

LR APLINKOS MINISTERIJA
VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

**APKROVŲ IR POVEIKIŲ
SKAIČIAVIMO PAGAL DARNIUOSIUS
EUROPOS STANDARTUS, PERIMTUS
LIETUVOS STANDARTAIS,
PRAKTINIO NAUDOJIMO VADOVAS**

**II dalis. Temperatūrinių poveikių,
ypatingųjų poveikių, kranų sukeltų ir
statybos apkrovų parinkimas**

VYKDYTOJŲ SĄRAŠAS

1. Prof. habil. dr. G. Marčiukaitis
2. doc. dr. J. Amšiejus
3. doc. dr. B. Jonaitis
4. prof. dr. J. Valivonis

Kalbos specialistė: Rita Malikėnienė

TURINYS

Įvadas.....	6
1. Apkrovų ir poveikių parinkimo bei įvertinimo principai ir metodai, atsižvelgiant į EN rekomendacijas, priimti nacionalinius parametrus	7
1.1. Bendrieji principai	7
1.2. Skaičiuotinių situacijų ir poveikių efekto skaičiuotinių reikšmių nustatymas	8
2. Temperatūrinių poveikių nustatymas ir skaičiavimas	10
2.1. Poveikių klasifikavimas, reprezentavimas ir skaičiuotinės situacijos	10
2.2. Pastatų temperatūrų pokyčiai ir jų pasiskirstymo diagramų nustatymas.....	11
2.3. Temperatūrų nustatymas.....	12
2.4. Temperatūros pokyčiai ir poveikiai tiltuose	20
2.4.1. Bendrieji nurodymai	20
2.4.2. Didžiausios ir mažiausios temperatūrų nustatymas.....	20
2.4.3. Šešėlinių oro temperatūrų skaičiavimas, kai jų metinių reikšmių viršijimo tikimybė $p \neq 0,02$	22
2.5. Temperatūros poveikiai specialiuose statiniuose	23
2.6. Skaičiavimo pavyzdžiai.....	24
3. Poveikiai vykdant statybą ir jų įvertinimas	27
3.1. Bendrieji nurodymai	27
3.2. Apkrovų skaičiuotinių situacijų statyboje nustatymas ir ribiniai būviai	27
3.3. Poveikių reprezentavimas.....	31
3.3.1. Bendrosios nuostatos	31
3.3.2. Naudojamų konstrukcinių ir nekonstrukcinių elementų poveikiai.....	32
3.3.3. Geotechniniai poveikiai.....	32
3.3.4. Išankstinio įtempimo poveikiai	32
3.3.5. Išankstinės deformacijos.....	33
3.3.6. Temperatūros, traukumo ir hidratacijos efektai.....	33
3.3.7. Vėjo, sniego ir apledėjimo poveikiai	33
3.3.8. Vandens poveikiai	34
3.4. Poveikiai statybos metu.....	36
3.4.1. Poveikių, atsirandančių statybos metu, klasifikavimas	36
3.5. Statybos apkrovos ir vertinimas	37
3.5.1. Apkrovų poveikių tipai ir jų reikšmės	37

3.5.2. Statybos apkrovos betonuojant.....	40
3.6. Apkrovų skaičiavimo pavyzdžiai	41
4. Kranų sukelti poveikiai.....	51
4.1. Bendrieji dalykai	51
4.2. Kranų poveikių perteikimas ir išdėstymas.....	53
4.2.1. Bendrieji nurodymai	53
4.2.2. Kranų poveikiai ir išdėstymas	54
4.2.3. Vertikaliosios kranų apkrovos ir jų charakteristinės reikšmės	57
4.2.4. Horizontaliosios kranų apkrovos ir jų charakteristinės reikšmės	58
4.2.5. Krano pokrypio sukeltos jėgos	61
4.2.6. Prieigos takus, laiptus, platformas ir turėklus veikiančios jėgos ir bandomosios apkrovos	63
4.2.7. Ypatingieji poveikiai ir varginamosios apkrovos.....	64
4.2.8. Varginamosios apkrovos	66
4.2.9. Pagrindiniai nurodymai pokraninių sijų apkrovoms nustatyti.....	68
4.2.10. Kranų poveikių skaičiavimo pavyzdžiai.....	70
5. Mašinų sukelti poveikiai ir jų apskaičiavimas.....	78
5.1. Bendrieji nurodymai	78
5.2. Skaičiuotinės situacijos ir poveikių perteikimas	79
5.3. Charakteristinės reikšmės ir tinkamumo kriterijai.....	80
6. Ypatingieji poveikiai. Jų nustatymas ir įvertinimas	84
6.1. Poveikių klasifikacija, skaičiuotinės situacijos ir irties dydžio apribojimas	84
6.2. Smūgių poveikiai ir jų apskaičiavimas	86
6.3 kelių transporto priemonių sukelti ypatingieji poveikiai ir jų nustatymas	87
6.4. Kitų smūgių ypatingieji poveikiai, susiję su antžeminiu transportu.....	91
6.4.1. Greta naudojamų geležinkelio linijų einančios arba jas kertančios konstrukcijos	91
6.4.2. Srityse, kur baigiasi bėgiai, esančios konstrukcijos	93
6.4.3. Laivų sukelti ypatingieji poveikiai	93
6.5. Sraigtasparnių sukelti ypatingieji poveikiai	97
6.6. Vidiniai sproginiai	97
7. Projektavimas atsižvelgiant į vietinės irties pasekmes pastatuose dėl nenustatytos priežasties	99
7.1. Bendrieji nurodymai	99
7.2. Rekomenduojamosios projektavimo strategijos ir metodo parinkimas.....	100
7.3. Horizontalieji ryšiai	101

7.4. Vertikalieji ryšiai	104
7.5. Vardinis laikančiosios sienos skerspjūvio plotas ir pagrindiniai elementai	105
7.7. Skaičiavimo pavyzdžiai.....	105
7.7.1. Sprogimo poveikio pavyzdys	105
7.7.2. Ypatingosios skaičiuotinės jėgos ryšiuose, siekiant užtikrinti tinkamą konstrukcijos gają, kad ji išlaikytų vietinę irtį pernelyg nesugriūdama, skaičiavimo pavyzdys.....	109
7.7.3. Smūgio į tilto atramą skaičiavimo pavyzdys.....	111

IVADAS

Šios vadovo dalies tikslas – paaiškinti apkrovų tipų, kurie nebuvo nagrinėjami I vadovo „Apkrovų ir poveikių skaičiavimo pagal darniuosius Europos standartus, perimtus Lietuvos standartais“ dalyje.

Šioje dalyje nagrinėjami apkrovų nuo temperatūrinių, ypatingųjų poveikių, nuo poveikių vykdymo metu, kranų ir mašinų sukelti poveikiai.

Poveikiai dėl temperatūros skaičiuojami naudojantis LST EN 1991-1-5, įvertinant duomenis nacionaliniams parametrams sudaryti, t. y. temperatūras ir jų pokyčius Lietuvoje įvairiais metų periodais. Pateikiami skaitiniai pavyzdžiai apskaičiuojant temperatūrų pasiskirstymą konstrukcijoje, nuo kurio priklauso sukeliamų įtempių reikšmės.

Pateikiami paaiškinimai apie ypatingąsias apkrovas ir jų parinkimą pagal LST EN 1991-1-17 bei duodama jų apskaičiavimo pavyzdžių.

Pateikiami reikalingi paaiškinimai ir skaitiniai pavyzdžiai poveikiams nustatyti vykdant statybą (pagal LST EN 1991-1-6).

Duodama paaiškinimų, kaip parinkti ypatinguosius poveikius pagal LST EN 1991-1-3, kuriuos sukelia kranai ir mašinos.

Daugelis parametru, kol nėra nacionalinių (Lietuvos), imami pagal atitinkamuose standartuose rekomenduojamas jų reikšmes.

1. APKROVŲ IR POVEIKIŲ PARINKIMO BEI ĮVERTINIMO PRINCIPAI IR METODAI, ATSIŽVELGIANT Į EN REKOMENDACIJAS, PRIIMTI NACIONALINIUS PARAMETRUS

1.1. Bendrieji principai

Pagrindinis tikslas visų standartų – užtikrinti konstrukcijų ribinio būvio tikimybę per numatytą eksploatacijos laikotarpį. Konstrukcijų normuoto patikimumo užtikrinimas yra grindžiamas elemento ribinio būvio lokalumo prielaida. Ribinio būvio lokalumo prielaida reiškia, kad konstrukcijos ribinis būvis nesukelia nepalyginti didesnių pasekmių (pvz., socialinių, žmonių žūčių, ekonomikos ir kt.) visame statinyje ar jo dalyje. Minėta prielaida realizuojama rengiant projektą, užtikrinant statinio laikančiųjų konstrukcijų tokį bendrąjį mechaninį atsparumą ir stabilumą, kuris negalėtų būti pažeistas, įvykus atskiro elemento ribiniam būviui.

Euronormose yra reglamentuojama teisė kiekvienai ES šaliai pasirinkti tos šalies normų tobulinimo patirtį atitinkančias skaičiuotines reikšmes, visų pirma dalinius patikimumo koeficientus. Nesant tokios patirties galima pasinaudoti EN 1990 rekomenduotinomis papildintomis dalinių koeficientų reikšmėmis, kurios kompensuotų tokios patirties stoką. Atsižvelgiant į dideles statybų apimtis, bankų nustatytas palūkanas statybų kreditams, didelį statinių eksploatacijos laikotarpį, išaldomos papildomos lėšos statinių eksploatacijos laikotarpiui dėl tokio dalinių koeficientų padidinimo tampa didele našta šalies ekonomikai. Be to, padidinus dalinius koeficientus, susiduriama su statinių, kurie buvo anksčiau suprojektuoti, pastatyti ir sėkmingai eksploatuojami, sustiprinimo pateisinimo problema. Dėl šių priežasčių ES šalys didelį dėmesį skiria normų tobulinimo patirties maksimaliam naudojimui, pasirenkant normuotą patikimumą. Į šiuos aspektus buvo atsižvelgiama pasirenkant taip pat ir LST EN 1991 normose reglamentuojamas skaičiuotines ir dalinių patikimumo koeficientų reikšmes.

Tačiau minėtoms apkrovoms tobulinti mūsų šalyje nėra pakankamai duomenų, tuo labiau kad tai nesusiję ir su geografine bei klimatine aplinka, išskyrus temperatūros dydžius ir jų svyravimus, kurie yra pateikiami atitinkamame šio darbo skyriuje.

Detaliau apie bendruosius įvairių apkrovų parinkimo principus ir metodus buvo išaiškinta pirmoje vadovo dalyje.

1.2. Skaičiuotinių situacijų ir poveikių efekto skaičiuotinių reikšmių nustatymas

Skaičiuotinė situacija imama atsižvelgiant į aplinkybes, kuriomis konstrukcija turi atitikti jai keliamus reikalavimus.

Gali būti šios skaičiuotinės situacijos:

- a) nuolatinės, atitinkančios įprastą eksploataavimo sąlygas;
- b) trumpalaikės, pvz., statant, montuojant, gaminant konstrukcijas;
- c) ypatingos: sproginimas, gaisras, transporto smūgiai arba lokalizuoto irimo pasekmės;
- d) kranų ir mašinų sukeltų poveikių situacijos.

Skaičiuotinės, atitinkančios įprastą eksploataavimo sąlygas, situacijos išsamiai buvo išnagrinėtos pirmoje vadovo dalyje. Šioje dalyje pateikiamas poveikių nustatymas dėl temperatūros pokyčių ir kitos skaičiuotinės situacijos: trumpalaikės nuo poveikių montuojant, ypatingosios ir kranų bei mašinų poveikių.

Minėtų poveikių nustatymas kiekvienai skaičiuotinei situacijai yra apibrėžiamas EN 1990. Turi būti išnagrinėtos pasirinktos skaičiuotinės situacijos nuo sukeliama poveikių ir nustatyti kritiniai apkrovų atvejai bei jų deriniai su kitais poveikiais.

Trumpalaikės (vykdant statybą), ypatingosios ir temperatūrinės skaičiuotinės situacijos turi būti įvertintos taip, kad projektuojant ir statant į jas būtų atsižvelgta tinkamai.

Nustatant skaičiuotines poveikių (įrašų) reikšmes turi būti įvertinami atskiruose EN nurodomi daliniai, iš jų ir dinaminiai koeficientai, kurie yra pateikiami toliau. Tai atliekama panašiai, kaip nurodyta pirmoje vadovo dalyje, ir vadovaujantis EN 1990 bendraisiais nurodymais.

Ypatingųjų skaičiuotinių situacijų poveikių efektų derinių bendrasis formatas yra toks:

$$E_d = E \left\{ G_{k,j}; P_i A_d; (\psi_{1,1} \text{ arba } \psi_{2,1}) Q_{k,1}; \psi_{2,1}; Q_{k,1} \right\} j \geq 1, i = 1. \quad (1.1)$$

Šioje lygtyje esantys simboliai nurodyti pirmoje vadovo dalyje. Tačiau pasirenkant $\psi_{1,1} Q_{k,1}$ arba $\psi_{2,1} Q_{k,1}$ reikšmes, reikia atsižvelgti į tinkamą skaičiuotinę ypatingąją situaciją (smūgis, gaisras (temperatūra) arba išlikimas po ypatingojo įvykio situacijos).

Ypatingųjų situacijų deriniai turi aprėpti tiesioginį ypatingąjį poveikį (smūgis ir kt.) arba nurodyti situaciją po ypatingojo įvykio (kai $A = 0$).

Pasirenkant skaičiuotines situacijas, tinkamas visai konstrukcijai, jos elementams ar iš dalies baigta konstrukcijai, reikia atsižvelgti į sąlygas, kurios tinka keičiantis vykdymo situacijoms.

Poveikių reprezentyvioji derintinė reikšmė išreikšta sandauga $\psi_1 Q_k$, taikoma saugos ribiniams būviams ypatingaisiais poveikiais tikrinti, taip pat grįžtamiesiems tinkamumo ribiniams būviams tikrinti.

Tariamai nuolatinė reikšmė $\psi_2 Q_k$ taikoma saugos ribiniams būviams su ypatingaisiais poveikiais tikrinti ir ilgalaikiams efektams apskaičiuoti.

Apskaičiuojant skaičiuotines apkrovų reikšmes, jų charakteristinės reikšmės yra dauginamos iš atitinkamų dalinių ir poveikių koeficientų γ bei ψ .

2. TEMPERATŪRINIŲ POVEIKIŲ NUSTATYMAS IR SKAIČIAVIMAS

2.1. Poveikių klasifikavimas, reprezentavimas ir skaičiuotinės situacijos

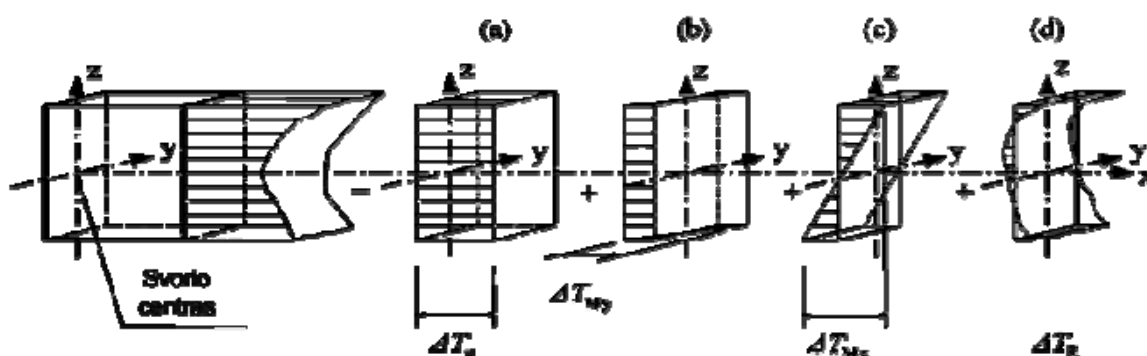
Temperatūriniai poveikiai priskiriami prie kintamųjų ir netiesioginių poveikių (LST EN 1990). Temperatūrinius poveikius reikia nustatyti kiekvienai atitinkamai skaičiuotinei situacijai, apibrėžtai LST EN 1990. Jeigu konstrukcijos neveikia dieniniai ir sezoniniai klimato ir naudojimo temperatūriniai pokyčiai, temperatūrinių poveikių galima netikrinti.

Laikančiųjų konstrukcijų elementus reikia patikrinti, kad būtų užtikrinta, jog temperatūriniai poslinkiai nesukeltų per didelių įtempių įrengiant sandūras arba atsižvelgiant į temperatūrinius efektus (skirtumus), kurie susidaro skerspjūviuose ir sukelia papildomų įtempių ar įrašų.

Dieniniai ir sezoniniai šėšėlinės temperatūros pokyčiai, saulės spinduliuotė ir kt. sukelia temperatūros pasiskirstymo atskiruose konstrukcijos elementuose pokyčių.

Temperatūrinio poveikio dydis priklauso nuo vietinių klimatinių (temperatūrinių) sąlygų, konstrukcijos orientacijos, jos visuminės masės, apdailos, nuo pastato šildymo, ventiliacijos režimų ir šiluminės izoliacijos.

Bet kokio temperatūrinio lauko $T(y, z)$ momentinis pasiskirstymas bet kokiame konstrukcijos skerspjūvyje gali būti suskirstytas į keturias esmines komponentes, pavaizduotas (2.1) paveiksle: tolygiają temperatūros komponentę ΔT_U (a); tiesiškai kintančio apie z - z ašį temperatūros skirtumo komponentę ΔT_{MY} (b); tiesiškai kintančio apie y - y ašį temperatūros skirtumo komponentę ΔT_{MY} (c); netiesinio temperatūros skirtumo komponentę ΔT_E (d).



2.1 pav. Temperatūros diagramos sudėtinių komponentių scheminis vaizdas

Temperatūrų pasiskirstymo analizė rodo ir skirtingą deformacijų pasiskirstymą skerspjūvyje, nes santykinė deformacija (pailgėjimo arba sutrumpėjimo) $\varepsilon = \alpha \Delta T_i$,

čia α – tiesinio kitimo (plėtimosi) nuo temperatūros koeficientas, kuris skirtingų medžiagų yra skirtingas (2.1 lentelė).

Turint santykinės deformacijas, atitinkamame taške nesunkiai apskaičiuojami įtempiai

$$\sigma = \varepsilon \cdot E,$$

čia E – medžiagos deformacijų modulis.

Deformacijų ir įtempių pasiskirstymas ir dydis priklauso nuo elemento geometrijos bei medžiagų savybių.

2.1 lentelė. Dažniausiai naudojamų medžiagų tiesinio plėtimosi koeficientai

Medžiaga	$\alpha_T (\times 10^{-6} / ^\circ C)$
Aluminis, aliuminio lydinys	24
Nerūdijantysis plienas	16
Konstruktinis plienas, kaltinė geležis arba ketus	12 arba 10 – kompozituose
Normalusis betonas	10
Lengvųjų užpildų betonas	7
Mūras	6–10
Stiklas	priklausomai nuo stiklo rūšies (sudėties)
Mediena išilgai pluoštų	5
Mediena skersai pluoštų	30–70

Apie kitas medžiagas reikia gauti konkrečių duomenų. Pateiktas reikšmes reikia taikyti temperatūros poveikiams nustatyti, jeigu nėra kitų duomenų, kurie būtų patikrinti bandymais ar kruopščiais tyrimais. Mūro reikšmės priklauso nuo plytų mūro tipo; medienos skersai pluoštų reikšmės gali labai kisti, atsižvelgiant į medienos tipą.

2.2. Pastatų temperatūrų pokyčiai ir jų pasiskirstymo diagramų nustatymas

Skaičiuojant pastatus ir jų konstrukcijas reikia įvertinti galimus poveikius į juos dėl klimatinių ir naudojimo temperatūrų pokyčių. Tai daroma, jeigu yra tikimybė, kad dėl šių pokyčių atsiradę įtempiai gali prisidėti prie saugos arba naudojimo ribinio būvio (temperatūrinių deformacijų, įtempių). Konstrukcijos ar jos elemento tūrio (deformacijų) ir įtempių dėl temperatūrinių pokyčių skirtumo dydžiui įtakos turi:

- gretimų pastatų šešėlis;
- skirtingų temperatūrinio plėtimosi ir šilumos laidumo medžiagų taikymas;
- skirtingų skerspjūvio formų su skirtinga tolygiaja temperatūra buvimas.

Projektuojant reikia įvertinti kartu su temperatūra ir drėgmės sukeliamas tūrio (ilgio) deformacijas (pvz., betono susitraukimas, plėtimasis).

Temperatūriniai poveikiai pastatams dėl klimatinių ir naudojimo temperatūrinių pokyčių nustatomi, atsižvelgiant į nacionalinius regioninius duomenis, pateikiamas toliau. Kartu reikia įvertinti šešėlinės oro temperatūros ir saulės spinduliuotės pokyčius. Projektuojant kai kurių specialiųjų pastatų ar jų dalių konstrukcijas, reikia įvertinti poveikius šildymo, technologinių ar pramoninių procesų metu.

2.3. Temperatūrų nustatymas

Nustatant klimatinių ir naudojimo temperatūrinius poveikius projektuojamam konstrukciniam elementui, reikia nustatyti ir taikyti tokius pagrindinius dydžius:

a) tolygiąją temperatūros komponentę ΔT_U , išreikštą elemento vidutinės T ir pradinės T_0 temperatūrų skirtumu;

b) tiesiškai kintančią temperatūros komponentę, išreikštą skirtumu ΔT_M tarp išorinio ir vidinio skerspjūvio paviršių arba tarp atskirų sluoksnių paviršių;

c) temperatūros skirtumu ΔT_P tarp atskirų konstrukcijos dalių, išreikštu šių dalių vidutinių temperatūrų skirtumu.

Tačiau ΔT_M ir ΔT_P reikšmės gali būti pateikiamos tik atskiram projektui.

Prireikus be ΔT_U , ΔT_M ir ΔT_P turi būti atsižvelgta į vietinių temperatūrinių poveikių efektus (pvz., ties atramomis arba konstrukcinių ir apdaro elementų įtvirčiais). Nustatant tinkamus temperatūrinius poveikius, reikia atsižvelgti į pastato padėtį ir konstrukcijas.

Tolygioji temperatūros komponentė ΔT_U nustatoma taip:

$$\Delta T_U = T - T_0, \quad (2.1)$$

čia: T_0 – pradinė elemento temperatūra; T – vidutinė konstrukcinio elemento temperatūra, atsiradusi dėl klimatinių žiemos arba vasaros sezonų temperatūrų arba dėl naudojimo temperatūrų.

ΔT_U , ΔT_M , ΔT_P ir T dydžiai nustatomi pagal toliau pateiktą metodiką, taikant regioninius šalies duomenis. Jeigu regioninių duomenų nėra, galima šių temperatūrų reikšmes nustatyti naudojantis RSN 156-94 lentelėmis ir šilumos perdavimo teorijos metodais.

Formulėje (2.1) T temperatūra yra vidutinė konstrukcinio elemento žiemos arba vasaros temperatūra. Ji nustatoma taikant temperatūros pasiskirstymo diagramą. Sluoksniuotosios konstrukcijos T yra atskiro sluoksnio vidutinė temperatūra.

