

***Suvestinė redakcija nuo 2013-07-19***

*Įsakymas paskelbtas: Žin. 2003, Nr. [59-2682](#), i. k. 103301MISAK00000231*

**LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTRO**

**Į S A K Y M A S**

**DĖL STATYBOS TECHNINIO REGLAMENTO STR 2.05.03:2003 „STATYBINIŲ  
KONSTRUKCIJŲ PROJEKTAVIMO PAGRINDAI“ PATVIRTINIMO**

2003 m. gegužės 15 d. Nr. 231  
Vilnius

Vadovaudamasis Lietuvos Respublikos statybos įstatymo (Žin., 1996, Nr. [32-788](#); 2001, Nr. [101-3597](#); 2010, Nr. [84-4401](#)) 8 straipsnio 5 dalimi ir Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2002 m. vasario 26 d. nutarimo Nr. 280 „Dėl Lietuvos Respublikos statybos įstatymo įgyvendinimo“ (Žin., 2002, Nr. [22-819](#)) 1.2 punktu,

*Preambulės pakeitimai:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

1. T v i r t i n u statybos techninį reglamentą STR 2.05.03:2003 „Statybinių konstrukcijų projektavimo pagrindai“ (pridedama).

2. N u s t a t a u, kad:

2.1. šis įsakymas įsigalioja nuo 2003 m. liepos 1 d.;

2.2. šio statybos techninio reglamento nuostatos privalomos projektavimo darbams, kurie pagal projektavimo darbų rangos sutartis pradedami nuo 2003 m. liepos 1 d.

3. Aplinkos ministerijos informacijos kompiuterinėje sistemoje v a d o v a u t i s reikšminiais žodžiais: „reglamentas“, „statyba“.

APLINKOS MINISTRAS

ARŪNAS KUNDROTAS

PATVIRTINTA  
Lietuvos Respublikos aplinkos ministro  
2003 m. gegužės 15 d. įsakymu Nr. 231

## STATYBOS TECHINIS REGLAMENTAS

**STR 2.05.03:2003**

### STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ PROJEKTAVIMO PAGRINDAI

#### I SKYRIUS. BENDROSIOS NUOSTATOS

1. Šiame statybos techniniame reglamente (toliau – Reglamentas) pateikiami konstrukcijų saugos ir patikimumo bei ilgaamžiškumo privalomieji reikalavimai, įskaitant geotechninius reikalavimus, atsparumą ugniai bei statybos darbų atlikimą, privalomi visiems juridiniams ir fiziniams asmenims, užsiimantiems statinio konstrukcijų projektavimo ir geotechnikos projektavimui ir kontrolei skirtų normatyvinių dokumentų rengimo veikla ir duodamos rekomendacijos, kaip juos įvykdyti.

*Punkto pakeitimai:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

2. Šis Reglamentas yra suderintas ir pagrįstas atitinkamais LST EN [6.3-6.11] privalomaisiais reikalavimais, Europos Tarybos direktyvos 89/106/EEC esminiu reikalavimu Nr. 1 Mechaninis atsparumas ir stabilumas bei esminiu reikalavimu Nr. 2 Gaisro sauga.

*Punkto pakeitimai:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

3. Projektuojant naujus statinius, Reglamento nuostatos taikomos, atsižvelgiant į įvairių konstrukcijų projektavimo ypatumus, išdėstytus atitinkamuose (gelžbetoninių, plieninių, plieno ir betono kompozitinių, medinių, mūrinių, aliumininių, žemės drebinimui atsparių konstrukcijų, geotechninio) arba atitinkamuose LST EN [6.3–6.11] reikalavimuose.

3.1. konstrukcijos projektuojamos naudojantis 3 punkte išvardintais dokumentais arba atitinkamai suderintais atskirais normatyviniais dokumentais, pasiekiant ne mažesnę patikimumą, negu nustatytas šio reglamento III skyriaus II skirsnyje ir 3 punkte išvardintuose reglamentuose.

*Punkto pakeitimai:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

3.2. Derinant skirtingų normatyvinių sistemų dokumentus, atliekama 3.1 p. aptartoji patikimumo analizė atsižvelgiant į šiuos pagrindinius veiksniai:

3.2.1. charakteristines reikšmes ir jų fraktilio lygį;

3.2.2. dalinius patikimumo koeficientus, įskaitant ir konversijos, darbo sąlygų ir kitus, jeigu jie yra, koeficientus;

3.2.3. įrašų ir atsparumo skaičiavimo deterministinių modelių ir patikimumo laidavimo modelių paklaidas (atsitiktines ir sistemingas);

3.2.4. konstrukcijų ir medžiagų kontrolei, bandymams ir tyrinėjimams naudojamų metodikų ir įrangos paklaidas.

3.3. *Neteko galios nuo 2013-07-19*

*Punkto naikinimas:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

*Punkto pakeitimai:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

4. Reglamente nurodomos siekiamo racionalaus patikimumo reikšmės. Kartu su kontrolės ir priežiūros priemonėmis jos lemia, kad bus pasiektas reglamentuojamas konstrukcijų patikimumas su sąlyga, kad yra palaikomas tinkamas darbo ir kontrolės lygis.

5. Reglamente pateikiamos sąvokos ir apibrėžimai atitinka LST ISO 8930:2004 [6.1] pateiktas sąvokas ir apibrėžimus.

*Punkto pakeitimai:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

## II SKYRIUS. NUORODOS

6. Reglamente pateikiamos nuorodos į šiuos dokumentus:

6.1. LST ISO 8930:2004 Bendrieji konstrukcijų patikimumo principai. Terminai;

6.2. LST ISO 3898:2002 Konstrukcijų projektavimo pagrindai. Žymėjimo sistema. Bendrieji žymenys;

6.3. (LST EN 1990:2004) Eurokodas. Konstrukcijų projektavimo pagrindai;

6.3<sup>1</sup>. (LST EN 1991-1-1:2004) – (LST EN 1991-4:2006) Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms (1–4 dalys);

6.4. (LST EN 1992-1-1:2005) – (LST EN 1992-3:2006) Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas (1–3 dalys);

6.5. (LST EN 1993-1-1:2005) – (LST EN 1993-6:2007) Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas (1–6 dalys);

6.6. (LST EN 1994-1-1:2005) – (LST EN 1994-2:2005) Eurokodas 4. Kompozinių plieninių–betoninių konstrukcijų projektavimas (1–2 dalys);

6.7. (LST EN 1995-1-1:2005) – (LST EN 1995-2:2005) Eurokodas 5. Medinių konstrukcijų projektavimas (1–2 dalys);

6.8. (LST EN 1996-1-1:2006) – (LST EN 1996-3:2006) Eurokodas 6. Mūrinių konstrukcijų projektavimas (1–3 dalys);

6.9. (LST EN 1997-1:2005) – (LST EN 1997-2:2007) Eurokodas 7. Geotechninis projektavimas (1–2 dalys);

6.10. (LST EN 1998-1:2005) – (LST EN 1998-6:2005) Eurokodas 8. Atsparių žemės drebėjimui konstrukcijų projektavimas (1–6 dalys);

6.11. (LST EN 1999-1-1:2007) – (LST EN 1999-1-3:2007) Eurokodas 9. Aliumininių konstrukcijų projektavimas;

6.12. RSN 145-92 Gelžbetoninių konstrukcijų statistinis skaičiavimas;

6.13. STR 2.05.04:2003 Poveikiai ir apkrovos.

*Skyriaus pakeitimai:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

### **3 skyrius. Neteko galios nuo 2013-07-19**

*Skyriaus naikinimas:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin. 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

### **4 skyrius. Neteko galios nuo 2013-07-19**

*Skyriaus naikinimas:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin. 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

## III SKYRIUS. REIKALAVIMAI PROJEKTAVIMUI

*Skyriaus numeracijos pakeitimas:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

## I SKIRSNIS. BENDROSIOS NUOSTATOS

7. Kai kuriems statiniams, pvz., atominiam įrenginiams, užtvankoms ir kt., projektuoti gali prireikti kitokių techninių sąlygų, negu nustatytos šiame Reglamente.

Papildyta punktu:

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

8. Dauguma Reglamente pateikiamų žymenų atitinka LST ISO 3898:2002 [6.2] žymenis.

Papildyta punktu:

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

9. Konstrukcijų atsparumo projektavimas grindžiamas racionalaus patikimumo  $P = 1 - \alpha$  ( $\alpha$  – racionali ribinių būvių tikimybė per visą konstrukcijų gamybos, statybos ir statinio eksploatacijos laikotarpį) siekimu.

10. Racionaliomis laikomos tokios  $\alpha$  arba  $P$  reikšmės, kai konstrukcijos statybos ir eksploatacijos išlaidų suma, atsižvelgiant į pasirinktos  $\alpha$  tikimybės ribinio būvio ekonominius nuostolius ir žmonių saugą bei į skirtingą išlaidų laiką, būtų minimali.

11. Patikimumo sąvoka aprėpia ir ilgą amžių, išliekamumą gaminant, pervežant, sandėliuojant, statant bei konstrukcijos apžiūros ir remonto galimybę.

12. Konstrukcija turi būti taip suprojektuota ir sumontuota, kad dėl tokių poveikių kaip gaisras, sprogimas, smūgis arba žmonių klaidos nebūtų didesnių nuostolių nei nuo įprastų poveikių.

13. Konstrukcija turi būti suprojektuota ir sumontuota taip, kad per numatytą eksploatacijos laikotarpį ji atitiktų racionalaus patikimumo reikalavimus:

13.1. būtų atspari visiems poveikiams ir įtakoms, kurių gali pasitaikyti vykdant statybos darbus ir konstrukciją eksploatuojant;

13.2. tenkintų jai keliamus panaudojimo reikalavimus.

14. Potencialius nuostolius galima maksimaliai sumažinti tinkamu vienos arba kelių priemonių taikymu:

14.1. maksimaliai sumažinti gresiančius konstrukcijai pavojus;

14.2. parinkti tokią konstrukcijos formą, kuriai numatomi pavojai turi nedidelę įtaką;

14.3. parinkti tokią konstrukcijos formą ir tokį konstravimą, kurie maksimaliai lokalizuotų irimą, t. y. kad atskiro elemento ar jo pavojingos zonos irimas nesukeltų didelio masto avarijos, pvz., statinio ar jo dalies didelio tūrio irimo arba griūties;

14.4. maksimaliai vengti tokių konstrukcinių sistemų, dėl kurių galima griūti be įspėjamų požymių;

14.5. tarpusavyje jungti konstrukcijas ar jų sudedamąsias dalis.

15. Pateikti reikalavimai turi būti įgyvendinami parenkant kiekvienam projektui tinkamas medžiagas, skaičiuojant ir konstruojant bei detalizuojant projektavimo, gamybos, vykdymo ir panaudojimo (eksplloatavimo) kontrolės veiksmus.

## II SKIRSNIS. PATIKIMUMO DIFERENCIACIJA

16. Projektuojant konstrukcijas, gali būti taikomi trys alternatyvūs patikimumo metodai:

16.1. dalinių koeficientų (toliau – DK) metodas;

16.2. DK metodas su bandymais;

16.3. tiesioginis informacinis-statistinis (toliau – TIS) metodas.

Pastabos:

- ✓ iki šiol dažniausiai buvo taikomas pirmasis metodas, tačiau antrojo ir trečiojo metodų taikymas išplečia projektavimu sprendžiamų uždavinių sritį bei leidžia, nemažinant patikimumo, gauti ekonomiškесnius sprendimus (žr. taip pat Reglamento 1 priedą);
- ✓ pirmieji du metodai grindžiami deterministiniu poveikių ir atsparumo skaičiavimu ir netiesioginiu patikimumo laidavimu, taikant dalinius patikimumo koeficientus.

17. Skirtingas racionalaus patikimumo lygmuo pasirenkamas atsižvelgiant į:

17.1. ribinio būvio priežastį ir pobūdį;

17.2. tikėtinų ribinio būvio padarinių mastą – grėsmę žmonių gyvybei bei sveikatai, galimą ekonominę žalą, socialinius padarinius ir visuomenės reakciją įvykus ribiniam būviui;

17.3. išlaidas ir priemones, reikalingas ribinio būvio rizikai sumažinti;

17.4. valstybinės, regioninės ir vietinės reikšmės statiniams taikytino skirtingo patikimumo lygmenį.

18. Reikiamas konstrukcijų patikimumo lygmuo diferencijuojamas, išskiriant (rūšiuojant) konstrukcijas arba jų elementus, laikantis projektavimo, statybos ir eksploatacijos procesų reglamentų ir išvardytų procesų tinkamos kontrolės ir priežiūros priemonių, kurių paskirtis prognozuoti ir riboti tikimybę tokių ribinių būvių, kurie įvyksta:

18.1. dėl žmonių klaidų projektuojant, gaminant dirbinius, statant ir eksploatuojant statinius;

18.2. dėl atsitiktinių veiksnių nepalankaus sutapimo.

19. Taikant deterministinį skaičiavimą, pasirenkami:

19.1. skaičiuotinės situacijos, apkrovų variantai ir apkrovų deriniai;

19.2. deterministinio apskaičiavimo mechaniniai modeliai.

20. Laiduojant patikimumą nustatoma:

20.1. racionalaus patikimumo ir ilgaamžiškumo siekiamas lygmuo;

20.2. apkrovų, medžiagų bei gruntų stiprio reprezentacinių reikšmių, mechaninių modelių paklaidų ir kitų pagrindinių kintamųjų tikimybinį skirstinių rodikliai, pvz., vidurkiai, dispersijos, charakteristinės reikšmės;

20.3. DK, DK su bandymais ir TIS metodams (žr. Reglamento 16 p.) – atitinkamai charakteristinės reikšmės, daliniai patikimumo koeficientai ir tiesioginės informacinės-statistinės patikimumo analizės modeliai bei atitinkami tikimybiniai rodikliai.

21. Projektavimo ir kontrolės procedūromis racionalus patikimumas pasiekiamas nustatant:

21.1. patikimumo ir ilgaamžiškumo reikalavimus;

21.2. reikiamus patikimumo ir kitus dalinius koeficientus bei atliekant deterministinį poveikių efekto ir atsparumo skaičiuotinių reikšmių palyginimą (DK ir DK su bandymais metoduose);

21.3. apkrovų, medžiagų arba gruntų stiprio, geometrijos matmenų rodiklių, atsparumo ir poveikių efekto (pvz., įrašos) apskaičiavimo modelių paklaidų ir kitų pagrindinių kintamųjų tikimybinį rodiklius ir atliekant tikimybinį patikimumo skaičiavimą (TIS metode);

21.4. gruntų savybes ir aplinkos įtaką bei pasirenkant preliminarų tyrinėjimų tinkamą apimtį bei kokybę;

21.5. konstrukcijų, sudarytų iš jungiamų elementų, vientisumą (konstrukcijų integralumą);

21.6. konstravimo taisykles;

21.7. kontrolės ir priežiūros taisykles projektuojant, gaminant dirbinius, statant ir eksploatuojant statinius.

22. Dėl įvairių priežasčių atitinkamose sąlygose galima ribinių būvių rizika, todėl reikalingos priemonės mažinti šią riziką siekiamu patikimumo lygmeniu. Vienos priemonės sugriežtinimas kompensuojamas kita švelnesne priemone.

23. Jeigu nenumatyta kitaip, taikant DK ir DK su bandymais metodus, patikimumas diferencijuojamas poveikių dalinius koeficientus  $\gamma_F$  dauginant iš svarbos koeficiento  $K_{FI}$ , kuris nustatomas iš Reglamento 3 priedo 3 lentelės, bei numatant atitinkamą projektavimo ir atlikimo priežiūrą pagal Reglamento 3 priedo 4 ir 5 lenteles. Taikant TIS metodą patikimumas diferencijuojamas pagal Reglamento 1 priedo 3 punktą. Išsamiau apie patikimumo diferenciaciją ir valdymą žr. Reglamento 1, 3 ir 4 prieduose.

### III SKIRSNIS. SKAIČIUOTINĖS SITUACIJOS

24. Atitinkamos skaičiuotinės situacijos modeliuojamos analizuojant konstrukcijos reakcijos poveikiams, kai konstrukcija atlieka savo funkciją, aplinkybes. Numatytos skaičiuotinės situacijos turi būti pakankamai apibrėžtos ir parinktos taip, kad aprėptų visas galimas konstrukcijos montavimo (gamybos) ir panaudojimo sąlygas. Išskiriamos šios skaičiuotinių situacijų klasės:

- 24.1. nuolatinės situacijos, atitinkančios normalias eksploatacijos sąlygas;
- 24.2. trumpalaikės situacijos, atitinkančios konstrukcijos laikinas darbo sąlygas, pvz., statybos ar remonto metu;
- 24.3. ypatingos situacijos, atitinkančios išskirtines konstrukcijos sąlygas, tokias kaip gaisras, sprogimas, smūgis;
- 24.4. seisminės situacijos, atitinkančios veikiamos seisminių poveikių konstrukcijos sąlygas.

Pastaba:

- ✓ informacija apie kiekvienos tokios klasės būdingąsias situacijas yra pateikiama statybos techniniuose reglamentuose (žr. Reglamento 3 p.).

#### IV SKIRSNIS. SKAIČIUOTINIS EKSPLOATACIJOS LAIKOTARPIS

25. Skaičiuotinis eksploatacijos laikotarpis tai planuojamas laikotarpis, kuriuo konstrukcija bus naudojama numatytiems tikslams, esant atitinkamai priežiūrai, tačiau neatliekant esminių pertvarkymų.

26. Skaičiuotinį eksploatacijos laikotarpį būtina nurodyti. Siūlomos kategorijos pateikiamos 1 lentelėje. Lentelėje pateikiamos reikšmės taip pat taikytinos nuo laiko priklausančiai konstrukcijų reakcijai nustatyti, pvz., su nuovargiu susijusiems skaičiavimams (žr. taip pat STR 2.05.04:2003 [6.13] 10 priedą).

1 lentelė

##### Skaičiuotiniai eksploatacijos laikotarpiai

Skaičiuotinio eksploatacijos laikotarpio kategorija	Siūlomas skaičiuotinis eksploatacijos laikotarpis (metais)	Pavyzdžiai
1	Iki 10	Laikinos konstrukcijos*
2	10-25	Pakeičiamos konstrukcijų dalys, pvz., darbinių platformų sijos, atraminiai guoliai
3	15-30	Žemės ūkio ir panašios konstrukcijos
4	50	Pastatų konstrukcijos ir kitos įprastosios konstrukcijos
5	100	Monumentalūs pastatai, tiltai ir kitos statybinės konstrukcijos

\* Konstrukcijos arba jų dalys, kurias galima išmontuoti tam, kad vėl būtų galima panaudoti, nepriskiriamos laikinosioms konstrukcijoms.

#### V SKIRSNIS. ILGAAMŽIŠKUMAS

27. Konstrukcija turi būti suprojektuota taip, kad esant numatytai priežiūrai ir remontui bei nepaisant nusidėvėjimo ji išliktų tinkama visą skaičiuotinį eksploatacijos periodą.

28. Norint pasiekti tam tikrą konstrukcijos ilgaamžiškumą, turi būti atsižvelgta į šiuos tarpusavio veiksniai:

- 28.1. planuojamą konstrukcijos paskirtį bei galimus jos pokyčius ateityje;
- 28.2. konstrukcijos reakcijos poveikiams būtinus kriterijus;
- 28.3. prognozuojamą aplinkos įtaką;
- 28.4. medžiagų sudėtį, savybes ir jų reakciją konstrukcijos poveikiams;
- 28.5. konstrukcinės sistemos parinkimą;
- 28.6. konstrukcijų ir jų sudedamųjų dalių formą;
- 28.7. darbuotojų kvalifikaciją ir kontrolės lygį;
- 28.8. ypatingas apsaugos priemones;
- 28.9. eksploatacijos laikotarpio numatytą konstrukcijų priežiūrą.

29. Nusidėvėjimo lygmuo prognozuojamas skaičiavimais, eksperimentais, ankstesne konstrukcijų eksploataavimo patirtimi arba visų šių priemonių deriniu. Priemonės, lemiančios nusidėvėjimo sumažinimą ir ilgaamžiškumą, detalizuojamos atitinkamuose įvairių konstrukcijų (žr. Reglamento 3 p.) skaičiavimo statybos techniniuose reglamentuose.

30. Projektuojant turi būti atsižvelgta į aplinkos sąlygas, numatyta šių sąlygų reikšmė konstrukcijos ilgaamžiškumui ir pasirinktos reikiamos priemonės medžiagoms bei gaminiais apsaugoti.

## **VI SKIRSNIS. KOKYBĖS PRIEMONĖS**

31. Konstrukcijos kokybės laidavimo priemonės turi atitikti projektavimo prielaidų reikalavimus. Šios priemonės aprėpia patikimumo reikalavimų nustatymą, įgyvendinimo organizavimą ir projektavimo, vykdymo bei eksploataavimo kontrolę.

