăpadă în zonele protejate de pe acoperiș și poate diminua grosimea depunerilor de zăpadă în zonele expuse; aceste distribuții neregulate ale zăpezii sunt considerate în calcul prin distribuțiile coeficienților de formă pentru încărcările din zăpadă aglomerată din Capitolul 5 și prin prevederile speciale privind aglomerarea de zăpadă pe acoperișuri cu obstacole și parapete (Capitolele 6.1 și 7.3);

- prin intermediul coeficientului de expunere al construcției în amplasament C_e (Capitolul 4.1), care caracterizează efectul de ansamblu al vântului asupra depunerii de zăpadă pe construcție în funcție de topografia terenului înconjurător și de mediul natural și/sau construit din vecinătatea construcției.

- **Vecinătatea altor clădiri**

Vecinătatea altor clădiri este luată în considerare în cod prin: (i) intermediul coeficientului de expunere al construcției în amplasament C_e și prin (ii) acumulările de zăpadă care pot apărea pe construcție în cazul vecinătății unei clădiri mai înalte (Capitolul 7.2).

- **Terenul din jurul clădirii**

Spulberarea și aglomerarea zăpezii datorită acțiunii vântului sunt influențate de topografia terenului din jurul construcției. În CR 1-1-3/2012 acest factor de influență asupra depunerii de zăpadă pe acoperiș este considerat tot prin intermediul coeficientului de expunere al construcției în amplasament C_e (Capitolul 4.1).

În cazul expunerii „Complete”, zăpada poate fi spulberată în toate direcțiile din jurul clădirii, pe zone de teren plat lipsit de adăpostire sau cu adăpostire redusă datorată terenului, copacilor sau construcțiilor mai înalte (exemple în Figura D.4.1).



Figura D.4.1 Exemple de expunere „completă”

În cazul expunerii „Normale”, topografia terenului și prezența altor construcții sau a copacilor nu permit o spulberare semnificativă a zăpezii de către vânt (exemplu în Figura D.4.2).



Figura D.4.2 Exemplu de expunere „normală”

În cazul expunerii „Reduse”, construcția este situată mai jos decât terenul înconjurător sau este înconjurată de copaci înalți și/sau construcții mai înalte (exemplu în Figura D.4.3).



Figura D.4.3 Exemplu de expunere „redușă”

- **Caracteristicile termice ale acoperișului și cantitatea de căldură generată sub acoperiș**

Acești factori de influență asupra depunerii de zăpadă pe acoperiș sunt luați în considerare în cod prin intermediul coeficientului termic C_t care poate reduce încărcarea din zăpadă pe acoperiș atunci când transferul termic ridicat prin acoperiș conduce la topirea zăpezii (exemplu în Figura D.4.4). În aceste cazuri, valoarea coeficientului termic se determină prin studii speciale care stabilesc valori ale coeficientului termic în funcție de conductivitatea termică a acoperișului, de temperatura cea mai scăzută anticipată în interiorul construcției și de încărcarea din zăpadă pe sol (vezi și ISO 4355 – 1998). În toate celelalte cazuri coeficientul termic are valoarea $C_t = 1,0$.



Figura D.4.4 Topirea zăpezii în cazul acoperișurilor „calde”[12]

- **Rugozitatea suprafeței acoperișului**

Rugozitatea acoperișului influențează alunecarea zăpezii pe acoperiș. Rugozitatea suprafeței acoperișurilor nu este uniformă și de aceea este dificil de evaluat efectul acesteia asupra alunecării zăpezii. De exemplu, în unele zone de acoperiș pot exista elemente constructive de mici dimensiuni care împiedică alunecarea naturală a zăpezii (altele decât parapetele pentru care există prevederi explicite în cod). Uneori, sub stratul de zăpadă pot exista zone cu gheață sau zăpadă înghețată care favorizează alunecarea zăpezii. Astfel de situații speciale nu sunt luate

în considerare în prevederile codului. Totodată, întrucât se consideră că zăpada alunecă în totalitate de pe acoperiș (atunci când nu există obstacole sau parapete) în cazul unui unghi al acoperișului de peste 60°, coeficienții de formă sunt egali cu zero pentru aceste porțiuni ale acoperișurilor.

D. 5. Coeficienți de formă pentru încărcarea din zăpadă pe acoperiș

În Capitolul 5 sunt indicați coeficienți de formă pentru încărcarea din zăpadă pe acoperiș pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie (cazurile în care zăpada este neaglomerată și aglomerată).

În situația de proiectare în care zăpada este considerată a fi acțiune accidentală (cazul aglomerărilor excepționale de zăpadă) se folosesc prevederile din Capitolul 7.

Reglementările tehnice actuale nu pot ține cont în calcul, în mod explicit, de toți factorii care influențează încărcarea din zăpadă pe acoperiș și de efectul acestora.

Valorile la nivel european ale coeficienților de formă din standardul EN 1991-1-3 au fost calibrate pe baza analizei rezultatelor unor studii experimentale, atât în amplasament (in-situ) cât și în tunel aerodinamic și în urma analizei comparative a coeficienților de formă din prescripțiile din diferite țări [2]. Rezultatele măsurătorilor in-situ din SUA, Canada, Norvegia și Anglia au fost completate cu rezultatele unei campanii speciale de măsurători efectuată în Europa [3], pentru studiul depunerilor de zăpadă pe acoperișuri (iarna 1998/1999). Măsurătorile au fost foarte detaliate, atât în ceea ce privește parametrii meteorologici de interes (viteza vântului, direcția vântului, temperatura aerului, umiditatea aerului, radiația solară, regimul de precipitații, etc.), cât și în ceea ce privește tipurile de acoperiș (formă, dimensiuni, înclinații, rugozitatea suprafeței, transferul de căldură dinspre interiorul clădirii, izolația acoperișului, etc.), altitudinea, expunerea (la vânt, la soare), depunerea de zăpadă pe acoperiș în diferite puncte, etc. În Anglia au fost realizate măsurători pe 25 de tipuri de acoperișuri în 18 amplasamente diferite, la altitudini de la 5m la 656m. În Alpii Italiani au fost realizate măsurători pe 13 acoperișuri în 7 amplasamente diferite, la altitudini de la 88m la 1340m, iar în Munții Dolomiți pe acoperișuri în încă 5 amplasamente. În Germania au fost realizate măsurători pe 3 acoperișuri în 2 amplasamente diferite, la altitudini de 141m și 880m, iar în Elveția pe 35 de acoperișuri în 8 amplasamente diferite, la altitudini de la 570m la 1628m. În total s-au realizat măsurători pe 81 de acoperișuri [3]. Aceste informații din măsurători in-situ au fost completate cu rezultate din laboratorul de încercări „Tunelul climatic Jules Verne” al Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Nantes. Testele în laborator au urmărit simularea depunerii de zăpadă pe acoperiș în condiții cu și fără vânt (cu diferite viteze), la diferite temperaturi și umidități, cu machete de diferite dimensiuni, cu diferite tipuri de acoperișuri.

Toate rezultatele măsurătorilor au fost procesate statistic și modelate probabilist [3].

Prevederile din CR 1-1-3/2012 se referă la forme și tipuri curente/uzuale de acoperișuri. Pentru cazurile care nu sunt cuprinse în cod proiectantul poate utiliza prevederi din alte prescripții de specialitate și/sau poate solicita determinarea experimentală a coeficienților de formă pentru încărcarea din zăpadă pe acoperiș, cu condiția respectării principiilor, cerințelor minime și regulilor de proiectare din cod, a reglementărilor tehnice și a legislației aplicabile în

vigoare, având întotdeauna în vedere că aglomerările de zăpadă de lângă obstacole constituie una dintre cauzele majore de avariere datorată zăpezii.

D.5.1 Acoperișuri cu o singură pantă

Valorile coeficientului de formă μ_1 țin cont de alunecarea zăpezii de pe acoperiș în cazul unui acoperiș cu unghi mare (peste 30°).

Conform CR 1-1-3/2012, pentru un acoperiș cu o pantă, în condiții normale de expunere ($C_e=1,0$), fără a lua în calcul topirea zăpezii ($C_t=1,0$), pentru cele trei zone de valori caracteristice ale încărcării din zăpadă pe sol s_k , pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie, valorile încărcării din zăpadă pe acoperiș sunt indicate în Tabelul D.5.1 și în Figura D.5.1 pentru diferite unghiuri ale acoperișului. Pentru acoperișurile cu o singură pantă, în cazul în care zăpada nu este împiedicată să alunece de pe acoperiș, se ia în considerare o singură distribuție a zăpezii pe acoperiș, fără a se face diferența între zăpada neaglomerată și aglomerată. Coeficientul μ_1 se calculează cu relațiile din Tabelul 5.1.

Tabelul D.5.1 Valori ale încărcării din zăpadă pe un acoperiș cu o pantă, pentru diferite unghiuri ale acoperișului, în condiții normale de expunere și fără topirea zăpezii, în cazul în care zăpada nu este împiedicată să alunece de pe acoperiș

Unghiul acoperișului, α°	1	s [kN/m ²]		
		$s_k=1.5$ [kN/m ²]	$s_k=2$ [kN/m ²]	$s_k=2.5$ [kN/m ²]
0	0,8	1,2	1,6	2,0
5	0,8	1,2	1,6	2,0
10	0,8	1,2	1,6	2,0
15	0,8	1,2	1,6	2,0
20	0,8	1,2	1,6	2,0
25	0,8	1,2	1,6	2,0
30	0,8	1,2	1,6	2,0
35	0,7	1,0	1,3	1,7
40	0,5	0,8	1,1	1,3
45	0,4	0,6	0,8	1,0
50	0,3	0,4	0,5	0,7
55	0,1	0,2	0,3	0,3
60	0,0	0,0	0,0	0,0

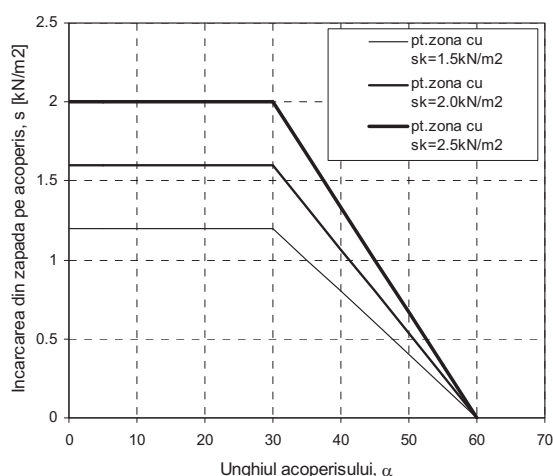


Figura D.5.1 Valori ale încărcării din zăpadă pe un acoperiș cu o pantă, pentru diferite unghiuri ale acoperișului, în condiții normale de expunere și fără topirea zăpezii, în cazul în care zăpada nu este împiedicată să alunece de pe acoperiș

D.5.2 Acoperișuri cu două pante

În Figura D.5.2 este prezentat un exemplu real de încărcare din zăpadă neaglomerată, iar în Figura D.5.3 de încărcare din zăpadă aglomerată, pe acoperișuri cu două pante.



Figura D.5.2 Încărcarea din zăpadă neaglomerată pe un acoperiș cu două pante [2]



Figura D.5.3 Încărcarea din zăpadă aglomerată pe un acoperiș cu două pante [13]

Pentru acoperișurile cu două pante codul ia în considerare trei cazuri de distribuție a zăpezii: un caz cu zăpada neaglomerată și două cazuri cu zăpada aglomerată (în funcție de direcția vântului).

D.5.3 Acoperișuri cu mai multe deschideri

În Figura D.5.4 este prezentat un exemplu real de încărcare din zăpadă neaglomerată, iar în Figura D.5.5 de încărcare din zăpadă aglomerată, pe un acoperiș cu mai multe deschideri.



Figura D.5.4 Încărcarea din zăpadă neaglomerată pe un acoperiș cu mai multe deschideri [14]

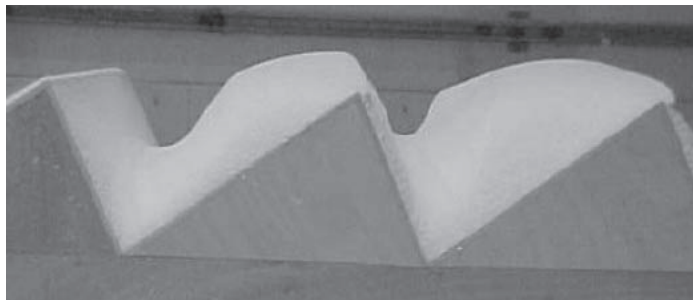


Figura D.5.5 Încărcarea din zăpadă aglomerată pe un acoperiș cu mai multe deschideri, test în tunelul aerodinamic [2]

Pentru un acoperiș cu mai multe deschideri, în condiții normale de expunere ($C_e=1,0$), fără a lua în calcul topirea zăpezii ($C_t = 1,0$), pentru cele trei zone de valori caracteristice ale încărcării din zăpadă pe sol s_k , pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie, în zona doliilor valorile încărcării maxime din zăpadă aglomerată pe acoperiș (cazul (ii) de încărcare, Fig.D.5.6) sunt indicate în Tabelul D.5.2 și în Figura D.5.7 pentru diferite valori ale unghiului mediu

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}.$$

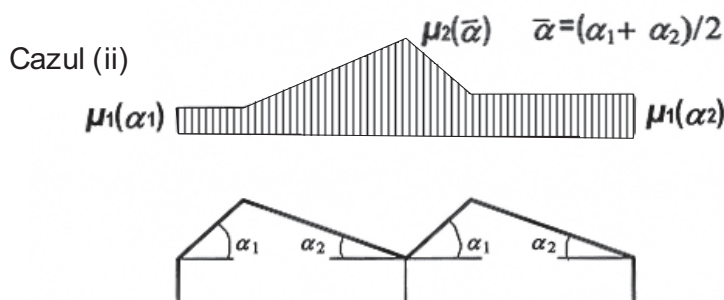


Figura D.5.6 Distribuția coeficienților de formă pentru încărcarea din zăpadă aglomerată pe acoperișuri cu mai multe deschideri

Tabelul D.5.2 Valori ale încărcării maxime din zăpadă aglomerată pe acoperiș (în zona doliilor) pentru diferite unghiuri medii, în condiții normale de expunere și fără topirea zăpezii

Unghiul mediu, $\bar{\alpha}$	2	s [kN/m ²]		
		$s_k=1.5$ [kN/m ²]	$s_k=2$ [kN/m ²]	$s_k=2.5$ [kN/m ²]
5	0,9	1,4	1,9	2,3
10	1,1	1,6	2,1	2,7
15	1,2	1,8	2,4	3,0
20	1,3	2,0	2,7	3,3
25	1,5	2,2	2,9	3,7
30	1,6	2,4	3,2	4,0
35	1,6	2,4	3,2	4,0
40	1,6	2,4	3,2	4,0
45	1,6	2,4	3,2	4,0
50	1,6	2,4	3,2	4,0
55	1,6	2,4	3,2	4,0
60	1,6	2,4	3,2	4,0