Atliekant praktinius skaičiavimus, rengiant projektą, temperatūros diagramas galimas nustatyti pagal šilumos perdavimo teoriją. Imama, kad nėra šilumos (šalčio) tiltelių. Temperatūra T_x bet kokiame skerspjūvio taške (2.1 pav.), esančiame per atstumą x nuo vidinio paviršiaus, yra apskaičiuojama tarus, kad skerspjūvyje yra stacionari (nuostavioji) šiluminė būsena. Tai galima apskaičiuoti pagal LST EN 1990-1-5 siūlomą formulę:

$$T(x) = T_{in} - \frac{R(x)}{R_{tot}}(T_{in} - T_{out}), \quad (2.2)$$

čia: T_{in} – vidinės aplinkos oro temperatūra; T_{out} – išorinės aplinkos temperatūra; R_{tot} – elemento visuminė šiluminė varža, įskaitant abiejų paviršių varžas; $R(x)$ – elemento nuo vidinio paviršiaus iki x taško šiluminė varža vidinio paviršiaus atžvilgiu.

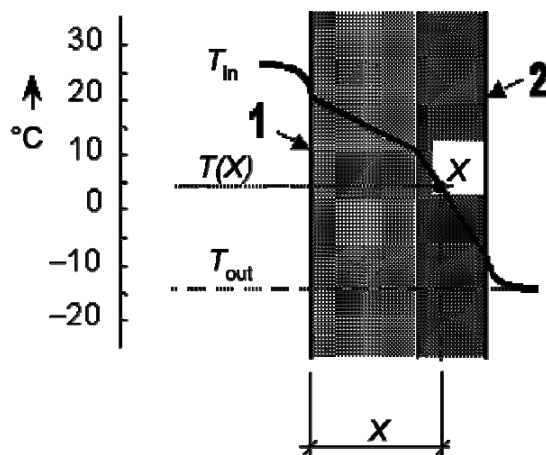
$$R_{tot} = R_{in} + \sum_i \frac{h_i}{\lambda_i} + R_{out}, \quad (2.3)$$

čia: R_{in} – vidinio paviršiaus šiluminė varža ($\text{m}^2\text{K/W}$); R_{out} – išorinio paviršiaus šiluminė varža ($\text{m}^2\text{K/W}$); λ_i – i sluoksnio šiluminis laidumas (W/(mK)); h_i – i sluoksnio storis (m).

$$R(x) = R_{in} + \sum_i \frac{h_i}{\lambda_i}. \quad (2.4)$$

Čia atsižvelgiama tik į sluoksnius (ar sluoksnio dalį) nuo vidinio paviršiaus iki x taško. Pastatų šiluminė varža $R_{in} = 0,10$ iki $0,17$ ($\text{m}^2\text{K/W}$) (atsižvelgiant į šilumos srauto orientaciją) ir $R_{out} = 0,04$ (visoms orientacijoms). Sluoksnio medžiagos laidumas priklauso nuo daugelio jos savybių, skirtingų tipų bei struktūrų medžiagų jis yra skirtingas. Pvz., betono (tūrio svorio nuo 21 kN/m^3 iki 25 kN/m^3) šiluminis laidumas λ_i kinta nuo $\lambda_i = 1,16$ iki $1,71$ (W/(mK)). Kitų medžiagų λ_i reikšmes galima rasti STR 2.05.01: 2005.

Turint (2.2) formulę reikalingus dydžius ir jų reikšmes, apskaičiuojamas pagal 2.3 ir 2.4 formules, nustatomi temperatūros dydžiai atitinkamame skerspjūvio taške x (2.2 pav.).



2.2 pav. Dviejų sluoksnių konstrukcijos temperatūrinė diagrama:
1 – vidinis paviršius; 2 – išorinis paviršius

Vidinės aplinkos temperatūra T_{in} gali būti nustatoma, kaip rekomenduoja LST EN 1991-1-5 pagal (2) lentelę.

2.2 lentelė. Būdingosios vidinės aplinkos temperatūros T_{in}

Sezonas	T_{in} temperatūra
Vasara	T_1
Žiema	T_2
PASTABA T_1 ir T_2 reikšmės galima nustatyti nacionaliniu lygiu priede. Kai nėra duomenų, rekomenduojama imti $T_1 = 20\text{ °C}$ ir $T_2 = -25\text{ °C}$.	

T_1 ir T_2 reikšmės galima imti pagal Respublikines statybos normas „Statybinė klimatologija“ (RSN 156-94). Pagal kai kurių regionų stebėjimo stočių duomenis nustatytos T_1 ir T_2 temperatūrų reikšmės pateiktos 2.3 lentelėje (iš RSN 156-94).

2.3 lentelė. Vasaros ir žiemos sezonų oro temperatūrų (°C) reikšmės

Stotis	Sezonas	Didžiausia (mažiausia) vidutinė paros temperatūra, galima vieną kartą per			Didžiausia temperatūros paros amplitudė, galima vieną kartą per			Vidutinė šilčiausio (šalčiausio) mėnesio temperatūra
5. Biržai	Vasaros	25,0	26,0	27,5	19,1	19,7	20,5	17,3
	Žiemos	-25,6	-27,3	-29,4	21,4	24,0	28,0	-7,5
9. Telšiai	Vasaros	24,4	25,1	25,9	17,9	19,0	20,5	16,6
	Žiemos	-24,0	-26,9	-31,0	17,6	18,9	20,6	-6,5
11. Šiauliai	Vasaros	25,2	25,9	26,8	19,0	20,0	22,0	17,7
	Žiemos	-26,1	-28,1	-30,5	19,4	20,6	22,0	-7,4
18. Klaipėda	Vasaros	24,3	25,0	25,8	16,0	16,7	17,6	17,1
	Žiemos	-20,9	-22,6	-24,8	18,5	21,5	26,2	-4,7
23. Laukuva	Vasaros	24,0	24,8	25,8	19,4	20,1	20,9	16,7
	Žiemos	-24,0	-25,6	-27,6	17,5	18,6	20,0	-6,9
36. Ukmergė	Vasaros	25,8	26,8	28,5	19,8	20,4	21,1	17,5
	Žiemos	-27,7	-29,7	-32,0	21,0	22,4	24,2	-7,4
43, 44. Kaunas	Vasaros	25,6	26,2	27,0	19,9	20,6	21,5	17,7
	Žiemos	-27,0	-29,0	-31,4	19,3	21,5	24,8	-6,9
49. Kybartai	Vasaros	25,7	26,4	27,3	18,9	19,5	20,2	17,6
	Žiemos	-26,0	-28,4	-31,2	19,8	22,0	25,5	-6,2
53. Vilnius, CAMS	Vasaros	24,5	25,0	25,6	17,6	18,1	18,6	17,2
	Žiemos	-26,8	-28,7	-31,0	17,1	17,9	18,9	-7,9
57. Varėna	Vasaros	25,7	26,8	28,5	23,0	23,7	24,6	17,6
	Žiemos	-28,3	-30,6	-33,6	24,3	25,8	27,6	-7,5

Projektuojant pastatus, kurie turi atitikti saugos ir tinkamumo ribinius būvius imamos paros temperatūros vidutinės reikšmės, atitinkančios 50 metų vidutinį kartojimosi laikotarpį.

Išorės aplinkos temperatūra T_{out} imama atsižvelgiant į konstrukcijų padėtį žemės paviršiaus atžvilgiu. Kai pastatai ir jų konstrukcijos yra virš žemės, temperatūra T_{out} imama pagal 2.4 lentelę.

2.4 lentelė. Būdingosios temperatūros T_{out} pastatuose virš žemės paviršiaus

Sezonas	Reikšmingasis faktorius	T_{out} temperatūra °C	
Vasara	Santykinis sugeriamumas, atsižvelgiant į paviršiaus spalvą	0,5 šviesus skaidrus paviršius	$T_{max} + T_3$
		0,7 šviesus spalvotas paviršius	$T_{max} + T_4$
		0,9 tamsus paviršius	$T_{max} + T_5$
Žiema		T_{min}	

Didžiausios šešėlinės oro temperatūros T_{max} , mažiausios šešėlinės temperatūros T_{min} reikšmės ir spinduliuotės efektus T_3 , T_4 ir T_5 galima nustatyti nacionaliniame priede. Jeigu duomenų nėra, regionams nuo 45 °N iki 55 °N platumų rekomenduojama imti $T_3 = 0$ °C, $T_4 = 2$ °C ir $T_5 = 4$ °C elementams iš šiaurės rytų pusės bei $T_3 = 18$ °C, $T_4 = 30$ °C ir $T_5 = 42$ °C iš pietvakarių pusės bei horizontaliesiems elementams.

Šioje lentelėje temperatūros T_{\max} ir T_{\min} gali būti imamos pagal 2.3 lentelės duomenis. T_3 , T_4 ir T_5 yra spinduliuotės efektai. Remiantis LST EN 1991-1-5 rajonams tarp 45° ir 55° lygiagrečių konstrukcijoms iš šiaurės rytų pusės $T_3 = 0^\circ\text{C}$, $T_4 = 2^\circ\text{C}$ ir $T_5 = 4^\circ\text{C}$ ir $T_3 = 18^\circ\text{C}$, $T_4 = 30^\circ\text{C}$ ir $T_5 = 42^\circ\text{C}$ konstrukcijų iš pietvakarių pusės ir horizontaliesiems elementams.

Temperatūrų poveikių reprezentacija yra pateikta ir Lietuvos nacionaliniame dokumente STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“. Pagal šį reglamentą vidutinių temperatūrų pokyčio skerspjūvyje charakteristinės reikšmės šiltu T_{\max} ir šaltu T_{\min} metų laiku nustatoma pagal tokias formules:

$$T_{\max} = T_{VII} + \Delta_{VII} \text{ ir } T_{\min} = T_I - \Delta_I,$$

čia: T_{VII} ir T_I – daugiamečiai mėnesio temperatūros vidurkiai liepos ir sausio mėnesiais atitinkamai pagal RSN 196-94 2.1 lentelę; Δ_{VII} ir Δ_I – vidutinių paros temperatūrų nuokrypos nuo vidutinių mėnesio temperatūrų (Δ_I – pagal RSN 196-94 2.10 lentelę, $\Delta_{VII} = 6^\circ\text{C}$). Jei eksploatuojamuose pastatuose apsaugoma nuo saulės spinduliavimo poveikio, tai galima imti $\Delta_{VII} = 0$.

Jeigu neapsaugota nuo saulės, t. y. pastatuose virš žemės paviršiaus, vidutinė temperatūra padidėja. Tai įvertina ir RSN 196-94 ir LST EN 1991-1-5.

Kaip nurodyta, temperatūros padidėjimas dėl saulės spinduliavimo pagal RSN 196-94 gali būti apskaičiuojamas pagal šias formules:

$$T_4 = 0,05\rho \cdot S_{\max} k \cdot k_1,$$

$$T_4 = 0,05\rho \cdot S_{\max} k(1 - k_1),$$

čia: ρ – konstrukcijos išorinio paviršiaus spinduliavimo sugerties koeficientas, imamas pagal 2.5 lentelę.; S_{\max} – saulės spinduliavimo maksimali suminė reikšmė W/m^2 , imama pagal 2.6 ir 2.7 lenteles; k – koeficientas, įvertinantis paviršiaus orientacijos įtaką (2.8 lentelė); k_1 – koeficientas, įvertinantis konstrukcijos tipo įtaką (2.9 lentelė).

2.5 lentelė. Konstrukcijų išorinio paviršiaus spinduliavimo sugerties koeficientai

Konstrukcijos išorinio paviršiaus medžiaga	Saulės spinduliavimo sugerties koeficientas ρ
1. Aliuminis	0,5
2. Asbestcementiniai lakštai	0,65
3. Asfaltbetonis	0,9
4. Betonas	0,7
5. Nedažytas medis	0,6
6. Ruloninės stogo dangos šviesaus žvyro apsauginis sluoksnis	0,65
7. Raudonos molio plytos	0,7
8. Silikatinės plytos	0,6
9. Balto natūralaus akmens apdaila	0,45
10. Tamsiai pilki silikatiniai dažai	0,7
11. Balti kalkiniai dažai	0,3
12. Keraminės apdailos plytelės	0,8
13. Mėlynos stiklinės apdailos plytelės	0,6
14. Baltos arba pilkos apdailos plytelės	0,45
15. Smėliu dengtas ruberoidas	0,9
16. Baltai dažytas lakštinis plienas	0,45
17. Tamsiai raudonai nudažytas lakštinis plienas	0,8
18. Žaliai dažytas lakštinis plienas	0,6
19. Cinkuotoji stogo skarda	0,65
20. Apdailinis stiklas	0,7
21. Tamsiai pilkas kalkinis arba terakotinis tinkas	0,7
22. Šviesiai mėlynas cementinis tinkas	0,3
23. Tamsiai žalias cementinis tinkas	0,6
24. Cementinis, kreminis tinkas	0,4

2.6 lentelė. Saulės spinduliavimas (tiesioginis / išsklaidytas) liepos mėnesį (W/m^2) esant giedrai

Šiaurės plotuma laipsniais	Valandos iki vidurdienio											Paros suma	Vidutinė per parą		
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
į vertikalų pietų pusės paviršių															
54	-	-	-	$\frac{-}{13}$	$\frac{-}{46}$	$\frac{-}{80}$	$\frac{70}{105}$	$\frac{188}{115}$	$\frac{306}{119}$	$\frac{405}{121}$	$\frac{451}{123}$	$\frac{2840}{1440}$	178		
56	-	-	-	$\frac{-}{16}$	$\frac{-}{46}$	$\frac{-}{78}$	$\frac{83}{101}$	$\frac{207}{114}$	$\frac{327}{120}$	$\frac{428}{122}$	$\frac{479}{124}$	$\frac{3048}{1442}$	187		
į horizontalų paviršių															
54		-	-	$\frac{49}{24}$	$\frac{133}{56}$	$\frac{223}{82}$	$\frac{364}{101}$	$\frac{488}{112}$	$\frac{579}{119}$	$\frac{663}{122}$	$\frac{712}{126}$	$\frac{6422}{1484}$	329		
56		-	-	$\frac{62}{27}$	$\frac{140}{56}$	$\frac{237}{77}$	$\frac{359}{96}$	$\frac{482}{105}$	$\frac{572}{119}$	$\frac{650}{122}$	$\frac{691}{126}$	$\frac{6386}{1456}$	327		
Šiaurės plotuma laipsniais	Valandos po vidurdienio											Paros suma	Vidutinė per parą		
	22-23	21-22	20-21	19-20	18-19	17-18	16-17	15-16	14-15	13-14	12-13				

2.7 lentelė. Saulės spinduliavimas (W/m^2) liepos mėnesį į vertikalų rytų / vakarų pusės paviršius

Šiaurės plotuma laipsniais	Valandos iki vidurdienio																				Paros suma	Vidutinė per parą	
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21			21-22
į vertikalų rytų ir vakarų pusės paviršių																							
54	-	-	$\frac{5}{1}$	$\frac{218}{33}$	$\frac{468}{101}$	$\frac{579}{164}$	$\frac{614}{174}$	$\frac{579}{169}$	$\frac{461}{135}$	$\frac{281}{113}$	$\frac{105}{96}$	$\frac{-}{87}$	$\frac{-}{81}$	$\frac{-}{77}$	$\frac{-}{77}$	$\frac{-}{72}$	$\frac{-}{59}$	$\frac{-}{41}$	$\frac{-}{16}$	-	-	$\frac{3310}{1496}$	200
56	-	-	$\frac{38}{4}$	$\frac{258}{36}$	$\frac{482}{101}$	$\frac{594}{156}$	$\frac{621}{165}$	$\frac{579}{155}$	$\frac{461}{121}$	$\frac{283}{102}$	$\frac{105}{91}$	$\frac{-}{85}$	$\frac{-}{79}$	$\frac{-}{76}$	$\frac{-}{74}$	$\frac{-}{65}$	$\frac{-}{58}$	$\frac{-}{41}$	$\frac{-}{17}$	-	-	$\frac{3421}{1426}$	201
Šiaurės plotuma laipsniais	Valandos po vidurdienio																				Paros suma	Vidutinė per parą	
	22-23	21-22	20-21	19-20	18-19	17-18	16-17	15-16	14-15	13-14	12-13	11-12	10-11	9-10	8-9	7-8	6-7	5-6	4-5	3-4			2-3

2.8 lentelė. Paviršiaus orientacijos įtakos koeficientas

Paviršiaus (paviršių) tipas ir orientacija	Koeficientas k
Horizontalus	1,0
Vertikalus, orientuotas: į pietus	1,0
vakarūs	0,9
rytus	0,7

2.9 lentelė. Konstrukcijos tipo įtakos koeficientas

Statinių konstrukcijos	Koeficientas k
Metalinės	0,7
Gelžbetoninės, betoninės, armuotojo mūro ir mūrinės, kurių storis, cm:	
iki 15	0,6
nuo 15 iki 39	0,4
per 40	0,3

Požeminėse pastatų dalyse, išorės aplinkos temperatūra T_{out} imama priklausomai nuo sezono ir gylio žemiau žemės paviršiaus (2.10 lentelė).

2.10 lentelė. Būdingosios temperatūros T_{out} požeminėse pastatų dalyse

Sezonas	Gylis žemiau žemės paviršiaus	T_{out} temperatūra, °C
Vasara	Mažiau nei 1 m	T_6
	Daugiau nei 1 m	T_7
Žiema	Mažiau nei 1 m	T_8
	Daugiau nei 1 m	T_9

T_6 , T_7 , T_8 ir T_9 reikšmės galima nustatyti pagal nacionalinius duomenis. Jeigu duomenų nėra, regionams nuo 45 °N iki 55 °N platumų rekomenduojama imti $T_6 = 8$ °C, $T_7 = 5$ °C, $T_8 = -5$ °C ir $T_9 = -3$ °C.

Didžiausia vasaros sezono temperatūros T_{out} 2.10 lentelėje nurodytos reikšmės gaunamos žemės paviršiuje iš vakarinės, pietvakarinės pusių ir horizontaliesiems paviršiams. Mažiausias temperatūros dydis (°C apie pusė didžiausio) gaunamas paviršiams iš šiaurės pusės.

2.4. Temperatūros pokyčiai ir poveikiai tiltuose

2.4.1. Bendrieji nurodymai

Pagal LST EN 1991-1-5 yra skiriamos trys tiltų viršutinių konstrukcijų (pakloto), jautriausių temperatūros pokyčiams, tipai:

- 1 tipas. Plieninis paklotas (plieninės dėžinės sijos, plieninės santvaros arba lakštinės sijos).
- 2 tipas. Kompozitiniai paklotai (gelžbetoninės plokštės ant metalinių sijų, santvarų ar lakštinių sijų).
- 3 tipas. Gelžbetoninis paklotas (gelžbetoninė plokštė, gelžbetoninė vientiso skerspjūvio sija, gelžbetoninė dėžinė sija).

Temperatūrų pasiskirstymas įvairių tipų paklotuose pateiktas LST EN 1991-1-5 6.2 paveiksluose.

Tolygioji temperatūros komponentė ir temperatūrų skirtumo komponentės reikalingos skaičiuojant temperatūros poveikį tiltams.

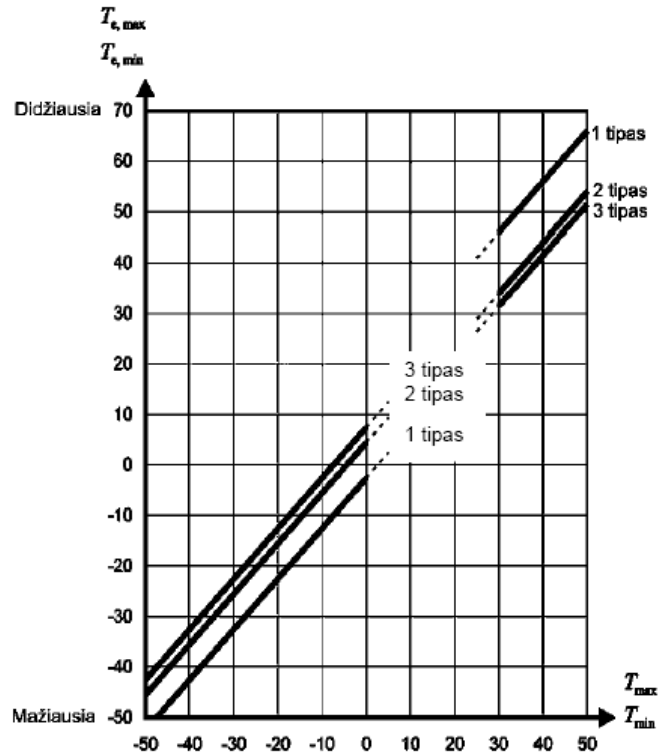
Tolygioji temperatūros komponentė priklauso nuo didžiausios ir mažiausios temperatūrų, kurios gali atsirasti tilte. Dėl to gaunamas tolygiosios temperatūros pokyčio intervalas, kuris sukelia nesuvaržytą konstrukcijos elemento ilgio pokytį.

Į temperatūrinius pokyčius ir jų efektus reikia atsižvelgti:

- konstrukcijų ar jų elementų išsiplėtimo ar susitraukimo suvaržymą (pvz., portalinis rėmas arba elastomerinės atramos). Tai priklauso ir nuo konstrukcijų tipo;
- paritų ir atramų trintis;
- netiesiniai geometriniai efektai;
- geležinkelio tiltuose sąveikos tarp bėgių kelio ir tilto konstrukcijos efektai, kai pakloto ir bėgių temperatūros gali būti sukeltos papildomos horizontalios atramos ar bėgiuose.

2.4.2. Didžiausios ir mažiausios temperatūrų nustatymas

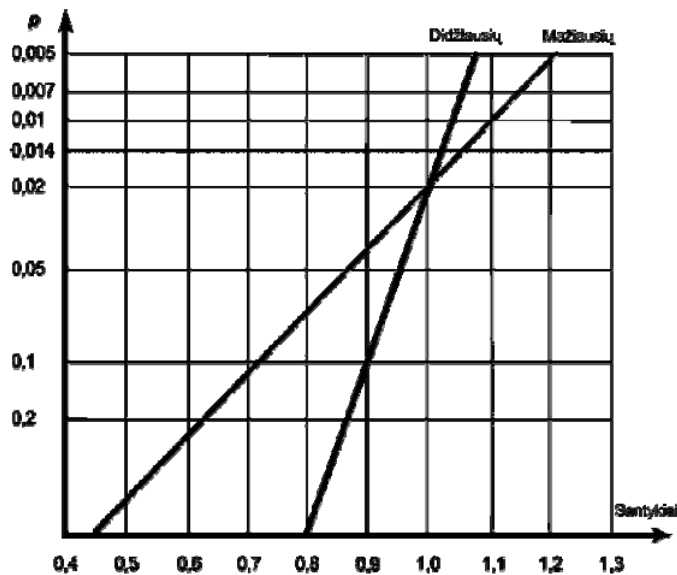
Didžiausios ($T_{e,max}$) ir mažiausios ($T_{e,min}$) tolygaus pasiskirstymo tiltų konstrukcijose temperatūros gali būti nustatomos naudojantis priklausomybėmis, pavaizduotomis 2.3 pav. Jos nustatytos remiantis šešėlinio oro T_{max} ir T_{min} temperatūrų izotermomis ir jų pasiskirstymo žemėlapiuose.



2.3 pav. Priklausomybė tarp mažiausios ir didžiausios šešėlinės oro temperatūros (T_{max}/T_{min}) bei mažiausios ir didžiausios tilto tolygiosios temperatūros komponentės ($T_{e,max}/T_{e,min}$)

2.3 pav. pateiktos reikšmės pagrįstos 10 °C paros temperatūros svyravimo intervalais. Spragotųjų ir lakštinių sijų didžiausias 1 tipo reikšmės galima sumažinti 3 °C.