## **IV SKYRIUS. PROJEKTAVIMO PRIELAI DOS**

*Skyriaus numeracijos pakeitimas:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

## **I SKIRSNIS. BENDROSIOS NUOSTATOS**

32. Projektuojant konstrukcijas, priimamos šios prielaidos:

32.1. konstrukcinių sistemų principinius sprendimus parenka ir projektuoja kvalifikuoti ir patyrę projektuotojai;

32.2. projekto vykdytojai turi būti pakankamai įgudę ir patyrę;

32.3. turi būti garantuojama visų darbų (projektavimo įstaigose, gamylose bei kitose įmonėse, taip pat statybvietėse) tinkama priežiūra bei kokybės kontrolė;

32.4. statybos medžiagos ir gaminiai yra naudojami taip, kaip numatyta Reglamento 3 p. išvardytuose statybos techniniuose reglamentuose bei galiojančiuose pagalbinuose medžiagų bei gaminių normatyviniuose dokumentuose;

32.5. eksploatuojama konstrukcija yra atitinkamai priežiūrima;

32.6. konstrukcijos naudojimas atitinka projekto numatytas prielaidas.

33. Esant projekte numatytoms kontrolės ir priežiūros sąlygoms, pagrindiniais kintamaisiais, t. y. atsitiktiniais dydžiais, paprastai yra laikomi veiksniai:

33.1. nuolatiniai poveikiai, kintamųjų poveikių ir jų derinių ekstremaliosios reikšmės;

33.2. medžiagų mechaninių savybių ir geometrijos matmenų rodikliai;

33.3. poveikių efekto ir atsparumo deterministinio apskaičiavimo modelių paklaidos.

Pastaba:

- ✓ konstrukcijų patikimumas dažniausiai projektuojamas ne tiesiogiai, t. y. tikimybinio skaičiavimu (žr. Reglamento 16 p.), o netiesiogiai taikant dalinių koeficientų (DK) metodą, t. y. taikant dalinius patikimumo koeficientus (pvz., medžiagoms, apkrovoms), kurie periodiškai koreguojami atsižvelgiant į ilgamečius ribinių būvių statistinius duomenis ir projektavimo patirtį.

## **II SKIRSNIS. RIBINIAI BŪVIAI**

32. Ribiniais vadinami tokie būviai, kuriuos peržengus, konstrukcija neatitinka projekto numatytų reikalavimų. Ribiniai būviai sietini su nuolatine, laikinąja ir ypatingąja skaičiuotinėmis situacijomis (žr. Reglamento 24 p.). Išskiriami saugos ir tinkamumo ribiniai būviai, tačiau kai kuriais atvejais tikrinama ir eisimo sauga.

35. Ribiniai būviai sietini su nuolatine, trumpalaike, ypatingąja ir seismine skaičiuotinėmis situacijomis (žr. Reglamento 26 p.).

36. Vieno iš dviejų ribinių būvių galima netikrinti, jeigu yra nustatyta, kad šis neįvyks, jeigu bus patikrintas ir neįvyks, kitas ribinis būvis.



37. Tikrinant ribinius būvius, susijusius su nuo laiko priklausančiais poveikiais, pvz., tikrinant nuovargiui, reikia atsižvelgti į konstrukcijos eksploatavimo laiką. Dauguma nuo laiko priklausančių poveikių yra komuliatyvūs.

38. *Saugos ribiniai būviai:*

38.1. atitinka griūtį arba kitą panašų konstrukcijos ribinį būvį;

38.2. taip pat laikomi būviai prieš pat konstrukcijos griūtį (tariamai nagrinėjami vietoj pačios griūties);

38.3. lemia žmonių saugą ir (arba) konstrukcijos ir jos sudedamųjų dalių saugą;

Pastaba:

- ✓ tam tikromis aplinkybėmis, kai ribinis būvis lemia statinio ar patalpoje esančių daiktų turinio apsaugą, jį reikia priskirti prie saugos ribinio būvio; aplinkybės nustatomos tam tikram projektui, derinant jį su užsakovu ir įgaliotomis institucijomis.

38.4. Reikia tikrinti šiuos saugos ribinius būvius:

38.4.1. konstrukcijos ar jos dalies, laikomos standžia, stabilumą;

38.4.2. deformacijas dėl konstrukcijos ar jos dalies virtimo mechanizmu, dėl suirimo, dėl visos konstrukcijos arba jos dalies stabilumo netekimo, įskaitant atramas ir pamatus;

38.4.3. dėl nuovargio ir kitų laikui bėgant susidariusių veiksnių ribinį būvį.

Pastaba:

- ✓ ribinis būvis dėl per daug didelių deformacijų yra laikomas kaip konstrukcijos atsparumo netekimas dėl mechaninio nestabilumo.

39. *Tinkamumo ribiniai būviai.*

39.1. Jie apibrėžiami tokiomis sąlygomis, kurių netenkinant konstrukcija ar jos elementai nebeatitinka tinkamos ir patogios eksploatacijos reikalavimų.

39.2. tinkamumo reikalavimai yra susiję su:

39.2.1. statinių arba jų dalių funkcionavimo kokybe;

39.2.2. žmonių komfortu;

39.2.3. statinių ar jų dalių išvaizda.

39.3. Yra grįžtamieji ir negrįžtamieji tinkamumo ribiniai būviai.

39.4. Jeigu kitaip nenustatyta, tinkamumo reikalavimai turi būti numatyti sutartyse ir (arba) projekte.

39.5. Tikrinant tinkamumo ribinius būvius, būtina atsižvelgti į šiuos veiksniai:

39.5.1. deformacijas ir poslinkius, bloginančius išvaizdą arba efektyvų konstrukcijos (pa)naudojimą (įskaitant įrangos funkcionavimą) ar sukeliančius apdailos arba nekonstrukcinių elementų irimą;

39.5.2. vibravimus, sukeliančius žmonėms diskomfortą, konstrukcijų arba jų atramų medžiagų irimą ir (arba) mažinančius ilgaamžiškumą arba funkcionavimo efektyvumą;

39.5.3. pažeidimus (įskaitant ir supleišėjimą), veikiančius konstrukcijų išvaizdą, ilgaamžiškumą arba jų funkcionalumą.

Pastaba:

- ✓ papildomi tinkamumo kriterijai pateikiami atitinkamų konstrukcijų projektavimo reglamentuose (žr. Reglamento 3 p.).

40. *Saugos ir tinkamumo projektavimas.*

40.1. Projektuojant tikrinama, ar saugos ir tinkamumo patikimumas nėra mažesnis, nei reikalaujama pagal Reglamento III skyriaus II skirsnį.

*Punkto pakeitimai:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

40.2. Projektuojant dalinių koeficientų (DK) metodu, taikomos pagrindinių kintamųjų, t. y. apkrovų, medžiagų savybių ir geometrijos matmenų rodiklių skaičiuotinės reikšmės. Reikšmės gaunamos, charakteristines arba reprezentacines reikšmes derinant su daliniais ir kitais koeficientais, kaip nurodoma Reglamento V skyriaus III skirsnyje ir atitinkamų konstrukcijų projektavimo reglamentuose.



*Punkto pakeitimai:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

40.3. Projektuojant ribinius būvius DK metodu:

40.3.1. parenkami konstrukcijų sąrangos ir apkrovų modeliai atitinkamiems saugos ir tinkamumo ribiniams būviams, galimiems įvairiais apkrovimo atvejais įvairiose skaičiuotinėse situacijose.

40.3.2. tikrinama, ar modeliuose panaudojus skaičiuotines apkrovų, medžiagų savybių ir geometrijos matmenų reikšmes neperžengtos būvių ribos.

Pastabos:

- ✓ projektavimas DK metodu nuodugniai aptariamas Reglamento 4 priede ir STR 2.05.04:2003 [6.13] 10 priede;
- ✓ tikrinimo principai ir taikymo taisyklės pateikiami Reglamento V skyriaus III skirsnyje.

*Punkto pakeitimai:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

40.4. Kai kuriais atvejais skaičiuotines reikšmes galima nustatyti bandymu (žr. Reglamento VII skyriaus IV skirsnį). Reikšmės įvairiems ribiniams būviams parenkamos su ne mažesniu patikimumo lygmeniu, negu taikant DK metodą pagal Reglamento 40.1 papunkčio nuostatas.

Pastaba:

- ✓ DK su bandymais projektavimo metodas nuodugniai aptariamas Reglamento 5 priede.

40.5. Skaičiuojant tiesioginiu informaciniu-statistiniu (TIS) projektavimo metodu (žr. Reglamento V skyriaus V skirsnį), taikomi pagrindinių kintamųjų ir kitų atsitiktinių veiksnių reprezentacinių reikšmių tikimybiniai skirstiniai ir (arba) šių skirstinių rodikliai, pvz., vidurkiai, dispersijos, pagal kuriuos, taikant atsparumo ir poveikių efekto tikimybinis modelius, apskaičiuojamas arba tikrinamas saugos ir tinkamumo patikimumas.

Pastaba:

- ✓ daugiau informacijos apie projektavimą TIS metodu pateikiama Reglamento 1 priede.

*Punkto pakeitimai:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

### III SKIRSNIS. PAGRINDINIAI KINTAMIEJI

41. *Poveikiai ir aplinkos įtaka.*

41.1. Poveikis yra aprašomas modeliu. Dažniausiai poveikio intensyvumas yra reprezentuojamas vienu atsitiktiniu dydžiu, kuris gali būti apibūdinamas keletu charakteristinių reikšmių, pvz., minimalia ir maksimalia reikšmėmis. Kai kurių poveikių (daugiakomponenčių poveikių) ir kai kurių tikrinimų (pvz., statinės pusiausvyros) daugiamatiškumas reprezentuojamas keliais dydžiais. Nuovargiui tikrinti ir dinaminei analizei dar gali būti reikalinga išsamiau pateikti kai kurių poveikių intensyvumą.

41.2. Reprezentacinės poveikių reikšmės apibrėžiamos atitinkamose statybos techninių reglamentų (žr. Reglamento 3 p.) dalyse ir apibūdinamos tikimybinio skirstinio ir (arba) šio skirstinio tikimybiniais rodikliais, pvz., vidurkiu, variacijos koeficientu ir charakteristinėmis reikšmėmis.

41.3. Įvairių konstrukcijų (žr. Reglamento 3 p.) skaičiavimuose pateikiama poveikių tikimybinio skirstinio ir (arba) šių skirstinių tikimybinio rodiklių, charakteristinių ar reprezentacinių reikšmių:

41.3.1. nustatymo (pagal statistinio tyrimo duomenis) metodika;

41.3.2. skaitmeninės reikšmės ir jų taikymas projektuojant DK, DK su bandymais ir tiesioginiu informaciniu-statistiniu metodais.

Pastaba:

- ✓ kai kurių poveikių tikimybinių skirstinių parametrai, t. y. vidurkiai ir variacijos koeficientai, charakteristinės ar reprezentacinės reikšmės, pateikiami STR 2.05.04.

41.4. Projektuojant ir konstruojant konstrukcijas, parenkant konstrukcijai medžiagas ir elementus, turi būti atsižvelgta į aplinkos įtakas, galinčias veikti konstrukcijos ilgaamžiškumą.

41.5. Jei tai įmanoma, aplinkos įtaka apibūdinama kiekybiškai.

42. *Medžiagų ir gaminių mechaninių savybių rodikliai.*

42.1. Pateikiamos medžiagų (įskaitant gruntus ir uolienas) arba gaminių savybių rodiklių (pvz., stiprio) tikimybinių skirstinių parametrai, pvz., vidurkiai ir variacijos koeficientai, charakteristinės reikšmės, už kurias mažesnių negali pasitaikyti su nurodytąja tikimybe hipotetiškai neribotoje bandymų serijoje. Jos dažniausiai atitinka konstrukcijos medžiagos tam tikros savybės statistinio skirstinio numatytąjį fraktilį.

42.2. Jeigu nenumatyta kitaip, stiprio rodikliui charakteristinė reikšmė turi būti 0,05 fraktilis, kai maža reikšmė yra nepalanki, ir 0,95 fraktilis, kai didelė reikšmė yra nepalanki; standumo rodikliui, pvz., tamprumo moduliui, valkšnumo rodikliui, charakteristinė yra vidurkio (0,5 lygio fraktilio) reikšmė.

42.3. Medžiagos savybės rodiklių reikšmės paprastai nustatomos standartiniais bandymais, atliekamais standartinėmis sąlygomis. Jeigu būtina perskaiciuoti bandymo duomenis į tuos dydžius, kurie, kaip yra priimta, parodo medžiagos reakciją, sukeltą konstrukcijų veikiančių poveikių ar grunto reakciją statybvietyje veikiančių poveikių, gali būti naudojamas konversijos daugiklis. Prireikus pateikiami duomenys apie medžiagos stiprio ar gaminio atsparumo sumažėjimą dėl pasikartojančios apkrovos.

Pastaba:

- ✓ taikymo taisyklės žr. Reglamento 4 priede ir statybos techniniuose reglamentuose, išvardytuose Reglamento 3 p.

42.4. Medžiagos stipris gali turėti dvi charakteristines reikšmes: didžiausiąją ir mažiausiąją. Daugeliu atvejų taikoma tik mažiausioji reikšmė. Kai kuriais atvejais gali būti taikomos skirtingos reikšmės atsižvelgiant į sprendžiamą problemą. Kur reikalingas didžiausio stiprio įvertinimas (pvz., betono tempimo stipris nustatant netiesioginių poveikių efektą), skaičiavimams turi būti taikoma nominalioji stiprio reikšmė.

42.5. Kai trūksta informacijos apie savybės rodiklių reikšmių statistinį skirstinį, gali būti taikoma nominalioji reikšmė; ten, kur savybės rodiklių nuokrypa neturi didelės įtakos ribinio būvio lygtims, charakteringąja reikšme gali būti vidutinioji reikšmė.

42.6. Medžiagų ar gaminių savybių rodiklių tikimybinių skirstinių parametrų reikšmės yra pateikiamos statybos techniniuose reglamentuose (žr. Reglamento 3 p.) bei atitinkamose suderintose techninėse sąlygose ir kituose dokumentuose. Jeigu reikšmės yra nurodytos gaminių standartuose, kuriuose aptarta, kaip vadovautis interpretacijomis, reikia taikyti nepalankiausias reikšmes.

43. *Geometrijos matmenų rodikliai.*

43.1. Pateikiami geometrijos matmenų rodiklių tikimybinių skirstinių parametrai, pvz., vidurkiai ir variacijos koeficientai, charakteristinės reikšmės ir (arba), esant atsitiktiniams ekscentricitetams, tiesiog jų skaičiuotinės reikšmės.

43.2. Charakteristinės reikšmės dažniausiai atitinka projektinius geometrinius matmenis.

43.3. Geometrijos matmenų rodiklių reikšmės, kai reikia, gali atitikti tam tikrą nurodytą statistinio skirstinio fraktilį.

43.4. Konstrukcijų elementų netikslumai, numatomi projekte, ir sandūrų, pagamintų iš skirtingų medžiagų, nuokrypos turi būti tarpusavyje suderinti.

43.5. Geometrijos matmenų rodiklių tikimybinių skirstinių ir (arba) šių skirstinių tikimybinių parametrai, charakteristinės reikšmės ir 43.4 p. nurodytieji netikslumai pateikiami statybos techniniuose reglamentuose, išvardytuose Reglamento 3 p.

#### 44. *Poveikių efekto ir atsparumo modeliai.*

44.1. Skaičiavimai turi būti atliekami taikant tinkamus mechaninius modelius, įskaitant ir reikiamus pagrindinius kintamuosius. Modeliai turi tinkamai nustatyti konstrukcijų reakciją poveikiams ir atitinkamiems ribiniams būviams.

44.2. Paprastai projektavimui skirti modeliai turi būti grindžiami pripažintąja inžinerine teorija ir prareikus tikrinami eksperimentais.

Pastaba:

✓ išsamesnė informacija pateikiama Reglamento 4 ir 5 prieduose.

44.3. Statybos techniniuose reglamentuose (žr. Reglamento 3 p.) pateikiama deterministinio skaičiavimo mechaninių modelių paklaidos, o tiesioginio informacinio-statistinio skaičiavimo modeliams papildomai pateikiama patikimumo laidavimo, taikant šiuos tikimybinio skaičiavimo modelius, paklaidos (žr. Reglamento 1 priedą).

Pastaba:

✓ duomenys apie kai kurių elementų atsparumo deterministinio skaičiavimo modelių paklaidas pateikiami Reglamento 2 priede.

44.4. Modeliavimas, veikiant statiniams, dinaminiais ir ugnies poveikiams, reglamentuojamas STR 2.05.04:2003 [6.13].

## V SKYRIUS. PROJEKTAVIMAS

*Skyriaus numeracijos pakeitimas:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

### I SKIRSNIS. BENDROSIOS NUOSTATOS

45. Patikimumas projektuojamas taikant vieną iš alternatyvių projektavimo metodų:

45.1. dalinių koeficientų;

45.2. dalinių koeficientų su bandymais;

45.3. tiesioginį informacinį-statistinį.

46. Projektuojant turi būti pasiektas ne mažesnis kaip Reglamento III skyriaus II skirsnyje nurodytas patikimumo lygmuo.

*Punkto pakeitimai:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

47. Ypač svarbu suprojektuoti reikiamą patikimumą saugos ir tinkamumo ribiniams būviams.

Pastaba:

✓ kai kurioms konstrukcijoms gali būti reikalingi ir kitokie tikrinimai, pvz., nuovargiui; tai aptarta atitinkamose statybos techninių reglamentų, išvardytų Reglamento 3 p., dalyse.

48. Projektuojant turi būti pasirenkamos atitinkamos skaičiuotinės situacijos ir nustatyti nepalankiausi apkrovos atvejai. Tokiam nepalankiausiam apkrovos atvejui turi būti nustatyti poveikių derinių efektai.

### II SKIRSNIS. APRIBOJIMAI IR SUPAPRASTINIMAI

49. Šiame Reglamente ir STR 2.05.04:2003 [6.13] pateiktos statinės apkrovos veikiamų konstrukcijų saugos ir tinkamumo ribinių būvių tikrinimo taisyklės. Taisyklės taip pat taikomos ir tais atvejais, kai dinaminiai efektai reprezentuojami tariamai statinėmis apkrovomis ir dinaminiais koeficientais.

50. Gali būti panaudotas supaprastintas ribinio būvio koncepcijos tikrinimas, kai:

50.1. atsižvelgiama tiktai į nepalankiausius projektavimo ribinius būvius ir apkrovų derinius, žinomus iš patirties ar nustatytus pagal specialius kriterijus;

50.2. tikrinimas atliekamas pagal supaprastintus būdus;

50.3. nustatytos tam tikros konstravimo taisyklės ir (arba) priemonės, be skaičiavimų garantuojančios saugos ir tinkamumo reikalavimus.

Pastaba:

- ✓ tiems atvejams, kuriems kitų konstrukcijų skaičiavimo reglamentai nepateikia atitinkamų tikrinimo taisyklių, pvz., naujoms medžiagoms, specialioms konstrukcijoms, neįprastiems ribiniams būviams taikyti, nurodymai pateikiami STR 2.05.04:2003 [6.13] 10 priede. Kai atitinkamos taisyklės pateikiamos, šis priedas gali būti laikomas kaip papildoma informacija.

### III SKIRSNIS. PROJEKTAVIMAS DALINIŲ KOEFICIENTŲ METODU

51. Dalinių koeficientų metodas grindžiamas ribinių būvių koncepcija, o reikiamas atsparumo patikimumas koreguojamas taikant skaičiuotines pagrindinių kintamųjų reikšmes. Taip tikrinama, kad visoms būtinoms skaičiuotinėms situacijoms ir nepalankiausiems apkrovų atvejams ribiniai būviai nebūtų viršijami, kai skaičiavimo modeliams naudojamos pagrindinių kintamųjų, t. y. poveikių, medžiagų savybių ir geometrijos duomenų skaičiuotinės reikšmės.

52. Svarbu patikrinti, kad:

52.1. saugos ribinio būvio skaičiuotinės įrašų reikšmės nebūtų didesnės už konstrukcijos atsparumo skaičiuotines reikšmes;

52.2. tinkamumo ribinio būvio skaičiuotinių poveikių efektai nebūtų didesni už konstrukcijos reakcijos atitinkamą kriterijų.

Pastaba:

- ✓ kitokie tikrinimai, pvz., nuovargiui, aptariami atitinkamuose statybos techniniuose reglamentuose.

53. Esant skirtingiems (saugos ar tinkamumo) ribiniams būviams, turi būti naudojamos skirtingos skaičiuotinės reikšmės.

54. Skaičiuotinės reikšmės nustatomos derinant charakteristines arba kitas reprezentacines reikšmes su daliniais ir kitais patikimumo koeficientais, pateikiamais šiame skirsnyje arba atitinkamuose statybos techniniuose reglamentuose.

55. Skaičiuotines reikšmes galima nustatyti tiesiogiai, bet šiuo atveju pasirenkamos konservatyvios reikšmės.

56. Skaičiuotinės reikšmės, nustatomos pagal statistinius duomenis, turi atitikti tą patį patikimumo lygmenį, kaip ir toliau pateikiamos dalinių koeficientų metodu taikomos skaičiuotinės reikšmės.

57. *Poveikių ir poveikių efekto skaičiuotinės reikšmės.* Poveikio bei poveikių efekto, pvz., vidinės ašinės, skersinės jėgos, momento, įtempimų, deformacijos, poslinkio, skaičiuotinės reikšmės nustatomos pagal STR 2.05.04:2003 [6.13] reikalavimus.