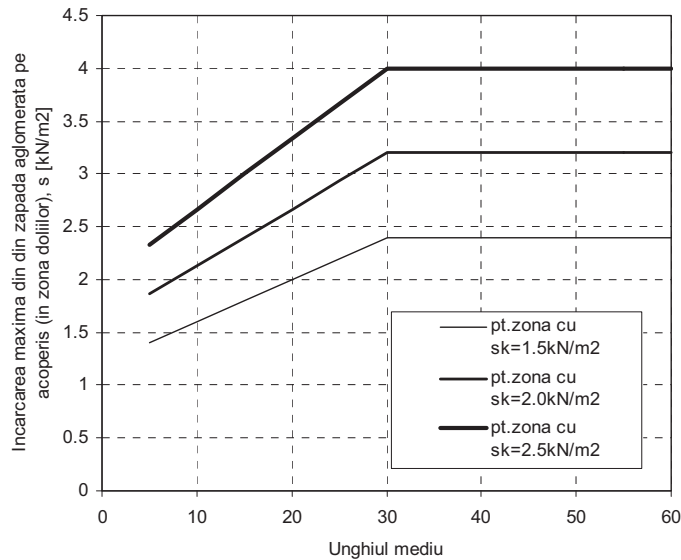


Figura D.5.7 Valori ale încărcării maxime din zăpadă aglomerată pe acoperiș (în zona doliilor) pentru diferite unghiuri medii $\bar{\alpha}$, în condiții normale de expunere și fără topirea zăpezii

Pentru situațiile în care în zona doliei unul sau ambele unghiuri ale acoperișului sunt mai mari de 60° , pentru determinarea coeficientului μ_2 sunt recomandate studii speciale efectuate de instituții specializate, cu respectarea principiilor, cerințelor minime și regulilor de proiectare din acest cod, a reglementărilor tehnice și a legislației aplicabile, în vigoare. De asemenea se pot utiliza prevederi din alte prescripții de specialitate (de exemplu în cazul acoperișurilor tip șed utilizate pentru hale se pot utiliza coeficienții de formă din literatura de specialitate).

D.5.4 Acoperișuri cilindrice

Încărcarea din zăpadă pe acoperișurile cilindrice acționează pe o lungime l_s , care corespunde zonei de acoperiș pentru care unghiul β dintre orizontală și tangenta la curba directoare a acoperișului este $\beta \leq 60^\circ$. Lungimea l_s se calculează astfel: $l_s = 2r \sin 60^\circ = r \cdot \sqrt{3}$.

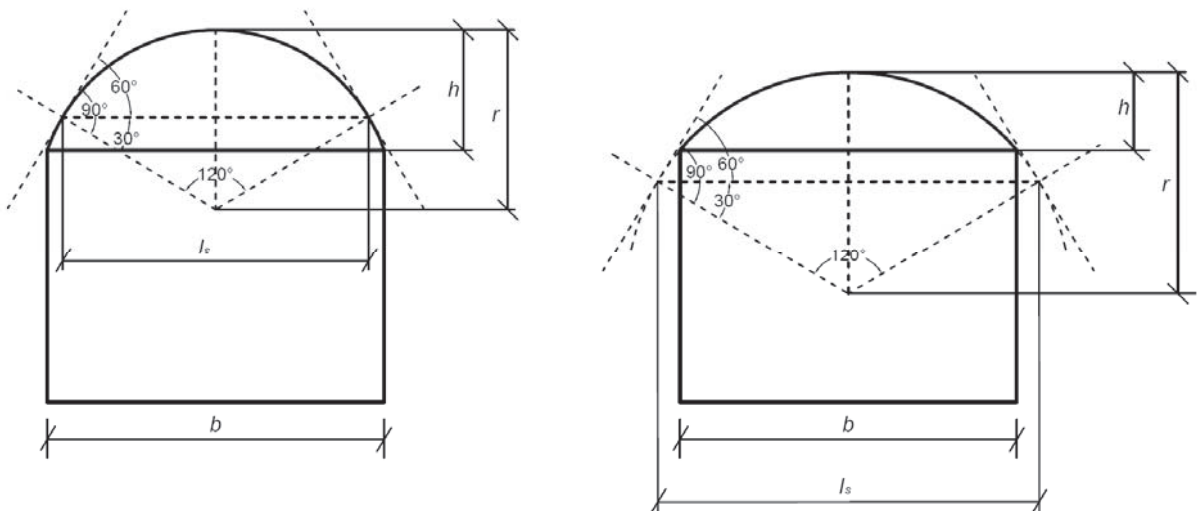


Figura D.5.8 Evaluarea lungimii zonei cu zăpadă aglomerată la acoperișurile cilindrice

În cazul în care lungimea de depunere a zăpezii rezultată prin calcul este mai mare decât lățimea acoperișului, se consideră $l_s = b$.

D.5.5 Acoperișuri adiacente sau apropiate de construcții mai înalte

Aglomerările de zăpadă de pe acoperișurile adiacente sau apropiate de construcții mai înalte sunt unele dintre cauzele principale ale avariilor produse de acțiunea zăpezii. Ușoare supra-încărcări uniforme din zăpadă pot fi preluate în general bine, dar supraîncărcările localizate datorate aglomerărilor de zăpadă crează probleme (ASCE 7-05).

În Figura D.5.9 sunt prezentate exemple de depunere de zăpadă aglomerată pe acoperișuri adiacente construcțiilor mai înalte.



Figura D.5.9 Exemple de încărcare din zăpadă aglomerată pe acoperișuri adiacente construcțiilor mai înalte

Pentru cazul prezentat în Figura 5.7 b, când $b_2 < l_s$, coeficientul de formă pentru încărcarea din zăpadă aglomerată la marginea (spre exterior) acoperișului orizontal situat mai jos, μ_i , se calculează prin interpolare între valorile lui μ_1 și μ_2 , Figura D.5.10:

$$\mu_i = \frac{(l_s - b_2) \cdot (\mu_2 - \mu_1)}{2 \cdot h} + \mu_1 = \frac{(l_s - b_2) \cdot (\mu_2 - \mu_1)}{l_s} + \mu_1 \quad (D.5.1)$$

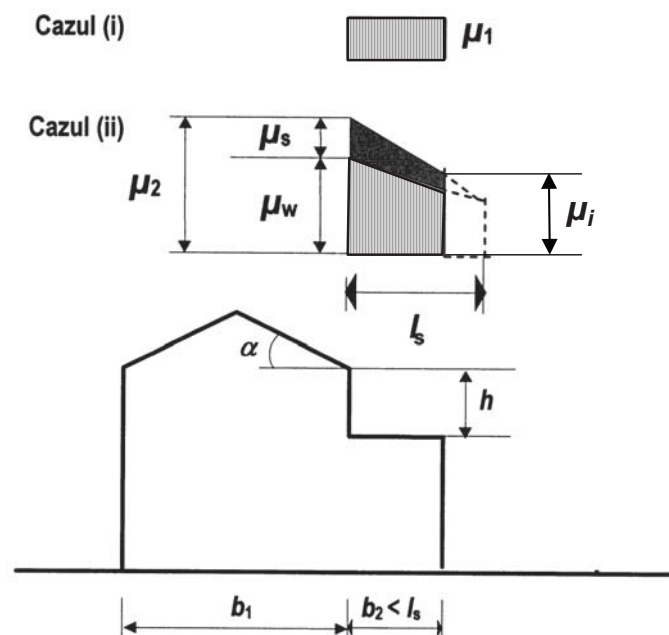


Figura D.5.10 Distribuția coeficienților de formă pentru încărcarea din zăpadă pe acoperișuri adiacente sau apropiate de construcții mai înalte pentru cazul $b_2 < l_s$

Pentru calculul încărcării din zăpadă pe acoperișul situat mai jos se recomandă considerarea unei expunerii normale sau chiar reduse ($C_e=1$ sau $C_e=1,2$), deoarece vecinătatea clădirii mai înalte poate împiedica spulberarea zăpezii de către vânt.

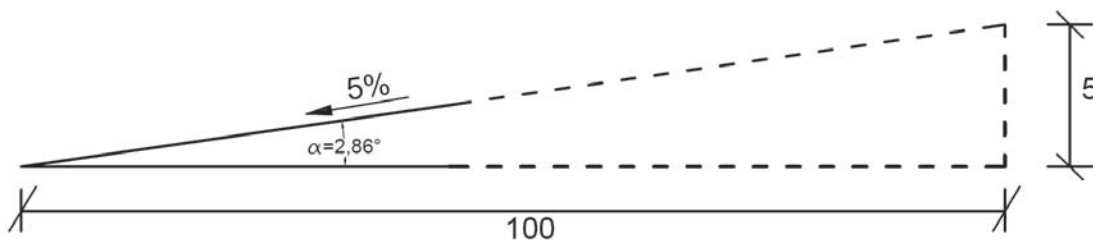
Pentru calculul încărcării din zăpadă pe acoperișul situat mai jos, în cazul (i) al încărcării din zăpadă neaglomerată trebuie ținut cont de unghiul acoperișului, valoarea $\mu_1=0,8$ fiind valabilă pentru acoperișuri plane sau cu unghiuri până la 30° .

Pe cât posibil este de dorit să fie evitate situațiile în care zăpada alunecă de pe un acoperiș situat mai sus pe un altul situat mai jos, evitând astfel aglomerările de zăpadă de pe acoperișul situat mai jos. Trebuie menționat faptul că CR 1-1-3/2012 nu se referă la cazul special al încărcărilor date de impactul zăpezii care alunecă de pe un acoperiș pe altul. Dacă se instalează dispozitive care împiedică alunecarea zăpezii de pe acoperișul situat mai sus, coeficientul de formă al încărcării pe acest acoperiș nu poate fi mai mic de 0,8.

D.6 Efecte locale

D.6.1 Aglomerarea de zăpadă pe acoperișuri cu obstacole

Pe acoperișurile cu obstacole expuse acțiunii vântului este posibilă aglomerarea zăpezii în zonele de adăpostire aerodinamică la vânt. Acoperișurile pot fi considerate cvasi-orizontale dacă panta este mai mică 5% (pantă care corespunde unui unghi al acoperișului de $2,86^\circ$).



$$\alpha = \arctg \frac{5}{100} = 2,86^\circ$$

Aglomerările de zăpadă de lângă obstacolele de pe acoperiș trebuie luate în considerare cu atenție, deoarece sunt printre principalele cauze de avarii datorate zăpezii.

Aglomerarea de zăpadă de lângă un atic/parapete se evaluează tot utilizând prevederile din cap.6.1. Valoarea coeficientului de formă al încărcării din zăpadă la marginea zonei de aglomerare (lângă obstacol) este $\mu_2 = \gamma h / s_k$ respectând condiția $0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0$, iar greutatea specifică a zăpezii γ se consideră ca fiind 2 kN/m^3 . În aceste condiții rezultă că, de exemplu, pentru clădiri în zona cu $s_k = 2 \text{ kN/m}^2$ valoarea $\mu_2 = h$, iar dacă aticul/parapetele are înălțimea mai mică de 0,8m, atunci $\mu_2 = 0,8$ (din condiția anterioară) și încărcarea din zăpadă pe acoperiș rezultă uniformă (de fapt nu se produce aglomerare lângă obstacol). Aglomerarea de zăpadă lângă obstacol apare pentru combinații de valori ale lui h și s_k ce conduc la valori ale coeficientului de formă $\mu_2 > 0,8$.

În cazul acoperișurilor cu panouri solare sunt recomandate studii speciale efectuate de instituții specializate sau se pot utiliza prevederi din alte prescripții de specialitate (de exemplu ASCE 7-05), cu respectarea principiilor, cerințelor minime și regulilor de proiectare din acest cod, a reglementărilor tehnice și a legislației aplicabile, în vigoare.

În afară de încărcările rezultate din aplicarea prevederilor din cap.6.1 (pentru situații persistente/tranzitorii de proiectare), pentru zonele de lângă obstacole și parapete trebuie luate în considerare și încărcările din aglomerarea excepțională din zăpadă pe acoperiș din Capitolul 7 (pentru situația accidentală de proiectare), când se consideră că nu mai există zăpadă pe acoperiș în afara zonelor cu aglomerare excepțională a acesteia.

D.6.2 Zăpada atârnată de marginea acoperișului

La altitudini mai mari de 800m, la proiectarea zonelor de acoperiș ieșite în consolă, Figura D.6.1, trebuie să se considere pe lângă încărcarea din zăpadă corespunzătoare acestor zone și încărcarea dată de zăpada atârnată de marginea acoperișului.

Forța de atracție gravitațională care se exercită asupra zăpezii atârnată la marginea acoperișului trebuie să fie echilibrată de forța de frecare din zăpadă dezvoltată pe înălțimea stratului de zăpadă, aceasta fiind situația limită înainte ca zăpada atârnată să se rupă și să cadă de pe acoperiș.

Încărcarea din zăpada atârnată de marginea acoperișului s_e [kN/m], se consideră ca acționând la marginea acoperișului, distribuită de-a lungul acestuia, și se determină astfel:

$$s_e = k \cdot d \cdot d \cdot \gamma \quad (\text{D.6.1})$$

unde produsul $(k \cdot d \cdot d)$ aproximează numeric volumul de zăpadă atârnată de marginea acoperișului,

γ este greutatea specifică a zăpezii ($\gamma = 3 \text{ kN/m}^3$),

d este înălțimea stratului de zăpadă pe acoperiș, iar

k este un coeficient (fără unitate de măsură) care ține cont de forma neregulată a depunerii de zăpadă la marginea acoperișului și exprimă cât de multă zăpadă este atârnată în afara acoperișului, în funcție de înălțimea stratului de zăpadă pe acoperiș.