Šios charakteristinės reikšmės turi atitikti vidutiniame jūros lygyje atviros vietovės 0,02 metinės viršijimo tikimybės šešėlinės oro temperatūros reikšmes. Jeigu nėra tikslių duomenų, tai kitoms metinio viršijimo tikimybėms nei 0,02, aukščiau virš jūros lygio ir vietinėms sąlygoms (pvz., šalčio zonoms), santykį $T_{max,p}/T_{max}$ ir $T_{min,p}/T_{min}$ galima nustatyti pagal 2.4 pav. (kai $p \neq 0,02$).



2.4 pav. $T_{\max,p}/T_{\max}$ ir $T_{\min,p}/T_{\min}$ santykių priklausomybė nuo metinės temperatūros viršijimo tikimybės p : 1 – didžiausių; 2 – mažiausių

Naudojantis 2.3 pav. mažiausios $T_{e,\min}$ ir $T_{e,\max}$ tolygiai pasiskirsčiusios temperatūros komponentės nurodytų trijų tipų paklotams gali būti apskaičiuojamos naudojantis 2.11 lentelės duomenimis.

2.11 lentelė. Pakloto temperatūrų $T_{e,\min}$ ir $T_{e,\max}$ skaičiavimas

Pakloto tipas	kai $30\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_{\max} \leq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$	kai $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_{\min} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$
	$T_{e,\min}$	$T_{e,\max}$
1	$T_{e,\max} = T_{\max} + 16\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_{e,\min} = T_{\min} - 3\text{ }^{\circ}\text{C}$
2	$T_{e,\max} = T_{\max} + 4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_{e,\min} = T_{\min} + 4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
3	$T_{e,\max} = T_{\max} + 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_{e,\min} = T_{\min} + 8\text{ }^{\circ}\text{C}$

2.4.3. Šešėlinių oro temperatūrų skaičiavimas, kai jų metinių reikšmių viršijimo tikimybė $p \neq 0,02$

Šešėlines oro temperatūras $T_{\max,p}$ arba $T_{\min,p}$ galima apskaičiuoti analitiškai pagal tokias formules:

$$T_{\max,p} = T_{\max} \left\{ k_1 - k_2 \ln \left[-\ln(1-p) \right] \right\}, \quad (2.5)$$

$$T_{\min,p} = T_{\min} \left\{ k_3 + k_4 \ln \left[-\ln(1-p) \right] \right\},$$

čia $T_{\max}(T_{\min})$ – 0,02 metinės viršijimo tikimybės didžiausios (mažiausios) šešėlinės oro temperatūros reikšmė;

$$k_1 = (uc) / \{(uc) + 3,902\}, \quad (2.6)$$

$$k_2 = 1 / \{(uc) + 3,902\}, \quad (2.7)$$

u, c – aukščiausios šešėlinės oro temperatūros skirstinio modos ir mastelio parametrai;

$$k_3 = (uc) / \{(uc) - 3,902\}, \quad (2.8)$$

$$k_4 = 1 / \{(uc) - 3,902\}. \quad (2.9)$$

Parametrai u ir c priklauso nuo ekstremaliosios reikšmės I tipo skirstinio vidutinės reikšmės m ir standartinio nuokrypio σ :

$$\text{didžiausiai reikšmei } u = m - 0,57722/c; \quad c = 1,2825/\sigma, \quad (2.10)$$

$$\text{mažiausiai reikšmei } u = m + 0,57722/c; \quad c = 1,2825/\sigma. \quad (2.11)$$

Kadangi Lietuvoje nėra nustatytų k_1, k_2, k_3, k_4 parametru, pagrįstų u ir c reikšmėmis, tai pagal LST EN galima imti tokias reikšmes: $k_1 = 0,781; k_2 = 0,056; k_3 = 0,393; k_4 = 0,156$.

Bendras temperatūrų perkritis pagal pakloto aukščio kraštus yra

$$\Delta T_N = T_{e,\max} - T_{e,\min}. \quad (2.12)$$

Konkrečias perkričių reikšmes atskiruose paklotų tipuose ir jų skerspjuvių taškuose galima rasti LST EN 1991-1-5: 2003 B priede.

2.5. Temperatūros poveikiai specialiuose statiniuose

Yra daug statinių tipų, kurių konstrukcijas veikia ne tik aplinkos temperatūros pokyčiai, bet ir pramonės procesų metu išskiriama arba susidaranti temperatūra (pvz., dūmtraukiai, vamzdynai, silosai ir pan.). Projektuojant tokias konstrukcijas, būtina įvertinti šių temperatūrų sukeltus poveikius. Be to, dažnai reikia įvertinti kartu ir vėjo bei drėgminius poveikius.

Didžiausios ir mažiausios temperatūros nuo aplinkos poveikio nustatomos, kaip buvo nurodyta ir 2 bei 3 skyriuose, įvertinant klimatinės vietovės sąlygas.

Tiesinio temperatūros pasiskirstymo gelžbetoninės sienelėse tarp vidinio ir išorinio paviršiaus skirtumas imamas 15 °C (EN 1991-1-5). Tikslesni duomenys dūmtraukiams pateikiami EN 13084-1.

2.6. Skaičiavimo pavyzdžiai

I pavyzdys. Nustatyti įrašų pasiskirstymą Vilniuje projektuojamo pastato metalinio rėmo elementuose nuo temperatūrų skirtumo. Pastato rėmas yra dviejų aukštų po 3,4 m aukščio, atstumas tarp kolonų – 6,0 m.

Konstruktiniai elementai yra sijos (rygeliai) IPE, kolonos HEB.

Analizuojami trys temperatūrų pasiskirstymo atvejai:

I atvejis: šyla kiekvienas konstrukcinis elementas (rygeliai ir kolonos) vasarą;

II atvejis: atšąla kiekvienas konstrukcinis elementas žiemą;

III atvejis: šyla išorinės kolonos ir sijos.

Temperatūros:

$$\Delta T_u = T - T_0 = T - 10 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Vidinės T_{in} ir išorinės T_{out} temperatūros vidurkis

$$T = \frac{T_{in} + T_{out}}{2}.$$

Teigiame, kad tikslių duomenų nėra, tuomet pagal LST EN 1991-1-5 rekomendacijas T_{in} reikšmės

vasarą $T_1 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$,

žiemą $T_2 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$.

T_{out} reikšmės:

vasarą (paviršius yra šviesus)

$$T_{out.v} = T_{\max} + T_4 = 25 + 30 = 55 \text{ } ^\circ\text{C},$$

žiemą

$$T_{out.ž} = -31 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$T_{\max}(\text{vasara}) = \frac{T_{\text{out.v}} + T_{\text{in.v}}}{2} = \frac{55^{\circ}\text{C} + 20^{\circ}\text{C}}{2} = 37,5^{\circ}\text{C},$$

$$T_{\min}(\text{žiema}) = \frac{T_{\text{out.ž}} + T_{\text{in.ž}}}{2} = \frac{-31^{\circ}\text{C} + 25^{\circ}\text{C}}{2} = -6^{\circ}\text{C}.$$

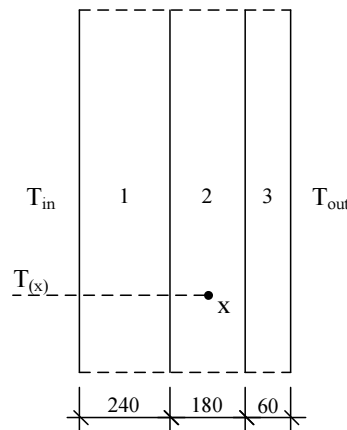
Skaičiuojant 1 ir 3 poveikių atvejams:

$$\Delta T_u(\text{vasara}) = T_{\max}(\text{vasara}) - 10^{\circ}\text{C} = 37,5^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 27,5^{\circ}\text{C}.$$

Skaičiuojant antrajam poveikių atvejui

$$\Delta T_u(\text{žiema}) = -6^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = -16^{\circ}\text{C}.$$

2 pavyzdys. Apskaičiuoti temperatūros pasiskirstymą tarp sluoksnių vertikalioje trislauksnėje konstrukcijoje (sienoje). Konstrukcijos schema pavaizduota paveiksle.



Sluoksnių medžiagų savybės tokios:

1. Tuščiaidurių keraminių blokelių tankis $\rho = 700 \text{ kg/m}^3$, šilumos laidumo koeficientas $\lambda = 0,23 \text{ w/(mK)}$.
2. Aktybetonio $\rho = 300 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 0,13 \text{ w/(mK)}$.
3. Keraminių apdailos plytų $\rho = 1600 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 0,13 \text{ w/(mK)}$.

Išorinio vidinio sluoksnio išorės temperatūra $T_{\text{in}} = 20^{\circ}\text{C}$, išorinio sluoksnio $T_{\text{out}} = -25^{\circ}\text{C}$. Temperatūros pasiskirstymo tarp sluoksnių forma nustatoma naudojantis šilumos perdavimo teorija. Temperatūra $T_{(x)}$ bet kokiame konstrukcijos taške apskaičiuojama naudojantis formule:

$$T_{(x)} = T_{\text{in}} - \frac{T_{\text{in}} - T_{\text{out}}}{R_{\text{tot}}} (R_{\text{si}} + R_{(x)}),$$

čia: T_{in} – pirmo sluoksnio išorės temperatūra; T_{out} – trečio sluoksnio išorės temperatūra; R_{tot} – bendra konstrukcijos šiluminė varža (m^2K/w), įvertinanti abiejų išorinių sluoksnių paviršių varžą (1 sluoksnio R_{si} ir 3 – R_{so}); $R_{(x)}$ – šiluminė varža atitinkamame konstrukcijos taške. Sluoksnių šiluminės varžos apskaičiuojamos taip: $R_{(x)} = R_{in} + \sum R_i$, naudojantis šilumos laidžio ir perdavimo koeficientais.

Paviršių šiluminės varžos imamos pagal STR 2.05.01: 2005, t. y.:

$$R_{in} = 0,13 \frac{m^2C}{W} \text{ ir } R_{out} = 0,04 \frac{m^2K}{W}.$$

Bendra šiluminė varža:

$$R_{tot} = R_{in} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{out} = 0,13 + \frac{0,24}{0,23} + \frac{0,18}{0,13} + \frac{0,12}{0,60} = 2,795 \frac{m^2K}{W}.$$

Varža bet kuriame taške x :

$$R_{xi} = R_{in} + \sum R_i.$$

Teigdami, kad $\frac{T_{in} - T_{out}}{R_{tot}}$ yra šilumos srautas ir pažymėję q_{tot} , gauname:

$$T_x = q_{tot \cdot xi}; q_{tot} = \frac{T_{in} - T_{out}}{R_{tot}} = \frac{20 + 25}{2,31} = 16,10 \text{ W}.$$

Temperatūra pirmojo sluoksnio paviršiuje:

$$T_{x,0} = T_{in} - q_{tot} \cdot R_{in} = 20 - 16,10 \cdot 0,13 = 17,907 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Kitose sluoksniuose

$$T_{x,1} = 20 - 16,10(0,13 + 1,04) = 1,163 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$T_{x,2} = 20 - 16,10(0,13 + 1,04 + 1,385) = -21,136 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$T_{x,3} = 20 - 16,10(0,13 + 1,04 + 1,385) = -24,356 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$T_{x,out} = 20 - 16,10(0,13 + 1,04 + 1,385 + 0,2 + 0,04) = -25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Turint atskirų sluoksnių temperatūras, galima apskaičiuoti vidinius įtempius, deformacijas ir jų skirtumus.

3. POVEIKIAI VYKDANT STATYBĄ IR JŲ ĮVERTINIMAS

3.1. Bendrieji nurodymai

Statant pastatus ir civilinius inžinerinius statinius susidaro įvairių situacijų, kai reikia įvertinti įvairius poveikius, kurie priklauso ne tik nuo pačio statybos proceso, vykdant darbus, bet ir nuo kitų veiksnių, nesusijusių su pačiu statybos procesu (pvz., konstrukcijų savasis svoris, vėjas, sniegas, drėgminės ir temperatūrinės deformacijos ir kt.). Šie poveikiai ir jų įvertinimas yra pateikti atitinkamuose standartuose. Abiejų tipų apkrovos ir poveikiai, susidarantys statybos metu, yra klasifikuojami pagal LST EN 1990 p. 4.11. Vadinasi, jie gali būti nuolatiniai ir kintami, ypatingieji. Pagal kilmę – tiesioginiai ir netiesioginiai.

Projektuojant konstrukcijas reikia įvertinti visas situacijas, kurios gali susidaryti statybos metu. Reikia numatyti situacijas, kurios būtų tinkamos visai konstrukcijai jos gamybos ir montavimo metu, atskiriems jos elementams ar iš dalies baigtai konstrukcijai (daliai sienos ar perdangos ir pan.).

Projektuojant reikia pasirinkti gana griežtas ir įvairias skaičiuotines situacijas. Jose būtina atsižvelgti į visas aplinkybes, kurias tik galima numatyti, kad jos gali susidaryti gaminant ar montuojant konstrukcijas.

3.2. Apkrovų skaičiuotinių situacijų statyboje nustatymas ir ribiniai būviai

Pagal LST EN 1991-1-6 pasirinktos skaičiuotinės situacijos turi atitikti projekte numatytus darbų vykdymo procesus. Skaičiuotinėse situacijose reikia atsižvelgti į visus vykdymo procesų pasikeitimus.

Vykdant statybos darbus gali susidaryti apkrovų situacijos, kurias būtina įvertinti projektuojant: trumpalaikės, ypatingosios ir seisminės (šios mūsų šaliai nebūdingos). Šios apkrovos įvertinamos vykdant pastatų ir inžinerinių statinių statybos darbus. Į juos įeina naujai statomo pastato ar statinio statybos darbai, jų rekonstrukcijos darbai ir visas arba dalinis ardymas (griovimas).

Šiame standarte pateiktomis taisyklėmis ir parenkant apkrovas galima vadovautis ir projektuojant pagalbinius statybos darbus, tokius kaip klojinių ir pastolių statymas, laikinas atramas ir kt., kurie būtini statybos procesams atlikti. Vykdant tokius pagalbinius darbus atsirandančios poveikių situacijos yra panašios į skaičiuotines situacijas, vykdant pagrindinius statybos darbus (trumpalaikės, ypatingosios, seisminės). Parenkant šiems darbams projektinę poveikių situaciją, ji turi derintis su numatomais pagrindiniais statybos procesais ir jų metu atsirandančiais poveikiais.

Bet kurią pasirinktą trumpalaikę skaičiuotinę situaciją reikia susieti su laiko trukme, kuri turi būti ne mažesnė nei numatyta (gali tęstis) darbų vykdymo (ar atskiro proceso) trukmė. Taip pat būtina atsižvelgti į kintamųjų (pvz., vėjo, sniego ir kitų klimato veiksnių) poveikių kartojimosi periodų galimybę. Ji gali būti numatyta projekte (jeigu yra patirties ar duomenų). Jeigu tokių duomenų nėra rekomenduojama klimato poveikių kartojimosi charakteristines reikšmes imti pagal 3.1 lentelę.

3.1 lentelė. Rekomenduojamieji kartojimosi periodai, taikomi klimato poveikių charakteristinėms reikšmėms nustatyti

Trukmė	Kartojimo periodas (metai)
≤ 3 paros	2
≤ 3 mėnesiai (bet > 3 paros)	5
≤ 1 metai (bet > 3 mėnesiai)	10
> 1 metai	50

Trumpiems vykdymo etapams reikia pasirinkti 3 parų vardinę trukmę, atitinkančią patikimas to paties laikotarpio meteorologines prognozes statybos vietovės regionui. Galima pasirinkti šiek tiek ilgesnį vykdymo etapą, kai imamasi tinkamų organizacinių priemonių. Vidutinio kartojimosi periodo sąvoka neilgos trukmės laikotarpiams dažniausiai netinka.

Iki trijų mėnesių vardinę trukmę galima nustatyti, atsižvelgiant į atitinkamus sezoninius ir trumpesnio laikotarpio meteorologinius klimato pokyčius. Pavyzdžiui, upės potvynio dydis priklauso nuo vertinamo metų laiko.

Mažiausias vėjo greitis vykdant statybos darbus imamas remiantis regiono klimatologijos duomenimis. Rekomenduojamoji iki 3 mėnesių trukmių pagrindinė reikšmė pagal EN 1991-1-4 yra 20 m/s.

Jeigu vykdymo stadijos projekte yra apibrėžtos ribotos klimato sąlygos arba oro sąlygų trukmė, klimato poveikių charakteristines reikšmes reikia nustatyti, atsižvelgiant į:

- vykdymo stadijos tikėtiną trukmę,
- meteorologinių prognozių patikimumą,
- apsaugos priemonių organizavimo laiką.

Reikia nustatyti sniego apkrovų ir vėjo poveikių derinimą su statybos Q_c apkrovomis (žr. 3.2 lentelė). Tai gali būti nurodyta projekte, jei nėra standartų ar nacionalinio priedo šiuo klausimu. Parenkant skaičiuotines situacijas vykdant darbus, reikia nustatyti konstrukcijos ir konstrukcinių elementų geometrinių charakteristikų netobulumus, kurie gali būti nustatyti nacionaliniame priede, o jo nesant – atskirame projekte arba atitinkamuose standartuose, taikomuose gamykliniams gelžbetoniniams gaminiais.

Jeigu konstrukcija arba jos dalys yra veikiamos pagreičių, kurie gali sukelti dinامينius arba inercijos efektus, į juos reikia atsižvelgti, jei būtina (norint išvengti didelių pagreičių), reikia numatyti jų kontrolę.

Vandens sukeltus poveikius, įskaitant, pavyzdžiui, gruntinio vandens sukeltą kėlimą, reikia nustatyti siejant juos su vandens lygiais, atitinkančiais nustatytas ar įvardytas skaičiuotines situacijas, kai tinka. Šiems poveikiams nustatyti galima vadovautis 3.1 lentele ir jos paaiškinimais.

Gelžbetoniniame statinyje ar konstrukcijose valkšnumo ir traukumo sukeltus poveikius reikia nustatyti, atsižvelgiant į numatomas datas ir trukmę, susietą su skaičiuotinėmis situacijomis ir jeigu tai gali turėti įtaką tolesniam darbų vykdymui ir eksploatacinėms statinio savybėms.

Projektuojant statybos poveikių įtaką, reikia griežtai laikytis saugos ribinio būvio reikalavimų. Saugos ribinius būvius reikia tikrinti visose pasirinktose vykdymo laikotarpiu tinkamose trumpalaikėse ypatingosiose ir (jei būtina) seisminėse skaičiuotinėse situacijose, vadovaujantis LST EN 1990:2002.

Ypatingųjų skaičiuotinių situacijų poveikių deriniuose gali būti aiškiai nurodytas ypatingasis poveikis arba nurodyta galima situacija po ypatingojo įvykio. Pvz., kas gali įvykti staiga sulūžus trečiojo aukšto šviežiai užbetonuotiems perdangos klojiniams.

Praktiškai dažniausiai ypatingosiose situacijose yra vertinamos ypatingosios sąlygos, susijusios su konstrukcija ar jos aplinka. Tai gali būti:

- smūgis, vietinė griūtis ir tolesnis jos plitimas;
- konstrukcijos ar jos dalių kritimas;
- pastato atveju – nenormalios statybos įrangos (mechanizmu) ir (arba) statybinių medžiagų sankaupos, lietaus ar kitokio vandens sankaupa ant nenuolaidaus stogo, gaisras ir kt.

Kai tikrinama konstrukcija, reikia įvertinti į iš dalies baigtos, atitinkančios pasirinktą skaičiuotinę situaciją konstrukcijos atitinkamas geometrines charakteristikas ir stiprumą. Pvz., pastato žemiau esančių aukštų stiprumas nėra pasiekęs savo projektinės reikšmės ir svarbu nustatyti, ar galima toliau ir kiek jį apkrauti, tęsiant statybos darbus ir kas gali įvykti to neįvertinus.

Trumpalaikių ir ypatingųjų poveikių skaičiuotinių situacijų pagrindiniai deriniai imami remiantis LST EN 1990. Pagrindinio trumpalaikių poveikių derinio išraiška yra ši:

$$\sum_{\gamma \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot \Theta_{k,i} \quad (3.1)$$

arba gali būti imama viena iš dviejų toliau pateiktų išraiškų, kuria gaunamas nepalankesnis rezultatas:

$$\begin{cases} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}, \\ \sum_{j \geq 1} \xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}, \end{cases} \quad (3.2)$$

čia $0,85 \leq \xi \leq 1,00$ nepalankaus nuolatinio poveikio G redukavimo koeficientas.

Daugiau informacijos apie šio derinio naudojimąsi yra pateikta „Apkrovų vadovo“ I dalyje ir įvertinus tokį nurodymą:

- statybos apkrovų kintamųjų poveikių reprezentatyviausias (charakteristines) reikšmes galima nustatyti ir imti iš nacionalinio priedo. Rekomenduojamos ribos $\psi_0 = 0,6 - 1,0$;
- nesant konkrečių nurodymų, rekomenduojama imti $\psi_0 = 1,0$;
- mažiausia rekomenduojamoji ψ_2 reikšmė yra $0,2$. Mažesnės už šią ψ_2 reikšmę nerekomenduojama vartoti;
- koeficientas ψ_1 vykdomos statybos apkrovoms netaikomas.

Nesant ypatingųjų poveikių skaičiuotinė situacija pagal LST EN 1990 užrašoma taip:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ ar } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}. \quad (3.3)$$

Apkrovų deriniai, jų reikšmės ir sukelti poveikiai konstrukcijai negali pakenkti konstrukcijos saugos ribiniam būviui, kai pastatas užbaigtas (eksploatacinėms savybėms).

Apkrovų deriniai vykdant statybą, tikrinant tinkamumo ribinį būvį, turi būti parenkami, jeigu reikia, vadovaujantis LST EN 1990. Parenkant apkrovų derinius darbų vykdymo stadijai reikia įvertinti reikalavimus, keliamus baigtos konstrukcijos stadijai (eksploatacijai).

Turi būti numatytos tokios skaičiuotinės situacijos ir deriniai, kad vykdant statybą neatsirastų konstrukcijose plyšių ar išankstinių įlinkių, kurie gali pakenkti konstrukcijos ilgalaikiškumui, estetiniai ir architektūriniai išvaizdai bei kitoms eksploatacinėms savybėms.

Projektuojant reikia atsižvelgti į temperatūrinius ir drėgmininius poveikių efektus ir numatyti priemones (tiek konstrukcines, tiek technologines) jiems sumažinti.

Dažniausiai trumpalaikėse skaičiuotinėse situacijose vykdant statybos darbus būna tokie poveikių deriniai:

- charakteristinis;
- tariamai nuolatinis.

Charakteringasis derinys yra toks:

$$\sum_{\gamma \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (3.4)$$

ir tariamai nuolatinis

$$\sum_{\gamma \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i} \cdot \quad (3.5)$$

Jeigu reikia atsižvelgti į tam tikrų poveikių dažninius derinius, jų reikšmės nustatomos atskirai projekte (kol nėra nacionalinių priedų).

3.3. Poveikių reprezentavimas

3.3.1. Bendrosios nuostatos

Charakteristines ir kitas reprezentatyviasias poveikių reikšmes reikia nustatyti pagal EN 1990, EN 1991, EN 1997 ir EN 1998.

Reprezentatyviosios poveikių reikšmės statant statinį gali skirtis nuo reikšmių, taikomų projektuojant baigtą konstrukciją. Šiame vadove pateikti dažnai vykdant darbus pasitaikantys poveikiai, specialios statybos apkrovos ir metodai jų reikšmėms nustatyti. Kaip nurodyta LST EN 1991-1-5, kai kurios reikšmės gali būti pateiktos nacionaliniame priede arba įvertintos projektuojant.

Poveikių efektus galima kiek įmanoma sumažinti arba juos pašalinti tinkamai konstruojant, įrengiant pagalbinius statinius arba apsauginius (saugos) įtaisus.