58. *Medžiagų arba gaminių savybių rodiklių skaičiuotinės reikšmės.* Medžiagos arba gaminio savybės rodiklio skaičiuotinė reikšmė  $X_d$  yra nustatoma taikant išraišką:

$$X_d = \frac{\eta X_k}{\gamma_m}; \quad (7.1)$$

čia:

$X_k$  – medžiagos arba gaminio savybės charakteristinė reikšmė (žr. Reglamento 42.2 p.);

$\gamma_m$  – medžiagos arba gaminio savybės rodiklio dalinis koeficientas, kurio reikšmės yra pateiktos statybos techniniuose reglamentuose (žr. Reglamento 3p.) ir kuris kompensuoja:

– nepalankias nuokrypas nuo charakteristinės  $X_k$  reikšmės;

– konversijos paklaidą;

– geometrijos rodiklių ir atsparumo modelio neapibrėžtumą;

$\eta$  – konversijos daugiklis, įvertinantis tūrio, mastelio, drėgmės, temperatūros kintamumo ir kitus veiksnius.

Kai kuriais atvejais konversija įvertinama pačia charakteristine reikšme arba vietoj  $\gamma_m$  taikant koeficientą  $\gamma_M$ .

59. *Geometrijos rodiklių skaičiuotinės reikšmės.*

59.1. Elementų matmenų skaičiuotinė reikšmė  $a_d$  paprastai prilyginama nominaliajai reikšmei  $a_{nom}$ :

$$a_d = a_{nom} \quad (7.2)$$

59.2. Tais atvejais, kai matmenų nuokrypos turi reikšmingos įtakos konstrukcijos patikimumui, geometrijos rodiklio skaičiuotinė reikšmė nustatoma taikant išraišką:

$$a_d = a_{nom} + \Delta a; \quad (7.3)$$

čia:

$\Delta a$  nuokrypa vertina nepalankių vienos ar keletos nuokrypų nuo charakteristinių reikšmių galimybę;  $\Delta a$  reikšmės yra pateiktos statybos techniniuose reglamentuose (žr. Reglamento 3p.).

59.3. Kitokių nuokrypų efektai yra vertinami  $\gamma_F$  ir  $\gamma_M$  daliniais koeficientais:

$\gamma_F$  – poveikių nuokrypos efektus ir (arba)

$\gamma_M$  – atsparumo nuokrypos efektus.

Pastaba:

- ✓ nuokrypos apibūdinamos statybos techninius reglamentus (žr. Reglamento 3p.) papildančiuose normatyviniuose dokumentuose.

60. *Konstrukcijų ir pagrindų skaičiuotinis atsparumas.*

60.1. Galima tokia skaičiuotinio atsparumo išraiška:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} R\{X_{d,i}; a_d\} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} R\left\{\eta_i \frac{X_{k,i}}{\gamma_{m,i}}; a_d\right\} \quad i \geq 1; \quad (7.4)$$

čia:

$a_d$  – skaičiuotinė elemento matmenų reikšmė (žr. Reglamento 59.1 ir 59.2. punktus);

$\gamma_{Rd}$  – dalinis koeficientas, kuriuo įvertinamas atsparumo modelio neapibrėžtumas ir geometriniai nuokrypiai, jeigu pastarieji tiesiogiai nemodeliuojami (žr. Reglamento 59.1 ir 59.2 punktus);

$X_{d,i}$  – medžiagos savybės  $i$  skaičiuotinė reikšmė.

60.2. Vietoj (7.4) galima naudoti kitokią išraiškos formą:

$$R_d = R\left\{\eta_i \frac{X_{k,i}}{\gamma_{M,i}}, a_d\right\} \quad i \geq 1; \quad (7.4a)$$

čia:

$$\gamma_{M,i} = \gamma_{Rd} \times \gamma_{m,i} \quad (7.4b)$$

Pastaba:

- ✓ vietoj  $\eta_i$  galima naudoti  $\gamma_{M,i}$  (žr. Reglamento 58 punktą).

60.3. Skaičiuotinį atsparumą galima gauti tiesiogiai, naudojant medžiagos arba gaminio charakteristinę reikšmę be tiesioginio kai kurių pagrindinių kintamųjų skaičiuotinių reikšmių nustatymo. Tada vietoj (7.4a) taikoma išraiška:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}. \quad (7.4c)$$

Pastaba:

- ✓ šis būdas taikomas gaminiams arba elementams iš vienos medžiagos, pvz., plieno, taip pat jis taikomas pagal Reglamento 5 priedą, kuriame numatytas projektavimas kartu atliekant bandymus.

60.4. Vietoj (7.4a) ir (7.4c) išraiškų konstrukcijoms arba laikantiesiems elementams, kurie skaičiuojami taikant netiesinius metodus ir yra sudaryti daugiau negu iš vienos medžiagos ir laiko kartu su gruntu arba kai grunto savybės turi įtakos skaičiuotiniam atsparumui, skaičiuotinio atsparumo reikšmei nustatyti galima taikyti išraišką:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{M,1}} R \left\{ \eta_1 X_{k,1}; \eta_i X_{k,i(i>1)} \frac{\gamma_{m,1}}{\gamma_{m,i}}; a_d \right\}. \quad (7.4d)$$

Pastaba:

- ✓ kai kuriais atvejais skaičiuotinį atsparumą galima išreikšti tiesiogiai taikant tam tikriems medžiagos savybių stipriams  $\gamma_M$  dalinius koeficientus.

61. *Saugos ribiniai būviai.*

61.1. Paprastai reikia patikrinti tokius saugos ribinius būvius:

61.1.1. *EQU*: konstrukcijos arba jos dalies, laikomų standžiomis, statinės pusiausvyros netekimą, kai:

61.1.1.1. vieno šaltinio poveikių sklaidos erdvėje maži pakitimai yra reikšmingi;

61.1.1.2. konstrukcijos medžiagų ar grunto stiprumas nereikšmingas;

61.1.2. *STR*: konstrukcijos arba laikančiųjų elementų, įskaitant pamatų, polių, rūšio sienų ir kt. irimą arba labai dideles deformacijas, kai lemia statybinių medžiagų arba konstrukcijos stiprumas;

61.1.3. *GEO*: grunto irimą arba labai dideles deformacijas, kai grunto arba uolienos stiprumas yra reikšmingi atsparumui garantuoti;

61.1.4. *FAT*: konstrukcijos arba laikančiųjų elementų irimą dėl nuovargio.

Pastaba:

- ✓ poveikių skaičiuotinės reikšmės nustatomos pagal STR 2.05.04:2003 [6.13] 10 priedą.

61.2. *Statinės pusiausvyros ir atsparumo tikrinimas.*

61.2.1. Kai konstrukcija laikoma standžia, atsižvelgiant į statinės pusiausvyros (*EQU*) ribinį būvį, tikrinama sąlyga:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}; \quad (7.5)$$

čia:

$E_{d,dst}$  – destabilizuojančių poveikių efekto skaičiuotinė reikšmė;

$E_{d,stb}$  – stabilizuojančių poveikių efekto skaičiuotinė reikšmė.

61.2.2. Kartais statinės pusiausvyros ribinio būvio išraiška papildoma pridėtinėmis sąvokomis, įskaitant, pvz., dviejų standžių kūnų trinties koeficientą.

61.2.3. Kai tikrinamas pjūvio, elemento ar sandūros trūkimas arba per daug didelių deformacijų ribinis būvis (*STR* ir (arba) *GEO*), turi būti tenkinama sąlyga:

$$E_d \leq R_d; \quad (7.6)$$

čia:

$E_d$  – tokio poveikių efekto, kaip vidinė jėga, momentas arba atitinkamų kelių vidinių jėgų arba momentų vektorius, skaičiuotinė reikšmė;

$R_d$  – atitinkama skaičiuotinio atsparumo reikšmė.

Pastabos:

- ✓ išsami informacija apie STR ir GEO ribinius būvius pateikiama STR 2.05.04:2003 [6.13] 10 priede;
- ✓ (4.6) išraiška neaprepia visų, susijusių su klupdymu, tikrinimų, t. y. irimo, kuris įvyksta, kai antrinių veiksmų neriboja konstrukcijos reakcija arba priimtinoji konstrukcijos reakcija.

61.3. *Poveikių efektas*. Poveikių derinimas, apkrovų daliniai ir derinių koeficientai nustatant poveikių efekto skaičiuotinę reikšmę statinės pusiausvyros ir saugos ribiniams būviams pateikiami STR 2.05.04:2003 [6.13].

61.4. Medžiagų mechaninių savybių rodiklių daliniai koeficientai yra pateikiami atitinkamų konstrukcijų ir geotechnikos (žr. Reglamento 3 p.) projektavimo reglamentuose.

62. *Tinkamumo ribiniai būviai*.

62.1. Tinkamumo ribinių būvių tikrinimas. Turi būti tikrinama sąlyga:

$$E_d \leq C_d ; \quad (7.7)$$

čia:

$C_d$  – tinkamumo kriterijų ribojanti skaičiuotinė reikšmė;

$E_d$  – poveikių efekto (pvz., deformacijos, poslinkio, pagreičio), nustatyto pagal derinius, numatytus STR 2.05.04:2003 [6.13], skaičiuotinė reikšmė.

62.2. STR 2.05.04 [6.13] pateikiamos deformacijos, į kurias reikia atsižvelgti tikrinant tinkamumo reikalavimus, atsižvelgiant į statinio tipą arba suderinus su užsakovu ar įgaliota institucija.

Pastaba:

- ✓ apie kitus būdinguosius tinkamumo kriterijus, pvz., plyšio plotį, įtempimų arba deformacijų ribines reikšmes, atsparumą slydimui, žr. Reglamento 3 p. nurodytų atitinkamų konstrukcijų ir geotechnikos projektavimo reglamentuose.

62.3. Poveikių derinimas, apkrovų daliniai ir derinių koeficientai, nustatant poveikių efekto skaičiuotinę reikšmę  $E_d$  pagal 62.1 p. tinkamumo ribiniams būviams, reglamentuojami STR 2.05.04:2003 [6.13].

62.4. Medžiagų ir gaminių savybių rodiklių daliniai koeficientai pasirenkami 1,0, jeigu atitinkamų konstrukcijų projektavimo reglamentuose nenurodyta kitaip.

#### **IV SKIRSNIS. PROJEKTAVIMAS DALINIŲ KOEFICIENTŲ METODU, KARTU ATLIEKANT BANDYMUS**

63. Projektavimą galima pagrįsti skaičiavimų ir bandymų deriniu.

Pastabos:

- ✓ bandymą galima atlikti esant tokioms aplinkybėms:
  - a) jeigu nėra tinkamų skaičiavimo modelių;
  - b) jeigu numatoma naudoti daug panašių komponentų;
  - c) kontrolinių tikrinimų prielaidoms, kurios reikalingos projektuojant, patvirtinti;
- ✓ kita informacija pateikiama Reglamento 5 priede.

64. Kai projektuojama naudojant bandymo duomenis, turi būti pasiektas atitinkamos skaičiuotinės situacijos reikalaujamas patikimumo lygmuo. Reikia atsižvelgti į statistinį neapibrėžtumą dėl riboto bandymo duomenų kiekio.

65. Reikia taikyti dalinius koeficientus (įskaitant ir dėl modelio neapibrėžtumo), lygintinus su tais, kurie yra pateikti atitinkamų konstrukcijų projektavimo reglamentuose.

66. Bandinių atranka ir bandymų sąlygos statistiniu požiūriu turėtų būti reprezentacinės.

67. Bandymų tipai, medžiagų savybės, modelio parametro, dalinių patikimumo koeficientų ar atsparumo skaičiuotinių reikšmių nustatymas nuodugnai aptariamas Reglamento 5 priede.



## V SKIRSNIS. TIESIOGINIS INFORMACINIS-STATISTINIS PROJEKTAVIMAS

68. Tiesioginiame informaciniame-statistiniame TIS metode naudojami atsparumo atsargos  $Z = R - E$  ( $R$  – atsparumas,  $E$  – poveikių efektas) *tikimybiniai* modeliai. Jie sudaromi iš dalinių koeficientų metode naudojamų  $R=r(X_1, X_2)$  ir  $E=e(X_5, X_6, \dots, X_{n-2})$  deterministinio skaičiavimo modelių, juos elementariai papildant  $X_3, X_4, X_{n-1}, X_n$  argumentais, atitinkančiais atsitiktinius dydžius (žr. (7.8) išraišką):

$X_3$  – atsparumo  $R$  deterministinio apskaičiavimo modelio paklaidą;

$X_4$  – poveikių efekto  $E$  deterministinio apskaičiavimo modelio paklaidą;

$X_{n-1}$  – neišaiškintas žmogaus klaidas, daromas projektuojant, gaminant dirbinius, statant ir eksploatuojant statinius, kurios priklauso nuo taikomų kontrolės ir ribinių būvių nuostolių prevencijos priemonių;

$X_n$  – TIS metodo racionalaus (žr. Reglamento 9 p.) patikimumo laidavimo paklaidą.

69. Atsparumo atsargos  $Z$  *tikimybini*s modelis išreiškiamas  $z(\cdot)$  deterministine funkcija:

$$Z = R - E = r(X_1, X_2, X_3) - e(X_4, X_5, X_6, \dots, X_{n-2}, X_{n-1}, X_n) = z(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (7.8)$$

kurios argumentai  $X_1, X_2, \dots, X_n$  yra atsitiktiniai dydžiai:

$X_1$  – medžiagos ar grunto mechaninės savybės rodiklis,

$X_2$  – geometrijos matmenų rodiklis,

$X_5, X_6, \dots, X_{n-2}$  – poveikiai, pvz., savasis konstrukcijų svoris, naudojimo, sniego, vėjo ir kitos apkrovos,

$X_3, X_4, X_{n-1}, X_n$  – 68 punkte aptartieji atsitiktiniai dydžiai.

Pastabos:

- ✓ dažniausiai  $X_1$  reiškia mechaninės savybės rodiklio minimumą, o  $X_5, X_6, \dots, X_{n-2}$  – apkrovų maksimumą per nustatytą eksploatacijos laiką;
- ✓ esant kelių kintamųjų apkrovų  $X_5, X_6, \dots, X_{n-2}$  deriniui, derinami jų tikimybiniai skirstiniai: prie vyraujančios iš jų maksimumų skirstinio derinami kitų poveikių skirstiniai, pvz., taikant derinio koeficientą  $\psi_0$ ;
- ✓ kai kurie iš (7.8) lygties  $X_1, X_2, \dots, X_n$  argumentai gali būti pasiskirstę ne pagal Gauso skirstinį ir (arba) jie tarpusavyje gali būti koreliuoti, tada jie žinomu būdu paverčiami normaliais arba lognormaliais pasiskirsčiusiais ir (arba) dekoreliuojami;
- ✓ daugiau informacijos apie pagrindinius kintamuosius  $X_i$  ir jų neapibrėžtumą  $\sigma_{X_i}, i = 1, 2, \dots, n$ , pateikiama Reglamento 1 ir 2 prieduose.

70. Nuolatinių, kintamųjų poveikių ir jų derinių bei poveikių efektų modelių paklaidų tikimybiniai rodikliai, naudojami projektuojant tiesioginiu informaciniu-statistiniu metodu, pateikiami STR 2.05.04:2003 [6.13] VII skyriuje.

71. Medžiagų ar gruntų mechaninės savybės rodiklio  $f$  vidurkis  $\mu_f$  nustatomas taikant išraišką:

$$\mu_f = f_k + \varepsilon \sigma_f; \quad (7.9)$$

čia:

$f_k$  – medžiagos ar grunto mechaninės savybės rodiklio charakteristinė reikšmė,

$\varepsilon$  – koeficientas, priklausantis nuo charakteristinės reikšmės fraktilio  $P(f \leq f_k)$  ir tikimybinių skirstinių; esant normaliajam skirstiniui, jeigu  $P(f \leq f_k) = 0,05$ , pvz., stipriui, pasirenkama  $\varepsilon = 1,64$  reikšmė; jeigu  $P(f \leq f_k) = 0,5$ , pvz., tamprumo moduliui, pasirenkama  $\varepsilon = 0$  reikšmė;

$\sigma_f$  – medžiagos ar grunto stiprio vidutinė kvadratinė nuokrypa  $\sigma_f = \delta_f \mu$ ; čia  $\delta_f$  – medžiagos ar grunto stiprio variacijos koeficientas.

Pastabos:

- ✓ kai kurie medžiagos ir grunto mechaninių savybių tikimybinių skirstinių rodikliai pateikiami Reglamento 2 priedo 1 lentelėje;

- ✓ kita informacija apie medžiagos ar grunto mechaninių savybių tikimybinių skirstinio rodiklius pateikiama atitinkamų konstrukcijų ir pagrindų projektavimo reglamentuose (žr. Reglamento 3 p.).

72. Skerspjūvio geometrijos matmenų  $a$  tikimybiniai rodikliai nustatomi pagal statistinio tyrimo duomenis.

Pastabos:

- ✓ kai kurie geometrijos matmenų  $a$  statistinio tyrimo duomenys pateikiami Reglamento 2 priedo 1 lentelėje;
- ✓ išsamesni duomenys pateikiami atitinkamų konstrukcijų (žr. Reglamento 3 p.) projektavimo reglamentuose.

73. Jeigu simboliais  $f_m$  ir  $A$  žymimi medžiagų ar gruntų stipris ir skerspjūvio plotas arba skerspjūvio matmuo, tada atsparumo, pvz., stiprumo, stabilumo, apskaičiavimo modelio

$$R = r(f_m, A) \quad (7.10)$$

sisteminę  $\mu_{\Delta R}$  ir atsitiktinę  $\sigma_{\Delta R}$  paklaidos  $\Delta R$  nustatomos pagal statistinio tyrimo duomenis, sulyginant pagal atitinkamą schemą apkrautų elementų, apskaičiuotų pagal (7.10) modelį  $R_{cal,j}$  ir eksperimentiškai nustatytų  $R_{obs,j}$  reikšmių porų  $j=1, 2, \dots, u$  pakankamą kiekį ( $u \geq 30$ ):

$$\mu_{\Delta R} = \frac{1}{u} \sum_{j=1}^u \frac{R_{obs,j}}{R_{cal,j}}, \quad (7.11)$$

$$\sigma_{\Delta R} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^u \left( \frac{R_{obs,j}}{R_{cal,j}} - \mu_{\Delta R} \right)^2}{u - 1}}. \quad (7.12)$$

Pastabos:

- ✓ kai kurie paklaidos  $\Delta R$  statistinio tyrimo duomenys pateikiami Reglamento 2 priedo 2 lentelėje.
- ✓ kita informacija apie modelių paklaidas pateikiama atitinkamų konstrukcijų ir geotechnikos (žr. Reglamento 3 p.) projektavimo reglamentuose.

74. Analogiškai kaip ir projektuojant dalinių koeficientų (DK) ar DK su bandymais metodais (žr. šio skyriaus III ir IV skirsnius), tiesioginiu informaciniu-statistiniu (TIS) projektavimo metodu tikrinama, kad visoms būtinoms skaičiuotinėms situacijoms ir nepalankiems apkrovų išdėstymams ir deriniams saugos ir tinkamumo patikimumas būtų ne mažesnis nei reikalaujama, įskaitant ir tokio tikrinimo apribojimus ir supaprastinimus, reglamentuojamus Reglamento V skyriaus II skirsnyje.

*Punkto pakeitimai:*

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

75. TIS metodu laiduojamas atsparumo patikimumo vidutinis lygmuo turi būti ne mažesnis kaip laiduojamas DK metodu. Išsamesnė informacija apie TIS metodu laiduojamą patikimumą ir jo diferenciaciją pateikiama Reglamento 1 priede.

76. TIS projektavimas atliekamas taikant šiuos metodus, pvz.:

76.1. analitinį, pvz., kirstinės antrųjų momentų (žr. Reglamento 1 priedą);

76.2. skaitmeninio integravimo;

76.3. statistinio modeliavimo (Monte Karlo).

## TIESIOGINIS INFORMACINIS-STATISTINIS PROJEKTAVIMAS KIRSTINĖS ANTRŲJŲ MOMENTŲ METODU

1. Tiesioginis informacinis-statistinis (TIS) projektavimas taikant analitinį kirstinės antrųjų momentų (CSM) metodą pagrįstas nelineinio (bendruoju atveju)  $n$ -mačio paviršiaus pagal (7.8)

$$Z = z(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (1)$$

pakeitimu jam artimiausia kirstine  $n$ -mate plokštuma, praeinančia per argumentų (atsitiktinių dydžių)  $X_1, X_2, \dots, X_n$  pasiskirstymo centrą  $\mu_Z$  ir ribinio būvio  $Z = 0$  tašką.