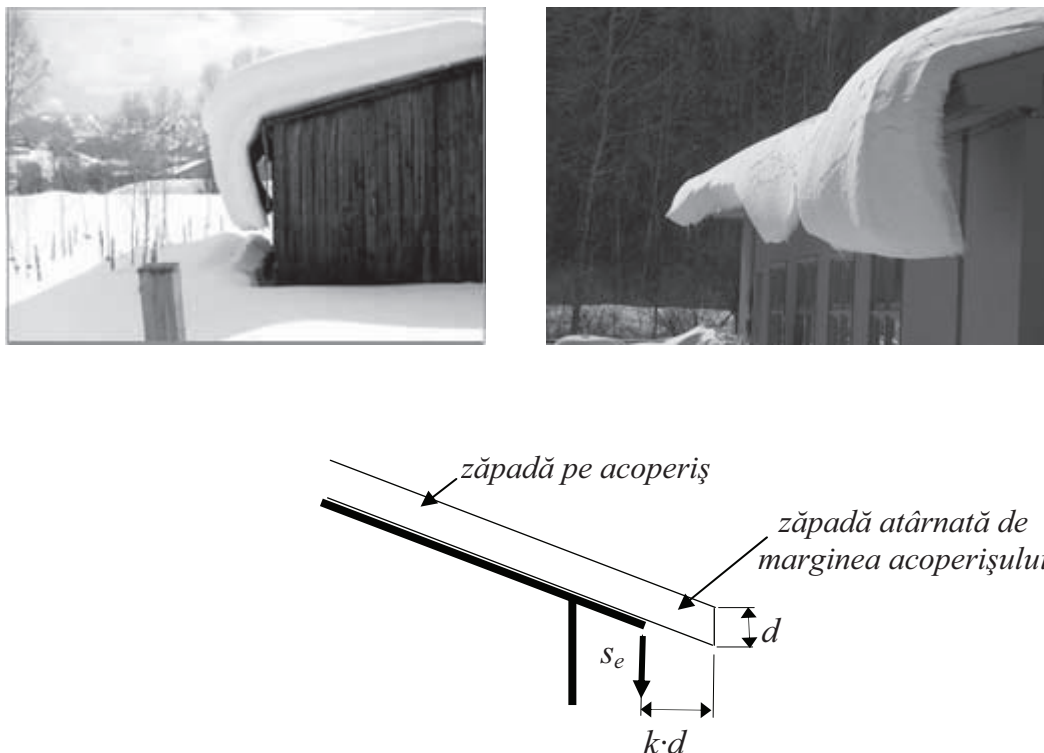


Figura D.6.1 Zăpada atârnată de marginea acoperișului

Încărcarea din zăpadă pe acoperiș s poate fi exprimată și ca produsul dintre înălțimea stratului de zăpadă pe acoperiș și greutatea specifică a zăpezii:

$$s = \gamma_s \mu_1 C_e C_t s_k = \gamma \cdot d \Rightarrow d = \frac{s}{\gamma} \quad \text{în care } \gamma = 3 \text{ kN/m}^3 \quad (\text{D.6.2})$$

Încărcarea (pe metru liniar) din zăpada atârnată de marginea acoperișului s_e se calculează cu relația:

$$s_e = k \cdot d \cdot d \cdot \gamma = k \cdot \frac{s}{\gamma} \cdot \frac{s}{\gamma} \cdot \gamma = k \cdot \frac{s^2}{\gamma} \quad (\text{D.6.3})$$

Valoarea încărcării din zăpadă pe acoperiș s trebuie considerată în cazul cel mai defavorabil de depunere de zăpadă.

Coefficientul k se calculează cu relația $k = 3/d$ și este limitat superior la valoarea $k \leq d \gamma$, unde d este înălțimea stratului de zăpadă pe acoperiș (în metri), iar γ este greutatea specifică a zăpezii ($\gamma = 3 \text{ kN/m}^3$).

Practic valorile coeficientului k se calculează din condiția $k \leq d \gamma$ (cu $\gamma = 3 \text{ kN/m}^3$) până la înălțimea stratului de zăpadă $d=1\text{m}$, iar apoi cu relația $k=3/d$, Tabelul D.6.1 și Figura D.6.2.

Tabelul D.6.1 Valorile coeficientului k pentru diferite înălțimi ale stratului de zăpadă pe acoperiș

d, m	k	d, m	k	d, m	k
0,05	0,15	0,75	2,25	1,45	2,07
0,10	0,30	0,80	2,40	1,50	2,00
0,15	0,45	0,85	2,55	1,55	1,94
0,20	0,60	0,90	2,70	1,60	1,88
0,25	0,75	0,95	2,85	1,65	1,82
0,30	0,90	1,00	3,00	1,70	1,76
0,35	1,05	1,05	2,86	1,75	1,71
0,40	1,20	1,10	2,73	1,80	1,67
0,45	1,35	1,15	2,61	1,85	1,62
0,50	1,50	1,20	2,50	1,90	1,58
0,55	1,65	1,25	2,40	1,95	1,54
0,60	1,80	1,30	2,31	2,00	1,50
0,65	1,95	1,35	2,22		
0,70	2,10	1,40	2,14		

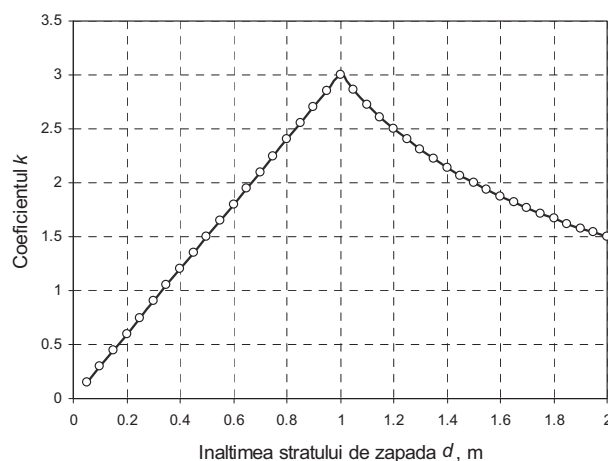


Figura D.6.2 Valorile coeficientului k pentru diferite înălțimi ale stratului de zăpadă pe acoperiș

Evoluția valorilor coeficientului k este în concordanță cu faptul că pentru înălțimile mici și medii ale stratului de zăpadă pe acoperiș, cantitatea de zăpadă atârnată crește odată cu creșterea înălțimii stratului până la un maxim (la 1 m de zăpadă), iar apoi cantitatea începe să descrească deoarece bucăți din zăpada atârnată se desprind și cad.

D.6.3 Încărcarea din zăpadă pe panouri de protecție și alte obstacole de pe acoperișuri

În cazurile în care zăpada alunecă pe un acoperiș în pantă sau curb, masa de zăpadă care alunecă exercită pe panourile de protecție (parazăpezi) sau pe alte obstacole o încărcare din zăpadă pe metru liniar. Pentru calcul, coeficientul de frecare dintre zăpadă și acoperiș se consideră a fi nul. Încărcarea din zăpadă F_s (kN/m) care se exercită asupra obstacolelor se calculează pe direcția alunecării cu relația:

$$F_s = s b \sin \alpha \quad (\text{D.6.4})$$

unde: s este valoarea încărcării din zăpadă pe acoperiș în cazul cel mai defavorabil de depunere de zăpadă;

b distanța în plan orizontal între panourile de protecție succesive sau de la coama acoperișului la primul panou (m);

α unghiul acoperișului măsurat față de orizontală [°].

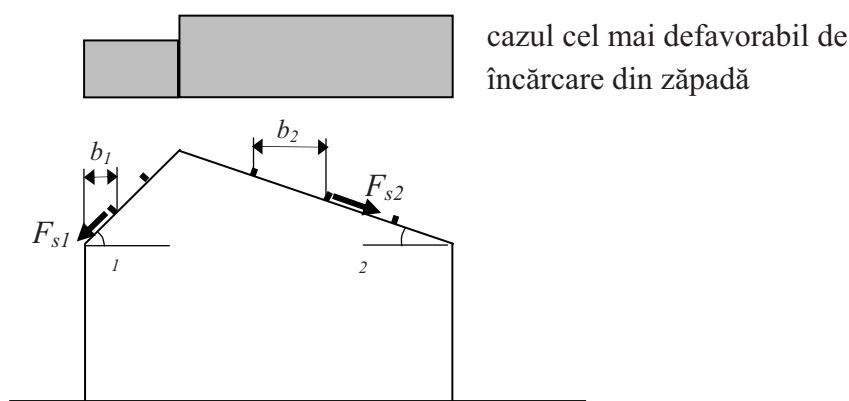


Figura D.6.3 Încărcarea din zăpadă pe metru liniar care se exercită asupra obstacolelor de pe un acoperiș cu două pante

D.7 Coeficienți de formă pentru aglomerări excepționale de zăpadă pe acoperiș

În cazul încărcării din aglomerarea excepțională de zăpadă pe acoperișuri cu mai multe deschideri se consideră că nu există zăpadă pe acoperiș cu excepția zonei de aglomerare.

Pentru situația accidentală de proiectare încărcarea din zăpadă se calculează cu prevederile de la 4.1(9) și relația 4.2.

În afară de situația de proiectare persistentă/tranzitorie (cu încărcarea din zăpadă evaluată conform Capitolelor 5 și 6), trebuie considerată și situația accidentală de proiectare (cu încărcarea din zăpadă evaluată conform Capitolului 7).

Astfel, pentru acoperișurile cu mai multe deschideri, în plus față de prevederile cap.5.3 (pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie), trebuie considerate și prevederile cap.7.1 (pentru situația accidentală de proiectare).

Pentru acoperișurile adiacente sau apropiate de construcții mai înalte, în plus față de prevederile cap.5.5 (pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie), trebuie considerate și prevederile cap.7.2 (pentru situația accidentală de proiectare).

Pentru acoperișurile cu obstacole, în plus față de prevederile din Capitolul 6 (pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie), trebuie considerate și prevederile din cap.7.3 (pentru situația accidentală de proiectare).

În înțelesul cap.7.3 din cod se consideră o aglomerare excepțională din zăpadă pentru situația accidentală de proiectare doar pe copertinele cu lungimi mai mici de 5 m. Pentru cazul în care copertina are lungime mai mare de 5m se consideră încărcarea pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie din cap.5.5 corespunzătoare unui acoperiș adiacent unei construcții mai înalte.

Cazurile de aglomerări de zăpadă din zona obstacolelor cuprinse în cap.6 și cap.7.3 nu pot acoperi multitudinea de situații întâlnite în practică. Pentru cazurile care nu sunt cuprinse în cod, proiectantul poate utiliza prevederi din alte prescripții de specialitate și/sau poate solicita determinarea experimentală a coeficienților de formă pentru încărcarea din zăpadă pe acoperiș, cu condiția respectării principiilor, cerințelor minime și regulilor de proiectare din cod, a reglementărilor tehnice și a legislației aplicabile în vigoare, având întotdeauna în vedere că aglomerările de zăpadă de lângă obstacole constituie una dintre cauzele majore de avariere datorată zăpezii.

D.8 Intervalul mediu de recurență al încărcării din zăpadă pe sol

În cazul construcțiilor și structurilor pentru care se dorește un nivel de siguranță mai mare decât cel rezultat prin aplicarea prevederilor codului, se poate folosi o încărcare din zăpadă la sol având o probabilitate de depășire mai mică de 2% (interval mediu de recurență $IMR > 50$ ani). O astfel de valoare se calculează cu prevederile din Anexa B, utilizând repartiția de probabilitate Gumbel pentru maxime.

În CR 1-1-3/2012 valoarea caracteristică a încărcării din zăpadă pe sol, s_k , are asociat un interval mediu de recurență $IMR=50$ ani sau, echivalent, o probabilitate de depășire într-un an de 2% (probabilitatea de nedepășire într-un an $p=98\%$). Relația dintre intervalul mediu de recurență $IMR=N$ ani și probabilitatea de nedepășire într-un an, p este: $N = 1/(1-p)$. În Tabelul D.8.1 este exemplificată corespondența dintre IMR și p .

Tabelul D.8.1

IMR Intervalul mediu de recurență, ani	p Probabilitatea de nedepășire într-un an
50	0,98
75	0,9867
100	0,99

Valoarea încărcării din zăpadă pe sol având probabilitatea de nedepășire p diferită de 0,98 se calculează cu relația:

$$s_p = \frac{1 - \left[0,45 + \frac{\ln(-\ln p)}{1,282} \right] \cdot V_I}{1 + 2,593 \cdot V_I} s_k \quad (\text{D.8.1})$$

unde

s_k este valoarea caracteristică a încărcării din zăpadă pe sol (kN/m^2), având o probabilitate de nedepășire într-un an $p = 0,98$ (interval mediu de recurență $IMR=50$ ani);

s_p este valoarea încărcării din zăpadă pe sol având o probabilitate p de nedepășire într-un an;

V_I este coeficientul de variație al maximelor anuale ale încărcării din zăpadă pe sol (coeficientul de variație al maximelor anuale ale încărcării din zăpadă pe teritoriul României este, în general, în intervalul $0,35 \div 1,0$).

În Figura D.8.1 sunt exemplificate rapoartele între încărcările din zăpadă pe sol cu $IMR=75$ ani și, respectiv, $IMR=100$ ani și încărcarea caracteristică din zăpadă pe sol ($IMR=50$ ani), pentru diferite valori ale coeficientului de variație V_I .

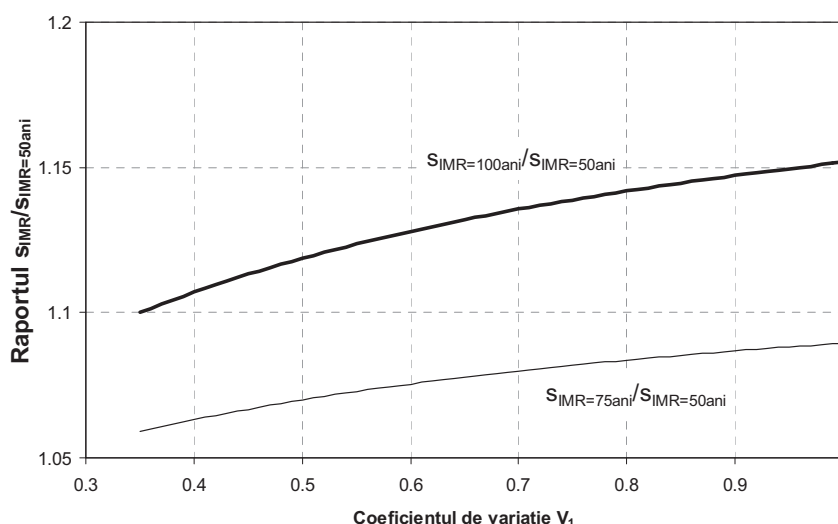


Figura D.8.1 Rapoarte între încărcările din zăpadă pe sol cu $IMR=75$ ani și $IMR=100$ ani și încărcarea caracteristică din zăpadă pe sol ($IMR=50$ ani)

D.9 Greutatea specifică a zăpezii

Evaluarea încărcării din zăpadă pe sol și pe acoperișuri comportă incertitudini care nu țin doar de înălțimea stratului de zăpadă. Zăpada este o formă de precipitație compusă din gheață cristalină și aglomerată în fulgi cu diferite forme. Fulgii pot avea o structură largă și ușoară sau pot avea o formă compactă ceea ce conduce la o variație mare a greutateii specifice a zăpezii.