Statybos apkrovų (Q_c) reprezentatyviasias reikšmes reikia nustatyti, atsižvelgiant į jų kitimą laikui bėgant.

Reikia atsižvelgti į konstrukcijų ir jų dalių tarpusavio sąveikos efektus vykdant darbus. Prie tokių konstrukcijų reikia priskirti ir konstrukcijas, kurios sudaro pagalbinio statinio dalį. Kai konstrukcijos dalys turi ryšių arba paremtos kitomis konstrukcijos dalimis (pvz., betonuojant perdangos sijos paremiamos statramsčiais), reikia atsižvelgti į tokių dalių poveikius, sukeltus ryšių arba atramų. Priklausomai nuo statybos procedūrų, atramines konstrukcijos dalis gali veikti apkrovos, didesnės nei tos, kurioms jos suprojektuotos ilgalaikėje skaičiuotinėje situacijoje. Be to, atraminių plokščių laikomųjų galių ribos gali būti nepasiektos. Apie statybos procedūrų nuokrypių galimas ribas būtina nurodyti projekte.

Kartais reikia įvertinti horizontaliuosius poveikius dėl trinties, remiantis atitinkamomis trinties koeficientų reikšmėmis.

3.3.2. Naudojamų konstrukcinių ir nekonstrukcinių elementų poveikiai

Naudojamų konstrukcinių ir nekonstrukcinių elementų savąjį svorį reikia nustatyti pagal LST EN 1991-1-1 ir reikia atsižvelgti į jų savojo svorio dinامينius ar inercinius efektus.

Elementų ir medžiagų kėlimo jungčių poveikius reikia nustatyti pagal LST EN 1991-3.

Nustatant konstrukcinių ir nekonstrukcinių elementų poveikius, priklausančius nuo atramų padėčių ir sąlygų keliant, transportuojant ar sandėliuojant, kai tinka, reikia atsižvelgti į tikrąsias atrėmimo sąlygas ir vertikalaus ar horizontalaus pagreičio sukeltus dinامينius ar inercijos efektus, atsižvelgiant į LST EN 1991-3 reikalavimus.

3.3.3. Geotechniniai poveikiai

Geotechninių parametrų, grunto ir grunto slėgių charakteristines reikšmes ir pamatų ribinių poslinkių reikšmes reikia nustatyti pagal LST EN 1997.

Konstrukcijos ir pagalbinių statinių pamatų grunto poslinkius, pavyzdžiui įrengiant laikinąsias atramas, reikia įvertinti pagal geotechninių tyrinėjimų rezultatus. Tokius tyrinėjimus reikia atlikti, kad būtų gauta informacijos tiek apie absoliutines, tiek santykinės poslinkių reikšmes, jų priklausomybę nuo laiko ir galimą sklaidą. Tokie poslinkiai gali sukelti papildomų deformacijų ir įtempimų.

3.3.4. Išankstinio įtempimo poveikiai

Jeigu armatūra įtempama į betoninį ar į kitą iš anksto pagamintą elementą, reikia atsižvelgti į išankstinio įtempimo poveikius, įskaitant ir sąveikos tarp konstrukcijos bei pagalbinio statinio (pvz., pastolių) efektus, kai tinka. Išankstinio įtempimo jėgas vykdymo metu galima nustatyti pagal nuo LST EN 1992 iki LST EN 1999 ir galbūt pagal specialiuosius reikalavimus, nustatytus atskirame projekte.

Konstrukcijos poveikius, sukeltus įtempimo domkratų išankstinio įtempimo metu, reikia klasifikuoti kaip kintamuosius poveikius, taikomus inkaravimo zonai projektuoti. Į išankstinio įtempimo jėgas vykdant darbus reikia atsižvelgti kaip į nuolatinis poveikius.

3.3.5. Išankstinės deformacijos

Išankstinių deformacijų vertinimas turi atitikti taikomą eurokodoą (nuo LST EN 1992 iki LST EN 1999) reikalavimus. Tokios deformacijos gali atsirasti, pavyzdžiui, slenkantis atramoms (pvz., trosams ar lynams, įskaitant pakabas) ir konstrukcinėms atramoms.

Reikia atsižvelgti į vykdymo procesų poveikių efektus, ypač kai išankstinės deformacijos suteikiamos konstrukcijai, kad būtų sukelti poveikių efektai baigtos konstrukcijos elgsenai pagerinti, ypač konstrukcijos saugos ir tinkamumo reikalavimų atžvilgiu. Išankstinių deformacijų poveikių efektus reikia tikrinti skaičiuotinių kriterijų atžvilgiu, matuojant jėgas ir deformacijas vykdant darbus.

3.3.6. Temperatūros, traukumo ir hidratacijos efektai

Bet kokiai stadijai projektuojant konstrukcijas, būtina tinkamai atsižvelgti į temperatūros, traukumo ir hidratacijos efektus kiekvienu statybos etapu. Tačiau temperatūros ir traukumo poveikiai pastatams nebūna reikšmingi, jeigu pastatai yra tinkamai sukonstruoti ilgalaikės skaičiuotinės situacijos atžvilgiu.

Kartais reikia atsižvelgti į trinties efekto konstrukcinėse atramose sukeltus suvaržymus.

Temperatūrinius klimato poveikius reikia nustatyti pagal LST EN 1991-1-5. Temperatūrinius hidratacijos poveikius reikia nustatyti pagal EN 1992, EN 1994 ir EN 1995.

Subetonuotose masyviuose betoninėse konstrukcijose temperatūra gali reikšmingai pakilti, sukeldama atitinkamus temperatūrinius efektus (deformacijos, įtempiai ir kt.). Kraštutinių didžiausių ir mažiausių temperatūrų reikšmės, į kurias reikia atsižvelgti projektuojant, gali keistis, keičiantis metų laikams.

Statybinių medžiagų traukumo (ypač betono) efektus reikia nustatyti pagal atitinkamą eurokodoą (nuo LST EN 1992 iki LST EN 1999).

Nustatomi trinties efektų tiltų konstrukcinėse atramose, kuriose galimi laisvi poslinkiai, suvaržymai, į kuriuos reikia atsižvelgti, remiantis atitinkamomis reprezentatyviosiomis reikšmėmis.

Priklausomai nuo konstrukcinės sistemos kartais reikia atsižvelgti į antrosios eilės efektus ir temperatūros bei traukumo deformacijas, derinant jas su pradiniais netobulumais.

3.3.7. Vėjo, sniego ir apledėjimo poveikiai

Yra svarbu teisingai įvertinti dinaminių reakcijų nuo vėjo poveikių vykdymo stadijų metu skaičiavimus ir reikia nustatyti, atsižvelgiant į konstrukcijos ir įvairių jos elementų

baigtumo ir stabilumo laipsnį. Tam reikalingus kriterijus ir procedūras galima nustatyti atskirame projekte.

Jeigu dinaminės reakcijos skaičiavimo procedūros nereikia, vėjo Q_W statinių jėgų charakteristines reikšmes atitinkamam kartojimosi periodui reikia nustatyti pagal EN 1991-1-4, atsižvelgiant į rekomenduojamus kartojimosi periodus (žr. 3.1 lentelę). Be to, reikia nustatyti kėlimo ir stūmimo operacijų ar kitų trumpalaikių statybos tarpsnių didžiausią leidžiamąjį vėjo greitį. Didžiausią vėjo greitį galima nustatyti atskirame projekte, įvertinant p. 3.1 rekomendacijas.

Reikia atsižvelgti į vėjo sukeltus virpesius, pvz., sūkurio sukeltus skersinius vėjo virpesius, šuoliuojantį plazdėjimą ir vėją lyjant, įskaitant galimą, pavyzdžiui, lanksčiųjų elementų nuovargį, į konstrukcijos dalių, kurios užbaigtos yra numatomos kaip vidinės dalys (pvz., sienos), vėjo poveikius vykdymo procesuose. Tokiais atvejais gali prireikti taikyti išorinio slėgio c_{pe} koeficientą (pvz., laisvai stovinčioms sienoms).

Vėjo apkrovų reikšmių nustatymo pavyzdžiai buvo pateikti I vadovo dalyje. Nustatant vėjo jėgas, reikia atsižvelgti į apkrautus įrangos, pastolių ir kito pagalbinio statinio plotus.

Sniego apkrovas reikia nustatyti pagal LST EN 1991-1-3 arba STR 2.05.04:2003, atsižvelgiant į vietovės sąlygas ir reikalingą kartojimosi periodą. Dėl rekomenduojamų kartojimosi periodų p 3.1 kartais būtina atsižvelgti į atmosferinio apledėjimo poveikius. Jiems nustatyti galima naudotis STR 2.05.04:2003. Jų skaičiavimo pavyzdžiai buvo pateikti taip pat I vadovo dalyje.

3.3.8. Vandens poveikiai

Vandens, įskaitant grunto vandens, sukeltus poveikius (Q_{wa}) dažniausiai reikia išreikšti statiniais slėgiais arba hidrodinaminiais efektais, atsižvelgiant į tai, kurių sukelti efektai yra nepalankiausi.

Hidrodinaminiai efektai apima tokius reiškinius: panardintas kliūtis veikiančią hidrodinaminę srovių jėgą; bangavimo poveikių sukeltas jėgas; žemės drebėjimo (cunamio) sukeltus efektus. Pastarieji mūsų šaliai nebūdingi.

Vandens sukeltus poveikius deriniuose galima laikyti nuolatiniais arba kintamaisiais poveikiais, atsižvelgiant į specifines aplinkos sąlygas.

Vandens poveikius, įskaitant dinامينius efektus, kai tinka, sukeltus srovių vandenyje esančioms konstrukcijoms, reikia imti statmenus sąlyčio paviršiams. Juos reikia nustatyti, atsižvelgiant į greitį, vandens gylį, konstrukcijos formą ir projektuojamas statybos stadijas.

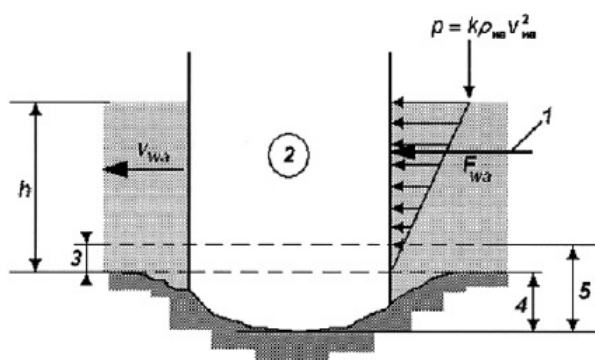
Visuminės horizontaliosios F_{wa} (N) jėgos, sukeltos vertikaliajame paviršiuje srovių, dydį reikia nustatyti pagal (3.5) išraišką ir 3.1 paveikslą.

$$F_{wa} = \frac{1}{2} k \cdot \rho_{wa} \cdot h \cdot b \cdot v_{wa}^2, \quad (3.6)$$

čia: v_{wa} – per gylį suvidurkintas vidutinis vandens greitis, m/s; ρ_{wa} – vandens tankis, kg/m^3 ; h – vandens gylis, neįskaitant vietinės išplovos gylio, m; b – objekto plotis, m; k – formos koeficientas, kai:

$k = 1,44$ – taikomas kvadratinio ar stačiakampio horizontaliojo skerspjūvio objektui,

$k = 0,70$ – taikomas apvalaus horizontaliojo skerspjūvio objektui.



3.1 pav. Srovių sukelti slėgis ir jėga: 1 – srovės slėgis (p); 2 – objektas; 3 – bendrosios išplovos gylis; 4 – vietinės išplovos gylis; 5 – visuminės išplovos gylis

Naudojantis (3.5) formule apskaičiuotas F_{wa} galima taikyti tiltų taurų ir užtūrų stabilumui tikrinti ir kt. Atskirame projekte galima taikyti tobulesnę formuluotę nustatant F_{wa} .

Galimą nuolaužų sancaupą reprezentuoja F_{deb} (N) jėga. Stačiakampiam objektui (pvz., užtūrai) ji apskaičiuojama pagal formulę:

$$F_{deb} = k_{deb} A_{deb} v_{wa}^2, \quad (3.7)$$

čia: k_{deb} – nuolaužų tankio parametras, kg/m^3 ; v_{wa} – per gylį suvidurkintas vidutinis vandens greitis, m/s; A_{deb} – kliūties plotas, išreikštas įstrigusių nuolaužų ir pastolių plotu, m^2 .

Kai tinka, reikia atsižvelgti į ledo poveikius, įskaitant plaukiančio ledo poveikius. Šiuos poveikius galima vertinti kaip tolygiai paskirstytas apkrovas, veikiančias srovės tėkmės kryptimi, atsižvelgiant aukščiausią arba žemiausią vandens lygį, žiūrint kurio lygio efektai yra nepalankiausi.

Apkrovos ir vandens lygis nustatomi nacionaliniame priede arba atskirame projekte.

Taip pat būtina atsižvelgti į lietaus vandens poveikius tokiomis sąlygomis, kuriomis gali susikaupti vanduo, pvz., potvynio efektus, atsirandančius dėl nepakankamo vandens nuleidimo, paviršiaus netobulumų, įlinkių ir (arba) vandens nuleidimo įrangos gedimo.

3.4. Poveikiai statybos metu

3.4.1. Poveikių, atsirandančių statybos metu, klasifikavimas

Poveikiai statybos metu skirstomi į dvi grupes:

1. Poveikius, kurie atsiranda vykdant statybos darbus.
2. Statybos apkrovas.

Parentant apkrovų situacijas, į poveikių, atsirandančių statybos metu, grupę gali įeiti ir statybos apkrovos bei visos kitos joms artimos pagal atsiradimo momentą apkrovos.

Pirmosios grupės apkrovos yra klasifikuojamos remiantis EN 1990:2002, p. 4.1.1, ir pateikiamos 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. Poveikių (kitokių nei statybos apkrovos), atsirandančių vykdymo stadijų metu, klasifikavimas

Atitinkamas standarto LST EN 1991-1-6 skyrius	Poveikis	Klasifikavimas				Pastabos	Šaltinis
		Kitimas laikui bėgant	Klasifikacija arba kilmė	Kitimas erdvėje	Pobūdis (statinis arba dinaminis)		
1	2	3	4	5	6	7	8
4.2	Savasis svoris	Nuolatinis	Tiesioginis	Fiksuotasis su leistinuoju nuokrypiu arba laisvasis	Statinis	Laisvasis transportavimo, sandėliavimo metu. Dinaminis, kai numetamas	LST EN 1991-1-1
4.3	Grunto deformacijos	Nuolatinis	Netiesioginis	Laisvasis	Statinis		LST EN 1997
4.3	Žemės slėgis	Nuolatinis arba kintamasis	Tiesioginis	Laisvasis	Statinis		LST EN 1997
4.4	Išankstinis įtempimas	Nuolatinis arba kintamasis	Tiesioginis	Fiksuotasis	Statinis	Kintamasis projektuojant vietiniam atsparumui (inkaravimui)	EN 1990, nuo EN 1992 iki EN 1999
4.5	Išankstinės deformacijos	Nuolatinis arba kintamasis	Netiesioginis	Laisvasis	Statinis		EN 1990
4.6	Temperatūra	Kintamasis	Netiesioginis	Laisvasis	Statinis		LST EN 1991-1-5
4.6	Traukumo arba hidratacijos efektai	Nuolatinis arba kintamasis	Netiesioginis	Laisvasis	Statinis		EN 1992 EN 1993 EN 1994
4.7	Vėjo poveikiai	Nuolatinis arba ypatingasis	Tiesioginis	Fiksuotasis arba laisvasis	Statinis arba dinaminis		LST EN 1991-1-4

3.2 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6	7	8
4.8	Sniego apkrovos	Nuolatinis arba ypatingasis	Tiesioginis	Fiksuotasis arba laisvasis	Statinis arba dinaminis		LST EN 1991-1-3
4.9	Vandens poveikiai	Nuolatinis arba kintamasis arba ypatingasis	Tiesioginis	Fiksuotasis arba laisvasis	Statinis arba dinaminis	Nuolatinis arba kintamasis pagal nurodymus, pateiktus projekte. Dinaminis vandens tėkmių, jeigu tinka	EN 1990
4.10	Apledėjimo ore apkrovos	Kintamasis	Tiesioginis	Laisvasis	Statinis arba dinaminis		STR 2.05.04:2003
4.12	Ypatingasis	Ypatingasis	Tiesioginis arba netiesioginis	Laisvasis	Statinis arba dinaminis		LST EN 1990, LST EN 1991-1-7
4.13	Seisminis	Kintamasis arba ypatingasis	Tiesioginis	Laisvasis	Dinaminis		LST EN 1990, EN 1998

Šie poveikiai įvertinami parenkant skaičiuotines situacijas atitinkamai vykdymo stadijai (pvz., kaip gali paveikti trečio aukšto betonuojamos perdangos savasis svoris ir kitos apkrovos (žr. 3.2 lentelę) antrojo aukšto perdangą, į kurią remiasi trečiojo aukšto klojiniai ir pan.).

3.5. Statybos apkrovos ir vertinimas

3.5.1. Apkrovų poveikių tipai ir jų reikšmės

Statybos apkrovų grupę sudaro apkrovos, kurios atsiranda tik vykdant darbus, ir dažniausiai nelieka užbaigus viso pastato ar dalies statybą. Jos klasifikavimas – kaip kintamosios apkrovos ir žymimos bendru simboliu Q_c .

Pagal kitimą laike (laikui bėgant) jos visos imamos kaip kintamosios apkrovos (juk vykdant tam tikrą technologinį procesą juda ir mechanizmai, ir darbininkai su įranga ir kt.). Pagal kilmę šios apkrovos yra tiesioginės. Kiti šių apkrovų bruožai ir aprašai pateikiami 3.3 lentelėje.

Statybos apkrovas, sukeltas kranų, įrangos, pagalbinio statinio (konstrukcijų), galima klasifikuoti kaip fiksuotuosius arba laisvuosius poveikius, atsižvelgiant į jų galimą padėtį taikant.

Jeigu statybos apkrovos laikomos fiksuotosiomis, reikia nustatyti galimų nuokrypių nuo jų teorinės padėties paklaidas.

Nuokrypiai gali būti nurodyti projekte.

3.3 lentelė. Statybos apkrovų aprašas ir klasifikavimas

Statybos apkrovos žymuo	Apkrovos tipas ir trumpas aprašas	Klasifikavimas		Pastabos	Šaltinis
		Kitimas erdvėje	Pobūdis (statinis arba dinaminis)		
Q_{ca}	1. Personalas ir rankiniai įrankiai	Laisvasis	Statinis		
Q_{cb}	2. Kilnojamųjų daiktų sandėliavimas	Laisvasis	Statinis arba dinaminis	Dinaminiai, kai veikia krintančiosios apkrovos	LST EN 1991-1-1
Q_{cc}	3. Nenuolatinė įranga	Fiksuotasis arba laisvasis	Statinis arba dinaminis		LST EN 1991-3
Q_{cd}	4. Judamieji sunkūs mechanizmai ir įranga	Laisvasis	Statinis arba dinaminis		LST EN 1991-2 LST EN 1991-3
Q_{ce}	5. Medžiagų atliekų sankaupa	Laisvasis	Statinis arba dinaminis	Taip pat gali sukelti apkrovas, pvz., vertikaliesiems paviršiams	LST EN 1991-1-1
Q_{cf}	7. Laikinos būklės konstrukcijos dalių apkrovos	Laisvasis	Statinis	Dinaminių efektų nepaisoma	LST EN 1991-1-1

Kai statybos apkrovos laikomos laisvosiomis, reikia nustatyti jų galimos padėties arba poslinkio ploto ribas. Ribos gali būti nustatytos nacionaliniame priede arba atskirame projekte. Pagal EN 1990:2002 1.3(2) gali prireikti pasirinkti kontrolės priemonės, kad būtų galima patikrinti, kaip statybos apkrovų padėtis ir judėjimas atitinka prielaidas, priimtas projektuojant.

Statybos apkrovas Q_c atitinkamose skaičiuotinėse situacijose galima imti kaip vieną kintamąjį poveikį arba sugrupavus ir taikant skirtingų tipų statybos apkrovas bei jas imant taip pat kaip vieną kintamąjį. Pvz., skaičiuoti pastolius su klojiniais vien tik apkrovai nuo darbininkų su nedidele statybos įranga (Q_{ca}), bet jeigu bus ir medžiagų atliekų sankaupa, imti kartu su šio tipo apkrova (Q_{ce}) ir jų sumą laikyti viena kintamąja apkrova. Be to, jei reikia, šias apkrovas derinti su ne statybos apkrovomis, jei jos gali veikti kartu. Tai turi būti atliekama projektuojant, įvertinant galimą statybos apkrovų įtaką numatytoms konstrukcijų eksploatacinėms savybėms.

Q_{ca} apkrova įvertinama darbininkų, vadybos personalo ir lankytojų, kurie gali būti su rankiniais įrankiais arba kita nedidele statybos įranga sunkis. Įvertinant šią apkrovą, imama, kad ji yra tolygiai paskirstyta q_{ca} ir išdėstyta taip, kad išeitų nepalankiausias (pavojingiausias) efektas. Tolygiai paskirstytos $q_{ca,k}$ apkrovos charakteristinę reikšmę galima nustatyti nacionalinių institucijų patvirtinimui arba nurodyti atskirai projekte. Rekomenduojama

$q_{ca.k} = 1,0 \text{ kN/m}^2$. Tačiau reikia įvertinti, kad dėl darbų specifikos šios apkrovos gali gerokai skirtis, pvz., atliekant betonavimo darbus.

Antrojo pagal eilę tipo apkrova – kilnojamųjų daiktų sandėliavimas Q_{cb} (pvz., statybinės ir konstrukcijų medžiagos, surenkamieji elementai, įranga). Šios apkrovos modeliuojamos, taikant laisvuosius poveikius, ir gali būti kaip tolygiai paskirstytos q_{cb} ir sutelktosios F_{cb} (pvz., įranga) apkrovos. Tolygiai paskirstytos ir sutelktosios šio tipo apkrovų charakteristinės reikšmės gali būti imtos nacionaliniu lygmeniu arba atskirai nurodytos projekte. Tiltams rekomenduojamos tokios mažiausios reikšmės:

$$q_{cb.k} = 0,2 \text{ kN/m}^2;$$

$$F_{cb.k} = 100 \text{ kN}.$$

Imant apkrovas nuo medžiagų ir konstrukcinių dirbinių reikia vadovautis EN 1991-1-1 nurodymais apie medžiagų tankius.

Trečiojo tipo statybos apkrova Q_{cc} – nenuolatinė įranga, vykdant darbus ji gali būti statinė, pvz., klojinių skydai, klojiniai, pastoliai, mechanizmai, konteineriai ir pan., ir judamoji (perkeliamieji klojiniai, užstumiamos sijos, iškyšos, atsvarai). Jos imamos kaip tolygiai paskirstytos apkrovos. Šios apkrovos dažniausiai yra nurodomos projekte ir nustatomos pagal tiekėjo pateiktą informaciją apie įrangos ir detalių svorius. Jeigu nėra tikslios informacijos, imama kaip tolygiai paskirstyta apkrova, kurios mažiausia charakteristinė reikšmė $q_{cc.k} = 0,5 \text{ kN/m}^2$. Klojiniams ir pastoliams projektuoti galima naudotis euro kodu EN 12812.