2. TIS projektavimas CSM metodu atliekamas pagal (2) lygčių sistemą iteracijų būdu nustatant patikimumo indeksą  $\beta$ :

$$\begin{cases} \mu_Z - \beta \sigma_Z = 0, \\ \frac{\Delta z}{\Delta X_i} = \frac{\mu_Z - z(\mu_{X_1}, \dots, \mu_{X_i} + \beta \alpha_i \sigma_{X_i}, \dots, \mu_{X_n})}{\beta \alpha_i \sigma_{X_i}}, i = 1, 2, \dots, n; \end{cases} \quad (2)$$

čia:

$$\begin{aligned} \mu_Z &= z(\mu_{X_1}, \mu_{X_2}, \dots, \mu_{X_n}); \\ \sigma_Z &= \left[ \sum_{i=1}^n \left( \frac{\Delta z}{\Delta X_i} \sigma_{X_i} \right)^2 \right]^{0.5}; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\alpha_{X_i} = \frac{\Delta z}{\Delta X_i} \sigma_{X_i} / \sigma_Z, i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$\mu_{X_i}, \sigma_{X_i}, i = 1, 2, \dots, n$  – (1) lygties argumentų  $X_1, X_2, \dots, X_n$  vidurkiai ir vidutinės kvadratinės nuokrypos

$$\mu_{X_i} = \frac{1}{u_i} \sum_{j=1}^{u_i} x_{ij}, \quad (5)$$

$$\sigma_{X_i} = \left[ \frac{1}{u_i - 1} \sum_{j=1}^{u_i} (\mu_{X_i} - x_{ij})^2 \right]^{0.5}, \quad (6)$$

nustatytos pagal  $j = 1, 2, \dots, u_i, u_i \geq 30$  bandymų ar statistinių stebėjimų duomenis, atsižvelgiant į Reglamento 69 punkto pastabas.

Pastabos:

- ✓ taikant TIS projektavimą, yra kontroliuojami, koreguojami ir todėl yra mažesni (1) išraiškos argumentų  $X_i$  neapibrėžtumai  $\sigma_{X_i, TIS}, i = 1, 2, \dots, n$ , taip pat ir nuo jų priklausantis  $\sigma_{Z, TIS}$  neapibrėžtumas, nei taikant DK projektavimą atitinkantys neapibrėžtumai  $\sigma_{X_i, DK}, i = 1, 2, \dots, n$  ir  $\sigma_{Z, DK}$ ;

- ✓ projektavimo patogumui gali būti išskiriami griežtai indentifikuoti keli TIS<sub>j</sub>,  $j=1,2, \dots$  projektavimo atvejai ir jiems pateikiami atitinkami  $\sigma_{Z,TISj}/\sigma_{Z,DK}$ ,  $j=1,2, \dots$  santykiai, kurie apibrėžiami šiais pagrindiniais ypatumais:
  - TIS<sub>j</sub>,  $j=1,2, \dots$  ir DK projektavimo atvejų tikimybinių generalinių aibių skirtumais, nuo kurių priklauso  $X_i$ ,  $i=1,2, \dots, n$  argumentų  $\sigma_{X_i,TISj}/\sigma_{X_i,DK}$ ,  $i=1,2, \dots, n, j=1,2, \dots$  santykiai;
  - pačių  $X_i$ ,  $i=1,2, \dots, n$  argumentų, taip pat ir ribinių būvių kontrolei bei prevencijai taikomomis priemonėmis;
  - matavimų (stebėjimų) kiekiu, pagal kuriuos nustatomos  $\sigma_{X_i,TISj}^2$ ,  $i=1,2, \dots, n, j=1,2, \dots$  dispersijos;
- ✓ nustatant  $\sigma_{Z,DK}$  neapibrėžtumą, atsižvelgiama į būdingus DK metodui šiuos dėmenis:
  - paklaidą dėl suvidutintų, tariamai nekoreliuotų, dalinių koeficientų riboto kiekio;
  - paklaidą dėl nepaisymo kai kurių svarbių neapibrėžtumo šaltinių, pvz., skerspjūvio matmenų nuokrypų nuo nominalo, atsparumo ir poveikių efekto modelio netikslumo;
  - netikslios patikimumo diferenciacijos, priklausančios nuo patikimumo padidėjimui reikiamų sąnaudų ir nuostolių, įvykus ribiniam būviui;
  - daugiametę patirtį turinčių šalių DK metodu grindžiamų projektavimo normų reglamentuojamos ribinių būvių tikimybės *teorinio* skaičiavimo (normų kalibravimo) ir *tikrojo* ribinių būvių dažnio (per daugelį metų sukaupytųjų statistinių duomenų) skirtumą;
- ✓ papildant ankstesnėje pastaboje išvardytuosius paklaidų dėmenis, nustatant  $\sigma_{Z,TISj}$ ,  $j=1,2, \dots$  taip pat atsižvelgiama į šių (TIS ir DK) metodų paklaidų dėmenų skirtumą:
  - paklaidas dėl  $X_1, X_2, \dots, X_n$  argumentų neapibrėžtųjų netikslaus nustatymo, argumentų dekreliacijos, jų tikimybinių skirstinių pavertimo normaliaisiais ar lognormaliaisiais skirstiniais (žr. Reglamento 69 p. pastabą) ir (1) priklausomybės linearizacijos;
  - patikimumo sumažėjimo dėl netobulos elementų atsparumo kontrolės sistemos ir dėl neišaiškintų žmogaus klaidų projektuojant, gaminant dirbinius, statant ir eksploatuojant statinius;
  - patikimumo padidėjimo dėl ribinių būvių žalos prevencijos priemonių taikymo;
- ✓ (2) lygčių sistema yra grindžiama normalaus skirstinio  $Z$  modeliu; pasirinkus (1) lygtį  $Z=R/E$  ir atsparumo  $R$  bei poveikių  $E$  lognormalų skirstinį, galima taikyti praktiniam skaičiavimui patogesnę lygčių sistemą, kurioje vietoj vidutinių kvadratinių nuokrypų  $\sigma_R$  ir  $\sigma_E$  naudojami variacijos koeficientai  $\delta_R$  ir  $\delta_E$ ;
- ✓ nustatyta, kad priklausomai nuo papildomai panaudotos statistinės informacijos kiekio gelžbetoniniams ir plieniniams lenkiamiesiems elementams plieno sąnaudų  $A$  projektuojant TIS<sub>j</sub> ir DK metodais santykis yra  $A_{TISj}/A_{DK} = 0,9 \dots 0,8$  (šis santykis proporcingas  $\sigma_{Z,TISj}/\sigma_{Z,DK}$  santykiui);
- ✓ detalesnė informacija apie TIS<sub>j</sub>,  $j=1,2, \dots$  projektavimo atvejus ir jų ekonominį efektyvumą pateikiama RSN 145-92 ir reglamentuose, skirtuose konstrukcijų ir geotechnikos (žr. Reglamento 3 p.) projektavimui.

3. Patikimumas tikrinamas pagal sąlygą:

$$\beta \geq \beta_{TTS}, \quad (7)$$

čia:

$\beta$  – patikimumo indekso ribinė reikšmė, nustatyta sprendžiant (2) sistemą;

$\beta_{TIS}$  – reikiama patikimumo indekso reikšmė, nustatoma (t. y. patikimumas diferencijuojamas – žr. Reglamento 17 ir 18 punktus) dauginant vidutinę patikimumo indekso  $\beta_1$  reikšmę ir 1 lentelės pastabose nurodytuosius  $\gamma_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 6$  daugiklius -

$$\beta_{TIS} = \beta_1 \prod_{i=1}^6 \gamma_i. \quad (8)$$

Pastaba.

- ✓ 1 lentelėje pateiktieji  $\gamma_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 6$  daugikliai atitinka  $\beta_1$  reikšmę, nustatytą kalibruojant LR galiojusias projektavimo normas, atsižvelgiant į Šiaurės Amerikos šalių, Švedijos ir kitų šalių normų kalibravimo, taip pat į Lietuvoje per 40 metų sukauptos ribinių būvių statistikos duomenis.

4. Statistinis projektavimas taikomas tais atvejais, kai (1) išraiškos visų arba kai kurių  $X_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  argumentų tikimybiniai rodikliai nustatomi pagal nedidelę  $u_i < 30$  matavimų ar statistinių stebėjimų  $u_i$  kiekį. Šiems argumentams (2) sistemoje vietoj  $\mu_{Xi}$  ir  $\sigma_{Xi}$  taikomos atitinkamos statistikos  $m_{Xi}$  ir  $s_{Xi}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , kurios apskaičiuojamos taikant išraiškas:

$$s_{Xi} = \left[ \sum_{j=1}^{u_i} (m_{Xi} - x_{ij})^2 / (u_i - 1) \right]^{0.5}, \quad (9)$$

$$m_{Xi} = \frac{1}{u_i} \sum_{j=1}^{u_i} x_{ij}. \quad (10)$$

o vietoj (2) sistemos  $\beta\sigma_Z$  sandaugos taikoma  $ts_Z$  sandauga, kuri nustatoma pagal išraišką:

$$ts_Z = \left[ \beta \sum_{i=1}^m \left( \frac{\Delta z}{\Delta X_i} s_{Xi} \right)^2 + t_{\beta, f} \sum_{j=1}^n \left( \frac{\Delta z}{\Delta X_j} s_{Xj} \right)^2 \right]^{0.5},$$

čia  $X_i$ ,  $i=1, 2, \dots, m$  – (1) lygties argumentai, kurių statistikos yra nustatytos pagal  $u_i \geq 30$  matavimų ar statistinių stebėjimų kiekį arba vadovaujantis 2 priedo ir STR 2.05.04:2003 [6.13] duomenimis;

$X_j$ ,  $j=1, 2, \dots, n$  – (1) lygties argumentai, kurių statistikos yra nustatytos pagal  $u_j < 30$  matavimų ar stebėjimų kiekį;

$t_{\beta, f}$  – Stjudento indeksas, nustatomas priklausomai nuo šių veiksnių:

1) patikimumo indekso  $\beta$  (arba jam atitinkančio patikimumo  $P$ );

2) bendrojo laisvės laipsnio  $f$ , priklausančio nuo  $u_j$ ,  $j=1, 2, \dots, n$  matavimų kiekio ir  $X_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$  argumentų svarbos koeficiento

$$a_{Xj} = \frac{\Delta z}{\Delta X_j} s_{Xj} / \left[ \sum_{i=1}^m \left( \frac{\Delta z}{\Delta X_i} s_{Xi} \right)^2 + \sum_{j=1}^n \left( \frac{\Delta z}{\Delta X_j} s_{Xj} \right)^2 \right]^{0.5},$$

kuris (2) ir (3) išraiškose taikomas vietoje  $\alpha_{Xi}$  koeficiento.

Pastabos

- ✓ esant visiems  $u_i \geq 30$ ,  $i=1, 2, \dots, n$ , imama  $t_{\beta, f} = \beta$  ir taikoma (2) lygčių sistema, t. y. vietoj *statistinio* yra taikomas *tikimybinis* projektavimas;
- ✓ išsamesni duomenys apie *statistinį* projektavimą pateikiami RSN 145-92;

- ✓ vietoj šio priedo 1-4 punktuose aptartojo CSM modelio gali būti taikomi kiti analitiniai modeliai, pvz., FOSM (pirmos eilės dviejų momentų metodas), tuo atveju, jeigu juos taikant patikimumo indeksas  $\beta$  nustatomas su paklaida  $\Delta\beta$ , nevirsijančia vidutinės kvadratinės paklaidos  $\sigma_{\Delta\beta} = \pm 0,1$ .

5. (2) išraiškos  $\mu_{X_i}$ ,  $\sigma_{X_i}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  tikimybinų rodiklių nustatymo pagal statistinio tyrimo duomenis nurodymai ir patys rodikliai pateikiami RSN 145-92 ir atitinkamuose konstrukcijų ir geotechnikos (žr. Reglamento 3 p.) projektavimo reglamentuose.

Pastaba:

- ✓ svarbiausi tikimybiniai rodikliai pateikiami Reglamento 2 priede ir STR 2.05.04:2003 [6.13].

1 lentelė

**Patikimumo indekso  $\beta_{TTS}$  daugiklių  $\gamma_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 6$  pagal (8) formulę reikšmės<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9</sup>**

Patikimumo klasė	Patalpos ar statinio paskirtis (nustatoma atsižvelgiant į žmonių susitelkimą ir patalpos ar statinio svarbą)	Daugiklis $\gamma_1$ (50 metų laikui) ribiniam būviui		
		saugos	tinkamumo	
			negrįžtamam	grįžtamam
RC1	Šiltadaržiai, sandėliai, saugyklos, kuriuose, pvz., žemės ūkio ir kita nebrangi produkcija nerūšiuojama ir nepakuojama, vienaaukščiai gyvenamieji pastatai.	0,8	0,5	0,3
RC2	Gyvenamieji, visuomeniniai, verslo, pramoniniai statiniai ir patalpos, sandėliai, saugyklos, išskyrus priklausančius RC1 ir RC3 klasėms.	0,95	0,6	0,4
RC3	Didelio kiekio ir dažno žmonių susitelkimo patalpos (pvz., teatrų, kino teatrų, konferencijų, parodų, skaityklų, sporto renginių žiūrovų salės ir vestibuliai, transporto priemonių laukimo, prekybos, gyventojų aptarnavimo salės, ikimokyklinio amžiaus vaikų susitelkimo kambariai, klasės, auditorijos, ligoninių ir gimdymo namų palatos, cechai, kuriuose yra daugiau kaip 5 žmonės, patalpos 10 m <sup>2</sup> plote); 2 ir 3 p. p. pastatų balkonai, laiptotakiai ir praėjimo takai; ypač vertingų meno, kultūros, mokslo, technikos, materialinių vertybių saugyklos, archyvai; valstybinės ir regioninės reikšmės valdymo, energetikos, ryšių, žiniasklaidos, labai pelningi, svarbūs verslo pagrindiniai pastatai ir statiniai; patalpos ir talpos, kuriose yra ypač žalingų žmonėms ir aplinkai medžiagų.	1,05	0,7	0,5

1 lentelės pastabos:

✓ <sup>1</sup> Lentelėje neišvardytiems statiniams (patalpoms)  $\gamma_1$  reikšmė nustatoma pagal analogiškus statinius (patalpas); nesant analogų  $\gamma_1$  reikšmės nustato kompetentingos institucijos.

✓ <sup>2</sup> Atsižvelgiant į ribinio būvio grėsmės mastą taikomi (8) išraiškos  $\gamma_2$  daugikliai:  $\gamma_2 = 0,95$  – plokštėms,  $\gamma_2 = 1,00$  – įprastosioms sijoms;  $\gamma_2 = 1,05$  – didelio skerspjūvio ( $\geq 0,2$  m<sup>2</sup>) sijoms, taip pat santvaroms ir kolonom.

✓ <sup>3</sup> Atsižvelgiant į ribinio būvio prognozės galimybę, taikomi (8) išraiškos  $\gamma_3$  daugikliai:  $\gamma_3 = 0,95$  – kai deformacija plastiška, gerai pastebima, jos požymiai tolygiai ryškėja (irimo metu plyšio plotis  $a_{cre} \geq 3$  mm ir (arba) įlinkio  $f$  ir tarpatramio  $l$  santykis  $f/l \geq 0,01$ ), o konstrukcijų remontas nebrangus ir trumpalaikis;

$\gamma_3 = 1,00$  – kai deformacija plastiška, bet prognozė sudėtinga (irimo metu  $a_{cre} \leq 1$  mm ir (arba)  $f/l \leq 0,005$ ) arba yrančiojo elemento apžiūros ir remonto sąlygos yra sunkesnės, pvz., elementas yra daugiau kaip 10 m aukštyje, jį užstoja kitos konstrukcijos ar uždangalai;

$\gamma_3 = 1,10$  – kai deformacija neprognozuojama (netikėta), pvz., suirimas yra trapus (ne plastiškas); jeigu ribinis būvis nesukelia griūties ir (arba) grėsmės žmonėms bei netrikdo eksploatacijos, pvz., nekarpytai daugiausiai plastiškai yrančiai ir inkaruotais galais sijai, taikomas  $\gamma_3 = 0,90$  daugiklis.

✓ <sup>4</sup> Įprastomis projektavimo, statybos (gamybos) ir eksploatacijos kontrolės sąlygomis vadovaujamosi normatyvinių dokumentų reikalavimais, o kontroliuoja nuo projektuotojų ir statybininkų nepriklausomos institucijos; jei projektavimo, statybos (gamybos) darbų kokybės, statinio eksploatacijos

kontrolę vykdo nepriklausomos institucijos, tada taikomas  $\gamma_5 = 0,95$  daugiklis, o jeigu nepriklausomos institucijos kontrolę ir ribinių būvių prevenciją vykdo pagal specialiai sudarytą projektą (žr. t. p. <sup>7</sup> pastabą), tada taikomas  $\gamma_4 = 0,85$  daugiklis.

✓ <sup>5</sup> Statiškai neišsprendžiamų konstrukcijų ir tarpusavyje patikimai sujungtiems, pvz., surenkamų arba monolitinių perdangų elementams taikomi daugikliai  $\gamma_5 = 0,90$  ir  $0,85$ , kai konstrukcija suyra susidarant ne mažiau kaip 2 ir 5 surenkamų arba monolitinių elementų arba visos integralios konstrukcijos irimo zonoms (plastiniams lankstams), o toks suirimas nesukelia griūties; tarpiniams atvejams integralumo daugikliai nustatomi taikant tiesinę interpoliaciją.

✓ <sup>6</sup> Nesvarbiems aptvarams, jų stulpams, žmonėms ir aplinkai nežalingų medžiagų saugyklų atitvaroms, laidų ir apšvietimo atramoms, į kurias žmonių kopimas nenumatomas, lentelės 1 p. statinių pamatų sijoms ir kitoms konstrukcijoms, kurių saugos ribinio būvio viršijimo žala (atsižvelgiant į remonto, nuomos nutraukimo ar jos kainos sumažėjimo, projektavimo, statybos ir savininko firmos prestižo dėl ribinio būvio viršijimo sumažėjimo nuostolius) sudaro mažiau penkiariopos šių konstrukcijų pradinės statybos (gamybos) kainos, be to, trumpalaikiams (iki 5 metų) statiniams taikomas (8) išraiškos  $\gamma_6 = 0,95$  daugiklis.

✓ <sup>7</sup> Sandauga  $\prod_{i=1}^6 \gamma_i$  pagal (8) imama  $0,7 \leq \prod_{i=1}^6 \gamma_i \leq 1,3$ ; jeigu ši sandauga  $\prod_{i=1}^6 \gamma_i \geq 1,2$ , tada

būtina vykdyti darbus pagal specialų darbų *kokybės* užtikrinimo projektą, kuriame būtų numatyta objekto visapusiško patikimumo laidavimo būdai (žr. t. p. <sup>4</sup> pastabą), be to, rekomenduojama taikyti ribinio būvio tikimybės ar nuostolių, įvykus ribiniam būviui, mažinimo priemones, pvz., užtikrinti konstrukcijų plastinį irimą be griūties, jų statinį nesprenžiamumą ir (arba) jų elementų integralumą (žr. <sup>3,5</sup> pastabas).

✓ <sup>8</sup> Jeigu įvykus tinkamumo ribiniam būviui galima griūtis, pvz., perdangų griūtis dėl pernelyg didelio santykinio pagrindo nuosėdžio, tada (8) išraiškos  $\beta_1 \prod_{i=1}^6 \gamma_i$  sandaugos koeficientai nustatomi taip,

lyg *tinkamumo* ribinis būvis būtų *saugos* ribinis būvis.

✓ <sup>9</sup> Lentelėje ir jos pastabose nurodytosios  $\gamma_i$  reikšmės gali būti koreguojamos atitinkamuose konstrukcijų ir geotechnikos (žr. Reglamento 3 p.) projektavimo reglamentuose.



## DUOMENYS TIESIOGINIAM INFORMACINIAM-STATISTINIAM PROJEKTAVIMUI

1 lentelė

Medžiagų, gruntų mechaninių savybių ir geometrijos matmenų  
tikimybiniai rodikliai<sup>1</sup>

Eil. Nr.	Medžiagos ar grunto mechaninės savybės rodiklis	$P(X \leq X_k)$	$\delta_x = \sigma_x / \mu_x$ arba $\sigma_x$
1	<i>Gelžbetoninės konstrukcijos</i>		
1.1	Betonas <sup>2</sup> : stipris: gniuždymo, kubelinis gniuždymo, prizminis, nustatant pagal kubelinį tempimo, nustatant pagal kubelinį tamprumo pradinis modulis valkšnumo deformacijos susitraukimo deformacijos	0,05 ~0,05 ~0,05 0,5 0,5 0,5	0,13 <sup>3</sup> 0,18 <sup>3</sup> 0,18 <sup>3</sup> 0,20 <sup>3</sup> 0,17 <sup>4</sup> 0,11 <sup>4</sup>
1.2	Armatūra: strypinė armatūra: stipris tempimo (takumo, sąlyginė takumo, suirimo riba) tamprumo modulis santykinis liekamasis pailgėjimas	0,02 ... 0,05 0,5 0,5	0,09 ... 0,11 0,10 ... 0,12 0,17 ... 0,20
1.3	lynai, stipris Skerspjūvio matmenys: plokštės, sijos, kolonos: aukštis naudingasis aukštis	0,02 ... 0,05  0,5 0,5	0,04... 0,08  (0,5 ... 1,0) cm (0,7 ... 1,5) cm
2	<i>Plieninės konstrukcijos</i>		
2.1	Plienas: stipris (takumo arba suirimo riba) tamprumo modulis Puasono koeficientas	0,02 ... 0,05 0,5 0,5	0,11 0,06 0,03
2.2	Varžtai: stipris: tempiant kerpant	~ 0,05 ~ 0,05	0,09 0,10
2.3	Plieno elementų skerspjūvio plotas		0,05
3	<i>Mūras:</i> iš molio ir betono plytų, tarp jų ir tuštymėtų gniuždymui (su įvairiu ekscentricitetu)	~0,05	0,15 ... 0,20
4	<i>Medis:</i> Europos ir Šiaurės Amerikos medis: stipris gniuždymui stipris tempimui stipris lenkimui tamprumo modulis Klijuotieji elementai, stipris: tempimui gniuždymui	~0,05 ~0,05 ~0,05 0,5  ~0,05 ~0,05	0,20 ... 0,25 0,35 0,20 ... 0,30 0,20  0,20 0,15

5	<i>Gruntas:</i>		
	tankis	0,5	0,01 ... 0,10
	natūralus drėgnis	0,5	0,10 ... 0,30
	plastiškumo riba	0,5	0,15 ... 0,30
	takumo riba		0,10 ... 0,35
	poringumas	0,5	0,10 ... 0,30
	tariamoji sankyba		
	efektyvioji sankyba		0,10 ... 0,25 <sub>5</sub>
	vidinės trinties kampas		
	deformacijos modulis	0,5	0,05 ... 0,15 <sub>6</sub>
			0,20 ... 0,40

<sup>1</sup> Lentelėje pateikiama  $X_k$  charakteristinės reikšmės  $P(X \leq X_k)$  kvantilio lygmuo ir  $\delta_X = \sigma_X / \mu_X$  variacijos koeficientas arba  $\sigma_X$  vidutinis kvadratinis nuokrypis.