Trecerea de la înălțimea stratului de zăpadă la încărcarea din zăpadă se face prin înmulțire cu o valoare medie a greutateii specifice a zăpezii, fără a lua în considerare variabilitatea greutateii specifice.

Greutatea specifică a zăpezii este influențată de: grosimea stratului de zăpadă, temperatură, acțiunea vântului, umiditatea aerului, acțiunea ploii asupra zăpezii, acțiunea soarelui, timpul de la așternerea stratului de zăpadă, etc. De exemplu, măsurători simultane ale înălțimii stratului de zăpadă și ale încărcării din zăpadă au arătat că valorile maxime ale încărcării din zăpadă sunt adeseori atinse ulterior înregistrării maximului înălțimii stratului [1].

În prezent nu există un model de calcul al încărcării din zăpadă care să țină cont direct și explicit de contribuția și influența tuturor acestor factori.

O relație dezvoltată cu date de pe teritoriul fostei Uniuni Sovietice [9] propune calculul greutatei specifice medii a stratului de zăpadă folosind înălțimea stratului, temperatura medie a aerului în timpul acumulării de zăpadă și viteza medie a vântului în timpul acumulării de zăpadă, dar o astfel de relație este dificil de folosit în practica.

Joint Committee on Structural Safety (JCSS) a propus în 1976 o formulă simplificată [10] care reflectă ideea variației greutatei specifice a zăpezii cu grosimea stratului de zăpadă, până la o anumită limită (3 kN/m^3):

$$\gamma = 3 - 2e^{-1,5h} \quad (\text{D.9.1})$$

unde γ este greutatea specifică a zăpezii [kN/m^3], h este înălțimea stratului de zăpadă (m), valoarea maximă a greutatei specifice fiind de 3 kN/m^3 în cazul unei înălțimi a stratului de zăpadă $\geq 4\text{m}$.

În 2001, JCSS [11] a considerat o nouă formulă în care a introdus o limită superioară a greutatei specifice a zăpezii de $\gamma(\infty)=5 \text{ kN/m}^3$ și o limită inferioară de $\gamma(0)=1.7 \text{ kN/m}^3$:

$$\gamma = \frac{\lambda \gamma(\infty)}{h} \ln \left[1 + \frac{\gamma(0)}{\gamma(\infty)} e^{h/\lambda} - 1 \right] \quad (\text{D.9.2})$$

unde γ este greutatea specifică a zăpezii [kN/m^3], h este înălțimea stratului de zăpadă (m), iar parametrul $\lambda=0.85\text{m}$.

Cele două relații JCSS sunt prezentate comparativ în Figura D.9.1.

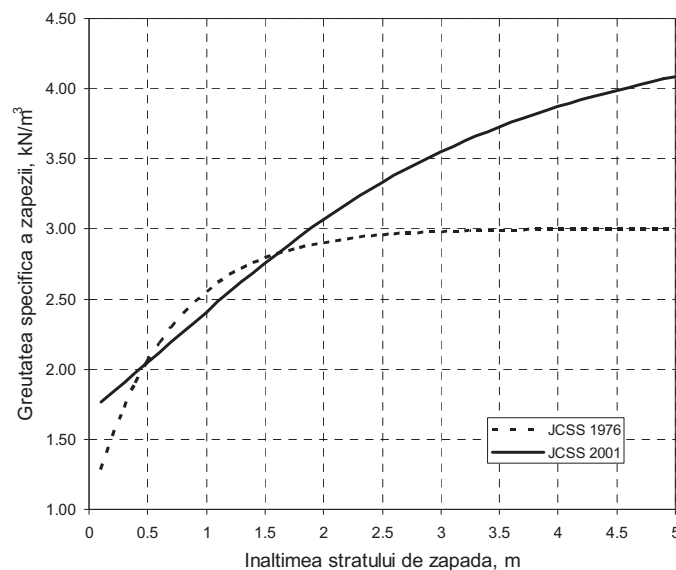


Figura D.9.1 Greutatea specifică a zăpezii funcție de înălțimea stratului de zăpadă

Relațiile prezentate sunt valabile în condiții normale de depunere a zăpezii. În regiunile în care stratul de zăpadă se formează în timp ca urmare a ninsorilor succesive de-a lungul unei întregi ierni, greutatea specifică a zăpezii crește de-a lungul timpului. În astfel de situații sunt necesare formule funcție de timp.

În CR 1-1-3/2012 valoarea greutateii specifice a zăpezii este specificată pentru toate relațiile de calcul în care aceasta intervine. În mod orientativ în Anexa C, sunt prezentate valori ale greutății specifice medii funcție de timpul scurs de la depunere: (i) zăpadă proaspătă, (ii) zăpadă așezată (după câteva ore sau zile de la ninsoare), (iii) zăpadă veche (după câteva săptămâni sau luni de la ninsoare). De asemenea în Anexa C este indicată și greutatea specifică medie pentru zăpada umedă.

Bibliografie

- [1] Del Corso, R., Graenzer, M., Gulvanessian, H., Setra, J. R., Sandvik, R., Sanpaolesi, L., Stiefel, U., 2000. „Nouveau Reglement Europeen sur les Charges de Neige”, în. La neige. Recherche et reglementation, Presses Ponts et Chausees, Association Francaise de Genie Civil, 2000, p. 279 – 334.
- [2] Formichi, P., 2008. “EN 1991 – Eurocode 1: Actions on structures. Part 1-3 General actions – Snow Loads”, presentation at Workshop “Eurocodes. Background and Applications”, 18-20 Feb., Brussels, 60p.
- [3] Sanpaolesi L., 1999. Scientific Support Activity In The Field Of Structural Stability Of Civil Engineering Works - Snow Loads, Final Report, Commission Of The European Communities, DGIII - D3, Contract n° 500990/1997, 172p.
- [4] Sanpaolesi L., 1998. Scientific Support Activity In The Field Of Structural Stability Of Civil Engineering Works - Snow Loads, Final Report, Commission Of The European Communities, DGIII - D3, Contract n° 500269/1996, 55p.
- [5] Sakurai, S., Joh, O., 1992. Statistical analysis of annual extreme ground snow depths for structural design, Journal of Struct. Constr. Engngr., AIJ, nr.436, June, 11p.
- [6] Sakurai, S., Joh, O., Shibata, T., 1992. Statistical analysis of annual extreme ground snow loads for structural design, Journal of Struct. Constr. Engngr., AIJ, nr.437, July, 10p.
- [7] Otstavnov, V., 1996. Elaboration of draft map for snow loads in Russia, Research Report 16-13-135/96, CNIISK, Moscow
- [8] Gumbel, E., Statistics of extremes, Columbia University Press, New York/London, 1958
- [9] Otstavnov, V., Gokhberg, 1970. Promyshlennoe Stroitelstvo, nr.9, Moscova
- [10] JCSS, 1976. Common unified rules for different types of constructions and materials, Bulletin du Comite Euro-International du Beton (CEB) nr.116, 3rd draft, Annex III, Paris
- [11] JCSS, 2001. Probabilistic Model Code, Part 2: Load Models, 2.12 Snow Load, 6p.
- [12] www.sturdi-built.com
- [13] Gulvanessian, H., 2009. EN 1991-1-3: Eurocode 1: Actions on Structures: Part 1-3: Snow Loads, power-point presentation, 46 slides
- [14] www.gapo.ro

Alte referințe bibliografice

- ASCE/SEI 7-05, ASCE Standard: Minimum design loads for buildings and other structures, by American Society of Civil Engineers (2005).
- Clima României, 2008, Ed. Academiei Române, ISBN 978-973-27-1674-8, București, 365 pp.
- CR 0 – 2012 Cod de proiectare. Bazele proiectării construcțiilor.
- CSTB, 2010. Actions de la neige sur les batiments. D’apres l’Eurocode 1, Calcul des charges de neige sur les toitures, 71p.
- ISO 4355:1998, Bases for design of structures - Determination of snow loads on roofs, 31p.
- SR EN 1991-1-3:2005. Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-3: Acțiuni Generale – Încărcări date de zăpadă, 52p.
- SR EN 1991-1-3:2005/NA:2006. Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-3: Acțiuni Generale – Încărcări date de zăpadă, Anexă Națională, 14p.
- Lungu, D., Demetriu, S., Aldea, A., 2010. Statistics of the maximum annual snow load in Romania, Proceedings of the 6th International Symposium on Environmental Effects on Buildings and People: Actions, Influences, Interactions, Discomfort (EEBP VI), Poland, 7p.
- Lungu D., Demetriu S., Aldea A., 1995. Basic code parameters for enviromental actions in Romania harmonised with EC1. Seventh International Conference on Application of Statistics and Probability in Civil Engineering, Paris, July 10-13, Proceedings Vol.2, p.881-887
- Sanpaolesi L., 1996. The background document for snow loads. Iabse Colloquim, Delft 1996, Basis of design and actions on structures, Background and application of Eurocode 1. pp.191 - 199.

Anexa E (informativă) – Exemple de calcul

Cuprins

- E.1. Încărcarea din zăpadă pe acoperișuri
 - E.1.1 Acoperișuri cu o singură pantă
 - E.1.1.1 Zăpada nu este împiedicată să alunece de pe acoperiș
 - E.1.1.2 Zăpada este împiedicată să alunece de pe acoperiș
 - E.1.2 Acoperișuri cu două pante
 - E.1.2.1 Zăpada nu este împiedicată să alunece de pe acoperiș
 - E.1.2.2 Zăpada este împiedicată să alunece de pe acoperiș
 - E.1.3 Acoperișuri cu mai multe deschideri
 - E.1.4 Acoperișuri cilindrice
 - E.1.4.1 Zăpada depusă pe o zonă de acoperiș
 - E.1.4.2 Zăpada depusă pe tot acoperișul
 - E.1.5 Acoperișuri adiacente sau apropiate de construcții mai înalte
 - E.1.6 Alte cazuri de verificări locale
 - E.1.6.1 Aglomerarea de zăpada pe acoperișuri cu obstacole
 - E.1.6.2 Zăpada atârnată de marginea acoperișului
 - E.1.7 Alte cazuri de aglomerare excepțională de zăpadă pe acoperiș
 - E.1.7.1 Acoperișuri adiacente sau apropiate de construcții mai înalte
 - E.1.7.2 Încărcarea din zăpadă pe acoperișuri cu obstacole și parapete
 - E.1.7.3 Acoperișuri cu obstacole (altele decât parapete)
- E.2. Încărcarea din zăpadă pe o hală industrială cu diferite forme de acoperiș
 - E.2.1 Hală industrială cu o deschidere cu acoperiș cu două pante
 - E.2.2 Hală industrială cu o deschidere și acoperiș cu două pante cu dolie
 - E.2.3 Hală industrială cu o deschidere și acoperiș cu două pante cu atic

E.1. Încărcarea din zăpadă pe acoperișuri

În cele ce urmează sunt prezentate exemple de calcul efectuate pe baza prevederilor din codul CR 1-1-3/2012.

În toate exemplele se consideră o clădire amplasată în zona cu încărcarea din zăpadă pe sol $s_k = 2\text{ kN/m}^2$, la o altitudine sub 1000m, în condiții normale de expunere (coeficientul de expunere al construcției în amplasament $C_e=1,0$), fără luarea în considerare a topirii zăpezii de pe acoperiș (coeficientul termic $C_t=1,0$).

Clădirea este o construcție de tip curent din clasa III de importanță-expunere (factorul de importanță expunere pentru acțiunea zăpezii $\gamma_{ts} = 1$).

E.1.1 Acoperișuri cu o singură pantă

E.1.1.1 Zăpada nu este împiedicată să alunece de pe acoperiș

Pentru un acoperiș cu panta de 100% (unghiul $\alpha = 45^\circ$), conform cap. 5.1 se ia în considerare o singură distribuție a zăpezii pe acoperiș (Figura E.1.1).

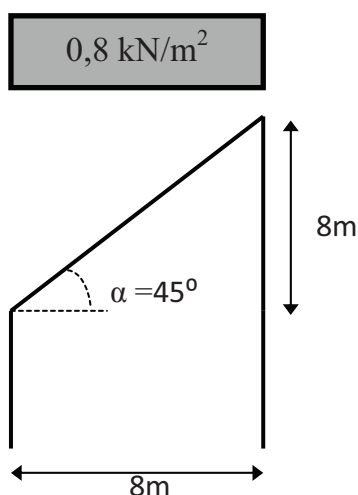


Figura E.1.1 Exemplu de încărcare din zăpadă pe un acoperiș cu o singură pantă

Pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie valoarea încărcării din zăpadă pe acoperiș este:

$$s = \gamma_{ts} \mu_I C_e C_t s_k$$

$$\alpha=45^\circ \Rightarrow \mu_I=0,8 \cdot (60-45)/30=0,4 \quad (\text{conform Tabelului 5.1})$$

$$s = 1 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

E.1.1.2 Zăpada este împiedicată să alunece de pe acoperiș

Pe acoperișul din exemplul precedent se amplasează dispozitive de împiedicare/limitare a alunecării zăpezii (Figura E.1.2).

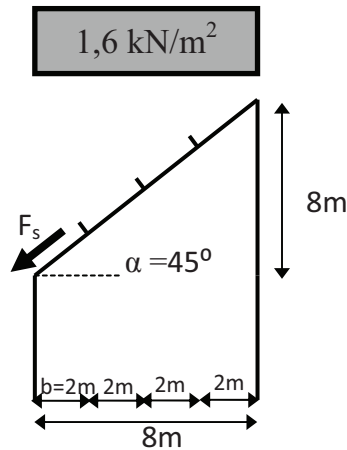


Figura E.1.2 Exemplu de încărcare din zăpadă pe un acoperiș cu o singură pantă prevăzut cu dispozitive de împiedicare a alunecării zăpezii

Pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie valoarea încărcării din zăpadă pe acoperiș se determină astfel:

$$s = \gamma_{Is} \mu_I C_e C_t s_k$$

În acest caz, conform 5.1 (2), $\mu_I = 0,8$.

$$s = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,6 \text{ kN/m}^2$$

Încărcarea din zăpadă (pe metru liniar) care se exercită asupra dispozitivelor de împiedicare/limitare a alunecării zăpezii este (conform cap.6.3, relația (6.4)):

$$F_s = s b \sin(\alpha) = 1,6 \cdot 2 \cdot \sin(45^\circ) = 2,26 \text{ kN/m}$$

E.1.2 Acoperișuri cu două pante

E.1.2.1 Zăpada nu este împiedicată să alunece de pe acoperiș

Pentru o clădire cu acoperiș în două pante de 83,9% (unghi $\alpha_1 = 40^\circ$) și, respectiv, de 17,6% (unghi $\alpha_2 = 10^\circ$), cazurile de distribuție a încărcării sunt prezentate în Figura E.1.3.

Pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie valorile încărcării din zăpadă pe acoperiș, s [kN/m²], se determină astfel (cap.5.2):

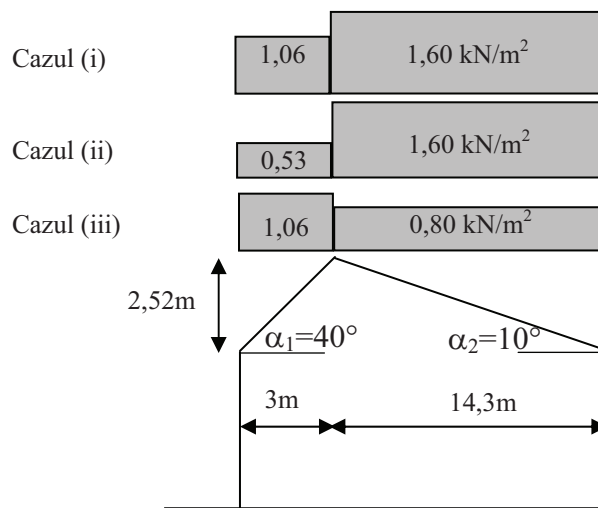


Figura E.1.3 Exemplu de încărcare din zăpadă pe un acoperiș cu două pante

Cazul (i), zăpadă neaglomerată:

$$\mu_1(\alpha_1=40^\circ) = 0,8 \cdot (60 - \alpha)/30 = 0,8 \cdot (60 - 40)/30 = 0,53$$

$$\mu_1(\alpha_2=10^\circ) = 0,8$$

$$s(\alpha_1=40^\circ) = \gamma_{ts} \mu_1(\alpha_1=40^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,53 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,06 \text{ kN/m}^2$$

$$s(\alpha_2=10^\circ) = \gamma_{ts} \mu_1(\alpha_2=10^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

Cazul (ii), zăpadă aglomerată:

$$0,5\mu_1(\alpha_1=40^\circ) = 0,5 \cdot 0,53 = 0,265$$

$$\mu_1(\alpha_2=10^\circ) = 0,8$$

$$s(\alpha_1=40^\circ) = \gamma_{ts} 0,5\mu_1(\alpha_1=40^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,265 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 0,53 \text{ kN/m}^2$$

$$s(\alpha_2=10^\circ) = \gamma_{ts} \mu_1(\alpha_2=10^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

Cazul (iii), zăpadă aglomerată:

$$\mu_1(\alpha_1=40^\circ) = 0,53$$

$$0,5\mu_1(\alpha_2=10^\circ) = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$$

$$s(\alpha_1=40^\circ) = \gamma_{ts} \mu_1(\alpha_1=40^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,53 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,06 \text{ kN/m}^2$$

$$s(\alpha_2=10^\circ) = \gamma_{ts} 0,5\mu_1(\alpha_2=10^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

E.1.2.2 Zăpada este împiedicată să alunece de pe acoperiș

Pe acoperișul din exemplul precedent se amplasează dispozitive de împiedicare/limitare a alunecării zăpezii (Figura E.1.4).

Pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie valorile încărcării din zăpadă pe acoperiș, s [kN/m²], se determină astfel:

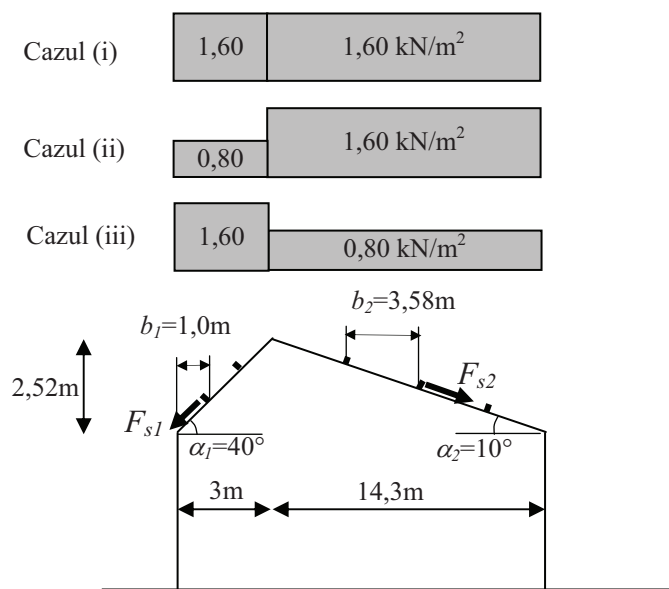


Figura E.1.4 Exemplu de încărcare din zăpadă pe un acoperiș cu două pante prevăzut cu dispozitive de împiedicare a alunecării zăpezii

Cazul (i), zăpadă neaglomerată:

$$\mu_1(\alpha_1=40^\circ) = 0,8 \quad (\text{conform 5.2(3)})$$

$$\mu_1(\alpha_2=10^\circ) = 0,8$$

$$s(\alpha_1=40^\circ) = \gamma_{ts} \mu_1(\alpha_1=40^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

$$s(\alpha_2=10^\circ) = \gamma_{ts} \mu_1(\alpha_2=10^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

Cazul (ii), zăpadă aglomerată:

$$0,5\mu_1(\alpha_1=40^\circ) = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$$

$$\mu_1(\alpha_2=10^\circ) = 0,8$$

$$s(\alpha_1=40^\circ) = \gamma_{ts} 0,5\mu_1(\alpha_1=40^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

$$s(\alpha_2=10^\circ) = \gamma_{ts} \mu_1(\alpha_2=10^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

Cazul (iii), zăpadă aglomerată:

$$\mu_1(\alpha_1=40^\circ) = 0,8 \quad (\text{conform 5.2(3)})$$

$$0,5\mu_1(\alpha_2=10^\circ) = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$$

$$s(\alpha_1=40^\circ) = \gamma_{ts} \mu_1(\alpha_1=40^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

$$s(\alpha_2=10^\circ) = \gamma_{ts} 0,5\mu_1(\alpha_2=10^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

Din evaluarea încărcării din zăpadă pe acoperiș valorile cele mai defavorabile sunt pentru cazurile (ii) și (iii) $s(\alpha_1=40^\circ) = s(\alpha_2=10^\circ) = 1,60 \text{ kN/m}^2$. Cu valoarea maximă astfel determinată se calculează încărcarea din zăpadă (pe metru liniar) exercitată pe dispozitivele de împiedicare/limitare a alunecării zăpezii (cap.6.3, relația (6.4)):

$$F_{s1} = s(\alpha_1=40^\circ) b_1 \sin \alpha_1 = 1,60 \cdot 1,0 \cdot \sin(40^\circ) = 1,03 \text{ kN/m}$$

$$F_{s2} = s(\alpha_2=10^\circ) b_2 \sin \alpha_2 = 1,60 \cdot 3,58 \cdot \sin(10^\circ) = 0,99 \text{ kN/m}$$

E.1.3 Acoperișuri cu mai multe deschideri

Pentru o clădire cu acoperiș cu mai multe deschideri având pantele de 83,9% (unghi $\alpha_1 = 40^\circ$) și, respectiv, de 17,6% (unghi $\alpha_2 = 10^\circ$), cazurile de distribuție a încărcării sunt prezentate în Figura E.1.5.

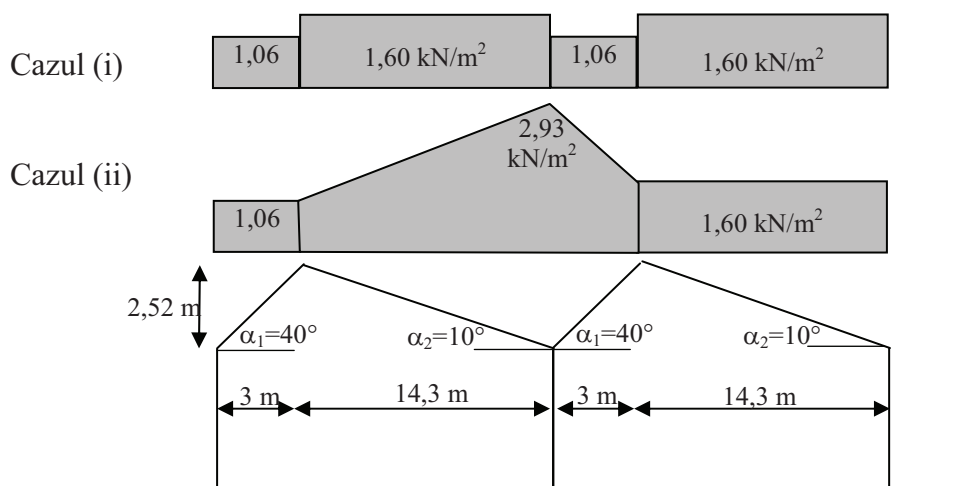


Figura E.1.5 Exemplu de încărcare din zăpadă pe un acoperiș cu mai multe deschideri

Pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie valorile încărcării din zăpadă pe acoperiș se determină astfel:

Cazul (i), zăpadă neaglomerată:

$$\mu_1(\alpha_1=40^\circ) = 0,8 \cdot (60 - \alpha)/30 = 0,8 (60 - 40)/30 = 0,53$$

$$\mu_1(\alpha_2=10^\circ) = 0,8$$

$$s(\alpha_1=40^\circ) = \gamma_{ts} \mu_1(\alpha_1=40^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,53 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,06 \text{ kN/m}^2$$

$$s(\alpha_2=10^\circ) = \gamma_{ts} \mu_1(\alpha_2=10^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

Cazul (ii), zăpadă aglomerată:

$$\mu_1(\alpha_1=40^\circ) = 0,53 \quad \text{și} \quad \mu_1(\alpha_2=10^\circ) = 0,8$$

$$\mu_2(\bar{\alpha}) = 0,8 + 0,8 \cdot \frac{25}{30} = 1,47 \quad (\text{conform Tab. 5.1})$$

$$\text{unde } \bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = \frac{40^\circ + 10^\circ}{2} = 25^\circ$$

$$s(\alpha_1=40^\circ) = 1,06 \text{ kN/m}^2 \quad \text{și} \quad s(\alpha_2=10^\circ) = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{\max}(\bar{\alpha}=25^\circ) = \gamma_{ts} \mu_2(\bar{\alpha}=25^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 1,47 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2,93 \text{ kN/m}^2$$

Pentru situația de proiectare în care zăpada este acțiune accidentală, se consideră că nu mai există zăpadă pe acoperiș în afara zonelor cu aglomerare excepțională a acesteia (Figura E.1.6).

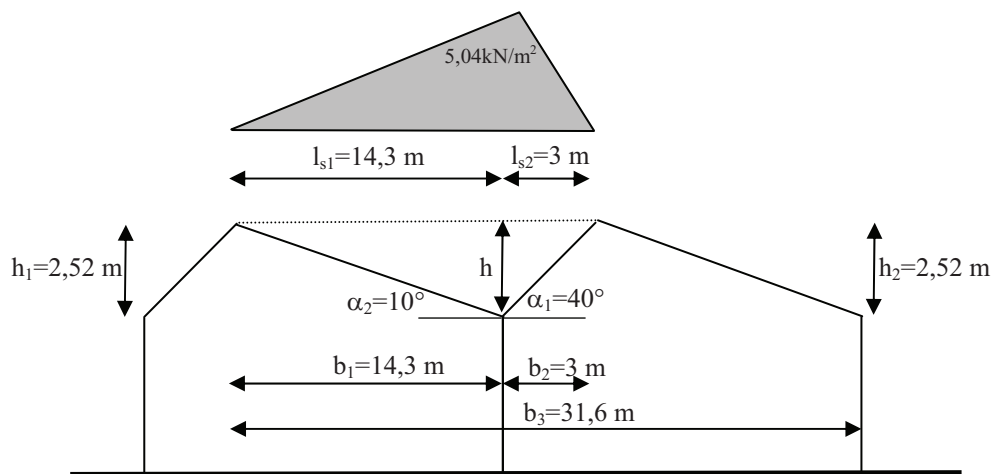


Figura E.1.6 Exemplu de încărcare din aglomerare excepțională de zăpadă pe acoperișuri cu mai multe deschideri (zona doliilor)

Încărcarea din aglomerarea excepțională de zăpadă în zona doliilor se evaluează după cum urmează:

Lungimile l_s pe care se consideră încărcarea din zăpadă sunt:

$$l_{s1} = b_1 = 14,3 \text{ m și}$$

$$l_{s2} = b_2 = 3\text{m}$$

Înălțime zăpezii h (în metri) în dreptul doliei este:

$$h = \frac{b_1 \cdot h_2 + b_2 \cdot h_1}{b_1 + b_2} = \frac{14,3 \cdot 2,52 + 3 \cdot 2,52}{14,3 + 3} = 2,52\text{m}$$

Valoarea coeficientului de formă μ_1 pentru încărcarea din aglomerare excepțională de zăpadă din Figura E.1.6 este valoarea minimă dintre:

$$\mu_1 = \gamma h / s_k = 2 \cdot 2,52 / 2 = 2,52$$

$$\mu_1 = 2b_3 / (l_{s1} + l_{s2}) = 2 \cdot 31,6 / (14,3 + 3) = 3,65$$

$$\mu_1 = 5$$

unde γ este greutatea specifică a zăpezii, $\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$.

Rezultă o valoare a coeficientului de formă $\mu_1 = 2,52$.

Pentru situația accidentală de proiectare valoarea maximă a încărcării din zăpadă în zona doliei, s_{max} , se calculează cu relația (4.2):

$$s_{max} = \mu_i s_k = 2,52 \cdot 2 = 5,04 \text{ kN/m}^2$$

E.1.4 Acoperișuri cilindrice

Încărcarea din zăpadă pe acoperișurile cilindrice acționează pe o lungime l_s , care corespunde zonei de acoperiș pentru care unghiul β dintre orizontală și tangenta la curba directoare a acoperișului $\beta \leq 60^\circ$. Lungimea l_s pe care se consideră încărcare din zăpadă este împărțită în două jumătăți egale, pe fiecare jumătate acționând o încărcare triunghiulară având valoarea maximă $0,5\mu_3$ (pentru jumătatea din stânga a lui l_s) și, respectiv, μ_3 (pentru jumătatea din dreapta a lui l_s). Lungimea l_s pe care se consideră încărcarea din zăpadă este lungimea corzii orizontale a cercului de rază r al acoperișului, coardă care corespunde unui unghi la centru de 120° și a cărei lungime se calculează cu relația: $l_s = r \cdot \sqrt{3}$.

Dacă $l_s > b$, atunci pentru calcul $l_s = b$.

Când $\beta > 60^\circ$ se consideră că zăpada cade de pe acoperiș (în absența dispozitivelor care să împiedice alunecarea).