Ketvirtojo tipo statybos apkrova Q_{cd} – judamieji sunkūs mechanizmai ir įranga, kurie dažniausiai yra ant ratų arba bėgių. Tai kranai, keltuvai, transporto priemonės, automobiliniai kranai, energetikos įranga, kėlikliai, sunkūs kėlimo prietaisai ir pan. Projekte gali būti nurodyta atskirai, kokia yra imta apkrova, arba vadovautis atskirų LST EN 1991 dalių nurodymais ir duomenimis (LST EN 1991-2 – apie transporto priemonių apkrovas ir poveikius, apie kranų poveikių nustatymą – LST EN 1991-3 ir kt.).

Penktojo tipo statybos apkrova Q_{ce} – medžiagų atliekų sandėliavimas (pvz., statybinių medžiagų perteklius, iškastas gruntas, išgriautos gaminių ir medžiagų dalys ir pan.). Jos gali sukelti poveikius įvairių krypčių statomo pastato elementams (horizontaliems, pasviriesiems, vertikaliems (pvz., sienoms)). Šios apkrovos gali labai kisti ir priklausyti nuo medžiagų tipo, klimato sąlygų (sausos ir šlapios, po lietaus) užstatymo ir valymo intensyvumų.

Šeštojo tipo apkrovos Q_{cf} – tai apkrovos nuo laikinos būklės (vykdomų) konstrukcijų dalių, kurias veikia prieš išsigaliojant galutiniams poveikiams pvz., kėlimo operacijų. Jos

numatomos ir vertinamos pagal suplanuotą montavimo (statybos) vykdymo eiliškumą, įskaitant šio eiliškumo pasekmes.

Projektuojant gali prireikti atsižvelgti į kitų tipų statybos apkrovas. Tai gali būti netipiniai darbų procesai ir jiems naudojama speciali įranga, jos judėjimas ir išdėstymas, tarpinių konstrukcijų montavimas, jas vėliau perkeliant į eksploatacinę padėtį ir kt. Šios apkrovos turi būti nustatytos atskirame projekte.

Veikiančios statybos apkrovos gali sukelti horizontaliuosius poveikius. Į juos būtina atsižvelgti projektuojant iš dalies baigtas ir jau baigtas konstrukcijas, ypač kai konstrukcija ar jos dalys gali būti veikiamos pagreičių, sukeliančių dinامينius arba inercijos poveikius. Būtina numatyti priemones tam išvengti arba griežtai kontroliuoti.

3.5.2. Statybos apkrovos betonuojant

Betonavimo stadija yra viena iš sudėtingesniųjų stadijų, kurios metu atsiranda ne vieno tipo vertikalieji bei horizontalieji poveikiai. Beveik visuomet vienu metu veikia 2–3 tipų poveikiai. Juos sukelia apkrovos nuo darbininkų ir smulkios statybos įrangos (Q_{ca}), klojinių ir laikančiųjų elementų (Q_{cc}) ir šviežio betono svorių (Q_{cf} tipo). Šios apkrovos imamos kaip viena. Jos gali būti imtos nacionaliniu lygmeniu, tačiau dar tokio sprendimo nėra. Reikia naudotis anksčiau pateiktomis rekomendacijomis priklausomai nuo betono tipo ir tankio klasės (3.4 lentelė).

3.4 lentelė. Nesukietėjusio betono tankis

Betonas	Tankis γ (kN/m ³)
Lengvasis	
LC 1,0 tankio klasė	Nuo 10 iki 11
LC 1,2 tankio klasė	Nuo 11 iki 12
LC 1,4 tankio klasė	Nuo 12 iki 15
LC 1,6 tankio klasė	Nuo 15 iki 17
LC 1,8 tankio klasė	Nuo 17 iki 19
LC 2,0 tankio klasė	Nuo 19 iki 21
Normaliojo svorio	25
Sunkusis	>25

Jeigu armatūros sunkis atskirai nėra įvertintas, tai, esant normaliam plieninės armatūros procentiniam santykiui, šviežio betono tankis, nurodytas 3.4 lentelėje, didinamas 1 kN/m³. Jeigu naudojamas kitoks betonas, pvz., save tankinantis (išsilyginantis) arba naudojami papildomi surenkamieji gaminiai, apkrovos reikia nustatyti suderinus vykdytojui ir projektuotojui.

Apkrovas, veikiančias betonuojant (Q_{ca} , Q_{cc} , Q_{cf}), reikia išdėstyti taip, kad jos sukeltų didžiausias įražas (efektus). Jos gali būti simetriškos ir nesimetriškos. Apkrovų reikšmės (charakteristinės) imamos priklausomai nuo padėties betonuojamame plote.

3.5 lentelė. Statybos apkrovų, veikiančių betonuojant, sukeltų poveikių rekomenduojamos charakteristinės reikšmės

Poveikis	Apkrautasis plotas	Apkrova, kN/m ²
(1)	Ne darbo zonoje	Apimantys $0,75Q_{ca}$
(2)	3×3 m darbo zonoje (arba tarpatramio ilgis, jei jis mažesnis)	10 % betono savojo svorio, bet ne mažiau nei 0,75 ir ne daugiau nei 1,5 nuo Q_{ca} ir Q_{cf}
(3)	Tikrasis plotas (zona)	Savasis klojinių svoris, laikantysis elementas (Q_{cc}) ir skaičiuojamojo storio šviežio betono svoris (Q_{cf})

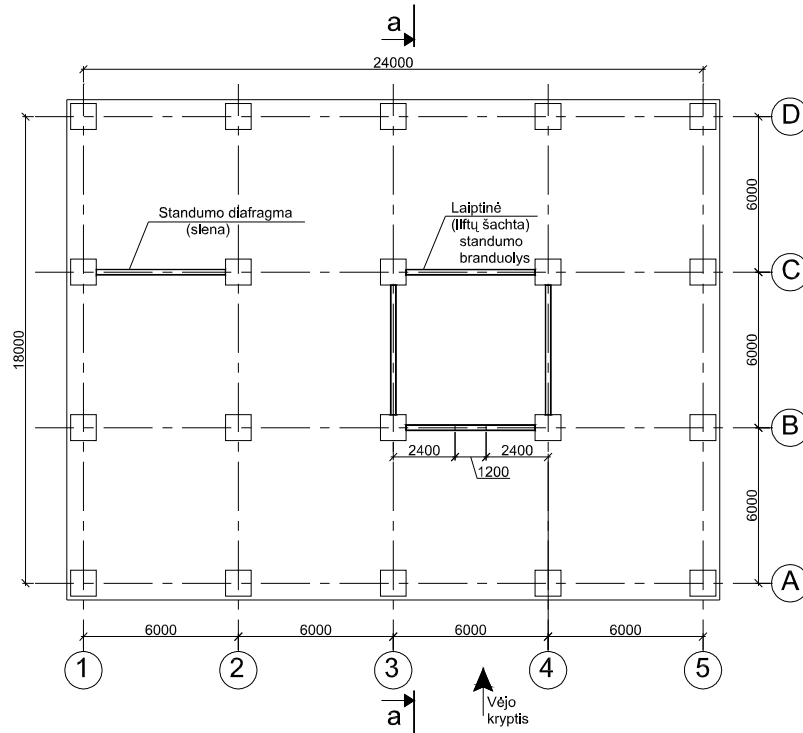
Betonuojant aukštas konstrukcijas (pvz., sienas, sijas) reikia atsižvelgti į šviežio betono horizontaliuosius poveikius. Projektuojant vardinės horizontaliosios jėgos (F_{hm}) imamos ir taikomos konkrečiam atvejui. Tokiais atvejais šias jėgas reikia išdėstyti tokiose vietose, kad būtų gaunamas nepalankiausias efektas, net ir vietose, kurios ne visiškai atitinka vertikaliųjų apkrovų vietas.

Šių horizontaliųjų jėgų charakteristinės reikšmės gali būti imamos nacionaliniu lygiu arba atskirai projektuojant. Jeigu nėra duomenų, rekomenduojama imti šią jėgą 3 % nuo nepalankiausių vertikaliųjų apkrovų poveikių derinių.

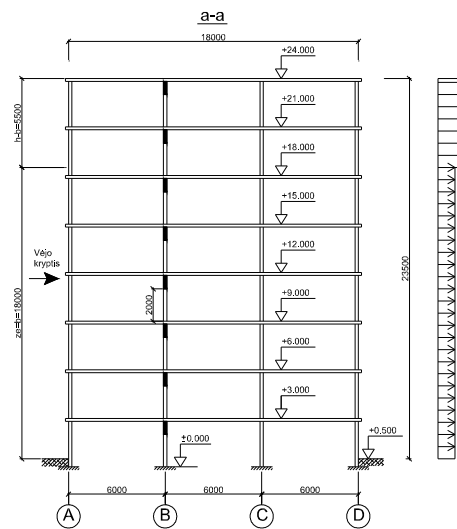
3.6. Apkrovų skaičiavimo pavyzdžiai

1 pavyzdys. Apskaičiuoti vėjo slėgį statomam daugiaaukščiam pastatui. Pastatytas 8 aukštų karkasas, išorinių sienų nėra.

Pastato pagrindinės laikančiosios konstrukcijos: monolitinio gelžbetonio kvadratinio skerspjūvio 400×400 mm kolonos, perdanga – besijė, plokštė – monolitinio gelžbetonio 220 mm storio.

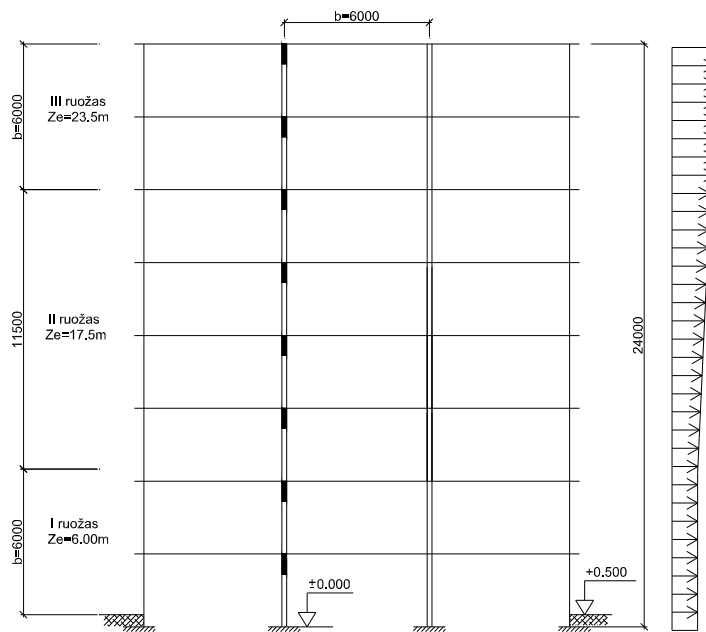


3.2 pav. Pastato konstrukcijų išdėstymo schema (planas)



3.3 pav. Pastato pjūvis, atskaitos aukštis z_e , atsižvelgiant į pastato aukštį h ir plotį b , bei atitinkama greičio slėgio diagrama, kai $b < h \leq 2b$

Pastatas statomas I Lietuvos vėjo greičio rajone, IV kategorijos vietovėje. Pagrindinis vėjo greitis $v_{b,0} = 24 \text{ m/s}$. Nagrinėjamas vėjo slėgis nurodytas kryptimi (3.2 pav.).



3.4 pav. Branduolio atskaitos aukštis z_e ir atitinkama greičio slėgio diagramos forma

Pagrindinis vėjo greitis v_b apskaičiuojamas:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 24 = 24 \text{ m/s},$$

čia: c_{dir} – vėjo kryptį įvertinantis koeficientas (pagal 1991-1-4: 2005 rekomenduojamoji reikšmė = 1,0); c_{season} – metų laiką įvertinantis koeficientas (pagal 1991-1-4: 2005 rekomenduojamoji reikšmė = 1,0).

Vėjo greičio slėgis $q_b = \frac{\rho}{2} v_b^2$, čia ρ – oro tankis. Oro tankis (LST EN 1991-1-4: 2005)

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3.$$

Vėjo greičio slėgis:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 24^2 = 360 \text{ Pa} = 0,36 \text{ kPa}.$$

Vėjo slėgio į standumo branduolio sieną skaičiavimas

Standumo branduolio plotis – 6,0 m, aukštis (virš žemės paviršiaus) – 23,50 m. Branduolio atskaitos aukštis z_e , atsižvelgiant į aukštį h ir plotį b bei atitinkama greičio slėgio diagramą, kai $h > 2b$ (6.3 pav.). Vidutinis vėjo greitis z aukštyje apskaičiuojamas taip:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b,$$

čia: $c_0(z)$ – kalvotumo koeficientas, imamas $c_0(z) = 1$. Koeficientas $C_r(z)$ priklauso nuo pastato aukščio (z) ir vietovės bei apskaičiuojamas taip:

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right), \text{ kai } z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \text{ ir}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}), \text{ kai } z \leq z_{\min},$$

čia k_r – vietovės koeficientas, priklausantis nuo šiurkščiojo ruožo ilgio z_0 ir apskaičiuojamas šia formule:

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0II}}\right)^{0,07}.$$

Šiurkštumo koeficientas apskaičiuojamas:

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right), \text{ kai } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}.$$

Pagal EN 1991-1-4: 2005 rekomendacijas IV kategorijos vietovėsi mažiausias ruožo ilgis $z_{\min} = 10$ mm, didžiausias – $z_{\max} = 200$ m, $z_0 = 1$ m.

$$k_r = 0,19 \left(\frac{1}{0,05}\right)^{0,07} = 0,234.$$

I ruožas.

$$z_e = 6,0 \text{ m}, < z_{\min} = 10 \text{ m},$$

tada $c_r(z) = c_r(z_{\min})$,

$$c_r(z_{\min}) = 0,234 \cdot \ln\left(\frac{10}{1}\right) = 0,539,$$

vėjo greitis $v_m(z) = 0,539 \cdot 1,0 \cdot 24 = 12,93$ m/s,

$$\text{vėjo slėgis } q_p(z) = \left(1 + \frac{7 \cdot 1}{\ln\left(\frac{10}{1}\right)} \right) \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 12,93^2 = 422 \text{ Pa} = 0,422 \text{ kPa} .$$

II ruožas.

$$z_e = 17,5 \text{ m}, > z_{\min} = 10 \text{ m}$$

$$\text{tada } c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,234 \cdot \ln\left(\frac{17,5}{1,0}\right) = 0,669 ,$$

$$\text{vėjo greitis } v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,669 \cdot 1,0 \cdot 24 = 16,06 \text{ m/s} ,$$

$$\text{vėjo slėgis } q_p(z) = \left(1 + \frac{7 \cdot K_I}{c_0(z) \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \right) \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) ,$$

$$q_p(z) = \left(1 + \frac{7 \cdot 1}{\ln\left(\frac{17,5}{1}\right)} \right) \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 16,06^2 = 578 \text{ Pa} = 0,578 \text{ kPa} .$$

III ruožas.

$$z_e = 23,5 \text{ m}, > z_{\min} = 10 \text{ m} ,$$

$$< z_{\max} = 200 \text{ m} ,$$

$$c_r(z) = 0,234 \cdot \ln\left(\frac{23,5}{1,0}\right) = 0,739 ,$$

$$\text{vėjo greitis } v_m(z) = 0,739 \cdot 1,0 \cdot 24 = 17,74 \text{ m/s} ,$$

$$\text{vėjo slėgis } q_p(z) = \left(1 + \frac{7 \cdot 1}{\ln\left(\frac{23,5}{1}\right)} \right) \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 17,74^2 = 633 \text{ Pa} = 0,633 \text{ kPa} .$$

Vėjo apkrova į paviršių apskaičiuojama taip:

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe} ,$$

čia c_{pe} – vėjo slėgio į išorinį paviršių koeficientas.

Vėjo slėgis, veikiantis vidurinius paviršius, w_i apskaičiuojamas šia formule:

$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}.$$

Kadangi standumo branduolio plotas didesnis nei 10 m^2 , nustatomas bendrasis koeficientas c_{pe} .

Nustatant slėgį, veikiantį standumo branduolio vidinius paviršius, vidinio slėgio koeficientas c_{pi} nustatomas priklausomai nuo angų dydžio ir angų ploto. Sienoje yra $2,4 \text{ m}^2$ ploto ($1,20 \times 2,00 \text{ m}$) anga, stoge anga 6 m^2 ($2,0 \times 2,0 \text{ m}$). Bendras šonas (su angomis), statmenas vėjo kryptčiai, laikomas svarbiausiu, nes $19,2 \text{ m}^2 > 6 \text{ m}^2$. Kadangi $19,2 \text{ m}^2 = 3 \times 6 = 18 \text{ m}^2$, galima imti vidinio slėgio koeficientą $c_{pi} = 0,9c_{pe}$.

I ruožas: $c_{pe} = +0,8$,

Slėgis į išorinę sieną

$$w_e = 0,422 \cdot 0,8 = 0,338 \text{ kPa}.$$

Siurbimas (pavėjinė pusė) $c_{pe} = -0,5$,

$$w_e = 0,422 \cdot (-0,5) = -0,211 \text{ kPa}.$$

Slėgis į vidinę sieną

$$c_{pi} = 0,9 \cdot 0,8 = 0,72,$$

tada $w_1 = 0,422 \cdot 0,72 = 0,304 \text{ kPa}$.

II ruožas: $c_{pe} = +0,8$.

Slėgis į išorinę sieną

$$w_e = 0,578 \cdot 0,8 = 0,462 \text{ kPa}.$$

Siurbimas $c_{pe} = -0,55$

$$w_e = 0,578 \cdot (-0,55) = -0,318 \text{ kPa}.$$

Slėgis į vidinę sieną

$$w_2 = 0,578 \cdot 0,72 = 0,45 \text{ kPa}.$$

III ruožas. $c_{pe} = +0,8$.

Slėgis į išorinę sieną

$$w_e = 0,633 \cdot 0,8 = 0,351 \text{ kPa}.$$

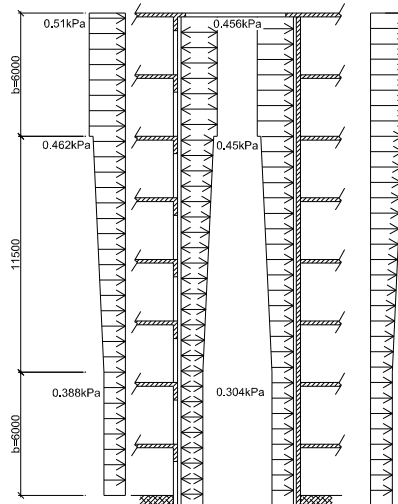
Siurbimas $c_{pe} = -0,5$

$$w_e = 0,633 \cdot 0,5 = 0,32 \text{ kPa}.$$

Slėgis į vidinę sieną

$$w_3 = 0,633 \cdot 0,72 = 0,456 \text{ kPa}.$$

Vėjo išorinio ir vidinio slėgio į branduolio sienas pasiskirstymas parodytas 3.5 pav.



3.5 pav. Vėjo išorinio ir vidinio slėgio į branduolio sienas pasiskirstymas

Vėjo apkrovos į kolonų paviršių skaičiavimas

$$h/b = 23,5 / 0,4 = 59.$$

Atskaitinis aukštis $z_e = h = 23,5 \text{ m}$.

Vėjo greitis

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,739 \cdot 1 \cdot 24 = 17,74 \text{ m/s}.$$

Vėjo slėgis

$$q_p(z) = \left(1 + \frac{7 \cdot 1}{\ln\left(\frac{23,5}{1}\right)} \right) \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 17,74^2 = 633 \text{ Pa} = 0,633 \text{ kPa} .$$

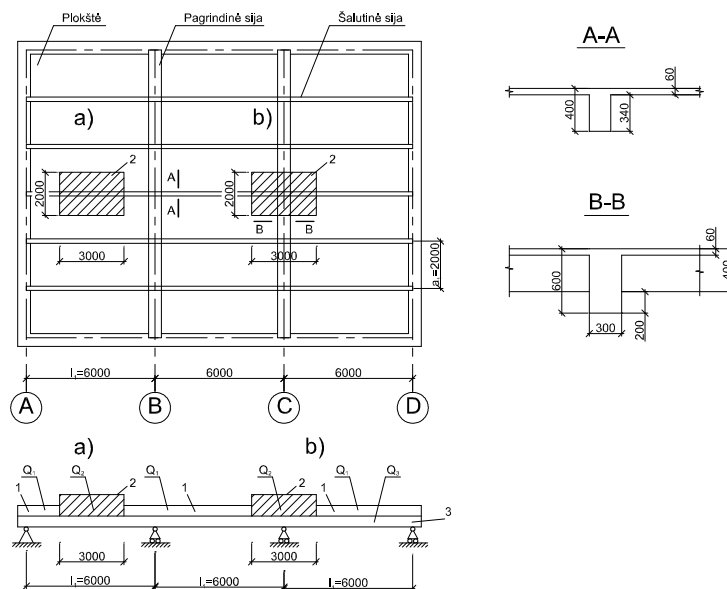
$$w_e = 0,633 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,51 \text{ kPa} .$$

Siurbimas

$$w_e = 0,633 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,32 \text{ kPa} .$$

Visas gelžbetonio kolonas veikia vėjo apkrova, slėgis $w_e = 0,51 \text{ kPa}$, siurbimas $w_e = 0,32 \text{ kPa}$.

2 pavyzdys. Statoma monolitinio gelžbetonio sijinė perdanga. Apskaičiuoti statybos apkrovas betonuojant.



3.6 pav. Sijinės perdangos ir statybos apkrovų išdėstymo schema: angoje (a) ir ties atrama (b)

Pastaba. 1. Ne darbo zona.
2. Darbo zona (3000×3000) mm arba tarpatramio ilgis, žiūrint kuris mažesnis.

Apkrova ne darbo zonoje (1 zona)

$$Q_1 = 0,75Q_{ca} ,$$

čia Q_{ca} – darbininkų, dirbančių su smulkia statybos įranga, apkrova.

Tolygiai paskirstyta darbininkų, dirbančių su smulkia statybos įranga, apkrova imama

$$q_{cak} = 1,0 \text{ kN/m}^2,$$

tada charakteristinė apkrova ne darbo zonoje (1 zona):

$$q_{1k} = 0,75 \cdot q_{cak} = 0,75 \cdot 1,0 = 0,75 \text{ kN/m}^2.$$

Apkrova darbo zonoje (2 zona)

$$Q_2 = Q_{cc} + Q_{cf}; Q_2 \geq 0,1Q_{cf}; 0,75 \text{ kN/m}^2 \leq Q_2 \leq 1,5 \text{ kN/m}^2,$$

čia: Q_{cc} klojinių ir juos laikančių elementų apkrova; Q_{cf} – šviežio betono svoris.

Tolygiai paskirstyta charakteristinė klojinių ir juos laikančių elementų apkrova nustatoma pagal naudojamų klojinių techninius duomenis, jeigu tikslesnės informacijos nėra, ši apkrova gali būti imama tokia:

$$q_{cc,k} = 0,5 \text{ kN/m}^2.$$

Šviežio normaliojo betono apkrova apskaičiuojama įvertinant monolitinio gelžbetonio ir šalutinės sijos svorį, imama ekvivalentinė tolygiai paskirstyta apkrova. Šviežio normaliojo betono tankis pagal EN 1991-1-1 rekomendacijas imamas $\rho_c = 26 \text{ kN/m}^3$ (įvertinant armatūrą). Angos viduryje (3.6 pav., variantas a ir pjūvis A-A).

$$q_{cf,k,AB} = 0,06 \cdot 26 + \frac{0,2 \cdot 0,34 \cdot 3,0 \cdot 26}{2,0 \cdot 3,0} = 1,56 + 0,88 = 2,44 \text{ kN/m}^2.$$

Ties atrama (3.6 pav., variantas b ir pjūvis B-B)

$$q_{cf,k,c} = 0,06 \cdot 26 + \frac{0,2 \cdot 0,36 \cdot 3,0 \cdot 26 + 0,3 \cdot 0,2(2,0 - 0,2)26}{3,0 \cdot 2,0} = 1,56 + 1,40 = 2,96 \text{ kN/m}^2.$$

Apkrova darbo zonoje (2 zona) angos viduryje imama

$$q_{2,k,AB} = 2,44 \cdot 0,1 = 0,240 \text{ kN/m}^2 < 0,75 \text{ kN/m}^2,$$

$$q_{2,k,AB} = 0,5 + 2,44 = 2,94 \text{ kN/m}^2 > 1,5 \text{ kN/m}^2$$

imama $q_{2,k,AB} = 1,5 \text{ kN/m}^2$;

ties atrama:

$$q_{2,k,c} = 2,96 \cdot 0,1 = 0,3 \text{ kN/m}^2 < 0,75 \text{ kN/m}^2,$$

$$q_{2,k,c} = 0,5 + 2,96 = 3,5 \text{ kN/m}^2 > 1,5 \text{ kN/m}^2$$

imama $q_{2,k,c} = 1,5 \text{ kN/m}^2$.