<sup>2</sup> Betono stiprio variacijos koeficientui kintant nuo 0,05 iki 0,40 mastelio daugiklis kinta nuo 0,95 iki 0,6.

<sup>3</sup> Reikšmės atitinka vidutinį gamybos kontrolės lygmenį.

<sup>4</sup> Preliminarūs duomenys.

<sup>5</sup> Silpnai, vidutiniškai ir stipriai susirišusių dalelių uolienoms.

<sup>6</sup> Biriems gruntams.

2 lentelė

**R atsparumo apskaičiavimo modelių  $\mu_{AR}$  sisteminga ir  $\delta_{AR}$  atsitiktinė paklaidos pagal (7.11) ir (7.12) <sup>1</sup>**

Eil. Nr.	Modelis	$\mu_{AR}$	$\delta_{AR}$
1	<i>Gelžbetoniniai elementai</i>		
1.1	Statmenojo pjūvio stipris: lenkimo, su įtempta ir neįtempta armatūra: santykinė gniuždymo zona $\xi \leq \xi_u$ (čia $\xi_u$ – ribinė reikšmė) $\xi > \xi_u$ gniuždymo: $\xi \leq \xi_u$ , (gelžbetoninių kolonų liaunis $\lambda = 10 \dots 45$ ) $\xi > \xi_u$ , ( $\lambda = 10 \dots 45$ ) betoniniai elementai	$1,03^2$ ; $1,01^4$ $1,10^2$ ; $1,01^4$  $1,00^2$ ; $1,01^4$ $1,05^2$ ; $1,01^4$ $1,03^2$	$0,05 \dots 0,10^{2,3}$ ; $0,05^4$ $0,07 \dots 0,12^{2,3}$ ; $0,05^4$  $0,06 \dots 0,14^{2,3}$ ; $0,05^4$ $0,08 \dots 0,16^{2,3}$ ; $0,05^4$ $0,09^2$
1.2	Įstrižojo pjūvio stipris (veikiant skersinei jėgai) su įtempta ir neįtempta armatūra: be skersinės armatūros su skersine armatūra	$1,51^2$ ; $1,09^4$ $1,10^2$ ; $1,09^4$	$0,15 \dots 0,20^{2,3}$ ; $0,12 \dots 0,15^4$ $0,12 \dots 0,17^{2,3}$ ; $0,12 \dots 0,15^4$
1.3	Lenkiamųjų elementų <i>įlinkis</i> : su neįtempta armatūra su įtempta armatūra	$1,02^2$ $1,12^2$	$0,17^2$ $0,27^2$
1.4	<i>Plyšio plotis</i> : sandauga $\mu_n$ pagal SNIP kinta nuo 0,04 iki 0,10 $\mu_n$ kinta nuo 0,10 iki 0,25	$1,8 \dots 1,2^2$ $1,2 \dots 0,8^2$	$0,25^2$ $0,15^2$
2	<i>Plieniniai elementai</i> stipris: lenkimo, gniuždymo, plokščiosios santvaros: lenkimo kirpimo	$1,03^4$ $1,02^4$  $1,03^4$ $1,03^4$	$0,09^4$ $0,10^4$  $0,05^4$ $0,11^4$
3	<i>Mediniai elementai</i> stipris: klijuoti lenkimui tempimui	$2,5 \dots 3,5^4$ $2,5 \dots 3,0^4$	$0,15 \dots 0,20^{3,4}$ $0,15 \dots 0,20^{3,4}$

4	gniuždymui	2,5 ... 2,7 <sup>4</sup>	0,12
	<i>Mūriniai elementai</i>		
	stipris:		
	sienos iš molio ir betono plytų:		
5	ekscentriniam gniuždymui	4 ... 9 <sup>4</sup>	0,10 ... 0,20 <sup>3,4</sup>
	lenkimui	4 ... 6 <sup>4</sup>	0,20 ... 0,25 <sup>3,4</sup>
	skėlimui	4,0 <sup>4</sup>	0,26 <sup>4</sup>
	<i>Aliuminio elementai</i>		
6	stipris (modelyje įskaitant aliuminio stiprio ir elementų skerspjūvio ploto reikšmių variaciją):		
	tempimui		
	lenkimui	1,1 <sup>4</sup>	0,08 <sup>4</sup>
	gniuždymui	1,1 <sup>4</sup>	0,08 <sup>4</sup>
6	klupimui (bendram, šoniniam ir lokaliai)	1,1 <sup>4</sup>	0,08 <sup>4</sup>
	<i>Pagrindai</i>	0,9 ... 1,03 <sup>4</sup>	0,10 ... 0,14 <sup>3,4</sup>
	tinkamumą ribojanti viena iš SNiP sąlygų $\sigma \leq R_{II}$ ; čia $\sigma$ – vidutinis 2% santykinis nuosėdžio įtempimas, $R_{II}$ – skaičiuotinis (antrai ribinių būvių grupei) pagrindo stipris:		
	kietieji priemoliai	1,3 <sup>5</sup>	0,15 <sup>5</sup>
6	smulkieji smėliai	0,7 <sup>5</sup>	0,10 <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Paklaidos, nustatytos pagal (7.11) ir (7.12), kiekvienam atvejui atlikus nuo kelių dešimčių iki kelių šimtų skaičiavimų ir elementų bandymų.

<sup>2</sup> Duomenys pagal RSN 145-92; tikrinant elementų stiprumo modelių paklaidas, jose iš dalies įskaitytos medžiagų stiprių, skerspjūvio matmenų nustatymo paklaidos, o įlinkių ir plyšio pločio pagal 1.3 ir 1.4 p. p. paklaidas – papildomai įskaitytos betono ir armatūros tamprumo modulių nustatymo paklaidos.

<sup>3</sup> Didesnės reikšmės atitinka bendresnę statistinę aibę – įvairesnius elementus, gamybos ir kontrolės sąlygas.

<sup>4</sup> Pagal A58 (Šiaurės Amerikos šalių projektavimo normų duomenys).

<sup>5</sup> Pamatų ir pagrindų šakinės laboratorijos eksperimentiniais tyrimais Lietuvoje nustatytieji duomenys.

## STATINIŲ KONSTRUKCIJŲ PATIKIMUMO VALDYMAS

### 1. Patikimumo diferencijavimas

1.1. *Pasekmių klasės*. Patikimui diferencijuoti galima nustatyti pasekmių klases (CC) įvertinant konstrukcijos irimo arba netinkamumo naudoti pasekmes, kaip nurodyta šio priedo 1 lentelėje.

1 lentelė

#### Pasekmių klasių apibrėžimas

Pasekmių klasės	Aprašymas	Pastatų ir civilinių statinių pavyzdžiai
CC3	Daugelio žmonių gyvybių praradimas, labai sunkios ekonominės, socialinės arba aplinkos pasekmės	Žiūrovų tribūnos, visuomeniniai pastatai, kurių griūtis pasekmės yra didelės (pvz., koncertų salė)
CC2	Vidutinio kiekio žmonių gyvybių praradimas, reikšmingos ekonominės, socialinės arba aplinkos pasekmės	Gyvenamieji ir administraciniai pastatai, visuomeniniai pastatai, kurių griūtis pasekmės yra vidutinės (pvz., administracinis pastatas)
CC1	Nedidelio kiekio žmonių gyvybių praradimas, mažos arba nereikšmingos ekonominės, socialinės arba aplinkos pasekmės	Žemės ūkio pastatai, į kuriuos žmonės paprastai neįeina (pvz., sandėlių pastatai), šiltadaržiai

1.2. Pasekmių klasifikavimo kriterijus yra svarbus nagrinėjamos konstrukcijos arba konstrukcinio elemento griūtis pasekmių požiūriu (žr. šio priedo 3 p.).

1.3. Atsižvelgiant į konstrukcijos pavidalą ir sprendimus, priimtus projektavimo metu, konkretūs konstrukcijos elementai gali būti priskirti tai pačiai, aukštesnei arba žemesnei pasekmių klasei negu visos konstrukcijos.

Pastaba:

- ✓ šiuo metu patikimumo reikalavimai yra nustatomi statinių konstrukciniams elementams.

### 2. $\beta$ reikšmių diferencijavimas

2.1. Patikimumo klases (RC) galima apibrėžti patikimumo indekso  $\beta$  sąvoka.

2.2. Tris patikimumo klases RC1, RC2 ir RC3 galima susieti su trimis pasekmių klasėmis CC1, CC2 ir CC3.

2.3. 2 lentelėje pateiktos rekomenduojamos mažiausios patikimumo indekso reikšmės atsižvelgiant į patikimumo klases (taip pat žr. Reglamento 4 priedą):

2 lentelė

#### Rekomenduojamos mažiausios patikimumo indekso $\beta$ reikšmės (saugos ribiniai būviai)

Patikimumo klasė	Mažiausios $\beta$ reikšmės	
	1 metų atskaitinio laikotarpio	50 metų atskaitinio laikotarpio
RC3	5,2	4,3
RC2	4,7	3,8
RC1	4,2	3,3

Pastaba:

- ✓ laikoma, kad taikant EN 1990 suprojektuojama konstrukcija su  $\beta$  reikšme, didesne nei 3,8 pagrindiniam 50 metų laikotarpiui; konstrukcijos elementų klasės, aukštesnės

nei RC3, šiame priede toliau nenagrinėjamos, nes kiekvieną tokią konstrukciją reikia nagrinėti atskirai.

### 3. Diferencijavimo priemonės susietos su daliniais koeficientais

3.1. Vienas patikimumo diferencijavimo būdų yra apibūdinti klases  $\gamma_F$  koeficientais, kurie būtų taikomi nuolatinių skaičiuotinių situacijų pagrindiniams deriniams. Pavyzdžiui, esant tiems patiems skaičiuotiniams priežiūros ir atlikimo kontrolės lygiams, dalinius koeficientus galima padauginti iš koeficiento  $K_{FI}$  (žr. 3 lentelę).

3 lentelė

**Poveikių koeficientas  $K_{FI}$**

Poveikių koeficientas $K_{FI}$	Patikimumo klasė		
	RC1	RC2	RC3
$K_{FI}$	0,9	1,0	1,1

Pastaba:

- ✓ esant RC3 klasei pirmumas paprastai teikiamas kitoms priemonėms, aprašytoms šiame priede, o ne  $K_{FI}$  koeficientams taikyti.

3.2. Patikimumo diferencijavimą galima taikyti per atsparumo dalinius koeficientus  $\gamma_M$ , tačiau paprastai taip nedaroma. Išimtis yra nuovargio patikrinimas.

3.3. Papildomas priemonės, pavyzdžiui, konstrukcijos projektavimo ir atlikimo kokybės kontrolės lygių nustatymą galima susieti su  $\gamma_F$  klasėmis. Šiame priede pritaikyta trijų lygių projektavimo ir atlikimo kontrolės sistema. Pasiūlyti projektavimo priežiūros lygiai ir tikrinimo lygiai susieti su patikimumo klasėmis.

3.4. Dėl ekonominių sumetimų galimi atvejai (pvz., žaibolaidžių atramos, stiebai ir kt.), kai konstrukcija yra RC1 klasės, bet jos projektavimui prižiūrėti ir tikrinti reikia atitinkamai aukštesnių lygių.

### 4. Projektavimo priežiūros diferencijavimas:

4.1. Projektavimo priežiūros diferenciacija susideda iš įvairių kokybės kontrolės priemonių taikymo, kurias galima taikyti kartu. Pavyzdžiui, nustatant projektavimo priežiūros lygį (žr. 4.2 p.), be kitų priemonių, galima pasitelkti, pvz., projektuotojų ir tikrinančių pareigūnų klasifikaciją (žr. 4.3 p.).

4.2. 4 lentelėje yra pateikti trys galimi projektavimo priežiūros lygiai (DSL). Projektavimo priežiūros lygius galima susieti su pasirinktomis patikimumo klasėmis, atsižvelgiant į konstrukcijos svarbumą, valstybinius reikalavimus, projektavimo užduotį. Šie lygiai realizuojami tinkamomis kokybės valdymo priemonėmis.

4 lentelė

**Projektavimo priežiūros lygiai (DSL)**

Projektavimo priežiūros lygiai	Charakteristikos	Mažiausi rekomenduojami skaičiavimų, brėžinių ir specifikacijų tikrinimo reikalavimai
DSL3 susietas su RC3	Išplėstinė priežiūra	Trečiosios šalies tikrinimas (tikrina kita organizacija, o ne ta, kuri parengė projektą)
DSL2 susietas su RC2	Normali priežiūra	Tikrina kiti asmenys, o ne tie, kurie iš pradžių buvo atsakingi, ir pagal organizacijos tvarką
DSL1 susietas su RC1	Normali priežiūra	Tikrina pats (tikrina asmuo, kuris parengė projektą)

4.3. Projektavimo priežiūra taip pat gali aprėpti projektuotojų ir (arba) projektavimo inspektorių (tikrintojų, kontroliuojančių įstaigų ir t. t.) klasifikavimą pagal jų kompetenciją ir patirtį, jų vidaus organizaciją, atitinkamus projektuojamus statinių tipus.

Pastaba:

- ✓ šiai klasifikacijai gali turėti įtakos statinių tipas, taikomos medžiagos ir konstrukcijų pavidalai.

4.4. Kita vertus, projektavimo priežiūros diferenciacija gali susidėti iš tobulesnio išsamaus konstrukcijos atlaikomų poveikių dydžių ir ypatybių vertinimo arba iš projektavimo valdymo sistemos, kurioje numatoma aktyviai arba pasyviai šiuos veiksmus kontroliuoti (apriboti).

5. *Tikrinimas atlikimo metu.* Galima taikyti tris tikrinimo lygius (IL) (žr. 5 lentelę). Tikrinimo lygius galima susieti su pasirinktomis kokybės valdymo klasėmis ir realizuoti tinkamomis kokybės valdymo priemonėmis.

5 lentelė

**Tikrinimo lygiai (IL)**

<b>Tikrinimo lygiai</b>	<b>Charakteristikos</b>	<b>Reikalavimai</b>
IL3 susietas su RC3	Išplėstinis tikrinimas	Tikrina trečioji pusė
IL2 susietas su RC2	Normalus tikrinimas	Tikrina pagal organizacijos tvarką
IL1 susietas su RC1	Normalus tikrinimas	Tikrina pats

Pastaba:

- ✓ tikrinimo lygiais apibrėžiamos sąlygos, atitinkančios gaminių ir darbų atlikimo tikrinimą, taip pat ir tikrinimo sritis. Todėl taisyklės turi būti pateiktos atitinkamuose atlikimo standartuose.

6. *Atsparumo savybių daliniai koeficientai.* Medžiagos, gaminio savybių arba elemento atsparumo dalinį koeficientą galima sumažinti, jeigu taikoma didesnė tikrinimo klasė negu reikia pagal 5 lentelę ir(arba) keliami griežtesni reikalavimai.

Pastaba:

- ✓ apie tikrinimo bandymų efektyvumą žr. 5 priedą.

## PROJEKTAVIMO DALINIŲ KOEFICIENTŲ METODU PAGRINDAI IR PATIKIMUMO ANALIZĖ

### I. APIMTIS IR TAIKYMO SRITIS

1. Šiame priede pateikiama dalinių koeficientų metodo, aprašyto Reglamento VI skyriuje, ir 5 priedo teoriniai pagrindai, taip pat jis yra svarbus 3 priedo turiniui.
2. Šiame priede taip pat yra informacija apie:
  - 2.1. konstrukcijų patikimumo metodus;
  - 2.2. patikimumu pagrįsto metodo taikymą kalibruotoms skaičiuotinėms reikšmėms ir(arba) daliniams skaičiuotinių išraiškų koeficientams nustatyti;
  - 2.3. Eurokodų skaičiuotinio patikrinimo formatą.

### II. ŽYMENYS

Šiame priede taikomi žymenys:

$P_f$  – suirimo tikimybė;

$\text{Prob}(\cdot)$  – tikimybė;

$P_s$  – išlikimo tikimybė;

$a$  – geometrijos rodiklis;

$g$  – reakcijos funkcija;

$\Phi$  – standartinio normaliojo skirstinio integralinė funkcija;

$\alpha_E$  – FORM (pirmosios eilės patikimumo metodo) poveikių efekto jautrumo koeficientas;

$\beta$  – patikimumo indeksas;

$\theta$  – modelio neapibrėžtumas;

$\mu_X$  – vidutinė  $X$  reikšmė;

$\sigma_X$  – standartinis  $X$  nuokrypis;

$V_X$  –  $X$  variacijos koeficientas.

### III. ĮVADAS

3. Dalinių koeficientų metode pagrindiniams kintamiesiems (t. y. poveikiams, atsparumams ir geometrijos rodikliams) suteikiamos skaičiuotinės reikšmės naudojant dalinius koeficientus ir  $\psi$  koeficientus ir patikrinama, jog nebus viršyta joks ribinis būvis (žr. šio priedo VII skyrių).

Pastaba:

- ✓ skaičiuotinės poveikių ir įrąžų reikšmės, taip pat skaičiuotinės medžiagų ir gaminių savybių bei geometrijos matmenų reikšmės yra aprašytos Reglamento VIII skyriuje.

4. Iš esmės skaitmenines dalinių koeficientų ir  $\psi$  koeficientų reikšmes galima nustatyti dviem būdais.

4.1. Pirmasis būdas grindžiamas ilgos statybos tradicijų patirties kalibravimu.

Pastaba:

- ✓ dabar esančiuose Eurokoduose daugumos pasiūlytų dalinių koeficientų ir  $\psi$  koeficientų reikšmės yra nustatytos remiantis šiuo principu kaip svarbiausiu.

4.2. Antrasis būdas grindžiamas eksperimentinių duomenų ir statybų stebėjimų statistiniu įvertinimu (tai atlieka taikant tikimybinę analizę).

5. Kai taikomas vien tik antrasis metodas arba derinant kartu su pirmuoju metodu, skirtingų medžiagų ir poveikių saugos ribinių būvių dalinius koeficientus reikia taip suderinti, kad konstrukcijų patikimumo lygiai būtų kaip galima artimesni siekiamam patikimumo indeksui (žr. šio priedo VI skyrių).



#### IV. PATIKIMUMO METODŲ BENDROJI APŽVALGA

6. 1 paveiksle grafine forma pateikta įvairių projektavimo metodų tarpusavio ryšio ir dalinių koeficientų kalibravimo bendroji apžvalga.

7. Tikimybinės procedūros daliniams koeficientams kalibruoti galima suskirstyti į dvi svarbiausias klases:

7.1. visiškai tikimybiniai metodai (III lygis);

7.2. pirmosios eilės tikimybiniai metodai (FORM) (II lygis).

Pastabos:

- ✓ visiškai tikimybiniais metodais (III lygis) gaunami iš principo teisingi atsakymai į iškeltus patikimumo klausimus; III lygio metodai retai naudojami projektavimo normoms kalibruoti, nes dažnai trūksta statistinių duomenų;
- ✓ II lygio metoduose naudojami tam tikri gerai apibrėžti priartėjimai ir gaunami rezultatai, kuriuos daugumai taikomų konstrukcijų galima vertinti kaip pakankamai tikslius.

8. Abiem, II lygio ir III lygio, metodais patikimumo matą reikia įvardyti išlikimo tikimybe  $P_s = (1 - P_f)$ , kurioje  $P_f$  yra nagrinėjamo irimo būdo suirimo tikimybė ir per tam tikrą atskaitinį laikotarpį. Jeigu apskaičiuota irimo tikimybė yra didesnė negu iš anksto nustatyta siekiama reikšmė  $P_0$ , tai konstrukcija vertinama kaip nesaugi.