E.1.4.1 Zăpada depusă pe o zonă de acoperiș

Pentru o clădire cu acoperiș cilindric fără dispozitive de împiedicare a alunecării zăpezii având forma și dimensiunile prezentate în Figura E.1.7, lungimea l_s de depunere a zăpezii este:

$$l_s = r \cdot \sqrt{3} = 21,25 \cdot \sqrt{3} = 36,8\text{m}$$

Pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie valorile încărcării din zăpadă pe acoperiș se determină astfel (conform 5.4):

Cazul (i), zăpadă neaglomerată:

$$\mu = 0,8 \text{ pe toată lungimea } l_s$$

$$s = \gamma_s \mu C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,6 \text{ kN/m}^2$$

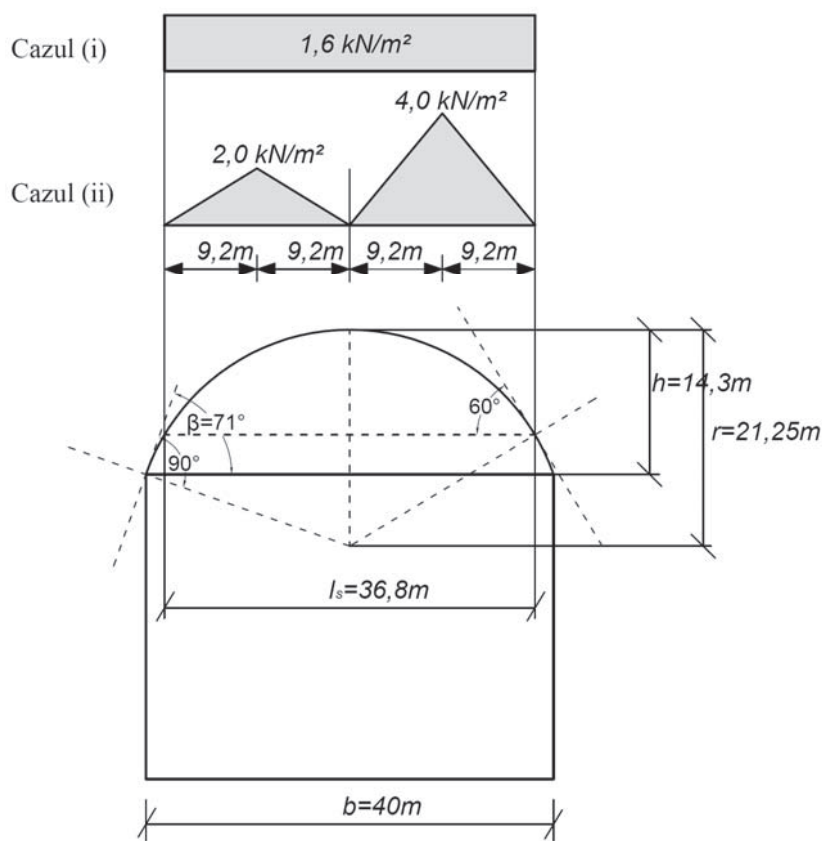


Figura E.1.7 Exemplu de încărcare din zăpadă pe un acoperiș cilindric

Cazul (ii), zăpadă aglomerată:

$$\mu_3 = 0,2 + 10 \cdot h/b \quad 0,2 \leq \mu_3 \leq 2 \quad \text{pentru } \beta \leq 60^\circ$$

$$\mu_3 = 0,2 + 10 \cdot 14,3/40 = 3,78 \text{ și trebuie limitat la } \mu_3 \leq 2, \text{ deci } \mu_3 = 2.$$

$$s_{\max}(\text{jumătatea din stânga a } l_s) = \gamma_{ls} \cdot 0,5 \cdot \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{\max}(\text{jumătatea din dreapta a } l_s) = \gamma_{ls} \cdot \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 4 \text{ kN/m}^2$$

E.1.4.2 Zăpada depusă pe tot acoperișul

Pentru o clădire cu acoperiș cilindric fără dispozitive de împiedicare a alunecării zăpezii având forma și dimensiunile prezentate în Figura E.1.8, lungimea l_s de depunere a zăpezii este:

$$l_s = r \cdot \sqrt{3} = 26,4 \cdot \sqrt{3} = 45,7 \text{ m}$$

$$l_s = 45,7 \text{ m} > b = 40 \text{ m}, \text{ în consecință, încărcarea va fi distribuită pe lungimea } b = 40 \text{ m}.$$

Pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie valorile încărcării din zăpadă pe acoperiș se determină astfel (conform 5.4):

Cazul (i), zăpadă neaglomerată:

$$\mu = 0,8 \text{ pe toată lungimea } l_s$$

$$s = \gamma_{ls} \cdot \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,6 \text{ kN/m}^2$$

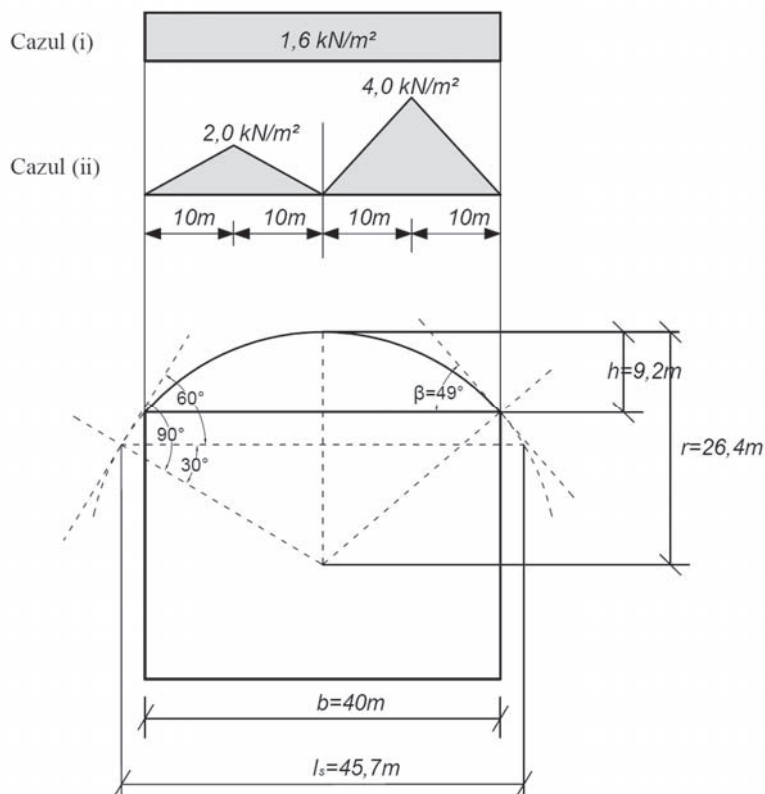


Figura E.1.8 Exemplu de încărcare din zăpadă pe un acoperiș cilindric

Cazul (ii), zăpadă aglomerată:

$$\mu_3 = 0,2 + 10 \cdot h/b \quad 0,2 \leq \mu_3 \leq 2 \quad \text{pentru } \beta \leq 60^\circ$$

$$\mu_3 = 0,2 + 10 \cdot 9,2/40 = 2,5 \text{ și trebuie limitat la } \mu_3 \leq 2, \text{ deci } \mu_3 = 2.$$

$$s_{\max}(\text{jumătatea din stânga a } l_s) = \gamma_{ts} 0,5 \mu_3 C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{\max}(\text{jumătatea din dreapta a } l_s) = \gamma_{ts} \mu_3 C_e C_t s_k = 1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 4 \text{ kN/m}^2$$

E.1.5 Acoperișuri adiacente sau apropiate de construcții mai înalte

Pentru un acoperiș adiacent unei construcții mai înalte, cu dimensiunile și geometria prezentate în Figura E.1.9, zăpada nu este împiedicată să alunece de pe acoperișul mai înalt.

Pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie, valoarea încărcării din zăpadă pe acoperișul cu 2 pante al clădirii mai înalte se determină astfel:

Cazul (i), zăpadă neaglomerată:

$$\mu_1(\alpha_1=25^\circ) = 0,8$$

$$\mu_1(\alpha_2=25^\circ) = 0,8$$

$$s(\alpha_1=25^\circ) = \gamma_{ts} \mu_1(\alpha_1=25^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

$$s(\alpha_2=25^\circ) = \gamma_{ts} \mu_1(\alpha_2=25^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

Cazul (ii), zăpadă aglomerată:

$$0,5\mu_1(\alpha_1=25^\circ) = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$$

$$\mu_1(\alpha_2=25^\circ) = 0,8$$

$$s(\alpha_1=25^\circ) = \gamma_{ts} 0,5\mu_1(\alpha_1=25^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

$$s(\alpha_2=25^\circ) = \gamma_{ts} \mu_1(\alpha_2=25^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

Cazul (iii), zăpadă aglomerată:

$$\mu_1(\alpha_1=25^\circ) = 0,8$$

$$0,5\mu_1(\alpha_2=25^\circ) = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$$

$$s(\alpha_1=25^\circ) = \gamma_{ts} \mu_1(\alpha_1=25^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

$$s(\alpha_2=25^\circ) = \gamma_{ts} 0,5\mu_1(\alpha_2=25^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

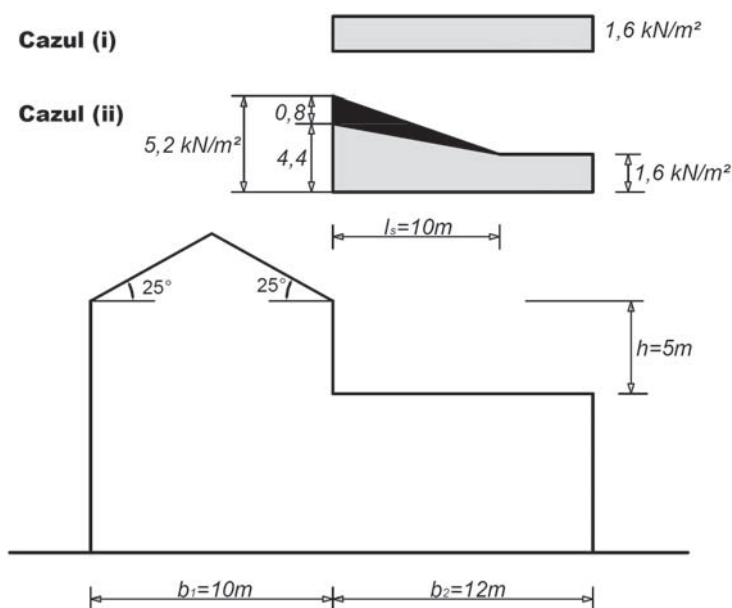


Figura E.1.9 Exemplu de încărcare din zăpadă pe un acoperiș adiacent unei clădiri mai înalte ($b_2 > b_1$)

Pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie valorile încărcării din zăpadă pe acoperișul adiacent situat mai jos se determină astfel:

Cazul (i), zăpadă neaglomerată:

$\mu_1 = 0,8$ (se consideră că acoperișul situat mai jos este orizontal sau are un unghi de cel mult 30°)

$$s_{neaglomerată} = \gamma_{ts} \mu_1 C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,6 \text{ kN/m}^2$$

Cazul (ii), zăpadă aglomerată:

Lungimea zonei de aglomerare a zăpezii pe acoperișul situat mai jos este:

$$l_s = 2 h = 2 \cdot 5 = 10 \text{ m} (\leq 15 \text{ m, limitare conform 5.5(7)}).$$

Coefficienții de formă ai încărcării sunt:

$$\mu_1 = 0,8$$

$$s_{neaglomerată} = \gamma_{Is} \mu_1 C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,6 \text{ kN/m}^2$$

$$2 = \mu_s + \mu_w$$

unde

μ_s este coeficientul de formă pentru încărcarea datorată alunecării zăpezii de pe acoperișul adiacent mai înalt; pentru $\alpha > 15^\circ$ valoarea lui μ_s este 50% din valoarea maximă a coeficientului de formă corespunzător acoperișului mai înalt adiacent:

$$\mu_s = 0,5 \mu_1(\alpha = 25^\circ) = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$$

μ_w este coeficientul de formă pentru încărcarea datorată spulberării zăpezii de către vânt:

$$\mu_w = (b_1 + b_2)/2h \leq \gamma h / s_k \quad \text{cu condiția} \quad 0,8 \leq \mu_w \leq 4,0$$

unde γ este greutatea specifică a zăpezii care se consideră egală cu 2 kN/m^3 , deci

$$\mu_w = (10 + 12)/(2 \cdot 5) = 2,2 < 4,0 \text{ (și respectă și condiția } \mu_w < \gamma h / s_k = 2 \cdot 5 / 2 = 5,0)$$

$$2 = \mu_s + \mu_w = 0,4 + 2,2 = 2,6$$

$$s_{aglomerată, \max} = \gamma_{Is} \mu_2 C_e C_t s_k = 1 \cdot 2,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 5,2 \text{ kN/m}^2,$$

din care $\gamma_{Is} \mu_s C_e C_t s_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$ este încărcarea din zăpadă datorată alunecării zăpezii de pe acoperișul adiacent mai înalt, iar $\gamma_{Is} \mu_w C_e C_t s_k = 4,4 \text{ kN/m}^2$ este încărcarea datorată spulberării zăpezii de către vânt.