Apkrova visame plote (3 zona)

$$Q_3 = Q_{cc} + Q_{cf},$$

angos viduryje

$$q_{3,k,AB} = q_{cc,k} + q_{cf,k,AB} = 0,5 + 2,44 = 2,94 \text{ kN/m}^2,$$

ties atrama

$$q_{3,k,C} = q_{cc,k} + q_{cf,k,C} = 0,5 + 2,96 = 3,5 \text{ kN/m}^2.$$

4. KRANŲ SUKELTI POVEIKIAI

4.1. Bendrieji dalykai

Projektuojant pramonės, transporto ir kitus panašios paskirties pastatus, dažnai pasitaiko įranga, kuri sukelia specifinio pobūdžio poveikių statybinėms konstrukcijoms. Tokius poveikius sukelia bėgiais judantys kranai ir nejudamos mašinos, turinčios įvairiai besisukančias dalis ar ištikus agregatus. Šie apkrovų sukėlėjai sudaro dinامينius poveikius, greitėjimo bei smūgio jėgas, susijusias su pokraninėmis sijomis, judančiais kranais ir nejudamomis mašinomis. Projektuojant svarbu nustatyti ir įvertinti jų dinامينius poveikius.

Šie poveikiai dar yra skirstomi pagal jų sukėlėjų tipą:

- bėgiais judantys kabamieji vežimėliai;
- tiltiniai kranai;
- sukamosios mašinos.

Dažniausiai susiduriama su pirmųjų dviejų tipų apkrovų sukėlėjais (kranais).

Kranų sukeltieji poveikiai yra klasifikuojami kaip kintamieji ir ypatingieji poveikiai. Įprastomis eksploataavimo sąlygomis kintamieji kranų poveikiai atsiranda dėl laiko ir vietos kaitos. Kintamuosius vertikaliuosius kranų poveikius sukelia savasis kranų svoris ir keltuvo apkrova.

Kintamuosius horizontaliuosius kranų poveikius sukelia greitėjimas bei stabdymas ar pokrypio, taip pat dinامينių poveikių sukeltos inercijos jėgos.

Reprezentatyviosios kintamųjų kranų apkrovų reikšmės yra charakteristinės reikšmės ir jas sudaro statinė bei dinaminė komponentės.

Dinaminę komponentę sukelia dėl inercinių ir amortizavimo jėgų atsirandantys virpesiai. Tai įvertinama taikant dinامينius koeficientus φ_i , skirtus statinėms poveikio apkrovoms:

$$F_{\varphi,k} = \varphi_i F_k, \quad (4.1)$$

čia: $F_{\varphi,k}$ – charakteristinė poveikio reikšmė; φ_i – dinaminiai koeficientai, kurių taikymo atvejai yra nurodyti 4.1 lentelėje; F_k – charakteristinė statinė kranų poveikio komponentė.

4.1 lentelė. Dinaminiai koeficientai φ_i

Dinaminiai koeficientai	Poveikiai, į kuriuos reikia atsižvelgti	Taikoma
φ_1	Krano konstrukcijos sužadinimas dėl keltuvo krovinio kėlimo nuo žemės	Savajam krano svoriui
φ_2 arba φ_3	Dinaminiai keltuvo krovinio kėlimo nuo žemės iki krano poveikiai Dinaminiai staigaus naudingo krovinio paleidimo poveikiai, jei, pvz., naudojami griebtuvai ar elektromagnetai	Keltuvo apkrovai
φ_4	Dinaminiai poveikiai, kurie atsiranda kranui judant bėgiais	Savajam krano svoriui ir keltuvo apkrovai
φ_5	Dinaminiai poveikiai, kuriuos sukelia varomosios jėgos	Varomosios jėgos
φ_6	Dinaminiai bandomosios apkrovos, kurią pavaros judina taip, kaip naudojant kraną, poveikiai	Bandomajai apkrovai
φ_7	Dinaminiai tamprieji smūgio į amortizatorius poveikiai	Amortizatorių apkrovoms

Atliekant skaičiavimus ir analizuojant apkrovų grupes, reikia atsižvelgti į krano apkrovos komponentų vienalaikiškumą. Apkrovų grupės ir taikomi dinaminiai koeficientai nurodyti 4.2 lentelėje. Teigiama, kad kiekviena šių apkrovų grupė išreiškia vieną charakteristinę krano poveikį, derinamą su ne krano apkrovomis. Grupuojama taip, kad vienu metu būtų nagrinėjama tik viena krano horizontalioji apkrova.

Kranai gali sukelti ir ypatinguosius poveikius. Tai įvyksta, kai jie atsitrenkia į amortizatorius (amortizavimo jėgos) arba kėlimo įtaisai atsitrenkia į kliūtis (pokrypio jėgos). Jeigu nenumatoma įrengti apsaugą, tai į šiuos poveikius būtina atsižvelgti projektuojant konstrukciją.

Panašiai kaip ir nustatant kintamuosius poveikius, ypatingosios krano apkrovos komponentų vienalaikiškumą galima atsižvelgti analizuojant apkrovų grupes, kaip nurodyta 4.2 lentelėje. Turi būti laikoma, kad kiekviena šių apkrovų grupių išreiškia vieną charakteristinę krano poveikį, derinamą su ne krano apkrovomis.

4.2 lentelė. Apkrovų grupės ir dinaminiai koeficientai, kurie turi būti nagrinėjami kaip vienas charakteristinis kranų poveikis

Eil. Nr.	Simbolis	Apkrovų grupės											
		Saugos ribinis būvis								Bandomoji apkrova		Ypatingoji apkrova	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	Savasis kranų svoris	Q_c	φ_1	φ_1	1	φ_4	φ_4	φ_4	1	φ_1	1	1	
2	Keltuvo apkrova	Q_b	φ_2	φ_3	–	φ_4	φ_4	φ_4	$\eta^{1)}$	–	1	1	
3	Kranų tilto greitėjimas	H_L, H_T	φ_5	φ_5	φ_5	φ_5	–	–	–	φ_5	–	–	
4	Kranų tilto pokrypis	H_S	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	
5	Kranų vežimėlio arba telferio greitėjimas ar stabdymas	H_{T3}	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	
6	Vėjo poveikis eksploatuojant	F_W	1	1	1	1	1	–	–	1	–	–	
7	Bandomoji apkrova	Q_T	–	–	–	–	–	–	–	φ_6	–	–	
8	Amortizavimo jėga	H_B	–	–	–	–	–	–	–	–	φ_7	–	
9	Pokrypio jėga	H_{Ta}	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	

Pastaba: Jeigu kranai yra patalpoje, vėjo poveikių galima nepaisyti.
¹⁾ η yra keltuvo apkrovos dalis, kuri išlieka nuėmus naudingąjį krovinį, tačiau neįtraukiama į savąjį kranų svorį.

Kranų sukelti atitinkami poveikiai (statiniai ir dinaminiai) turi būti apibrėžiami kiekvienai skaičiuotinei situacijai, nustatomi remiantis LST EN 1990 (panašiai kaip šio vadovo 3 skyriuje). Turi būti išnagrinėtos visos pasirinktos skaičiuotinės situacijos ir nustatyti kritiniai apkrovų atvejai. Nagrinėjant kritinius apkrovų atvejus, turi būti nustatytos poveikių derinio įrašų skaičiuotinės reikšmės.

Kranų poveikių reikšmės ir jo perteikimas kitoms konstrukcijoms yra nurodyti toliau.

4.2. Kranų poveikių perteikimas ir išdėstymas

4.2.1. Bendrieji nurodymai

Poveikius pokraninėms sijoms ir kitoms konstrukcijoms kranai perduoda ratais ir galbūt kreipiamaisiais ritinėliais arba kreipiamosiomis priemonėmis.

Nustatant šiuos poveikius svarbu tiksliai priimti ir įvertinti kranų ir apkrovų išdėstymą. Yra du pagrindiniai kranų, sukeliančių poveikius, tipai:

1. Vienbėgiai telferiai, kabantys po pokraninę siją.
2. Tiltiniai kranai.

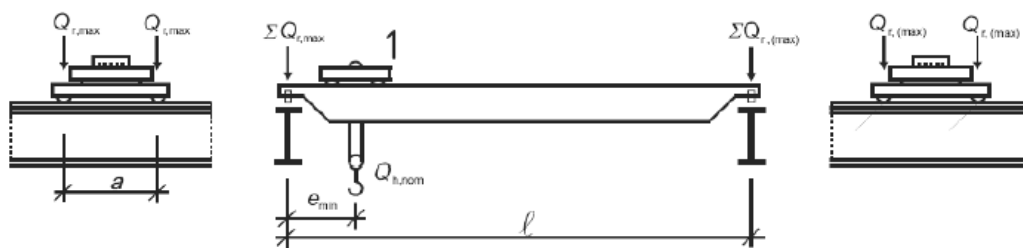
Visi jie sukelia vertikaliąsias ir horizontaliąsias apkrovas.

Vienbėgių telferių sukeliama vertikaliąsias apkrovas sudaro savasis telferio svoris ir keltuvo apkrova, įvertinant dinaminį koeficientą φ_i , parenkamą pagal 4.1 ir 4.2 lenteles.

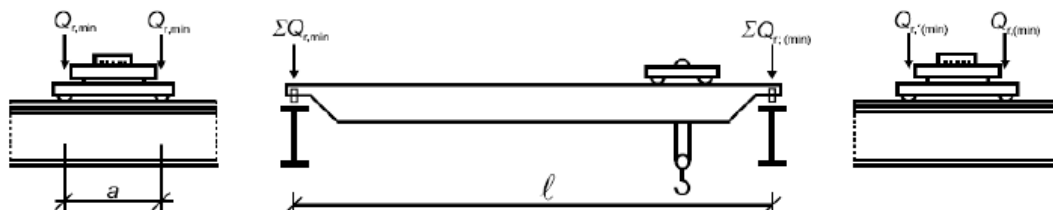
Telferių horizontaliosios apkrovos, jei pokraninės sijos yra nejudamos ir neturima tikslesnių duomenų, yra imamos 5 % didžiausios vertikaliosios ratų apkrovos, neatsižvelgiant į dinaminį koeficientą. Toks horizontaliosios apkrovos dydis imamas ir kai pokraninės sijos yra siūbuojančios kabamosios.

4.2.2. Kranų poveikiai ir išdėstymas

Tiltinių kranų sukeltos vertikaliosios apkrovos nuo judančio kranu ratų yra nustatomos priklausomai nuo jų išdėstymo (4.1 pav.) ir imant charakteristines reikšmes, kurios yra lygios kranu tiekėjo nurodytoms savojo svorio ir keltuvo vardinėms reikšmėms. Vertikaliųjų apkrovų dinaminio koeficiento φ_i reikšmės pateiktos 4.3 ir 4.6 lentelėse.



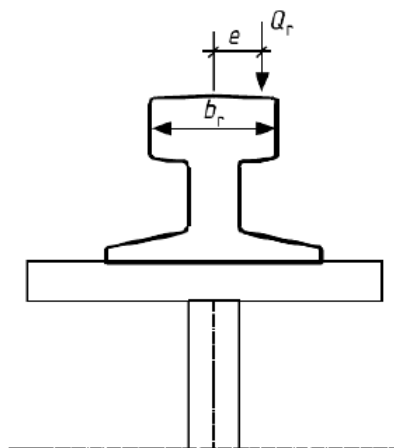
a) Kranu su krovinio apkrovu išdėstymas, kad pokraninė sija būtų veikiamas didžiausios apkrovos



b) Kranu be krovinio apkrovu išdėstymas, kad pokraninė sija būtų veikiamas mažiausios apkrovos

4.1 pav. Apkrovu išdėstymas atitinkamiems vertikaliesiems pokraninių sijų poveikiams nustatyti: $Q_{r,max}$ – didžiausioji vieno kranu su krovinio ratu apkrova; $Q_{r,(max)}$ – pridėtinė vieno kranu su krovinio ratu apkrova; $\Sigma Q_{r,max}$ – didžiausiųjų kranu su krovinio apkrovu $Q_{r,max}$, veikiančių vieną bėgį, suma; $\Sigma Q_{r,(max)}$ – pridėtinių kranu su krovinio apkrovu $Q_{r,(max)}$, veikiančių vieną bėgį, suma; $Q_{r,min}$ – mažiausioji vieno kranu be krovinio ratu apkrova; $Q_{r,(min)}$ – pridėtinė vieno kranu be krovinio ratu apkrova; $\Sigma Q_{r,min}$ – mažiausiųjų kranu be krovinio apkrovu $Q_{r,min}$, veikiančių vieną bėgį, suma; $\Sigma Q_{r,(min)}$ – pridėtinių kranu be krovinio apkrovu $Q_{r,(min)}$, veikiančių vieną bėgį, suma; $Q_{n,nom}$ – vardinė keltuvo apkrova

Bėgiui perduodamas ratu apkrovos Q_r veikimo ekscentricitetas e turi būti imamas kaip bėgio galvutės pločio b_r dalis (žr. 4.2 pav.). e reikšmę, kol nenurodyta nacionaliniame priede, rekomenduojama imti $e = 0,25b_r$.



4.2 pav. Rato apkrovos veikimo ekscentricitetas

Tiltinių kranų sukeltos horizontaliosios jėgos atsiranda dėl šių poveikių:

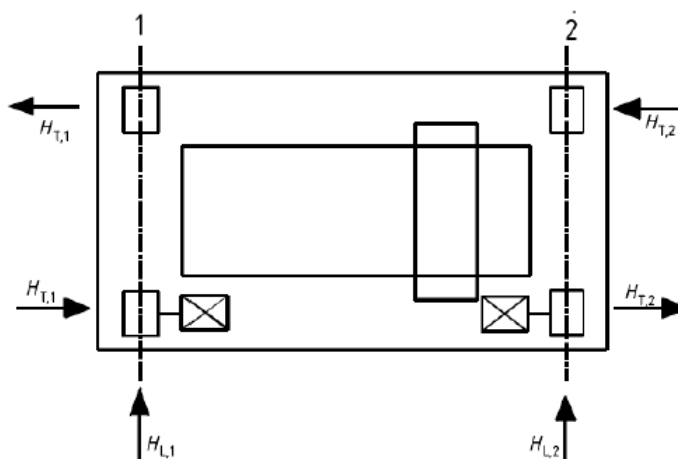
- a) kranų greitėjimas ar stabdymas, kai jis juda išilgai pokraninės sijos;
- b) kranų vežimėlio arba kabamojo vežimėlio greitėjimas ar stabdymas išilgai kranų tilto;
- c) kranų pokrypis, kai jis juda išilgai pokraninės sijos;
- d) su kranų judėjimu susijęs amortizavimas;
- e) su kranų vežimėlio arba kabamojo vežimėlio judėjimu susijęs amortizavimas.

Jeigu nenurodyta kitaip, į vienalaikių kranų apkrovų komponentių grupę gali būti įtraukta tik vieno iš penkių išvardytų a–e tipų horizontalioji jėga (4.2 lentelė).

Kai kranai kabamieji, horizontaliosios jėgos ties ratų sąlyčio paviršiumi turi būti laikomos sudarančios ne mažiau kaip 10 % didžiausiosios vertikaliosios ratų apkrovos, neatsižvelgiant į dinamines komponentes, nebent tinkama tikslesnė reikšmė.

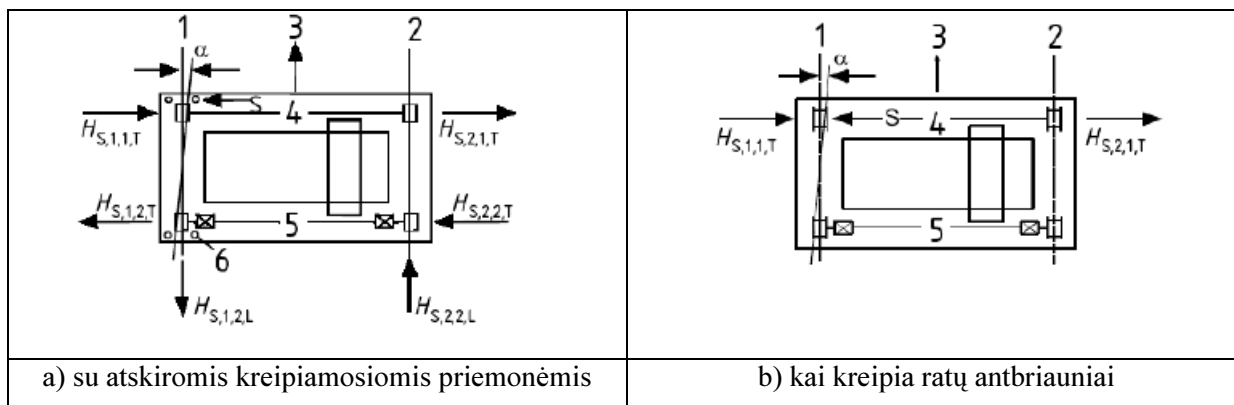
Jeigu nenurodyta kitaip, išilginės horizontaliosios ratų jėgos $H_{L,i}$ ir skersinės $H_{T,i}$ horizontaliosios ratų jėgos, kurias sukelia kranų arba kranų vežimėlio ir kt. masės greitėjimas ar stabdymas, turi būti imamos, kaip nurodyta 4.3 pav. Charakteristinės šių jėgų reikšmės nurodytos 4.3.3–4.3.5 poskyriuose.

Šios jėgos neapima įžambaus kėlimo poveikių dėl krovinio ir kranų vežimėlio nesulygiavimo, nes paprastai taip kelti draudžiama. Visi neišvengiamų mažų įžambaus kėlimo reikšmių poveikiai įtraukti į inercijos jėgas.



4.3 pav. Išilginių ir skersinių horizontalių ratų apkrovų, sukeltų greitėjimo ir stabdymo, išdėstymas skersai ir išilgai važiavimo kelio: 1 – bėgis $i = 1$; 2 – bėgis $i = 2$

Išilginės ir skersinės horizontaliosios ratų jėgos $H_{S,i,j,k}$ ir kreipiamoji jėga S , kurias sukelia pokrypis, gali atsirasti prie kranų ar vežimėlių kreipiamųjų priemonių, kai jie tolygiai juda išilgai arba skersai (4.4 pav.). Šias apkrovas sukelia kreipimo reakcijos, kurios verčia ratus krypti nuo laisvojo savaeigio judėjimo išilgine ar skersine trajektorijos kryptimi. Charakteristinės reikšmės nurodytos 4.2.4 poskyryje.



4.4 pav. Išilginių ir skersinių horizontalių ratų apkrovų, sukeltų pokrypio, išdėstymas skersai ir išilgai važiavimo kelio: 1 – bėgis $i = 1$; 2 – bėgis $i = 2$; 3 – judėjimo kryptis; 4 – ratų pora $j = 1$; 5 – ratų pora $j = 2$; 6 – kreipiamosios

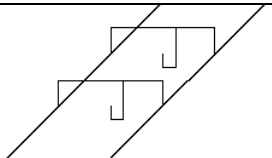
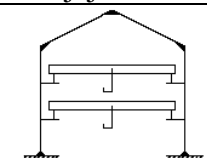
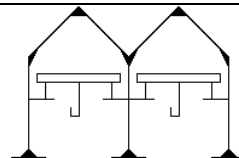
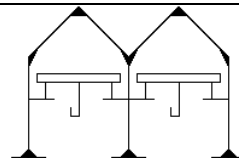
Horizontalių jėgų kryptis priklauso nuo kreipiamųjų priemonių tipo, judėjimo krypties ir ratų pavaros tipo. Jėgos $H_{S,i,j,k}$ apibrėžtos 4.2.5 poskyryje.

Jeigu keli kranai turi dirbti kartu, laikoma, kad jų poveikis yra vieno kranų poveikis.

Kai keli kranai dirba nepriklausomai, turi būti nustatytas didžiausias vienu metu dirbančių kranų skaičius, į kurį atsižvelgiama. Kranų skaičius, į kurį reikia atsižvelgti pačioje

nepalankiausioje padėtyje, gali būti nurodytas atskirai nacionalinės institucijos. Rekomenduojamasis skaičius nurodytas 4.3 lentelėje.

4.3 lentelė. Rekomenduojamasis kranų skaičius, į kurį reikia atsižvelgti pačioje nepalankiausioje padėtyje

	Kranai ant kiekvienų bėgių	Kranai kiekvienoje dirbtuvių sekcijoje	Kranai kelių sekcijų pastatuose	
				
Vertikalusis kranų poveikis	3	4	4	2
Horizontalusis kranų poveikis	2	2	2	2

4.2.3. Vertikaliosios kranų apkrovos ir jų charakteristinės reikšmės

Charakteristinės atramines konstrukcijas veikiančių vertikaliųjų kranų apkrovų reikšmės turi būti nustatytos, kaip nurodyta 4.2 lentelėje. Kranų tiekėjo nurodytos savojo kranų svorio ir keltuvo apkrovos vardinės reikšmės turi būti imamos kaip charakteristinės vertikaliųjų apkrovų reikšmės.

Apkrovų dinaminių koeficientų φ_i (2.1 lentelė) reikšmės gali būti nurodytos tiekėjo pateiktose specifikacijose. Jei tokių duomenų nėra, galima naudotis 4.4 lentelėje pateiktomis dinaminių koeficientų reikšmėmis.

4.4 lentelė. Vertikaliųjų apkrovų dinaminiai koeficientai φ_i

	Dinaminių koeficientų reikšmės
φ_1	$0,9 < \varphi_1 < 1,1$. Dvi reikšmės – 1,1 ir 0,9 – atitinka viršutinę ir apatinę virpesių impulsų reikšmes.
φ_2	$\varphi_2 = \varphi_{2,\min} + \beta_2 v_h$; v_h – pastovaus kėlimo greitis, m/s; $\varphi_{2,\min}$ ir β_2 žr. 4.5 lentelę.
φ_3	$\varphi_3 = 1 - \frac{\Delta m}{m} (1 + \beta_3)$; čia: Δm – paleista arba numesta keliamosios masės dalis; m – suminė keliamoji masė; $\beta_3 = 0,5$ – kai kranai yra su griebtuvais ar panašiais lėto paleidimo įtaisais; $\beta_3 = 1,0$ – kai kranai yra su elektromagnetais ar panašiais staigaus paleidimo įtaisais.
φ_4	$\varphi_4 = 1,0$, kai laikomasi EN 1993-6 nustatytų geležinkelio bėgių leidžiamųjų nuokrypų, jei ne – pagal EN 13001-2 nurodytą modelį.

Kai bėgiai yra ne pastatuose, charakteristinis vėjo poveikis krano konstrukcijai ir kėlimo įrangai, remiantis EN 1991-1-4, gali būti įvertintas kaip charakteristinė jėga F_{wk} .