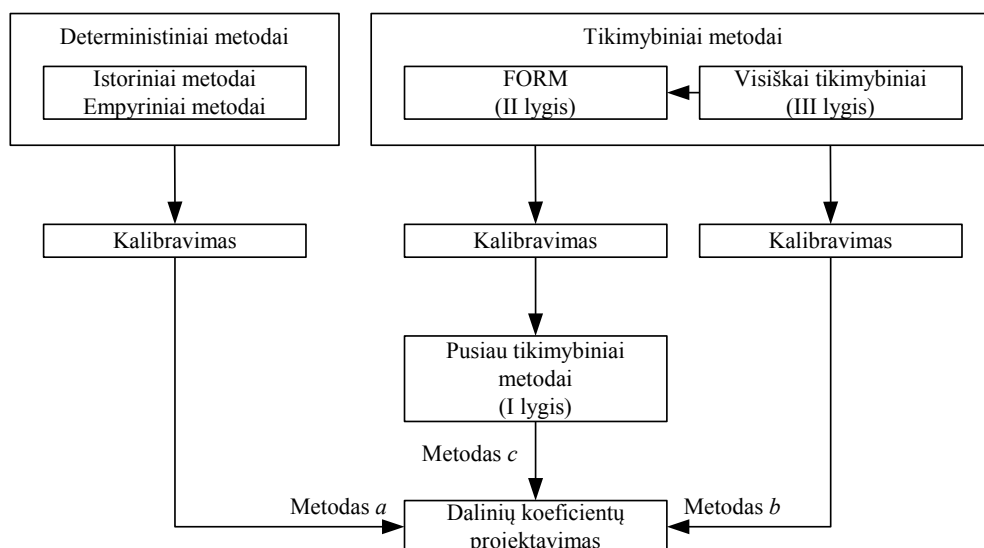
Pastaba:

- ✓ „irimo tikimybė“ ir ją atitinkantis patikimumo indeksas (žr. šio priedo 5 skyrių) yra tik abstraktūs dydžiai, kurie nebūtinai atspindi tikruosius irimo mastus, bet yra operatyvinės reikšmės, naudojamos normų kalibravimo ir konstrukcijų patikimumo lyginimo tikslais.

9. Iš pradžių Eurokodai buvo pagrįsti a metodu (žr. 1 paveikslą). Vėliau Eurokodams tobulinti buvo naudojamas c metodas arba ekvivalentiškai metodai.

Pastaba:

- ✓ ekvivalentiško metodo pavyzdys yra projektavimas naudojant bandymus (žr. Reglamento 5 priedą).



1 pav. Projektavimo metodų bendroji apžvalga

#### V. PATIKIMUMO INDEKSAS $\beta$

10. Alternatyvinis patikimumo matas II lygio procedūrose paprastai apibrėžiamas patikimumo indeksu  $\beta$ , kuris išreikštas per  $P_f$  taip:

$$P_f = \Phi(-\beta), \quad (1)$$

čia  $\Phi$  yra integralinė normuoto normaliojo skirstinio funkcija. Priklausomybė tarp  $\Phi$  ir  $\beta$  yra pateikta 1 lentelėje.

1 lentelė

**Priklausomybė tarp  $\beta$  ir  $P_f$**

$P_f$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$
$\beta$	1,28	2,32	3,09	3,72	4,27	4,75	5,20

11. Irimo tikimybę  $P_f$  galima išreikšti atsparumo atsargos funkcija  $g$  taip, kad konstrukcija būtų vertinama kaip išliksianti, jeigu  $g > 0$ , ir kaip suyranti, jeigu  $g \leq 0$ :

$$P_f = P_{\text{rob}}(g \leq 0). \quad (2a)$$

Atsparumo atsargos funkcija  $g$  išreiškiama taip:

$$g = R - E. \quad (2b)$$

Čia  $R$  – atsparumas  $E$  – įrąža;  $R$ ,  $E$  ir  $g$  yra atsitiktiniai kintamieji.

12. Jeigu  $g$  yra normaliai paskirstyta,  $\beta$  galima išreikšti trupmena:

$$\beta = \frac{\mu_g}{\sigma_g}, \quad (2c)$$

čia  $\mu_g$  –  $g$  vidutinė reikšmė ir  
 $\sigma_g$  –  $g$  vidutinis kvadratinis nuokrypis, todėl

$$\mu_g - \beta \cdot \sigma_g = 0, \quad (2d)$$

ir

$$P_f = P_{\text{rob}}(g \leq 0) = P_{\text{rob}}(g \leq \mu_g - \beta \sigma_g). \quad (2e)$$

Kai yra kitokie  $g$  tikimybiniai skirstiniai,  $\beta$  yra tik sąlyginis patikimumo matas  $P_s = (1 - P_f)$ .

## VI. SIEKIAMO PATIKIMUMO INDEKSO $\beta$ REIKŠMĖS

13. Įvairių skaičiuotinių situacijų tikslinės patikimumo indekso  $\beta$  siekiamos reikšmės vienerių bei 50 metų atskaitiniams laikotarpiams yra pateiktos 2 lentelėje. 2 lentelėje pateiktos  $\beta$  reikšmės atitinka RC2 patikimumo klasės (žr. Reglamento 3 priedą) laikančiųjų elementų saugos lygius.

2 lentelė

## RC2 klasės konstrukcinių elementų tikslinės patikimumo indekso $\beta$ reikšmės <sup>1</sup>

Ribinis būvis	Tikslinis patikimumo indeksas $\beta$	
	vieneri metai	50 metų
Saugos	4,7	3,8
Nuovargio		1,5 ... 3,8 <sup>2</sup>
Tinkamumo (negrižtamasis)	2,9	1,5
<sup>1</sup> Žr. Reglamento 3 priedą.		
<sup>2</sup> Priklauso nuo apžiūrėjimo galimybės laipsnio, remontabilumo ir pažaidos tolerancijos		

Pastabos:

- ✓ nustatant šias  $\beta$  reikšmes:
  - medžiagų ir konstrukcijų atsparumo parametrų bei modelio neapibrėžtumams dažniausiai taikyti lognormalusis arba Weibull'o skirstiniai;
  - savajam svoriui paprastai naudoti normalieji skirstiniai;
  - paprastumo dėlei nagrinėjant tikrinimą nuovargiui kintamiesiems poveikiams paprastai buvo taikomi normalieji skirstiniai (ekstremalių reikšmių skirstiniai labiau tikti);
- ✓ kai pagrindinis neapibrėžtumų yra dėl poveikių, kurie turi nepriklausomus maksimumus kiekvienais metais, skirtingų atskaitinių laikotarpių  $\beta$  reikšmės galima apskaičiuoti pagal tokią išraišką:

$$\Phi(\beta_n) = [\Phi(\beta_1)]^n, \quad (3)$$

čia:

$\beta_n$  –  $n$  metų atskaitinio laikotarpio patikimumo indeksas;

$\beta_1$  – vienerių metų patikimumo indeksas.

14. Tikrasis irimo dažnis labai priklauso nuo žmogaus klaidų, kurios dalinių koeficientų metode nepaisomos (žr. Reglamento 3 priedą). Todėl  $\beta$  nebūtinai nurodo tikrąjį konstrukcijų irimo dažnį.

## VII. SKAIČIUOTINIŲ REIKŠMIŲ KALIBRAVIMO METODAS

15. Tikrinant patikimumą skaičiuotinių reikšmių metodu (žr. 1 paveikslą), reikia apibrėžti visų pagrindinių kintamųjų skaičiuotines reikšmes. Įrašius skaičiuotines reikšmes į skaičiavimo modelius, ribiniai būviai turėtų neįvykti. Tai išreiškiama taip:

$$E_d < R_d. \quad (4)$$

Čia  $d$  indeksas pažymi skaičiuotines reikšmes. Toks yra praktinis būdas garantuoti, kad patikimumo indeksas  $\beta$  būtų lygus arba didesnis už siekiamą reikšmę.

$E_d$  ir  $R_d$  galima išreikšti simboline forma:

$$E_d = E\{F_{d1}, F_{d2}, \dots, a_{d1}, a_{d2}, \dots, \theta_{d1}, \theta_{d2}, \dots\}, \quad (5a)$$

$$R_d = R\{X_{d1}, X_{d2}, \dots, a_{d1}, a_{d2}, \dots, \theta_{d1}, \theta_{d2}, \dots\}, \quad (5b)$$

čia:

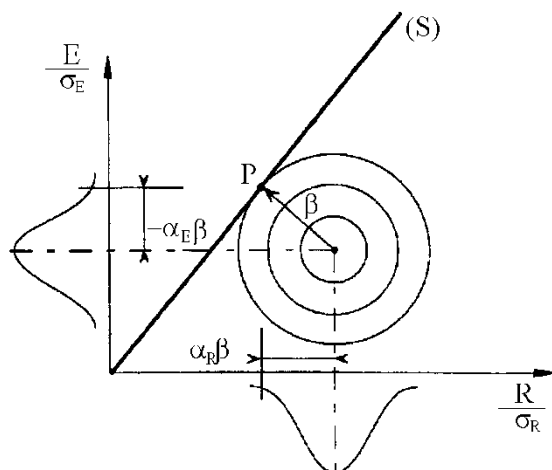
$E$  – įrašas;

$R$  – atsparumas;

$F$  – poveikis;

$X$  – medžiagos savybė;  
 $a$  – geometrijos rodiklis;  
 $\theta$  – modelio neapibrėžtumas.

Tam tikriems ribiniams būviams (pvz., nuovargiui) gali prireikti bendresnės išraiškos ribiniam būviui apibrėžti.



(S) – irimo riba  $g=R-E=0$ ;  
 $P$  – skaičiuotinis taškas

## 2 pav. Skaičiuotinis taškas $P$ ir patikimumo indeksas $\beta$ pagal pirmos eilės patikimumo metodą (FORM) normaliojo skirsnio nekoreliuojantiems kintamiesiems

16. Skaičiuotines reikšmes reikia pagrįsti pagrindinių kintamųjų reikšmėmis FORM skaičiuotiniame taške, kurį galima apibrėžti kaip irimo paviršiaus ( $g=0$ ) tašką, esantį arčiausiai prie pasiskirstymo centro taško normalizuotųjų kintamųjų erdvėje (tai schematiškai parodyta 2 paveiksle).

17. Skaičiuotines įrąžų  $E_d$  ir atsparumų  $R_d$  reikšmes reikia taip nustatyti, kad būtų tokia tikimybė gauti nepalankesnę reikšmę:

$$P(E > E_d) = \Phi(+\alpha_E \beta), \quad (6a)$$

$$P(R \leq R_d) = \Phi(-\alpha_R \beta); \quad (6b)$$

čia:

$\beta$  – siekiamas patikimumo indeksas (žr. šio priedo VI skyrių);

$\alpha_E$  ir  $\alpha_R$ , su sąlyga, kad  $|\alpha| \leq 1$ , – FORM jautrumo koeficientų reikšmės; neigiamos  $\alpha$  reikšmės imamos nepalankiems poveikiams ir įrąžoms, o teigiamos – atsparumams.

$\alpha_E$  ir  $\alpha_R$  reikšmes galima imti 0,7 ir 0,8 atitinkamai, kai išpildoma sąlyga

$$0,16 < \sigma_E / \sigma_R < 7,6; \quad (7)$$

čia  $\alpha_E$  ir  $\alpha_R$  yra atitinkamai įrąžų ir atsparumų standartiniai nuokrypiai (6a) ir (6b) išraiškose. Atsižvelgiant į tai, gaunama:

$$P(E > E_d) = \Phi(-0,7\beta), \quad (8a)$$

$$P(R \leq R_d) = \Phi(-0,8\beta). \quad (8b)$$

18. Kai (7) sąlyga netenkinama, reikia imti  $\alpha = \pm 1,0$  kintamajam su didesniu standartiniu nuokrypiu ir  $\alpha = \pm 0,4$  – kintamajam su mažesniu standartiniu nuokrypiu.

19. Kai poveikio modelyje yra keli pagrindiniai kintamieji, (8a) išraišką reikia taikyti tik vyraujančiam kintamajam. Kartu veikiančių poveikių skaičiuotinės reikšmės apibrėžiamos taip:

$$P(E > E_d) = \Phi(-0,4 \times 0,7 \times \beta) = \Phi(-0,28\beta). \quad (9)$$

Pastaba:

✓ kai  $\beta=3,8$ , pagal (9) išraišką nustatytos reikšmės apytiksliai atitinka 0,9 lygio fraktilį.

20. Nustatant kintamų skaičiuotines reikšmes, kai yra žinomi tikimybiniai skirstiniai, reikia naudotis išraiškomis, pateiktomis 3 lentelėje.

3 lentelė

### Ivairių skirstinių funkcijų skaičiuotinės reikšmės

Skirstinys	Skaičiuotinės reikšmės
Normalusis	$\mu - \alpha\beta\sigma$
Lognormalusis	$\mu \exp(-\alpha\beta V)$ , kai $V = \sigma/\mu < 0,2$
Gumbelio	$u - \frac{I}{a} \ln\{-\ln\Phi(-\alpha\beta)\}$ , čia: $u = \mu - \frac{0,577}{a}$ ; $a = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}}$

Pastaba:

✓ šiose išraiškose  $\mu$ ,  $\sigma$  ir  $V$  yra duoto kintamojo atitinkamai vidutinė reikšmė, standartinis nuokrypis ir variacijos koeficientas; kintamiesiems poveikiams jie turi būti nustatyti tam pačiam atskaitiniam laikotarpiui kaip ir  $\beta$ .

21. Vienas iš būdų tinkamam daliniam koeficientui gauti yra kintamojo poveikio skaičiuotinės reikšmės dalyba iš jo reprezentacinės arba charakteristinės reikšmės.

## VIII. EUROKODUOSE TAIKOMI PATIKIMUMO PATIKRINIMO FORMATAI

22. Skaičiavimo dalinių koeficientų metodu lygtyse pagrindinių kintamųjų skaičiuotinės reikšmės  $X_d$  ir  $F_d$  paprastai Eurokoduose tiesiogiai nenaudojamos. Naudojamos jų reprezentacinės reikšmės  $X_{rep}$  ir  $F_{rep}$ , kurios gali būti:

22.1. charakteristinės reikšmės, t. y. reikšmės su priskirta arba numatyta jos viršijimo tikimybe, pvz., poveikių, medžiagų savybių ir geometrijos rodiklių;

22.2. nominaliosios reikšmės, kurios traktuojamos kaip charakteristinės medžiagų savybių reikšmės ir kaip skaičiuotinės geometrijos rodiklių reikšmės.

23. Reprezentacines reikšmes  $X_{rep}$  ir  $F_{rep}$  reikia dalyti ir (arba) dauginti iš tinkamų dalinių koeficientų skaičiuotinėms reikšmėms  $X_d$  ir  $F_d$  gauti.

Pastaba:

✓ taip pat žr. (10) išraišką.

24. Kai taikoma didžiausia skaičiuotinio atsparumo reikšmė, išraiškos forma tampa tokia:

$$X_d = \eta \gamma_{fM} X_{k, \sup}; \quad (10)$$

čia  $\gamma_{fM}$  yra atitinkamas koeficientas, didesnis už 1.

Pastaba:

✓ (10) išraišką galima taikyti atsparumui apskaičiuoti.

25. Modelio neapibrėžtumų skaičiuotines reikšmes galima įtraukti į skaičiavimo išraiškas per dalinius koeficientus  $\gamma_{Sd}$  ir  $\gamma_{Rd}$ , taikomus visam modeliui, taigi:

$$E_d = \gamma_{Sd} E\{\gamma_g; G_{kj}; \gamma_p P; \gamma_{q1} Q_{k1}; \gamma_{qi} \Psi_{0i} Q_{ki}; a_d \dots\}, \quad (11)$$

$$R_d = R\{\eta X_k / \gamma_m; a_d\} / \gamma_{Rd}. \quad (12)$$

26. Koeficientas  $\psi$ , kuriuo įvertinami kintamųjų poveikių skaičiuotinių reikšmių sumažėjimai, kitiems kartu veikiantiems kintamiesiems poveikiams yra taikomas kaip  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  ar  $\psi_2$ .

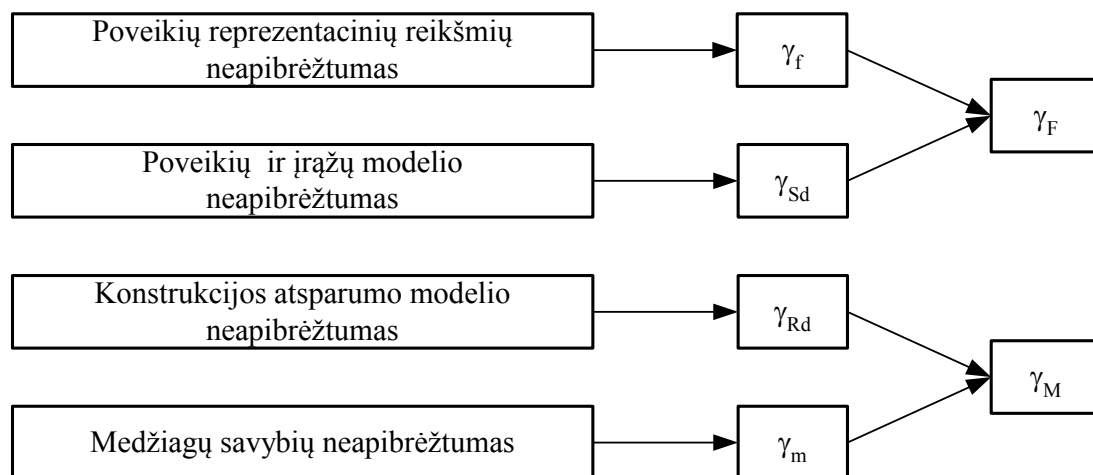
27. Kai reikia, (11) ir (12) išraiškose galima padaryti šiuos supaprastinimus.

Apkrovų pusėje (vienam poveikiui arba kai įrašos yra tiesiškos):

$$E_d = E\{\gamma_{Fi} F_{repi}; a_d\}. \quad (13)$$

## IX. EN DALINIAI KOEFICIENTAI

28. Eurokoduose taikomų dalinių koeficientų tarpusavio priklausomybė schematiškai parodyta 3 paveiksle.



3 pav. Priklausomybė tarp atskirų dalinių koeficientų

## X. KOEFICIENTAI $\psi_0$

29. 4 lentelėje pateiktos išraiškos koeficientams  $\psi_0$  apskaičiuoti, esant dviem kintamiesiems poveikiams.

30. Pateiktos 4 lentelėje išraiškos išvestos pagal tokias prielaidas ir sąlygas:

30.1. du derinami poveikiai yra tarpusavyje nepriklausomi;

30.2. kiekvieno poveikio pagrindinis laikotarpis ( $T_1$  arba  $T_2$ ) yra vienodas;  $T_1$  yra didesnis pagrindinis laikotarpis;

30.3. poveikių reikšmės atitinkamais pagrindiniais laikotarpiais yra vienodos;

30.4. poveikio intensyvumai pagrindiniuose laikotarpuose yra nekoreliuoti;

30.5. abu poveikiai išreiškiami ergodiniais procesais.

31. 4 lentelės skirstinių funkcijos atitinka didžiausias atskaitinio periodo  $T$  reikšmes. Šios tikimybinių skirstinių funkcijos yra totaliosios funkcijos, kuriomis atsižvelgiama į galimybę, kad poveikio reikšmė tam tikrais laikotarpiais gali būti lygi nuliui.

4 lentelė

**$\psi_0$  išraiškos dviejų kintamųjų poveikių atveju**

Skirstinys	$\psi_0 = F_{\text{lydinčio}} / F_{\text{vyraujantis}}$
Bendrasis	$\frac{F_s^{-1}\{\Phi(0,4\beta')^{N_1}\}}{F_s^{-1}\{\Phi(0,7\beta)^{N_1}\}}$ $\text{su } \beta' = -\Phi^{-1}\{\Phi(-0,7\beta)/N_1\}$
Supaprastinimas labai didelei $N_1$ reikšmei	$\frac{F_s^{-1}\{\exp[-N_1\Phi(-0,4\beta)]\}}{F_s^{-1}\{\Phi(0,7\beta)\}}$ $\text{su } \beta' = -\Phi^{-1}\{\Phi(-0,7\beta/N_1)\}$
Normalusis (apytikslis)	$\frac{1 + (0,28\beta - 0,7\ln N_1)V}{1 - 0,7\beta V}$
Gumbelio (apytikslis)	$\frac{1 - 0,78V[0,58 + \ln(-\ln\Phi(0,28\beta)) + \ln N_1]}{1 - 0,78V[0,58 + \ln(-\ln\Phi(0,7\beta))]}$

4 lentelės žymenys:

$F_s(.)$  – kartu veikiančio poveikio ekstremalios reikšmės tikimybės skirstinio funkcija  $T$  atskaitiniu laikotarpiu;

$\Phi(.)$  – standartinė normaliojo skirstinio funkcija;

$T$  – atskaitinis laikotarpis;

$T_1$  – didesnysis iš pagrindinių derinamųjų poveikių laikotarpis;

$N_1$  – santykis  $T/T_1$ , nustatytas apvalinant iki artimiausio sveikojo skaičiaus;

$\beta$  – patikimumo indeksas;

$V$  – lydinčio poveikio variacijos koeficientas atskaitiniu laikotarpiu.