Dacă acoperișul situat mai jos este mai scurt decât l_s ($b_2 < l_s$), Figura E.1.10, atunci încărcarea din zăpadă se determină astfel:

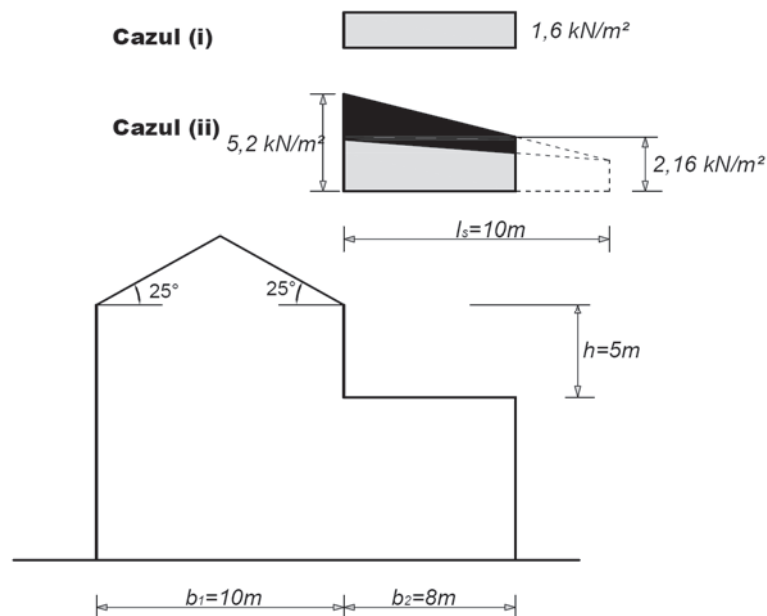


Figura E.1.10 Exemplu de încărcare din zăpadă pe un acoperiș adiacent unei clădiri mai înalte ($b_2 < b_1$)

Cazul (i), zăpadă neaglomerată:

$$\mu_1 = 0,8 \text{ deci } s_{neaglomerată} = \gamma_{ts} \mu_1 C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,6 \text{ kN/m}^2$$

Cazul (ii), zăpadă aglomerată:

Coeficientul de formă la marginea acoperișului situat mai jos (obținut prin interpolare):

$$\mu_i = \frac{(l_s - b_2) \cdot (\mu_2 - \mu_1)}{2 \cdot h} + \mu_1 = \frac{(l_s - b_2) \cdot (\mu_2 - \mu_1)}{l_s} + \mu_1$$

unde valorile care intervin se obțin astfel:

$$\mu_1 = 0,8$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$$

$$\mu_s = 0,5 \mu_1 (\alpha = 25^\circ) = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$$

$$\mu_w = (b_1 + b_2) / 2h \leq \gamma h / s_k$$

$$\mu_w = (10 + 8) / (2 \cdot 5) = 1,8 < 4,0$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w = 0,4 + 1,8 = 2,2$$

deci

$$\mu_i = \frac{(10 - 8) \cdot (2,2 - 0,8)}{10} + 0,8 = 1,08$$

Valoarea maximă a încărcării din zăpadă în zona de aglomerare este:

$$s_{aglomerată, \max} = \gamma_{ts} \mu_2 C_e C_t s_k = 1 \cdot 2,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 4,4 \text{ kN/m}^2$$

iar valoarea încărcării din zăpadă la marginea acoperișului situat mai jos este:

$$s_{aglomerată, i} = \gamma_{ts} \mu_i C_e C_t s_k = 1 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2,16 \text{ kN/m}^2$$

E.1.6 Alte cazuri de verificări locale

E.1.6.1 Aglomerarea de zăpadă pe acoperișuri cu obstacole

Pentru acoperișul cvasi-orizontal (cu panta mai mică de 5%, respectiv un unghi $\alpha < 2,86^\circ$) având un obstacol de înălțime 1,2m, distribuția încărcării este prezentată în Figura E.1.11.

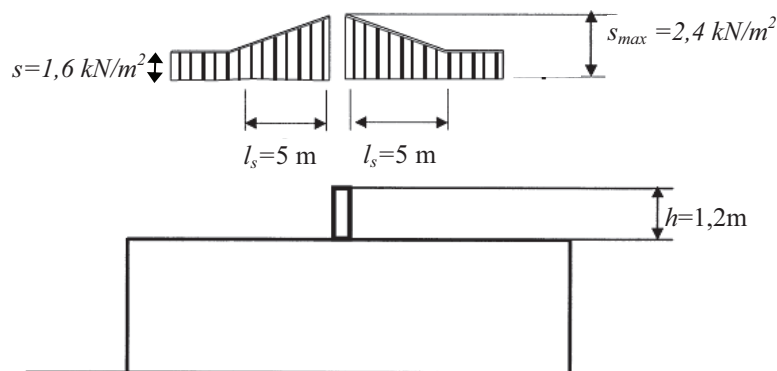


Figura E.1.11 Distribuția încărcării din zăpadă pe un acoperiș cvasi-orizontal cu obstacole

Lungimea zonei de aglomerare a zăpezii pe acoperiș este $l_s = 2 h = 2 \cdot 1,2 = 2,4\text{m} < 5\text{ m}$, deci trebuie considerată $l_s = 5\text{ m}$, deoarece $5\text{m} \leq l_s \leq 15\text{m}$.

Pentru situația de proiectare permanentă/tranzitorie valorile coeficienților de formă pentru încărcarea din zăpadă pe acoperișul cvasi-orizental cu obstacole sunt:

$$\mu_1 = 0,8$$

$$\mu_2 = \gamma h / s_k \quad \text{respectând condiția} \quad 0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0.$$

Greutatea specifică a zăpezii γ se consideră ca fiind 2 kN/m^3 .

$$\text{În exemplul considerat } \mu_2 = 2 \cdot 1,2 / 2 = 1,2.$$

Valorile care caracterizează încărcarea din zăpadă aglomerată în vecinătatea obstacolului sunt:

$$s = \gamma l_s \mu_1 C_e C_{sk} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,6\text{ kN/m}^2 \text{ și}$$

$$s_{max} = \gamma l_s \mu_2 C_e C_{sk} = 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2,4\text{ kN/m}^2$$

E.1.6.2 Zăpada atârnată de marginea acoperișului

Pentru acoperișul cu două pante egale de 100% (unghi $\alpha_1 = \alpha_2 = 45^\circ$), fără dispozitive de împiedicare a alunecării zăpezii, situat la o altitudine $800 < A < 1000\text{m}$, distribuția încărcării este prezentată în Fig. E.1.12, valoarea încărcării din zăpada atârnată de marginea acoperișului se consideră distribuită de-a lungul acestuia și se evaluează conform cap.6.2 după cum urmează:

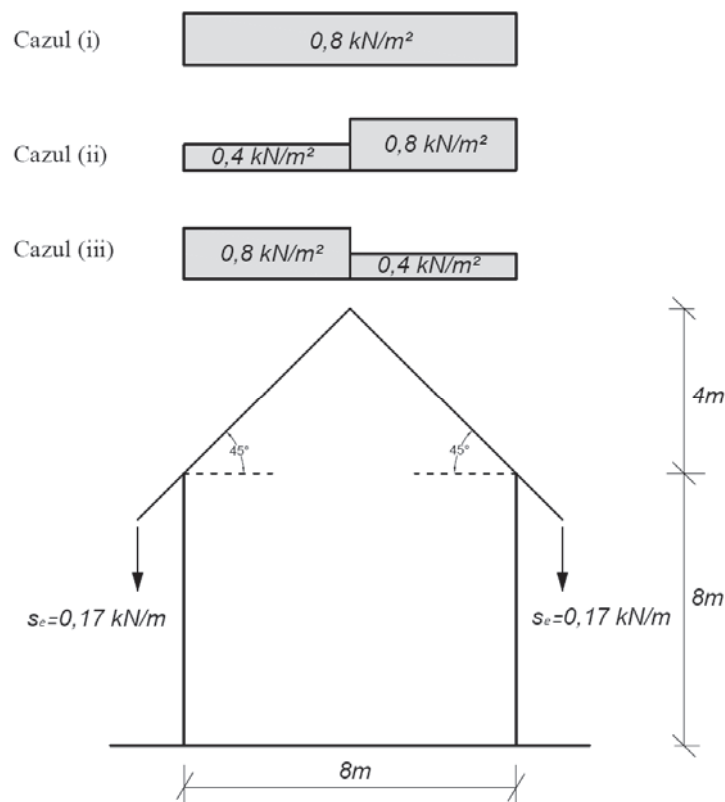


Figura E.1.12 Exemplu de încărcare din zăpada atârnată de marginea acoperișului

$$s_e = k s^2 / \gamma$$

unde:

- s_e este încărcarea (pe metru liniar) din zăpada atârnată de marginea acoperișului (kN/m);
 s este valoarea încărcării din zăpadă pe acoperiș în cazul cel mai defavorabil de depunere de zăpadă;
 γ este greutatea specifică a zăpezii, care se consideră 3 kN/m^3 ;
 k este un coeficient care ține cont de forma neregulată a depunerii de zăpadă la marginea acoperișului.

$$s = \gamma_{ts} \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \text{ din cazul cel mai defavorabil de încărcare (Cazul (i))}$$

$$\mu_1(\alpha=45^\circ) = 0,8 \cdot (60 - \alpha)/30 = 0,8 \cdot (60 - 45)/30 = 0,4$$

$$s = \gamma_{ts} \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 2 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$d = \frac{s}{\gamma} = \frac{0,8}{3} = 0,267 \text{ m}$$

$$k = \frac{3}{d} = \frac{3}{0,267} = 11,24$$

k trebuie limitat superior la valoarea $k = d \cdot \gamma = 0,267 \cdot 3 = 0,801$, deci în calcule

$$k = 0,801$$

$$s_e = k \cdot \frac{s^2}{\gamma} = 0,801 \cdot \frac{0,8^2}{3} = 0,17 \text{ kN/m}$$

E.1.7 Alte cazuri de aglomerare excepțională de zăpadă pe acoperiș

E.1.7.1 Acoperișuri adiacente sau apropiate de construcții mai înalte

Pentru situația prezentată în Figura E.1.13 în care se evaluează încărcarea din aglomerarea excepțională de zăpadă pe acoperișul tip șarpantă situat mai jos, se consideră că în acest caz de încărcare (aglomerare excepțională de zăpadă) nu există zăpadă pe acoperișul clădirii mai joase, cu excepția zonei de aglomerare.

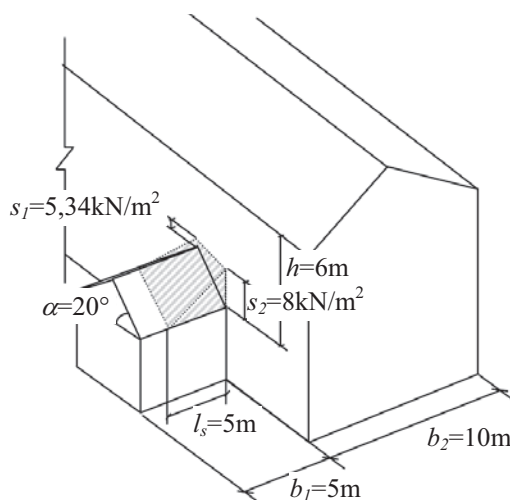


Figura E.1.13 Exemplu de încărcare din aglomerare excepțională de zăpadă pe un acoperiș adiacent situat mai jos

Lungimea pe care se consideră aglomerarea de zăpadă este $l_s = 5\text{m}$ (cea mai mică valoare dintre: $5h = 5 \cdot 6 = 30\text{m}$, $b_1 = 5\text{m}$ sau 15m).

$\mu_3 = 4$ (cea mai mică valoare dintre: $2h / s_k = 2 \cdot 6 / 2 = 6$, $2b / l_s = 2 \cdot 10 / 5 = 4$ sau 8)

unde $b = 10\text{m}$ (cea mai mare valoare dintre: $b_1 = 5\text{m}$ sau $b_2 = 10\text{m}$).

Din Tabelul 7.1, rezultă valorile coeficienților de formă:

$$\mu_1 = \mu_3 \cdot \left(\frac{30 - \alpha}{15} \right) = 4 \cdot \left(\frac{30 - 20}{15} \right) = 2,67 \quad (15^\circ < \alpha = 20^\circ \leq 30^\circ)$$

$$\mu_2 = \mu_3 = 4.$$

Pentru situația accidentală de proiectare încărcarea din zăpada aglomerată este definită de valorile:

$$s_1 = \gamma_{fs} \mu_1 s_k = 1 \cdot 2,67 \cdot 2 = 5,34 \text{ kN/m}^2$$

$$s_2 = \gamma_{fs} \mu_2 s_k = 1 \cdot 4 \cdot 2 = 8 \text{ kN/m}^2$$

E.1.7.2 Încărcarea din zăpadă pe acoperișuri cu obstacole și parapete

Pentru copertina cu lungimea de 4m care protejează ușa de la intrarea într-o clădire, prezentată în Fig.E.1.14, se evaluează încărcarea din zăpadă datorată aglomerării excepționale de zăpadă. În acest caz de încărcare (aglomerare excepțională de zăpadă) pe copertină există zăpadă doar în zona de aglomerare (pe lungimea l_s).

Prevederile codului sunt valabile pentru copertine cu lungimea $b_1 < 5\text{ m}$, indiferent de înălțimea h de la copertină la acoperiș.

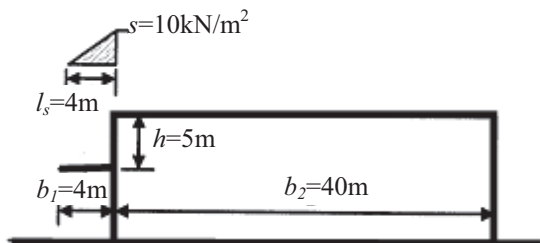


Figura E.1.14 Exemplu de încărcare din aglomerare excepțională de zăpadă pe o copertină

Lungimea zonei de aglomerare excepțională a zăpezii este:

$l_s = 4\text{m}$ (minimul dintre $5h = 25\text{m}$ și $b_1 = 4\text{m}$).

Coeficientul de formă al încărcării din zăpada aglomerată pe acoperiș, μ_1 , este minimul dintre:

$$\mu_1 = \gamma h / s_k = 2 \cdot 5 / 2 = 5$$

unde greutatea specifică a zăpezii se consideră $\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$

$$\mu_1 = 2 b / l_s = 2 \cdot 40 / 4 = 20$$

unde $b = 12 = \max(b_1 = 6 ; b_2 = 12)$

$$\mu_1 = 5,$$

$$\text{deci } \mu_1 = 5$$

Pentru situația accidentală de proiectare încărcarea din aglomerarea excepțională de zăpadă pe copertină este:

$$s = \gamma_{Is} \mu_l s_k = 1 \cdot 5 \cdot 2 = 10 \text{ kN/m}^2$$

E.1.7.3 Acoperișuri cu obstacole (altele decât parapete)

Pentru clădirea cu acoperiș cu două pante de 13,3% (unghi $\alpha = 7,6^\circ$) și atic la marginea acoperișului, prezentată în Figura E.1.15, se evaluează încărcarea din aglomerarea excepțională de zăpadă din spatele aticului.

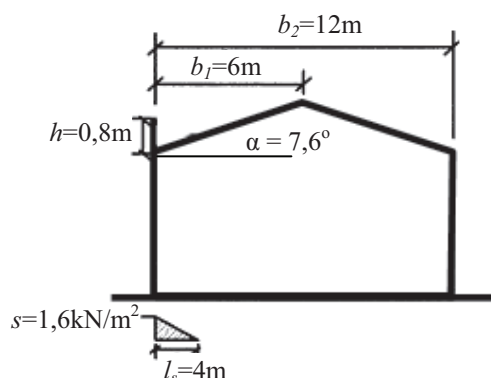


Figura E.1.15 Exemplu de încărcare din aglomerarea excepțională de zăpadă în spatele parapetului de la marginea acoperișului

Lungimea zonei de acumulare de zăpadă $l_s = 4\text{m}$ (minimul dintre $5h = 5 \cdot 0,8 = 4\text{m}$, $b_1 = 6\text{m}$ și 15m).