Nagrinėjant keltuvo apkrovų derinius su vėjo poveikiu, taip pat turi būti išnagrinėta didžiausioji krano operacijoms tinkama vėjo jėga. Ši jėga F_w yra siejama su 20 m/s vėjo greičiu. Kiekvienu konkrečiu atveju turi būti nustatytas keltuvo apkrovos atskaitos plotas $A_{ref,x}$.

Kai bėgiai yra pastatuose, vėjo poveikių ir sniego apkrovų krano konstrukcijai galima nepaisyti, tačiau turi būti išnagrinėti atitinkami apkrovų deriniai, tenkantys pastato konstrukcijos dalims, kurias veikia vėjo, sniego ir krano apkrovos.

4.5 lentelė. β_2 ir $\varphi_{2,min}$ reikšmės

Įrenginio kėlimo klasė	β_2	$\varphi_{2,min}$
HC1	0,17	1,05
HC2	0,34	1,10
HC3	0,51	1,15
HC4	0,68	1,20

Kranai yra priskiriami nuo HC1 iki HC4 kėlimo klasėms, kad būtų atsižvelgta į dinامينius krovinių kėlimo nuo žemės iki krano poveikius. Pasirinkimas priklauso nuo konkretaus krano tipo. Tai nurodyta LST EN 1991-1-3 B priedo rekomendacijose.

4.2.4. Horizontaliosios kranų apkrovos ir jų charakteristinės reikšmės

Charakteristinės horizontaliųjų apkrovų reikšmės gali būti nurodytos krano tiekėjo arba nustatytos remiantis toliau pateiktomis šiame poskyryje rekomendacijomis.

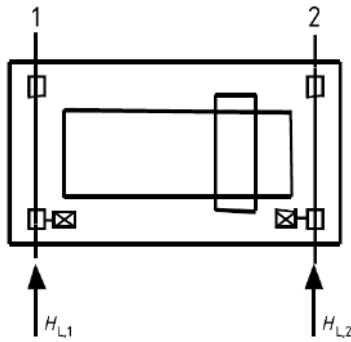
Krano tiekėjo nurodytos greitėjimo ir pokrypio poveikių vardinės reikšmės turi būti imamos kaip charakteristinės horizontaliųjų apkrovų reikšmės.

Horizontaliąsias išilgines jėgas $H_{L,i}$ ir skersines jėgas $H_{T,i}$ sukelia krano greitėjimas ir stabdymas. Krano konstrukcijų greitėjimo ir stabdymo sukeltos išilginės jėgos $H_{L,i}$ atsiranda dėl bėgio ir varomojo rato sąlyčio paviršiuje veikiančios varomosios jėgos (4.5 pav.).

Pokraninę siją veikiančios išilginės jėgos $H_{L,i}$ gali būti apskaičiuojamos pagal tokią formulę:

$$H_{L,i} = \varphi_5 K \frac{1}{n_r}, \quad (4.2)$$

čia: n_r – pokraninių sijų skaičius; K – varomoji jėga, nustatoma pagal (4.3) formulę; φ_5 – dinaminis koeficientas (4.6 lentelė); i – pokraninės sijos numerio kintamasis ($i = 1, 2$).



4.5 pav. Išilginės horizontaliosios jėgos $H_{L,i}$: 1 – bėgis $i = 1$; 2 – bėgis $i = 2$

Varomoji jėga K yra varomąjį ratą veikianti jėga ir ji turi būti tokia, kad ratas neprisistuktų. Varomąją jėgą K turi nurodyti kranų tiekėjas.

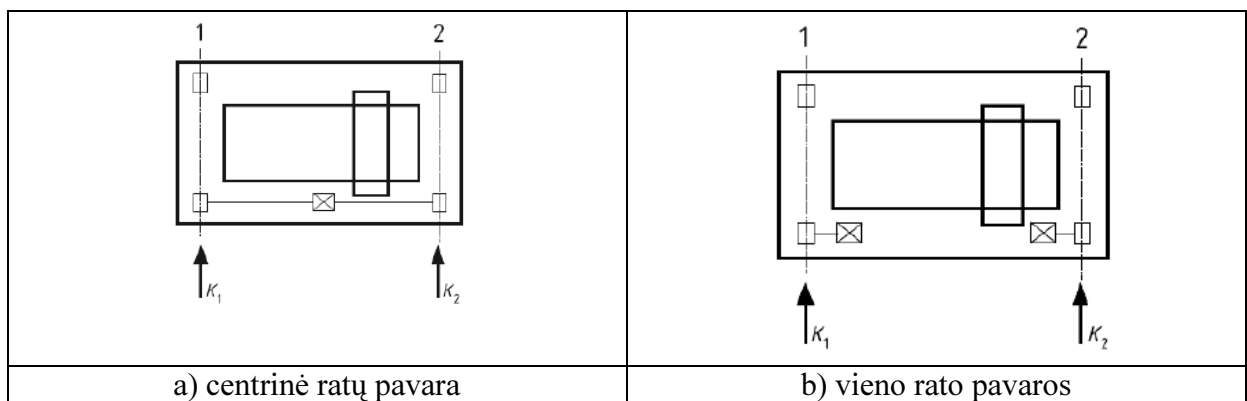
Jei nenaudojama rato valdymo sistema, varomoji jėga K gali būti apskaičiuojama taip:

$$K = K_1 + K_2 = \mu \sum Q_{r,\min}^* \quad (4.3)$$

čia: μ – trinties koeficientas ir rekomenduojamos tokios jo reikšmės: $\mu = 0,2$ – plieno su plieniu ir $\mu = 0,5$ – plieno su guma.

Kai yra vieno rato pavaros $\sum Q_{r,\min}^* = m_w Q_{r,\min}$, čia m_w yra vieno rato pavarų skaičius; kai yra centrinė ratų pavara $\sum Q_{r,\min}^* = Q_{r,\min} + Q_{r,(\min)}$.

Šiuolaikiniuose kranuose paprastai nebūna centrinės ratų pavaros.



4.6 pav. Varomoji jėga K : 1 – bėgis $i = 1$; 2 – bėgis $i = 2$

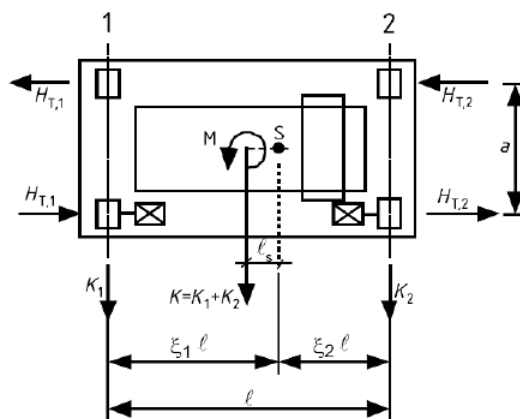
Dėl varomosios jėgos atsirandantis momentas M , kuris turi veikti masės centre, yra atsveriamas skersinių horizontaliųjų jėgų $H_{T,1}$ ir $H_{T,2}$ (4.7 pav.). Horizontaliosios jėgos apskaičiuojamos taip:

$$H_{T,1} = \varphi_5 \xi_2 \frac{M}{a}, \quad (4.4)$$

$$H_{T,2} = \varphi_5 \xi_1 \frac{M}{a}, \quad (4.5)$$

čia: $\xi_1 = \frac{\sum Q_{r,\max}}{\sum Q_r}$; $\xi_2 = 1 - \xi_1$; $\sum Q_r = \sum Q_{r,\max} + \sum Q_{r,(\max)}$; $\sum Q_{r,\max}$ ir $\sum Q_{r,(\max)}$ (žr. 4.1 pav.);

a – atstumas tarp kreipiamųjų ritinėlių arba ratų su antibriauniais; $M = K \cdot l_s$; $l_s = (\xi_1 - 0,5)l$; l – krano tilto tarpatramis; φ_5 – dinaminis koeficientas, imamas pagal 4.6 lentelę; K – varomoji jėga, nustatoma pagal 4.6 pav. ir (4.5) formulę.



4.7 pav. Skersinės jėgos $H_{T,i}$

Kai pokraninės sijos lenktos, susidaranti išcentrinė jėga turi būti dauginama iš dinaminio koeficiento φ_5 .

Jei dinaminis koeficientas φ_5 nenurodytas krano tiekėjo specifikacijos dokumentuose, galima imti 4.6 lentelėje nurodytas reikšmes.

4.6 lentelė. Dinaminis koeficientas φ_5

Dinaminio koeficiento φ_5 reikšmės	Specialiai taikoma
$\varphi_5 = 1,0$	išcentrinėms jėgoms
$1,0 \leq \varphi_5 \leq 1,5$	sistemoms, kuriose jėgos kinta tolygiai
$1,50 \leq \varphi_5 \leq 2,0$	atvejais, kai galimi staigūs pokyčiai
$\varphi_5 = 3,0$	pavaroms, kurių didelė tuščioji eiga

4.2.5. Krano pokrypio sukeliamos jėgos

Krano pokrypis sukelia horizontaliąsias $H_{s,i,j,k}$ ir kreipiamąją jėgas S . Šios jėgos apskaičiuojamos taip:

$$S = f\lambda_{S,j}\sum Q_r, \quad (4.6)$$

$$H_{S,1,j,L} = f\lambda_{S,1,j,L}\sum Q_r \text{ (indeksas } j \text{ reiškia varomųjų ratų porą),} \quad (4.7)$$

$$H_{S,2,j,L} = f\lambda_{S,2,j,L}\sum Q_r \text{ (indeksas } j \text{ reiškia varomųjų ratų porą),} \quad (4.8)$$

$$H_{S,1,j,T} = f\lambda_{S,1,j,T}\sum Q_r, \quad (4.9)$$

$$H_{S,2,j,T} = f\lambda_{S,2,j,T}\sum Q_r, \quad (4.10)$$

čia: f – negatyvusis koeficientas, apskaičiuojamas pagal (4.11) formulę; $\lambda_{S,i,j,k}$ – jėgos koeficientas; i – bėgis i ; j – ratų pora j ; k – jėgos kryptis (L – išilginė, T – skersinė):

$$f = 0,3(1 - \exp(-250\alpha)) \leq 0,3, \quad (4.11)$$

čia a yra pokrypio kampas.

Pokrypio kampas α (4.8 pav.), kuris turi būti lygus 0,015 rad arba mažesnis, turi būti parinktas atsižvelgiant į tarpą tarp kreipiamųjų priemonių ir bėgio, taip pat į pagrįstą matmenų įvairovę ir įrangos ratų bei bėgių nusidėvėjimo laipsnį. Jis gali būti nustatytas taip:

$$\alpha = \alpha_F + \alpha_V + \alpha_0 \leq 0,015 \text{ rad}, \quad (4.12)$$

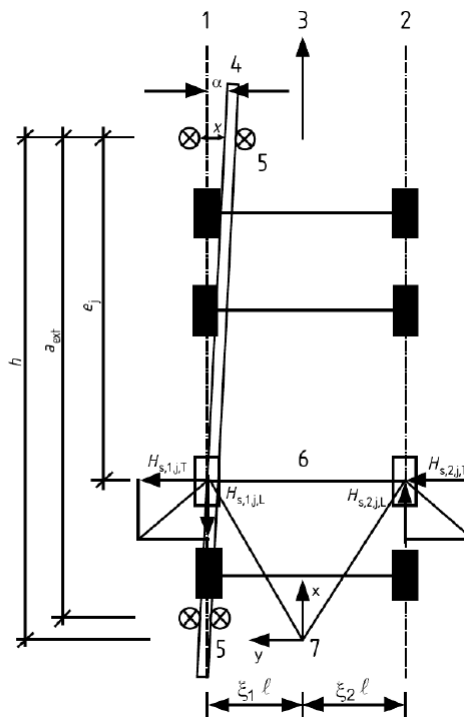
čia α_F , α_V ir α_0 yra nurodyti 4.7 lentelėje.

4.7 lentelė. α_F , α_V ir α_0

Kampai α_i	Mažiausiosios α_i reikšmės
$\alpha_F = \frac{0,75x}{a_{ext}}$	$0,75x \geq 5 \text{ mm}$, kai yra kreipiamieji ritinėliai
	$0,75x \geq 10 \text{ mm}$, kai yra ratų antbriauniai
$\alpha_V = \frac{y}{a_{ext}}$	$y \geq 0,03b \text{ mm}$, kai yra kreipiamieji ritinėliai
	$y \geq 0,10b \text{ mm}$, kai yra ratų antbriauniai
α_0	$\alpha_0 = 0,001$

Čia: a_{ext} – atstumas tarp išorinių kreipiamųjų priemonių ar ratų su antbriauniais, esančių ant kreipiamąjo bėgio.
 b – bėgio galvutės plotis.
 x – tarpas tarp bėgio ir kreipiamųjų priemonių (šoninis poslinkis).
 y – bėgio ir kreipiamųjų priemonių nusidėvėjimo laipsnis.
 α_0 – leidžiamoji nuokrypa rato ir bėgio kryptimis.

Jėgos koeficientas $\lambda_{S,i,j,k}$ priklauso nuo ratų porų ir atstumo h tarp momentinio sukimosi centro ir atitinkamų kreipiamųjų priemonių, t. y. priekinių priemonių judėjimo kryptimi (žr. 4.8 pav.). Atstumo h reikšmė gali būti imama iš 4.6 lentelės. Jėgos koeficientas $\lambda_{S,i,j,k}$ gali būti nustatytas iš 4.7 lentelėje pateiktų išraiškų.



4.8 pav. Kampas α ir atstumas h : 1 – bėgis $i = 1$; 2 – bėgis $i = 2$; 3 – judėjimo kryptis; 4 – bėgio kryptis; 5 – kreipiamosios priemonės; 6 – j -oji ratų pora; 7 – momentinis sukimosi centras

4.8 lentelė. Atstumo h nustatymas

Ratų tvirtinimas atsižvelgiant į šoninį judėjimą	Ratų porų derinys		h
	Sujungti (c)	Nepriklausomi (i)	
Nejudamasis arba nejudamasis FF			$\frac{m\xi_1\xi_2l^2 + \sum e_j^2}{\sum e_j}$
Nejudamasis arba judamasis FM			$\frac{m\xi_1l^2 + \sum e_j^2}{\sum e_j}$

Čia: h – atstumas tarp momentinio sukimosi centro ir atitinkamų kreipiamųjų priemonių;
 m – sujungtų ratų porų skaičius (kai ratų poros nepriklausomos, $m = 0$);
 ξ_1l – momentinio sukimosi centro atstumas nuo 1-ojo bėgio;
 ξ_2l – momentinio sukimosi centro atstumas nuo 2-ojo bėgio;
 l – įrenginio tarpatramis;
 e_j – j -osios ratų poros atstumas nuo atitinkamų kreipiamųjų priemonių.

4.9 lentelė. $\lambda_{S,i,j,k}$ reikšmės

Sistema	$\lambda_{S,j}$	$\lambda_{S,1,j,L}$	$\lambda_{S,1,j,T}$	$\lambda_{S,2,j,L}$	$\lambda_{S,2,j,T}$
CFF	$1 - \frac{\sum e_j}{nh}$	$\frac{\xi_1\xi_2l}{n h}$	$\frac{\xi_2}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$	$\frac{\xi_1\xi_2l}{n h}$	$\frac{\xi_1}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$
IFF		0	$\frac{\xi_2}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$	0	$\frac{\xi_1}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$
CFM	$\xi_2 \left(1 - \frac{\sum e_j}{nh}\right)$	$\frac{\xi_1\xi_2l}{n h}$	$\frac{\xi_2}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$	$\frac{\xi_1\xi_2l}{n h}$	0
IFM		0	$\frac{\xi_2}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$	0	0

Čia: n – ratų porų skaičius;
 ξ_1l – momentinio sukimosi centro atstumas nuo 1-ojo bėgio;
 ξ_2l – momentinio sukimosi centro atstumas nuo 2-ojo bėgio;
 l – įrenginio tarpatramis;
 e_j – j -osios ratų poros atstumas nuo atitinkamų kreipiamųjų priemonių.
 h – atstumas tarp momentinio sukimosi centro ir atitinkamų kreipiamųjų priemonių.

Laikoma, kad horizontaliąją jėgą $H_{T,3}$, kurią sukelia krano vežimėlio ar kabamojo vežimėlio greitejimas arba stabdymas, apima horizontalioji jėga $H_{B,2}$, išreiškianti su krano vežimėlio ar kabamojo vežimėlio judėjimu susijusias amortizavimo jėgas, gali būti laikoma lygia 10 % keltuvo apkrovos ir krano vežimėlio ar kabamojo vežimėlio svorio sumos. Kitais atvejais amortizavimo jėga turi būti nustatyta kaip ir krano judėjimo atveju (žr. 4.2.7 p.).

4.2.6. Prieigos takus, laiptus, platformas ir turėklus veikiančios jėgos ir bandomosios apkrovos

Projektuojant turi būti imama prieigos takus, laiptus, platformas ir turėklus veikianti vertikaloji jėga Q , išskirstyta kvadratiniam $0,3 \times 0,3$ m plote, gali būti nurodyta ir kitaip.

Jei ant jų gali būti sukraunamos medžiagos, turi būti imama $Q_k = 3$ kN reikšmė. Kai takai, laiptai, platformos ir turėklai yra skirti tik prieigai, nurodyta reikšmė gali būti sumažinta iki 1,5 kN. Vertikaliosios apkrovos Q_k galima nepaisyti, jei nagrinėjamą konstrukcijos elementą veikia krano poveikiai.

Turėklą veikianti viena horizontalioji apkrova H_k imama lygi 0,3 kN, jeigu nenurodyta kitaip. Horizontaliosios apkrovos H_k galima nepaisyti, jei visus konstrukcijos elementus veikia krano poveikiai.

Kranų bandymai atliekami sumontavus juos ant atraminių konstrukcijų. Atraminė konstrukcija turi būti patikrinta bandomosios apkrovos sąlygomis.

Atraminė krano konstrukcija turi būti suprojektuota atsižvelgiant į šias bandomąsias apkrovas ir jų parinkimo atvejus:

– keltuvo bandomoji apkrova turi būti padauginta iš dinaminio koeficiento ϕ_6 .

Nagrinėjant bandomąsias apkrovas turi būti skiriami šie atvejai:

– dinaminė bandomoji apkrova: bandomasis krovinys judinamas pavaromis taip, kaip tai daroma naudojant kraną. Bandomoji apkrova turi būti ne mažesnė kaip 110 % vardinės keltuvo apkrovos. Dinaminis koeficientas

$$\phi_6 = 0,5(1,0 + \phi_2), \quad (4.13)$$

– statinė bandomoji apkrova: apkrova padidinama išbandyti kraną apkrova nenaudojant pavarų. Bandomoji apkrova turi būti ne mažesnė kaip 125 % vardinės keltuvo apkrovos: $\phi_6 = 1,0$.

4.2.7. Ypatingieji poveikiai ir varginamosios apkrovos

Ypatingieji poveikiai susiję su krano atsitrenkimu į atraminę konstrukciją, jo judėjimu siūbuojant kroviniai ir pokrypiu. Tai sukelia jėgas.

Jeif naudojami amortizatoriai, atraminę krano konstrukciją veikianti jėga, atsirandanti dėl atsitrenkimo į amortizatorius, turi būti apskaičiuota pagal visų susijusių krano dalių, judančių 0,7–1,0 vardinio greičio, kinetinę energiją.

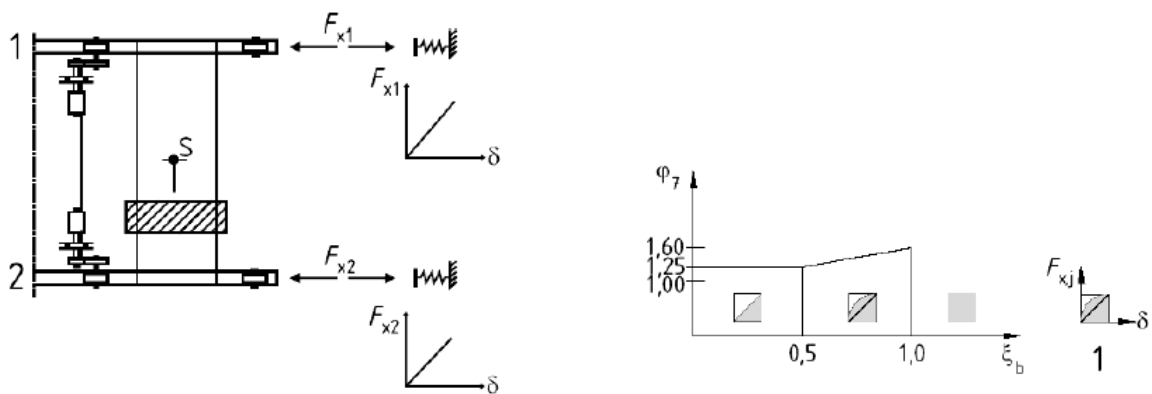
Amortizavimo jėgos, siekiant įvertinti dinامينius poveikius, padaugintos iš 4.8 lentelėje nurodyto koeficiento ϕ_7 , gali būti apskaičiuotos atsižvelgiant į atitinkamų masių pasiskirstymą ir amortizatoriaus charakteristikas (4.9 b pav.).

$$H_{B,1} = \varphi_7 v_1 \sqrt{m_c S_B}, \quad (4.14)$$

čia: φ_7 – dinaminis koeficientas (2.10 lentelė); v_1 – greitis, atitinkantis 70 % ilgojo kelio greičio (m/s); m_c – kranų masė ir keltuvo krovinio masė (kg); S_B – spyruoklinė amortizatoriaus konstanta (N/m).

4.8 lentelė. Dinaminis koeficientas φ_7

Dinaminio koeficiento φ_7 reikšmės	Amortizatoriaus charakteristikos
$\varphi_7 = 1,25$	$0,0 \leq \xi_b \leq 0,5$
$\varphi_7 = 1,25 + 0,7(\xi_b - 0,5)$	$0,5 \leq \xi_b \leq 1$
ξ_b apytiksliai gali būti nustatytos iš 4.7 paveikslo.	



a) amortizavimo jėga

b) amortizatoriaus charakteristika $\xi_b = \frac{1}{Fu_0} \int_0^u F du$.

4.9 pav. Amortizavimo jėga

Jei naudingasis krovinys gali laisvai siūbuoti, horizontalioji jėga $H_{B,2}$, išreiškianti su kranų vežimėlio ar kabamojo vežimėlio judėjimu susijusias amortizavimo jėgas, gali būti laikoma lygia 10 % keltuvo apkrovos ir kranų vežimėlio ar kabamojo vežimėlio svorio sumos. Kitais atvejais amortizavimo jėga turi būti nustatyta kaip ir judant kranui bei esant amortizatoriams.

Kranas su horizontaliai įtvirtintais kroviniais gali pakrypti. Tai įvyksta, kai jo krovinys ar kėlimo įtaisai atsitrenkia į kliūtį, turi būti atsižvelgta į atsirandančias statines jėgas, kurių padėtis taip pat gali pasikeisti.

4.2.8. Varginamosios apkrovos

Nustatant varginamasias apkrovas turi būti tinkamai atsižvelgta į keltuvo apkrovų eksploatacines sąlygas ir kranų padėčių kaitos poveikį varginamosioms detalėms. Jei turima pakankamai informacijos apie eksploatacines sąlygas, varginamosios apkrovos gali būti nustatytos remiantis EN 13001 ir EN 1993-1-9 A priedu. Jei šios informacijos neturima arba priimtinesnis paprastesnis metodas, galima naudotis toliau išdėstyta metodika. Ši metodika atitinka EN 13001 reikalavimus, tačiau yra paprastesnė ir skirta tiltinių kranų tarpatramio sijoms, kai projektuojant turima nepakankamai informacijos. Varginamosios kranų, naudojamo įprastomis sąlygomis, apkrovos gali būti išreikštos varginamajai pažaidai lygiavertėmis apkrovomis Q_e , kurios gali būti laikomos vienodos visoms kranų padėtimis ir pagal kurias nustatomi varginamosios apkrovos poveikiai.