## PROJEKTAVIMAS KARTU ATLIEKANT BANDYMUS

### I. ŽYMENYS

1. Šiame priede taikomi šie žymenys:

- $E(.)$  – dydžio  $(.)$  vidutinė reikšmė;  
 $V$  – variacijos koeficientas [ $V=(\text{standartinis nuokrypis})/(\text{vidutinioji reikšmė})$ ];  
 $V_X$  –  $X$  variacijos koeficientas;  
 $V_\delta$  – paklaidos nario  $\delta$  variacijos koeficiento įvertis;  
 $\underline{X}$  – pagrindinių  $j$  kintamųjų  $X_1 \dots X_j$  matrica;  
 $X_{k(n)}$  – charakteristinė reikšmė, įskaitant  $n$  dydžio imties statistinį neapibrėžtumą, be jokio perėjimo koeficiento;  
 $X_m$  – pagrindinių kintamųjų vidutinių reikšmių matrica;  
 $X_n$  – pagrindinių kintamųjų nominaliųjų reikšmių matrica;  
 $b$  – korekcijos koeficientas;  
 $b_i$  –  $i$ -o bandinio bandymo korekcijos koeficientas;  
 $g_{\pi}(\underline{X})$  – atsparumo funkcija (pagrindinių kintamųjų  $\underline{X}$ ), naudojama kaip skaičiavimo modelis;  
 $k_{d,n}$  – skaičiuotinis fraktilio koeficientas;  
 $k_n$  – charakteristinis fraktilio koeficientas;  
 $m_X$  –  $n$  imčių duomenų vidurkis;  
 $n$  – eksperimentų arba skaitmeninių bandymų duomenų kiekis;  
 $r$  – atsparumo reikšmė;  
 $r_d$  – skaičiuotinė atsparumo reikšmė;  
 $r_e$  – eksperimentinė atsparumo reikšmė;  
 $r_{ee}$  – ekstremalioji (maksimalioji arba minimalioji) eksperimentinio atsparumo reikšmė (pvz.,  $r_e$  reikšmė, kuri labiausiai nukrypusi nuo vidutinės reikšmės  $r_{em}$ );  
 $r_{ei}$  – bandinio  $i$  eksperimentinis atsparumas;  
 $r_{em}$  – vidutinė eksperimentinio atsparumo reikšmė;  
 $r_k$  – charakteristinė atsparumo reikšmė;  
 $r_m$  – atsparumo reikšmė, apskaičiuota iš vidutinių pagrindinių kintamųjų reikšmių  $\underline{X}_m$ ;  
 $r_n$  – nominalioji atsparumo reikšmė;  
 $r_t$  – teorinis atsparumas, nustatytas pagal atsparumo funkciją  $g_{\pi}(\underline{X})$ ;  
 $r_{ti}$  – teorinis atsparumas, nustatytas naudojantis bandinio  $i$  išmatuotais parametrais  $\underline{X}$ ;  
 $s$  – įvertintoji standartinio nuokrypio reikšmė;  
 $s_\Delta$  – įvertintoji  $\sigma_\Delta$  reikšmė;  
 $s_\delta$  – įvertintoji  $\sigma_\delta$  reikšmė;  
 $\Phi$  – standartinio normaliojo skirstinio integralinė pasiskirstymo funkcija;  
 $\Delta$  – paklaidos nario  $\delta$  logaritmas [ $\Delta_i = \ln(\delta_i)$ ];  
 $\bar{\Delta}$  – įvertintoji  $E(\Delta)$  reikšmė;  
 $\alpha_E$  – FORM (pirmosios eilės patikimumo metodo) poveikių efektų jautrumo koeficientas;  
 $\alpha_R$  – FORM (pirmosios eilės patikimumo metodo) atsparumų jautrumo koeficientas;  
 $\beta$  – patikimumo indeksas;  
 $\gamma_M^*$  – patikslintas atsparumų dalinis koeficientas [ $\gamma_M^* = r_n / r_d$ , taigi,  $\gamma_M^* = k_c \gamma_M$ ];  
 $\delta$  – paklaidos narys;  
 $\delta_i$  – išmatuotas  $i$  pavyzdžio bandymo paklaidos narys, gautas palyginus eksperimentinį atsparumą  $r_{ei}$  ir patikslintą teorinį atsparumą  $br_{ti}$ ;

$\eta_d$  – galimo perėjimo koeficiento skaičiuotinė reikšmė (tol, kol jis nepriimtas nustatant atsparumo dalinį koeficientą  $\gamma_M$ );

$\sigma$  – standartinis nuokrypis ( $\sigma = \sqrt{\text{dispersija}}$ );

$\sigma_\Delta^2$  –  $\Delta$  nario dispersija.

## II. BANDYMŲ TIPAI

2. Bandymai skirstomi į šiuos tipus:

2.1. bandymai, skirti tiesiogiai nustatyti konstrukcijų arba konstrukcinių elementų atsparumo ribą arba naudojimo savybes, esant pateiktoms apkrovimo sąlygoms. Tokius bandymus galima atlikti, pavyzdžiui, nuovargio arba smūginėmis apkrovomis;

2.2. bandymai tam tikroms medžiagų savybėms nustatyti naudojant apibūdintas bandymo procedūras, pavyzdžiui, grunto bandymas statybos aikštelėje arba laboratorijoje, arba naujų medžiagų bandymas;

2.3. bandymai apkrovų arba įrašų modeliuose taikomų parametrų neapibrėžtumams sumažinti; pavyzdžiui, vėjo tunelių bandymai arba bandymai bangų ar svorių poveikiams nustatyti;

2.4. bandymai atsparumo modeliuose taikomų parametrų neapibrėžtumams mažinti; pavyzdžiui, bandant konstrukcinius elementus arba konstrukcinių elementų rinkinius (pvz., stogo arba perdangos konstrukcijoje);

2.5. kontroliniai bandymai tiekiamų gaminių kokybei arba gamybos charakteristikų darnai patikrinti; pavyzdžiui, lynų tiltams bandymas arba betono kubų bandymas;

2.6. bandymai, vykdomi atlikimo metu, kad būtų gauta reikiamos informacijos apie atlikimo dalį; pavyzdžiui, polių atsparumo bandymas arba lyne veikiančių jėgų nustatymas atlikimo metu;

2.7. kontroliniai bandymai realios konstrukcijos arba laikančiųjų elementų elgsenai patikrinti po užbaigimo, pvz., tampriojo įlinkio, vibravimo dažnio ir gesimo nustatymas.

3. Vykdam 2.1–2.4 tipų bandymus, kai tik praktiškai įmanoma, reikia nustatyti skaičiuotines reikšmes iš bandymo duomenų, taikant statistinius metodus (žr. šio priedo IV–VII skyrius).

4. 2.5–2.7 tipų bandymai traktuotini kaip priėmimo bandymai, jeigu projektavimo metu nedisponuojama jokiais bandymo rezultatais. Projektinės reikšmės turi būti konservatyvūs įverčiai, kurie turėtų vėlesnėje stadijoje tenkinti priėmimo kriterijus.

## III. BANDYMŲ PLANAVIMAS

5. Prieš bandymus jų planą reikia suderinti su bandančiąja organizacija. Plane reikia nurodyti bandymo tikslus ir visas reikalingas sąlygas bandiniams atrinkti arba gaminti, bandymams atlikti ir jiems įvertinti. Bandymo plane nurodoma:

5.1. tikslai ir apimtis;

5.2. numatomi bandymo duomenys;

5.3. bandymo pavyzdžių ir imčių apibūdinimas;

5.4. apkrovimo apibūdinimas;

5.5. bandymo įranga;

5.6. matavimai;

5.7. bandymo duomenų įvertinimas ir pateikimas.

6. *Tikslai ir apimtis*. Bandymų tikslus reikia aiškiai išdėstyti, pvz., reikalingos savybės, tam tikrų skaičiuotinių parametrų, kintančių bandymų metu, įtaka ir galiojimo sritis. Reikia apibūdinti bandymo apribojimus ir reikalingus perėjimus (pvz., mastelio veiksniais).

7. *Numatomi bandymo duomenys*. Reikia atsižvelgti į visas aplinkybes, kurios gali turėti įtakos numatytiems bandymo duomenims, įskaitant:

7.1. geometrijos rodiklius ir jų kintamumą;

7.2. formos netobulumus;

7.3. medžiagų savybes;

7.4. veiksnis, turinčius įtakos gamybos ir atlikimo procedūroms;

7.5. aplinkos sąlygų, mastelio veiksnius atsižvelgiant, jeigu reikia, į bet koki eiliškumą.

8. Reikia aprašyti numatytus irimo pavidalus ir(arba) skaičiavimo modelius kartu su atitinkamais kintamaisiais. Jeigu yra didelių abejonių dėl galimų irimo pavidalų, bandymų planą reikia taip sudaryti, kad kartu būtų atliekami pilotiniai (pagalbiniai) bandymai.

Pastaba:

✓ laikantysis elementas gali suirti daugeliu iš esmės skirtingų pavidalų.

9. *Bandymo pavyzdžių ir imčių apibūdinimas*. Bandomuosius pavyzdžius reikia apibūdinti arba juos gauti iš imčių taip, kad atspindėtų tikrosios konstrukcijos sąlygos. Reikia atsižvelgti į tokius veiksnius:

9.1. matmenis ir tolerancijas;

9.2. prototipų medžiagą ir gamybą;

9.3. bandinių kiekį;

9.4. imčių ėmimo tvarką;

9.5. apribojimus.

10. Imčių paėmimo tvarka turi būti tokia, kad būtų gaunama reprezentatyvi statistiniu požiūriu imtis. Reikia atkreipti dėmesį į bet koki skirtumą tarp bandymo pavyzdžių ir gaminių generalinės aibės, kuris galėtų turėti įtakos bandymo rezultatams.

11. *Apkrovimo apibūdinimas*. Reikia apibūdinti šias bandomojo apkrovimo ir aplinkos sąlygas:

11.1. apkrovimo taškus;

11.2. apkrovimo tvarką;

11.3. apribojimus;

11.4. santykinę drėgmę;

11.5. kaip apkrovimas vykdomas, pvz., kontroliuojant deformaciją arba jėgą ir t. t.

12. Apkrovimo tvarką reikia pasirinkti tokia, kad atitiktų laikančiojo elemento naudojimą tiek normaliomis, tiek ir nepalankiomis sąlygomis. Kai reikia, būtina atsižvelgti į konstrukcijos reakcijos ir įrangos apkrovai pridėti sąveikas.

13. Jeigu konstrukcijos elgsena priklauso nuo vieno arba daugiau poveikių efektų, kurie keisis nesistemiškai, šiuos efektus reikia apibūdinti jų reprezentacinėmis reikšmėmis.

14. *Bandymo įranga*. Bandymo įranga turi atitikti bandymų pobūdį ir matavimų diapazoną. Itin daug dėmesio reikia skirti priemonėms, užtikrinančioms pakankamą apkrovimo ir atramų įtaisų stiprumą ir standumą, įlinkių prošvaisas ir kt.

15. *Matavimai*. Prieš bandymą reikia surašyti visas kiekvienam bandiniui reikalingas matuoti savybes. Papildomai reikia sudaryti sąrašą:

15.1. matavimo vietų;

15.2. duomenų fiksavimo procedūrų, įskaitant (jei reikia):

15.2.1. persislinkimų kitimą laiko atžvilgiu;

15.2.2. greičius;

15.2.3. pagreičius;

15.2.4. santykinės deformacijos;

15.2.5. jėgas ir slėgius;

15.2.6. reikalingą dažnį;

15.2.7. matavimo tikslumą;

15.2.8. tinkamus matavimo prietaisus.

16. *Bandymų įvertinimas ir ataskaitos*. Dėl konkrečių nurodymų – žr. šio priedo tolesnius skyrius. Ataskaitose reikia nurodyti visus standartus, kuriais vadovautasi atliekant bandymus.

#### IV. SKAIČIUOTINIŲ REIKŠMIŲ NUSTATYMAS

17. Iš bandymų galima nustatyti medžiagos savybes, modelio parametro arba atsparumo skaičiuotines reikšmes vienu iš toliau nurodytų būdų:

17.1. nustatoma charakteristinė reikšmė, kuri dalijama iš dalinio koeficiento ir dauginama, jeigu reikia, iš tiesiogiai apibrėžto konversijos koeficiento (žr. 26 ir 29 p. p.);

17.2. tiesiogiai nustatoma skaičiuotinė reikšmė, numanomai arba apibrėžtai, atsižvelgiant į rezultatų konversiją ir reikalingą suminį patikimumą (žr. 27 ir 30 p. p.).

Pastaba:

✓ 17.1. metodui teikiamas pirmumas, jeigu dalinis koeficientas nustatomas pagal įprastą projektavimo tvarką (žr. šio priedo 19 p.).

18. Nustatant charakteristinę reikšmę bandymais (17.1 p. metodas), reikia atsižvelgti į:

18.1. bandymo duomenų sklaidą;

18.2. statistinį neapibrėžtumą, susijusį su bandymų kiekiu;

18.3. išankstinę statistinę informaciją.

19. Dalinį koeficientą, taikomą charakteristinei reikšmei, reikia imti iš reikiamo Eurokodo, jeigu bandymai ir įprastinių skaitmeninių tikrinimų taikant dalinį koeficientą sritys yra pakankamai panašios.

20. Jeigu konstrukcijos arba konstrukcinio elemento reakcija, arba medžiagos atsparumas priklauso nuo įtakų, kurios bandymuose netiriamos, tokių kaip:

20.1. laiko ir trukmės efektai;

20.2. mastelio ir dydžio efektai;

20.3. skirtingos aplinkos, apkrovimo ir kontūro sąlygos;

20.4. atsparumo efektai,

tai skaičiavimo modelyje šias įtakas reikia tinkamai įvertinti.

21. Tam tikrais atvejais, kai nustatant skaičiuotines reikšmes taikomas 17.2 metodas, reikia atsižvelgti į:

21.1. tinkamus ribinius būvius;

21.2. reikiamą patikimumo lygį;

21.3. suderinamumą su atsparumo atsargos išraiškos poveikių pusės prielaidomis;

21.4. skaičiuotinę naudojimo trukmę (kai reikia);

21.5. išankstines žinias apie panašius atvejus.

Pastaba:

✓ daugiau informacijos galima rasti šio priedo V–VII skyriuose.

## V. STATISTINIŲ ĮVERTINIMŲ BENDRIEJI PRINCIPAI

22. Vertinant bandymų rezultatus, bandinių suirimo būdus reikia lyginti su numatytais pagal teoriją. Kai gaunami dideli nukrypimai nuo numatytų, reikia ieškoti paaiškinimų: dėl to gali prireikti papildomo bandymo (galbūt skirtingomis sąlygomis) arba pakeisti teorinį modelį.

23. Bandymo duomenų įvertinimą reikia grįsti statistiniais metodais taikant turimą (statistinę) informaciją dėl taikytino skirstinio tipo ir su juo susietais parametrais. Šiame priede pateiktus metodus galima taikyti tik tuo atveju, kai yra tenkinamos šios sąlygos:

23.1. statistiniai duomenys (įskaitant iš anksto žinomą informaciją) yra įvardyti iš aibių, kurios yra pakankamai vienodos;

23.2. turimas stebėjimų kiekis yra pakankamas.

Pastaba:

✓ bandymo duomenų interpretavimo lygio požiūriu reikia skirti tokias pagrindines tris kategorijas:

– kai atliekamas tik vienas bandymas (arba labai mažai bandymų), neįmanomas joks klasikinis statistinis interpretavimas; tik naudojant išsamią išankstinę informaciją, susijusią su šios informacijos ir bandymo duomenų santykinio svarbos laipsnių hipoteze, įmanoma interpretaciją pateikti kaip statistinę;

– jeigu atliekama didesnė bandymų serija parametrai įvertinti, yra galima klasikinė statistinė interpretacija; dažniau pasitaikantys atvejai yra išnagrinėti pavyzdžiais šio priedo VI skyriuje; šiai interpretacijai vis dėlto reikia apie parametrai išankstinės informacijos, tačiau paprastai mažesnės lyginant su ankstesniu atveju;

– kai atliekamos bandymų serijos, skirtos modeliui (kaip funkcijai) ir vienam arba daugiau susijusių parametrų nustatyti, galima taikyti klasikinę statistinę interpretavimą.

24. Bandymo vertinimo duomenys galioja tik apibūdintoms sąlygoms ir apkrovos charakteristikoms, nagrinėtoms bandymuose. Jeigu duomenis reikia ekstrapoliuoti kitiems skaičiuotiniams parametrams ir apkrovimui, reikia panaudoti papildomą ankstesnių bandymų informaciją arba pagrįsti teoriškai.

## VI. VIENOS SAVYBĖS STATISTINIS NUSTATYMAS

### 25. Bendrosios nuostatos.

25.1. Šiame skirsnyje pateikiamos darbinės išraiškos vienai skaičiuotinei reikšmei (pavyzdžiui, stiprumui) nustatyti iš šio priedo 2.1 ir 2.2 p. p. nurodytų tipų bandymų, kai taikomi 17.1 ir 17.2 p. p. nurodyti vertinimo metodai.

Pastaba:

✓ čia pateiktomis išraiškomis, kuriose taikomos Baijes'o procedūros su „plačiais“ išankstiniais skirstiniais, gaunami beveik tokie patys rezultatai kaip ir klasikiniiais statistiniais metodais esant 0,75 dydžio pasiklivimo lygiui.

25.2. Viena savybė  $X$  gali būti:

25.2.1. gaminio atsparumas;

25.2.2. savybė, turinti įtakos gaminio atsparumui.

25.3. 25.2.1 p. atveju 26 ir 27 p. p. procedūrą galima tiesiogiai taikyti charakteristinei, skaičiuotinei arba dalinio koeficiento reikšmėms nustatyti.

25.4. 25.2.2. p. atveju reikia nepamiršti, kad skaičiuotinė atsparumo reikšmė taip pat turi aprėpti:

25.4.1. kitų savybių efektus;

25.4.2. modelio neapibrėžtumus;

25.4.3. kitus efektus (mastelį, tūrį ir kt.).

25.5. Šio priedo 1 ir 2 lentelės ir išraiškos pagrįstos tokiomis prielaidomis:

25.5.1. visi kintamieji pasiskirstę normaliuoju arba logaritmiškai normaliuoju skirstiniais;

25.5.2. nieko iš anksto nežinoma apie vidurkio reikšmę;

25.5.3. „ $V_X$  nežinomas“ atveju iš anksto nieko nežinoma apie variacijos koeficientą;

25.5.4. „ $V_X$  žinomas“ atveju yra išsami informacija apie variacijos koeficientą.

Pastaba:

✓ lognormalųjį skirstinį taikyti tam tikriems kintamiesiems yra pranašu tuo, kad yra negalimos neigiamos reikšmės, pavyzdžiui, geometrinių ir atsparumo kintamųjų.

25.6. Praktiškai dažnai yra geriau taikyti atvejį „ $V_X$  žinomas“ kartu su konservatyviu viršutiniu  $V_X$  įverčiu, negu naudotis atvejo „ $V_X$  nežinomas“ taisyklėmis. Juo labiau  $V_X$ , kai jis nežinomas, turi būti imamas ne mažesnis kaip 0,10.

26. Vertinimas per charakteristinę reikšmę:

26.1. Skaičiuotinė savybės  $X$  reikšmė nustatoma pagal formulę:

$$X_d = \eta_d \frac{X_{k(n)}}{\gamma_m} = \frac{\eta_d}{\gamma_m} m_X \{1 - k_n V_X\}; \quad (1)$$

čia:  $\eta_d$  – skaičiuotinė konversijos koeficiento reikšmė.

Pastaba:

✓ tinkamo konversijos koeficiento nustatymas labai priklauso nuo bandymo tipo ir medžiagų tipo;

$k_n$  reikšmę galima imti iš 1 lentelės.

26.2. Taikant 1 lentelę, reikia nagrinėti vieną iš dviejų toliau pateiktų atvejų.

26.2.1. Taikoma „ $V_X$  žinomas“ eilutė, jeigu iš anksto žinomas variacijos koeficientas  $V_X$  arba jo reali viršutinė riba.

Pastaba:

- ✓ išankstinę informaciją galima gauti iš ankstesnių bandymų panašiomis sąlygomis įvertinimo; ką reiškia „panašios“, reikia spręsti pasitelkus inžinerinę nuovoką (žr. šio priedo 25.5 p.).