Coeficientul de formă al încărcării din zăpada aglomerată pe acoperiș este minimul dintre:

$$\mu_1 = \gamma h/s_k = 2 \cdot 0,8/2 = 0,8$$

$$\mu_1 = \gamma b/l_s = 2 \cdot 12/4 = 6 \quad \text{unde } b = \max(b_1 = 6; b_2 = 12) = 12$$

$$\mu_1 = 8,0.$$

Deci $\mu_1 = 0,8$.

Greutatea specifică a zăpezii se consideră $\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$.

Pentru situația accidentală de proiectare încărcarea din aglomerarea excepțională de zăpadă în spatele parapetului de la marginea acoperișului este:

$$s = \gamma_{Is} \mu_l s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 2 = 1,6 \text{ kN/m}^2$$

E.2. Încărcarea din zăpadă pe o hală industrială cu diferite forme de acoperiș

E.2.1 Hală industrială cu o deschidere cu acoperiș cu două pante

Pentru o hală industrială care are un acoperiș cvasi-orizontal cu două pante de 4% (unghi $\alpha_1 = \alpha_2 = 2,29^\circ$), fără dispozitive de împiedicare a alunecării zăpezii, distribuția încărcării este prezentată în Figura E.2.1.

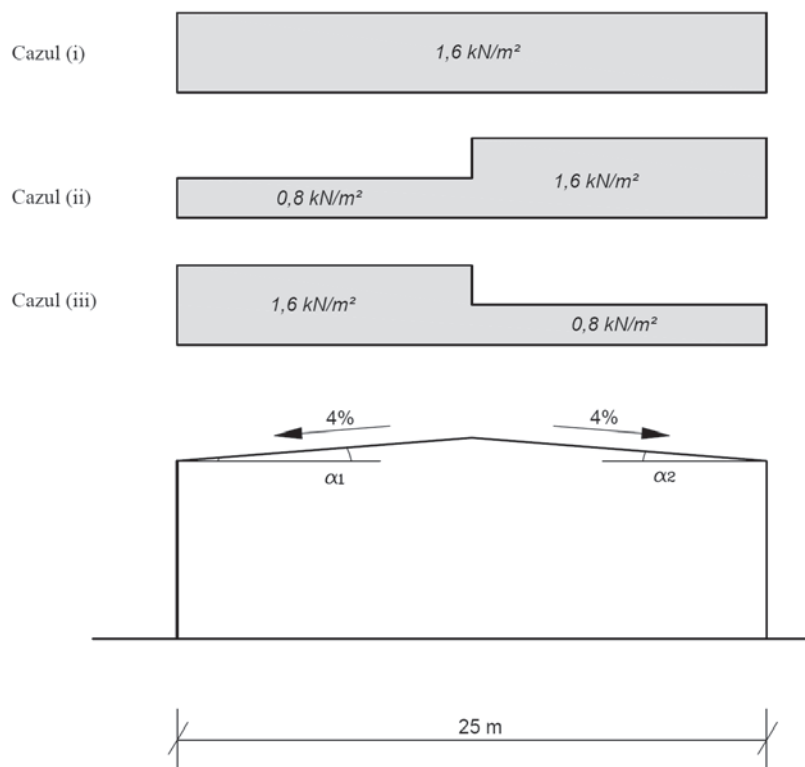


Figura E.2.1 Exemplu de încărcare din zăpadă pe acoperiș cu două pante

Hala este amplasată în zona cu încărcarea din zăpadă pe sol $s_k = 2 \text{ kN/m}^2$, la o altitudine sub 1000m, în condiții de expunere redusă (coeficientul de expunere al construcției în amplasament $C_e = 1,0$), fără luarea în considerare a topirii zăpezii de pe acoperiș (coeficientul termic $C_t = 1$). Hala este o construcție de tip curent din clasa III de importanță-expunere (factorul de importanță expunere pentru acțiunea zăpezii $\gamma_{ts} = 1$).

Pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie valorile încărcării din zăpadă pe acoperișul halei, s [kN/m^2], se determină astfel (cap.5.2):

Cazul (i), zăpadă neaglomerată:

$$\mu_1(\alpha_1 = \alpha_2 = 2,29^\circ) = 0,8$$

$$s(\alpha_1 = \alpha_2 = 2,29^\circ) = \gamma_{ts} \mu_1(\alpha_1 = \alpha_2 = 2,29^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

Cazul (ii), zăpadă aglomerată:

$$0,5 \mu_1(\alpha_1 = 2,29^\circ) = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$$

$$\mu_1(\alpha_2=2,29^\circ) = 0,8$$

$$s(\alpha_1=2,29^\circ) = \gamma_{ls} 0,5 \mu_1(\alpha_1=2,29^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

$$s(\alpha_2=2,29^\circ) = \gamma_{ls} \mu_1(\alpha_2=2,29^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

Cazul (iii), zăpadă aglomerată:

$$\mu_1(\alpha_1=2,29^\circ) = 0,8$$

$$0,5 \mu_1(\alpha_2=2,29^\circ) = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$$

$$s(\alpha_1=2,29^\circ) = \gamma_{ls} \mu_1(\alpha_1=2,29^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

$$s(\alpha_2=2,29^\circ) = \gamma_{ls} 0,5 \mu_1(\alpha_2=2,29^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

E.2.2 Hală industrială cu o deschidere și acoperiș cu două pante cu dolie

Pentru o hală industrială care are un acoperiș cvasi-orizontal cu două pante de 4% (unghi $\alpha_1 = \alpha_2 = 2,29^\circ$) cu dolie, distribuția încărcării este prezentată în Figura E.2.2.

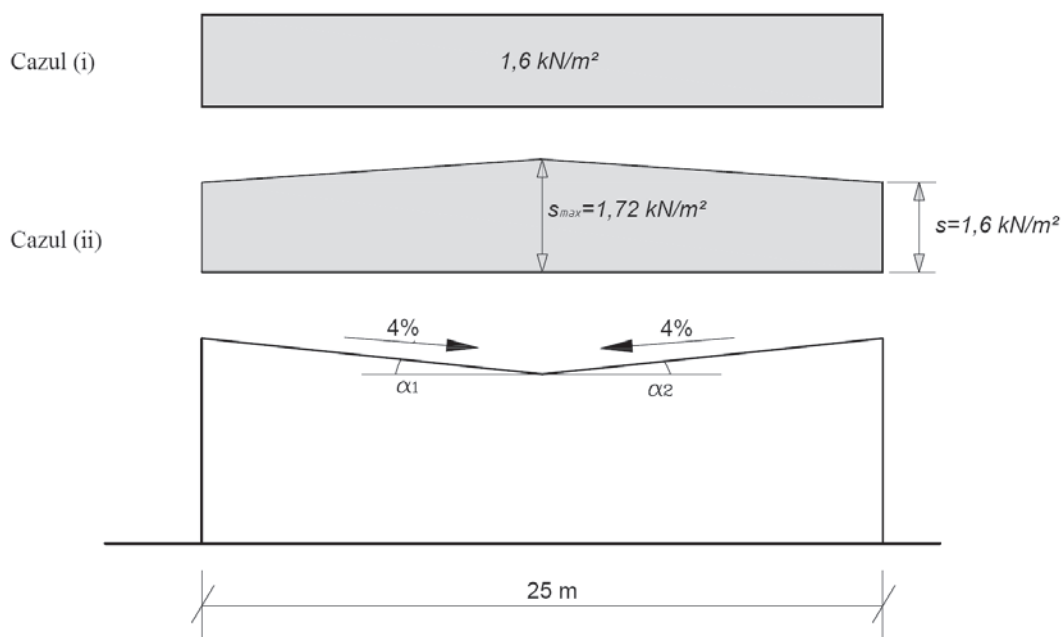


Figura E.2.2 Exemplu de încărcare din zăpadă pe acoperiș cu două pante cu dolie

Hala este amplasată în zona cu încărcarea din zăpadă pe sol $s_k = 2 \text{ kN/m}^2$, la o altitudine sub 1000m, în condiții de expunere redusă (coeficientul de expunere al construcției în amplasament $C_e = 1,0$), fără luarea în considerare a topirii zăpezii de pe acoperiș datorită fluxului termic (coeficientul termic $C_t = 1,0$). Hala este o construcție de tip curent din clasa III de importanță-expunere (factorul de importanță expunere pentru acțiunea zăpezii $\gamma_{ls} = 1$).

Pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie valorile încărcării din zăpadă pe acoperișul halei se determină astfel:

Cazul (i), zăpadă neaglomerată:

$$\mu_1(\alpha_1 = \alpha_2 = 2,29^\circ) = 0,8$$

$$s(\alpha_1=\alpha_2=2,29^\circ) = \gamma_{ls} \mu_1(\alpha_1=\alpha_2=2,29^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

Cazul (ii), zăpadă aglomerată:

$$\mu_1(\alpha_1=\alpha_2=2,29^\circ) = 0,8$$

$$\mu_2(\bar{\alpha}) = 0,8 + 0,8 \cdot \frac{2,29}{30} = 0,86 \quad (\text{conform Tab. 5.1})$$

$$\text{unde } \bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = \frac{2,29^\circ + 2,29^\circ}{2} = 2,29^\circ$$

$$s(\alpha_1=\alpha_2=2,29^\circ) = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{\max}(\bar{\alpha} = 2,29^\circ) = \gamma_{ls} \mu_2(\bar{\alpha} = 2,29^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 1,72 \text{ kN/m}^2$$

E.2.3 Hală industrială cu o deschidere și acoperiș cu două pante cu atic

Pentru o hală industrială care are un acoperiș cvasi-orizontal cu două pante de 4% (unghi $\alpha_1=\alpha_2=2,29^\circ$) și obstacole la margine (atic, $h=0,8\text{m}$), distribuția încărcării este prezentată în Figura E.2.3. Hala este amplasată în zona cu încărcarea din zăpadă pe sol $s_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$, la o altitudine sub 1000m, în condiții de expunere completă (coeficientul de expunere al construcției în amplasament $C_e=0,8$), fără luarea în considerare a topirii zăpezii de pe acoperiș datorită fluxului termic (coeficientul termic $C_t=1,0$). Hala este o construcție de tip curent din clasa III de importanță-expunere (factorul de importanță expunere pentru acțiunea zăpezii $\gamma_{ls} = 1$).

Lungimea zonei de aglomerare a zăpezii pe acoperiș este $l_s = 2 h = 2 \cdot 0,8 = 1,6\text{m} < 5 \text{ m}$, deci trebuie considerată $l_s = 5 \text{ m}$ din condiția $5\text{m} \leq l_s \leq 15\text{m}$.

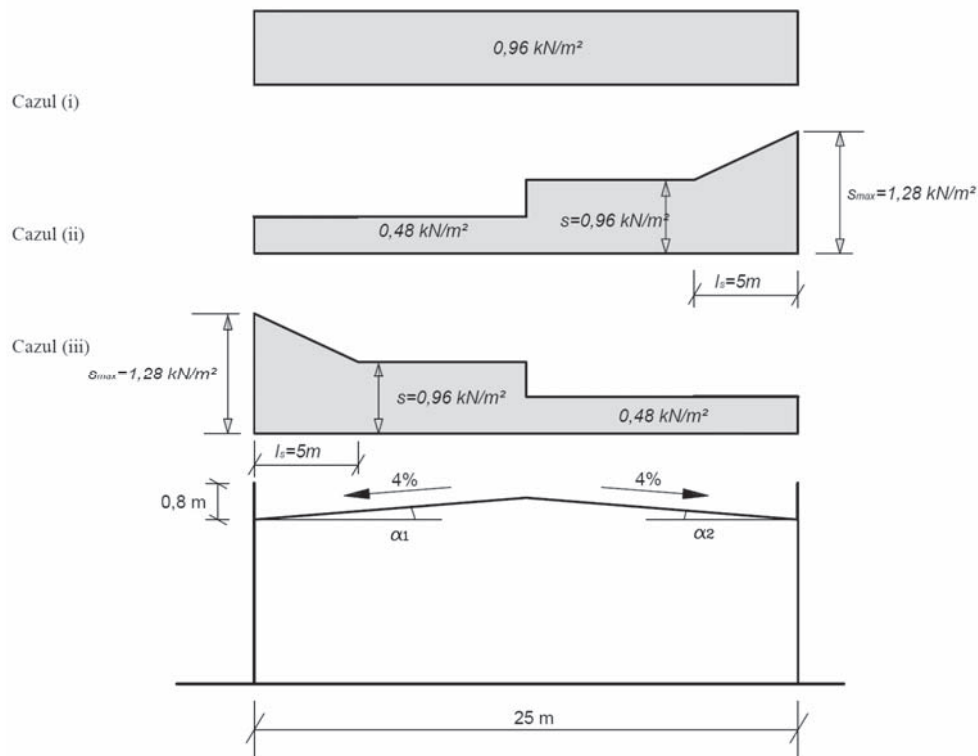


Figura E.2.3 Exemplu de încărcare din zăpadă pe acoperiș cu două pante cu atic

Pentru situația de proiectare persistentă/tranzitorie valorile încărcării din zăpadă pe acoperișul halei se determină astfel:

Cazul (i), zăpadă neaglomerată:

$$\mu_1(\alpha_1=\alpha_2=2,29^\circ) = 0,8$$

$$s(\alpha_1=\alpha_2=2,29^\circ) = \gamma_{Is} \mu_1(\alpha_1=\alpha_2=2,29^\circ) C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,5 = 0,96 \text{ kN/m}^2$$

Cazul (ii), zăpadă aglomerată:

$$\mu_1(\alpha_1=2,29^\circ) = 0,8$$

$$0,5 \mu_1(\alpha_2=2,29^\circ) = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4$$

$$\mu_2 = \gamma h / s_k \quad \text{respectând condiția} \quad 0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0$$

$$h = 0,8 \text{ m (înălțimea obstacolului)}$$

Greutatea specifică a zăpezii γ se consideră ca fiind 2 kN/m^3 .

În exemplul considerat $\mu_2 = 2 \cdot 0,8 / 1,5 = 1,07$.

Valoarea încărcării din zăpadă pe zona pe care zăpada a fost spulberată de vânt este:

$$s(\alpha_2=2,29^\circ) = \gamma_{Is} 0,5 \mu_1 C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,5 = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

Valorile care caracterizează încărcarea din zăpadă aglomerată și lângă atic sunt:

$$s = \gamma_{Is} \mu_1 C_e C_t s_k = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,5 = 0,96 \text{ kN/m}^2 \text{ și}$$

$$s_{max} = \gamma_{Is} \mu_2 C_e C_t s_k = 1 \cdot 1,07 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,5 = 1,28 \text{ kN/m}^2.$$