26.2.2. eilutę „ $V_X$  nežinomas“ reikia taikyti, jeigu variacijos koeficientas yra nežinomas iš anksto ir todėl jį reikia apskaičiuoti iš imties:

$$s_X^2 = \frac{1}{n-1} \sum (X_i - m_X)^2 ; \quad (2)$$

$$V_X = s_X / m_X . \quad (3)$$

26.3. Dalinį koeficientą  $\gamma_m$  reikia parinkti atsižvelgiant į bandymo duomenų taikymo sritį.

1 lentelė

**$k_n$  reikšmės, naudojamos 5% charakteristinei reikšmei  $X_k$  nustatyti**

$n$	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	$\infty$
$V_X$ žinomas	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
$V_X$ nežinomas	-	-	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

Pastabos:

- ✓ ši lentelė sudaryta normaliajam skirstiniui;
- ✓ taikant lognormalųjį skirstinį, (1) išraiška tampa tokia:

$$X_d = \frac{\eta_d}{\gamma_m} \exp[m_y - k_n s_y] ;$$

čia:

$$m_y = \frac{1}{n} \sum \ln(x_i) .$$

Jeigu  $V_X$  yra žinomas iš anksto, tada

$$s_y = \sqrt{\ln(V_X^2 - 1)} \approx V_X .$$

Jeigu  $V_X$  yra nežinomas iš anksto, tada

$$s_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (\ln x_i - m_y)^2} .$$

27. Saugos ribinių būvių skaičiuotinės reikšmės tiesioginis nustatymas.

27.1. Dydis  $X$  skaičiuotinė reikšmė  $X_d$  nustatoma pagal išraišką:

$$X_d = \eta_d m_X \{1 - k_{d,n} V_X\} . \quad (4)$$

Šiuo atveju koeficientu  $\eta_d$  reikia įvertinti visus neapibrėžtumus, į kuriuos nebuvo atsižvelgta bandymuose.

27.2.  $k_{d,n}$  reikia imti iš šio priedo 2 lentelės.

2 lentelė

**$k_{d,n}$  reikšmės naudojamos saugos ribinių būvių skaičiuotinei reikšmei  $X_d$  nustatyti**

n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	$\infty$
$V_X$ žinomas	4,36	3,77	3,56	3,44	3,37	3,33	3,27	3,23	3,16	3,13	3,04
$V_X$ nežinomas	-	-	-	11,40	7,85	6,36	5,07	4,51	3,64	3,44	3,04

Pastabos:

- ✓ ši lentelė yra pagrįsta prielaida, kad skaičiuotinė reikšmė atitinka sandaugą  $\alpha_R \beta = 0,8 \times 3,8 = 3,04$  (žr. Reglamento 4 priedą) ir kad  $X$  yra pasiskirstęs pagal normalųjį dėsnį (gaunama maždaug 0,1% tikimybė atsirasti mažesnei reikšmei);
- ✓ kai skirstinys yra lognormalus, išraiška tampa tokia:

$$X_d = \eta_d \exp[m_y - k_{d,n} s_y].$$

## VII. STATISTINIS ATSPARUMO MODELIŲ NUSTATYMAS

### 28. Bendrosios nuostatos.

28.1. Šio skyriaus svarbiausia paskirtis yra procedūrų (metodų) atsparumo modeliams kalibruoti apibrėžimas ir skaičiuotinių reikšmių nustatymas iš 2.4) tipo bandymų (žr. šio priedo 2 p.). Gali būti panaudota ir ankstesnė informacija (žinios arba prielaidos).

28.2. Remiantis tikrąja bandinio reakcija bandymų metu ir teoriniais samprotavimais, reikia sukurti „skaičiuotinį modelį“, pagal kurį nustatoma atsparumo funkcija. Šio modelio tinkamumą reikia patikrinti visais turimais statistiniais duomenimis. Jeigu reikia, skaičiuotinis modelis koreguojamas, kol pasiekama pakankama teorinių reikšmių ir bandymo duomenų koreliacija.

28.3. Taip pat reikia nustatyti reikšmių, gaunamų pagal skaičiuotinį modelį, skirtumą nuo reikšmių nustatytų bandymais. Šį nuokrypį reikia sieti su kitų atsparumo funkcijos kintamųjų nuokrypiais, kad būtų gauta visos paklaidos charakteristika. Prie tokių kitų kintamųjų priklauso:

28.3.1. medžiagų atsparumo ir standumo reikšmių dispersija;

28.3.2. geometrijos rodiklių reikšmių dispersija.

28.4. Charakteristinę atsparumą reikia nustatyti atsižvelgiant į visų kintamųjų dispersijas.

28.5. Standartinės vertinimo procedūros du metodai pateikiami šio priedo 29 ir 30 p. p. Papildomai 30 p. yra pateikti kai kurie galimi supaprastinimai.

28.6. Šie metodai yra pateikti kaip diskretiniai žingsniai ir yra priimtose ir paaiškintos kai kurios prielaidos apie bandymų generalinę aibę. Šias prielaidas reikia vertinti tik kaip rekomendacijas kai kuriems paprastesniems atvejams.

29. Standartinė vertinimo procedūra (a metodas).

29.1. Bendrosios nuostatos:

29.1.1. standartinė vertinimo procedūra remiasi tokiomis prielaidomis:

29.1.1.1. atsparumo funkcija yra kelių kintamųjų  $X$  funkcija;

29.1.1.2. yra pakankamas bandymo duomenų kiekis;

29.1.1.3. yra išmatuoti visi reikiami geometrijos ir medžiagų savybių rodikliai;

29.1.1.4. tarp atsparumo funkcijos kintamųjų nėra koreliacijos (statistinės priklausomybės);

29.1.1.5. visi kintamieji pasiskirstę pagal normalųjį arba logaritmiškai normalųjį dėsnius.

Pastaba:

- ✓ lognormalaus skirstinio kintamiesiems taikymas turi tą privalumą, kad yra negalimos jų neigiamos reikšmės;

29.1.2. a metodo standartinė procedūra susideda iš septynių žingsnių, pateiktų šio priedo 29.2.1–29.2.7 p. p.

29.2. Standartinė procedūra.

29.2.1. Žingsnis 1. Skaičiuotinio modelio sukūrimas:

29.2.1.1. sukuriamas nagrinėjamo elemento ar konstrukcinės detalės skaičiuotinio atsparumo  $r_t$  skaičiuotinis modelis, išreikštas atsparumo funkcija:

$$r_t = g_n(\underline{X}); \quad (5)$$

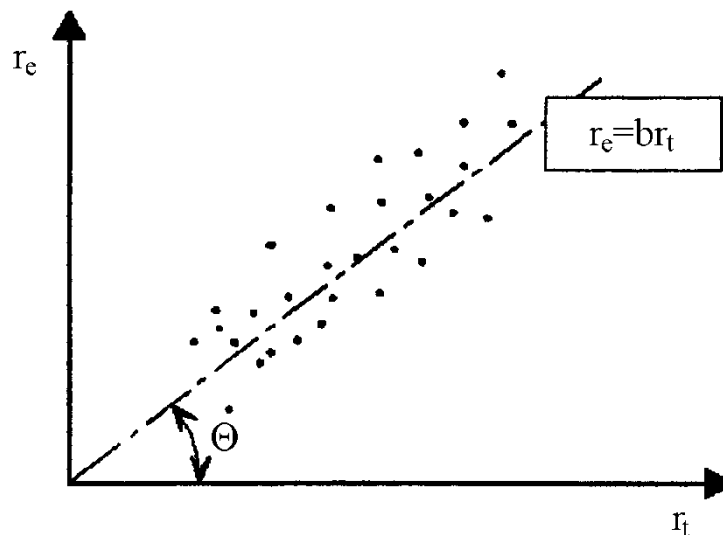
29.2.1.2. atsparumo funkcija turi visus reikiamus pagrindinius kintamuosius  $\underline{X}$ , kurie turi įtakos nagrinėjamo ribinio būvio atsparumui;

29.2.1.3. visus pagrindinius kintamuosius reikia matuoti kiekvienam bandiniui  $i$  (29.1.1.3 p. p. prielaida), ir turi būti įmanoma juos visus naudoti vertinant.

29.2.2. Žingsnis 2. Eksperimentinių ir teorinių reikšmių lyginimas:

29.2.2.1. tikrosios išmatuotos savybės įrašomos į atsparumo funkciją, kad taip būtų gautas teorinių reikšmių  $r_t$  palyginimas su eksperimentinėmis reikšmėmis  $r_{ei}$  (bandymų duomenims);

29.2.2.2. taškai, atitinkantys reikšmių poras ( $r_{ti}$ ,  $r_{ei}$ ) yra vaizduojami diagramoje, kaip parodyta 1 paveiksle:



1 pav.  $r_e - r_t$  diagrama

29.2.2.3. jeigu atsparumo funkcija yra tiksli ir užbaigta, tai visi taškai bus tiesėje  $\Theta = \pi/4$ . Praktiškai taškai bus šiek tiek išsisklaidę, tačiau bet kokius sisteminius nuokrypius nuo šios tiesės reikia ištirti, kad būtų patikrinta, ar tai yra bandymo procedūros, ar atsparumo funkcijos klaidos.

29.2.3. Žingsnis 3. Korekcijos koeficiento  $b$  reikšmės įvertinimas:

29.2.3.1. tikimybinius atsparumo  $r$  modelis pateikiamas forma:

$$r = b r_t \delta; \quad (6)$$

čia  $b$  – „mažiausi kvadratai“, geriausiai tinkantys D1 paveikslo nuolydžiui, išreikštam formule:

$$b = \frac{\sum r_e r_t}{\sum r_t^2}; \quad (7)$$



29.2.3.2. teorinio atsparumo (funkcijos) vidutinę reikšmę, apskaičiuotą naudojant pagrindinių kintamųjų vidutinės reikšmės  $\underline{X}_m$ , galima nustatyti pagal formulę:

$$r_m = b r_t(\underline{X}_m) \delta = b g_{rt}(\underline{X}_m) \delta; \quad (8)$$

29.2.4. Žingsnis 4. Paklaidų variacijos koeficiento įvertinimas:

29.2.4.1. kiekvienos eksperimentinės reikšmės  $r_{ei}$  paklaida  $\delta_i$  nustatoma taikant (9) išraišką:

$$\delta_i = \frac{r_{ei}}{b r_{ti}}; \quad (9)$$

29.2.4.2. naudojant  $\delta_i$  reikšmes įvertinamoji  $V_\delta$  reikšmė nustatoma apskaičiuojant:

$$\Delta_i = \ln(\delta_i); \quad (10)$$

29.2.4.3.  $E(\Delta)$  reikšmė  $\bar{\Delta}$  nustatoma:

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i; \quad (11)$$

29.2.4.4. įvertinant  $\delta_\Delta^2$ , reikšmė  $s_\Delta^2$  nustatoma:

$$s_\Delta^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2; \quad (12)$$

29.2.4.5. nustatomas paklaidų  $\delta_i$  variacijos koeficientas  $V_\delta$ :

$$V_\delta = \sqrt{\exp(s_\Delta^2) - 1}. \quad (13)$$

29.2.5. Žingsnis 5. Darnos analizė:

29.2.5.1. reikia atlikti bandymo aibės ir atsparumo funkcijos prielaidų darnos analizę;

29.2.5.2. jeigu ( $r_{ei}$ ,  $r_{ti}$ ) reikšmių sklaida yra per didelė ekonomiškoms skaičiuotinėms atsparumo funkcijoms gauti, šią sklaidą galima sumažinti vienu iš tokių būdų:

29.2.5.2.1. koreguojant skaičiavimo modelį, kad būtų atsižvelgta į parametrus, kurių anksčiau buvo nepaisoma;

29.2.5.2.2.  $b$  ir  $V_\delta$  modifikavimas dalijant visą bandymų aibę į poaibes, kuriose šių papildomų parametrų įtaką galima laikyti vienoda;

29.2.5.3. parametrus, turinčius didžiausios įtakos sklaidai, galima nustatyti bandymų rezultatus dalijant į poaibes šių parametrų atžvilgiu;

Pastaba:

- ✓ tikslas yra pagerinti poaibės atsparumo funkciją analizuojant kiekvieną poaibę pagal standartines procedūras. Bandymo rezultatų sudalijimo trūkumas yra tas, kad bandymo rezultatų skaičius kiekvienoje poaibėje gali būti labai mažas;

29.2.5.4. nustatant fraktilių koeficientus  $k_n$  (žr. 7 žingsnį), poabių  $k_n$  reikšmę galima nustatyti remiantis pradinės serijos suminiu bandymų skaičiumi;

Pastaba:

- ✓ atkreipiamas dėmesys į faktą, kad atsparumo skirsnio dažnį galima geriau aprašyti bimodالية arba daugiamodالية funkcija. Galima naudoti tam tikrus artėjimo būdus šioms funkcijoms transformuoti į vienaviršūninį skirstinį.

29.2.6. Žingsnis 6. Pagrindinių kintamųjų variacijos koeficientų  $V_{xi}$  nustatymas. Jeigu galima parodyti, kad bandymų aibė visiškai reprezentuoja realų kitimą, tai atsparumo funkcijos pagrindinių kintamųjų variacijos koeficientus  $V_{xi}$  galima nustatyti pagal bandymo duomenis. Tačiau taip dažniausiai nebūna, todėl paprastai variacijos koeficientus  $V_{xi}$  reikia nustatyti pagal kai kurias išankstines žinias.

29.2.7. Žingsnis 7. Charakteristinės atsparumo reikšmės  $r_k$  nustatymas:

29.2.7.1. jeigu  $j$  pagrindinių kintamųjų atsparumo funkcija yra sandaugos funkcija, kurios pavidalas:

$$r = b r_i \delta = b \{X_1 \times X_2 \dots X_j\} \delta,$$

tai vidutinė  $E(r)$  reikšmė nustatoma taikant išraišką:

$$E(r) = b \{E(X_1) \times E(X_2) \dots E(X_j)\} = b g_{rt}(\underline{X}_m), \quad (14a)$$

o variacijos koeficientas  $V_r$  nustatomas pagal sandaugos funkciją

$$V_r^2 = (V_\delta^2 + 1) \left[ \prod_{i=1}^j (V_{xi}^2 + 1) \right] - 1. \quad (14b)$$

29.2.7.2. esant mažoms  $V_\delta^2$  ir  $V_{xi}^2$  reikšmėms, kaip alternatyvą galima panaudoti tokį artėjimą  $V_r$  nustatyti:

$$V_r^2 = V_\delta^2 + V_{rt}^2, \quad (15a)$$

čia

$$V_{rt}^2 = \sum_{i=1}^j V_{xi}^2; \quad (15b)$$

29.2.7.3. jeigu atsparumo funkcija yra sudėtingesnė, t. y. tokio pavidalo

$$r = b r_i \delta = b g_{rt}(X_1, \dots, X_j) \delta,$$

tai vidutinė  $E(r)$  reikšmė:

$$E(r) = b g_{rt}(E(X_1), \dots, E(X_j)) = b g_{rt}(\underline{X}_m), \quad (16a)$$

o variacijos koeficientas  $V_{rt}$ :

$$V_{rt}^2 = \frac{VAR[g_{rt}(\underline{X})]}{g_{rt}^2(\underline{X}_m)} \approx \frac{1}{g_{rt}^2(\underline{X}_m)} \times \sum_{i=1}^j \left( \frac{\partial g_{rt}}{\partial X_i} \partial_i \right)^2; \quad (16b)$$

29.2.7.4. jeigu bandymų skaičius yra ribotas (tarkime,  $n < 100$ ), reikia įvertinti  $\Delta$  skirstinio statistinius neapibrėžtumus. Skirstinį reikia nagrinėti kaip centrinį  $t$  skirstinį su parametrais  $\bar{\Delta}$ ,  $V_\Delta$  ir  $n$ ;

29.2.7.5. šiuo atveju charakteristinis atsparumas  $r_k$  apskaičiuojamas pagal išraišką:

$$r_k = b g_{rt}(\underline{X}_m) \exp(-k_\infty \alpha_{rt} Q_{rt} - k_n \alpha_\delta Q_\delta - 0,5 Q^2); \quad (17)$$

čia:

$$Q_{rt} = \sigma_{\ln(rt)} = \sqrt{\ln(V_{rt}^2 + 1)}; \quad (18a)$$

$$Q_\delta = \sigma_{\ln(\delta)} = \sqrt{\ln(V_\delta^2 + 1)}; \quad (18b)$$

$$Q = \sigma_{\ln(r)} = \sqrt{\ln(V_r^2 + 1)}; \quad (18c)$$

$$\alpha_{rt} = \frac{Q_{rt}}{Q}; \quad (19a)$$

$$\alpha_\delta = \frac{Q_\delta}{Q}; \quad (19b)$$

$k_n$  – charakteristinis fraktilio koeficientas iš D1 lentelės „ $V_X$  nežinomas“ atvejui;

$k_\infty - k_n$  reikšmė, kai  $n \rightarrow \infty$  ( $k_\infty = 1,64$ );

$\alpha_{rt} - Q_{rt}$  svorinis koeficientas;

$\alpha_\delta - Q_\delta$  svorinis koeficientas.

Pastaba:

✓  $V_\delta$  reikšmė nustatoma iš nagrinėjamos bandymo imties;

29.2.7.6. jeigu turimų bandymų kiekis yra didelis ( $n \geq 100$ ), tada charakteristinis atsparumas:

$$r_k = b g_{rt}(\underline{X}_m) \exp(-k_\infty Q - 0,5 Q^2). \quad (20)$$

### 30. Standartinė vertinimo procedūra (b metodas).

30.1. Šiuo atveju procedūra yra tokia pat, kaip ir 29.2 p., išskyrus tai, kad žingsnyje 7 charakteristinio fraktilio koeficientas  $k_n$  yra pakeistas skaičiuotiniu fraktilio koeficientu  $k_{d,n}$ , lygiu  $\alpha_R \beta$  sandaugai, ir paprastai vertinamai dydžiu  $0,8 \times 3,8 = 3,04$  (žr. Reglamento 4 priedą), kad būtų gauta skaičiuotinė atsparumo reikšmė  $r_d$ .

30.2. Ribotam bandymų kiekiui projektinė reikšmė  $r_d$  nustatoma pagal išraišką:

$$r_d = b g_{rt}(\underline{X}_m) \exp(-k_{d,\infty} \alpha_{rt} Q_{rt} - k_{d,n} \alpha_\delta Q_\delta - 0,5 Q^2); \quad (21)$$

čia:

$k_{d,n}$  – projektinis fraktilio koeficientas iš 2 lentelės atvejo „ $V_X$  nežinomas“;

$k_{d,\infty} - k_{d,n}$  reikšmė, kai  $n \rightarrow \infty$  ( $k_{d,\infty} = 3,04$ ).

Pastaba:

✓  $V_\delta$  reikšmė nustatoma iš nagrinėjamos bandymo imties.

30.3. Dideliam bandymų kiekiui skaičiuotinę  $r_d$  reikšmę galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$r_d = b g_{rt}(\underline{X}_m) \exp(-k_{d,\infty} Q - 0,5 Q^2). \quad (22)$$

31. Išankstinės informacijos naudojimas:

31.1. jeigu atsparumo funkcijos  $r_t$  pagrįstumas ir variacijos koeficiento  $V_r$  viršutinis režis (konservatyvus įvertis) jau yra žinomi iš reikšmingo kiekio ankstesnių bandymų, atliekant tolimesnius bandymus galima naudoti toliau aprašytą supaprastintą procedūrą;

31.2. jeigu atliekamas tik vienas tolesnis bandymas, charakteringąją reikšmę  $r_k$  galima nustatyti iš šio bandymo duomens  $r_e$  pagal formulę:

$$r_k = \eta_k r_e; \quad (23)$$

čia:

$\eta_k$  – konversijos koeficientas, taikomas išankstinės informacijos atveju, kuris apskaičiuojamas pagal išraišką

$$\eta_k = 0,9 \exp(-2,31V_r - 0,5V_r^2); \quad (24)$$

$V_r$  – pagal ankstesnius bandymus nustatytas maksimalus variacijos koeficientas;

31.3. jeigu atliekami du arba trys tolesni bandymai, tai charakteristinę reikšmę  $r_k$  galima nustatyti iš bandymų rezultatų vidurkio  $r_{em}$  pagal formulę:

$$r_k = \eta_k r_{em}; \quad (25)$$

čia:

$\eta_k$  – taikomas išankstinei informacijai konversijos koeficientas:

$$\eta_k = \exp(-2,0V_r - 0,5V_r^2); \quad (26)$$

$V_r$  – pagal ankstesnius bandymus nustatytas maksimalus variacijos koeficientas, jeigu kiekviena ekstremalioji (minimalioji ar maksimalioji) reikšmė  $r_{ee}$  tenkina sąlygą:

$$|r_{ee} - r_{em}| \leq 0,10r_{em}; \quad (27)$$

31.4. variacijos koeficiento  $V_r$  reikšmės, pateiktas 3 lentelėje, galima taikyti apibūdintiems suirimo būdams, pagal kuriuos gaunamos pateiktos  $\eta_k$  reikšmės pagal (24) ir (26) išraiškas.

3 lentelė

#### Konversijos koeficientas $\eta_k$

Variacijos koeficientas $V_r$	Konversijos koeficientas $\eta_k$	
	1 bandymas	2 arba 3 bandymai
0,05	0,80	0,90
0,11	0,70	0,80
0,17	0,60	0,70

#### Pakeitimai:

1. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, Įsakymas

Nr. [D1-516](#), 2013-07-12, Žin., 2013, Nr. 77-3893 (2013-07-18), i. k. 113301MISAK00D1-516

Dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2003 m. gegužės 15 d. įsakymo Nr. 231 "Dėl statybos techninio reglamento STR 2.05.03:2003 "Statybinių konstrukcijų projektavimo pagrindai" patvirtinimo" pakeitimo