Varginamajai pažaidai lygiavertė apkrova Q_e gali būti nustatyta tokia, kad aprėptų įtempių istorijų poveikius, atsirandančius nustatytomis eksploatacines sąlygomis, ir absoliučiojo apkrovų ciklo skaičiaus per numatomą skaičiuotinę konstrukcijos varginamąją tvermę santykį su atskaitos reikšme $N = 2,0 \times 10^6$ ciklų.

Varginamoji apkrova gali būti apskaičiuota taip:

$$Q_e = \phi_{fat} \lambda_i Q_{\max,i}, \quad (4.15)$$

čia: $Q_{\max,i}$ – didžiausioji charakteristinė i -tosios vertikaliosios ratų apkrovos reikšmė; $\lambda_i = \lambda_{1,i} \cdot \lambda_{2,i}$ – lygiavertės pažaidos koeficientas, kurį taikant atsižvelgiama į atitinkamą standartizuotą varginamųjų apkrovų spektrą ir absoliučiojo apkrovų skaičiaus santykį su $N = 2,0 \times 10^6$ ciklų;

$$\lambda_{1,i} = \sqrt[m]{kQ} = \left[\sum_j \left(\left(\frac{\Delta Q_{i,j}}{\max \Delta Q_i} \right)^m \frac{n_{i,j}}{\sum n_{i,j}} \right) \right]^{1/m}, \quad (4.16)$$

$$\lambda_{2,i} = \sqrt[m]{nv} = \left[\frac{\sum_j n_{i,j}}{N} \right]^{1/m}, \quad (4.17)$$

čia: $\Delta Q_{i,j}$ – i -tojo rato j -tojo intervalo apkrovų amplitudė: $\Delta Q_{i,j} = Q_{i,j} - Q_{\min,i}$; $\max \Delta Q_i$ – didžiausioji i -tojo rato apkrovų amplitudė: $\max \Delta Q_i = Q_{\max,i} - Q_{\min,i}$; kQ, v – lygiavertės pažaidos koeficientai; m – varginamojo stiprio kreivės nuolydis. Jo reikšmė nurodyta žr. EN

1993-1-9, taip pat 4.10 lentelės pastabose; φ_{fat} – lygiavertės pažaidos dinaminis smūgio koeficientas; i – rato eilės numeris; $N = 2 \times 10^6$.

λ reikšmei nustatyti kranai pagal paskirtį gali būti suklasifikuoti pagal apkrovų spektrą ir bendrąjį apkrovų ciklų skaičių, kaip nurodyta 4.9 lentelėje. λ reikšmės gali būti imamos iš 4.10 lentelės pagal kraną klasę.

4.9 lentelė. Kranų varginamųjų poveikių klasifikacija pagal EN 13001-1

Apkrovų spektro klasė		Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5
		$kQ \leq 0,0313$	0,0313	0,0625	0,125	0,25	0,5
bendro ciklų skaičius klasė		$0,0313$	$<kQ \leq 0,0625$	$<kQ \leq 0,125$	$<kQ \leq 0,25$	$<kQ \leq 0,5$	$<kQ \leq 1,0$
U_0	$C \leq 1,6 \times 10^4$	S_0	S_0	S_0	S_0	S_0	S_0
U_1	$1,6 \times 10^4 < C \leq 3,15 \times 10^4$	S_0	S_0	S_0	S_0	S_0	S_1
U_2	$3,15 \times 10^4 < C \leq 6,30 \times 10^4$	S_0	S_0	S_0	S_0	S_1	S_2
U_3	$6,30 \times 10^4 < C \leq 1,25 \times 10^5$	S_0	S_0	S_0	S_1	S_2	S_3
U_4	$1,25 \times 10^5 < C \leq 2,50 \times 10^5$	S_0	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4
U_5	$2,50 \times 10^5 < C \leq 5,00 \times 10^5$	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
U_6	$5,00 \times 10^5 < C \leq 1,00 \times 10^6$	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
U_7	$1,00 \times 10^6 < C \leq 2,00 \times 10^6$	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
U_8	$4,00 \times 10^6 < C \leq 8,00 \times 10^6$	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9

Čia: kQ – apkrovų per visas kraną operacijas spektro koeficientas; C – bendras darbo ciklų skaičius per skaičiuotinę kraną varginamąją tvermę.
 Klasės S_i nustatomos remiantis įtempimų poveikių istorijos parametru s , pateikiamu EN 13001-1, kuris nustatomas taip:
 $s = vk$;
 čia: k – įtempimų spektro koeficientas; v – įtempimų ciklų skaičiaus C santykis su $2,0 \times 10^6$ įtempimų ciklų.
 Klasifikacija pagrįsta sumine 25 metų eksploatacijos trukme.

4.10 lentelė. λ_i reikšmės pagal kraną klasę

S klasės	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9
Normaliniai įtempiai	0,198	0,250	0,315	0,397	0,500	0,630	0,794	1,00	1,260	1,587
Tangentiniai įtempiai	0,379	0,436	0,500	0,575	0,660	0,758	0,871	1,00	1,149	1,320

λ reikšmėms nustatyti buvo imami standartizuoti spektrai su apkrovų poveikių Gauso skirstiniu, Minerio taisyklė ir $m = 3$ – nuolydžio varginamojo stiprio $S-N$ linijos normaliniams įtempiams, o $m = 5$ – tangentiniams įtempiams.
 Jei kraną klasifikacija nurodyta kraną specifikacijos dokumentuose, žr. LST EN 1991-3 B priedo nuorodas.

Įprastomis sąlygomis lygiavertės pažaidos dinaminio smūgio koeficientas φ_{fat} gali būti lygus:

$$\varphi_{fat,1} = \frac{1 + \varphi_1}{2} \quad \text{ir} \quad \varphi_{fat,2} = \frac{1 + \varphi_2}{2}. \quad (4.18)$$

Įtempių intervalas, susijęs su ratų apkrovų Q_e lygiaverte pažaida, gali būti nustatytas įvertinus nagrinėjamos varginamos detalės įtempių istoriją. Apie paprastesnius metodus, kai naudojamos λ_i reikšmės iš 4.10 lentelės, rekomenduojama naudotis EN 1993-6 9.4.2.3.

4.2.9. Pagrindiniai nurodymai pokraninių sijų apkrovoms nustatyti

Projektuojant kranų pokranines sijas būtina tiksliai parinkti ir įvertinti dalinių poveikių koeficientus (γ koeficientus), pokraninių sijų apkrovų derinius su nuolatiniais poveikiais, tariamai statinio vėjo, sniego bei temperatūriniais poveikiais ir atitinkamų ψ koeficientus.

Jei būtina atsižvelgti į kitus poveikius (pvz., kasimo sukkelto grunto slūgimo), deriniai turi būti papildyti, kad į šiuos poveikius būtų atsižvelgta. Deriniai taip pat turi būti papildyti ir priderinti prie darbų vykdymo etapų.

Derinant kranų apkrovų grupę su kitais poveikiais, ši grupė turi būti laikoma vienu poveikiu.

Nagrinėjant kranų apkrovų ir kitų poveikių derinius yra skiriami šie atvejai:

- ne pastatuose esantys bėgiai;
- pastatuose esantys bėgiai, kuriuos nuo klimato poveikių apsaugo pastatai, o jų konstrukcijos elementai gali būti tiesiogiai ar netiesiogiai veikiami kranų apkrovų.

Jei bėgiai yra ne pastatuose, charakteristinis vėjo poveikis kranų konstrukcijai ir kėlimo įrangai, remiantis EN 1991-1-4, gali būti įvertintas kaip charakteristinė vėjo sukelta jėga F_{wk} .

Nagrinėjant keltuvo apkrovų derinius su vėjo poveikiu, taip pat turi būti išnagrinėta didžiausioji kranų operacijoms tinkama vėjo jėga. Ši jėga F_w^* yra siejama su 20 m/s vėjo greičiu. Kiekvienu konkrečiu atveju turi būti nustatytas keltuvo apkrovos atskaitos plotas $A_{ref,x}$.

Vėjo poveikių ir sniego apkrovų kranų konstrukcijai galima nepaisyti, kai bėgiai yra pastatuose. Tačiau turi būti išnagrinėti atitinkami apkrovų deriniai, tenkantys pastato dalims ar atskiroms konstrukcijoms, kurias veikia vėjo, sniego ir kranų apkrovos.

Apkrovos ir jų deriniai nustatomi saugos ir tinkamumo ribiniams būviams tikrinti. Kiekvienu kritiniu apkrovos atveju turi būti nustatytos skaičiuotinės įrašų reikšmės, sudedant vienu metu pasireiškiančių poveikių reikšmes, kaip nurodyta LST EN 1990.

Jei nagrinėjamas ypatingasis poveikis, joks kitas ypatingasis poveikis, vėjo ar sniego apkrova neturi būti nagrinėjami kaip veikiantys vienu metu su šiuo poveikiu.

Atliekant ribinių būvių patikras pagal konstrukcijos medžiagos arba grunto stiprį, turi būti įvertinami (imami) nuolatinių, laikinųjų ir ypatingųjų skaičiuotinių situacijų saugos ir tinkamumo ribinių būvių daliniai koeficientai.

Dalinių koeficientų rekomenduojamosios γ reikšmės, projektuojant pokranines sijas, nurodytos 4.11 lentelėje.

4.11 lentelė. Rekomenduojamosios γ reikšmės

Poveikis	Simbolis	Situacija	
		nuolatinė/laikinoji	ypatingoji
Nuolatiniai kranų poveikiai:			
– nepalankūs;	$\gamma_{G \text{ sup}}$	1,35	1,00
– palankūs.	$\gamma_{G \text{ inf}}$	1,00	1,00
Kintamieji kranų poveikiai:			
– nepalankūs;	$\gamma_Q \text{ sup}$	1,35	1,00
– palankūs;	$\gamma_Q \text{ inf}$		0,00
kranas yra;		1,00	
kranas nėra.		0,00	
Kintamieji kranų poveikiai:	γ_Q		
– nepalankūs;		1,50	1,00
– palankūs.		0,00	0,00
Ypatingieji poveikiai	γ_A		1,00

Atliekant statinės pusiausvyros EQU ir atramų pakilimo patikrą, palankios ir nepalankios kranų poveikio sudedamosios dalys turi būti nagrinėjamos kaip atskiri poveikiai. Jei nenurodyta kitaip (pirmiausia žr. atitinkamus projektavimo eurokodus), palankios ir nepalankios nuolatinųjų poveikių sudedamosios dalys turi būti susietos atitinkamai su $\gamma_{G \text{ sup}}$ ir $\gamma_{G \text{ inf}}$. Rekomenduojama imti $\gamma_{G \text{ sup}} = 1,05$ ir $\gamma_{G \text{ inf}} = 0,95$.

Kiti poveikių (ypač kintamųjų poveikių) γ koeficientai yra tokie, kokie nurodyti 4.11 lentelėje.

Sudarant apkrovų derinius poveikių ψ koeficientus rekomenduojama imti tokius: $\psi_0 = 1,0$; $\psi_1 = 0,9$; ψ_2 – tai nuolatinio kranų poveikio ir suminio kranų poveikio santykis.

Vieno kranų arba kranų grupės simbolis yra Q_r .

Atliekant tinkamumo ribinių būvių patikrą įvairūs apkrovų deriniai turi būti imami vadovaujantis LST EN 1990 nurodymais. Kai atliekami bandymai, bandomoji kranų apkrova turi būti laikoma kranų poveikiu.

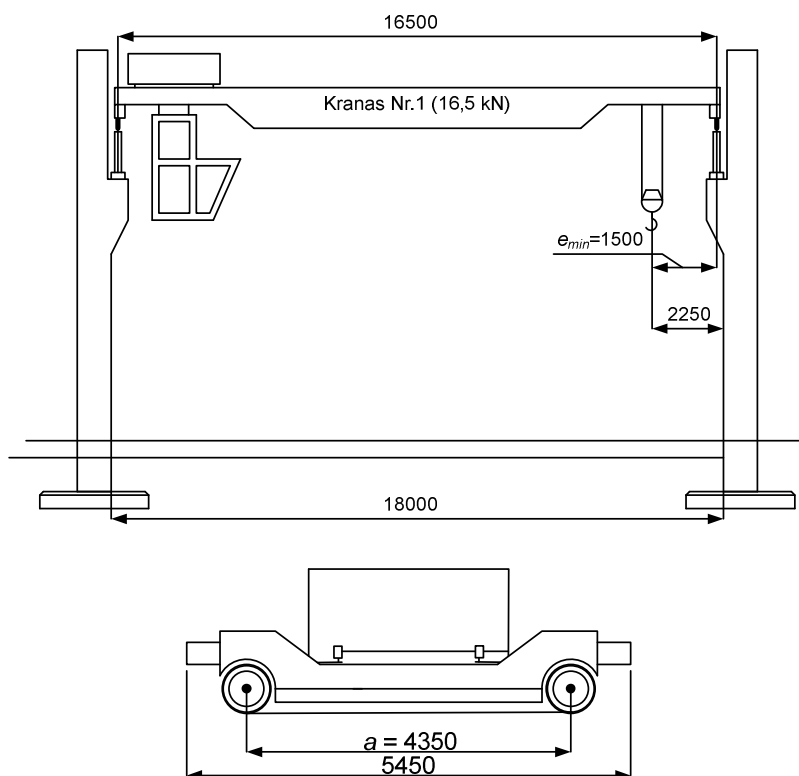
Tinkamumo ribinio būvio dalinis poveikio atraminėms kranų konstrukcijoms koeficientas imamas lygus 1,0, jei nenurodyta kitaip.

Kranų poveikių ψ koeficientai imami kaip ir skaičiuojant saugos ribiniam būviui.

Nuovargio patikros taisyklės priklauso nuo taikytino varginamosios apkrovos modelio ir nurodytos projektavimo eurokoduose.

4.2.10. Kranų poveikių skaičiavimo pavyzdžiai

1 pavyzdys. Kranų vertikaliųjų apkrovų charakteristinių reikšmių apskaičiavimas. Pastate yra įrengiamas HC3 kėlimo klasės kranas, kurio vardinė keltuvo apkrova $Q_{h,nom} = 165 \text{ kN}$, kranas svoris, įskaitant vežimėlio svorį $G_r = 183,85 \text{ kN}$. Vežimėlio svoris – $G_v = 50 \text{ kN}$. Kranas schema parodyta 4.10 pav.



4.10 pav. Kranas schema

Kranas vertikaliųjų apkrovų charakteristines reikšmes sudaro statinė ir dinaminė komponentės. Apskaičiuojant charakteristines kranų apkrovas dinaminė komponentė įvertinama statinę komponentę dauginant iš dinaminio koeficiento. Apkrovų išdėstymo schema parodyta 4.11 pav.

Dinaminiai koeficientai apskaičiuojami pagal 4.4 lentelėje pateiktas prielaidas. Kranas savajam svoriui taikomas dinaminis koeficientas gali turėti dvi reikšmes: $\varphi_1 = 1,1$ ir $\varphi_1 = 0,9$. Kadangi kranas bėgiai atitinka EN 1993-6 leidžiamus nuokrypius, koeficientas $\varphi_4 = 1,0$.

Keltuvas apkrovos dinaminis koeficientas φ_2 apskaičiuojamas

$$\varphi_2 = \varphi_{2,\min} + \beta_2 v_h = 1,15 + 0,51 \cdot 2 = 2,17,$$

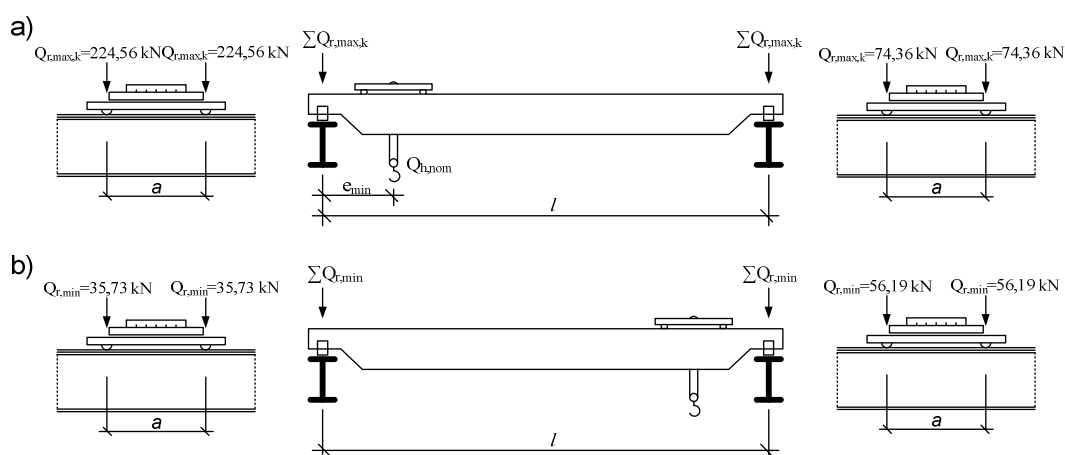
čia: $\varphi_{2,\min} = 1,15$ ir $\beta_2 = 0,51$ (nes kranas kelimo klasė HC3); $v_h = 2$ m/s (krovinio kelimo greitis).

Keltuvo apkrovos dinaminis koeficientas φ_3 apskaičiuojamas taip:

$$\varphi_3 = 1 - \frac{\Delta m}{m} (1 + \beta_3) = 1 - \frac{50}{165} (1 + 0,5) = 0,545,$$

čia: $m = 165$ kN – keliamoji masė; $\Delta m = 50$ kN – numesta arba paleista keliamoji masė. Kadangi kranas yra su lėto paleidimo įtaisais, todėl $\beta_3 = 0,5$.

Atsižvelgiant į EN 1991-3:2006 standarto 2.2 lentelėje nurodytas saugos ribinius būvius rekomenduojamas apkrovų grupės, apskaičiuojamos kranu sukeltų vertikalių apkrovų charakteristinės reikšmės. Jų išdėstymo schema parodyta 4.11 pav.



4.11 pav. Kranu sukeltų vertikalių apkrovų maksimalios (a) ir minimalios (b) charakteristinės reikšmės bei jų išdėstymo schema

Apskaičiuojame saugos ribinio būvio pirmajai apkrovų grupei (4.2 lentelė) priskiriamų apkrovų reikšmes. Vieno kranu su kroviniu ratu didžiausios apkrovos charakteristinė reikšmė

$$Q_{r,\max,k} = \varphi_1 \left(\frac{G_r - G_v}{4} + \frac{(l - l_1)}{2 \cdot l} (\varphi_2 Q_{h,nom} + \varphi_1 \cdot G_v) \right) =$$

$$1,1 \left(\frac{183,85 - 50}{4} + \frac{(16,5 - 1,5)}{2 \cdot 16,5} \cdot (2,17 \cdot 165 + 1,1 \cdot 50) \right) = 224,56 \text{ kN.}$$

Šiuo atveju dviejų kranų ratų (4.11 pav.) pridėtinės rato apkrovos charakteristinė reikšmė

$$Q_{r,(max),k} = \varphi_1 \frac{(G_r - G_v)}{4} + \frac{l_1}{l} (\varphi_2 Q_{h,nom} + \varphi_1 \cdot G_v) =$$

$$1,1 \frac{(183,85 - 50)}{4} + \frac{1,5}{16,5} \cdot (2,17 \cdot 165 + 1,1 \cdot 50) = 74,36 \text{ kN.}$$

Apskaičiuojamos saugos ribinio būvio antrajai apkrovų grupei (4.2 lentelė) priskiriamų apkrovų charakteristinės reikšmės. Vieno kranų su kroviniu rato didžiausios apkrovos charakteristinė reikšmė

$$Q_{r,max,k} = \varphi_1 \frac{(G_r - G_v)}{4} + \frac{(l - l_1)}{2 \cdot l} (\varphi_2 Q_{h,nom} + \varphi_1 \cdot G_v) =$$

$$0,9 \frac{(183,85 - 50)}{4} + \frac{(16,5 - 1,5)}{2 \cdot 16,5} \cdot (0,545 \cdot 165 + 0,9 \cdot 50) = 91,44 \text{ kN.}$$

Esant šiai apkrovų grupei, kitų dviejų kranų (4.11 pav.) pridėtinės rato apkrovos charakteristinė reikšmė

$$Q_{r,(max),k} = \varphi_1 \frac{(G_r - G_v)}{4} + \frac{l_1}{l} (Q_{h,nom} \varphi_2 + \varphi_1 \cdot G_v) =$$

$$0,9 \frac{(183,85 - 50)}{4} + \frac{1,5}{16,5} \cdot (0,545 \cdot 165 + 0,9 \cdot 50) = 42,38 \text{ kN.}$$

Apskaičiuojamos saugos ribinio būvio trečiajai apkrovų grupei (4.2 lentelė) priskiriamų apkrovų charakteristinės reikšmės. Vieno kranų be kroviniu rato mažiausioji charakteristinė apkrova

$$Q_{r,min,k} = \varphi_1 \frac{(G_r - G_v)}{4} + \frac{1}{2} \left(\frac{a}{l} \varphi_1 \cdot G_v \right) = 1 \frac{183,85 - 50}{4} + \frac{1}{2} \left(\frac{1,5}{16,5} \cdot 1 \cdot 50 \right) = 35,73 \text{ kN.}$$

Šios apkrovų grupės pridėtinė vieno kranų be kroviniu rato apkrova

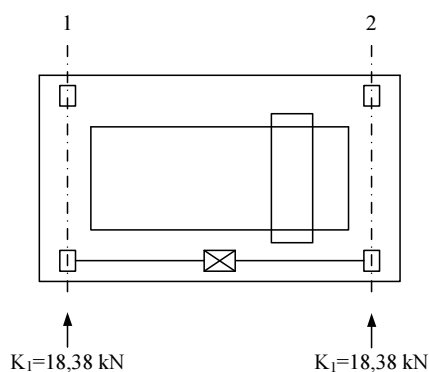
$$Q_{r,(min),k} = \varphi_1 \frac{(G_r - G_v)}{4} + \frac{1}{2} \left(\frac{(l - a)}{l} \cdot \varphi_1 \cdot G_v \right) = 1 \frac{183,85 - 50}{4} + \frac{1}{2} \left(\frac{(16,5 - 1,5)}{16,5} \cdot 1 \cdot 50 \right) = 56,19 \text{ kN.}$$

2 pavyzdys. Horizontaliųjų jėgų, kurias sukelia kranas, judančio išilgai pokraninės sijos, greitėjimas ar stabdymas, apskaičiavimas.

Krano greitėjimas arba stabdymas sukelia horizontalias išilgines jėgas $H_{L,i}$ ir horizontalias skersines jėgas $H_{T,i}$. Kranas greitėjimo arba stabdymo išilginės jėgos $H_{L,i}$ atsiranda dėl bėgio ir varomojo rato sąlyčio paviršiuje veikiančios varomosios jėgos. Nagrinėjamame pavyzdyje kranas yra su centrine ratų pavara. Kranas ratai yra plieniniai. Varomoji jėga K šiuo atveju gali būti apskaičiuota taip:

$$K = K_1 + K_2 = \mu \sum Q_{r,\min}^* = 0,2 \cdot 91,92 = 18,38 \text{ kN},$$

čia $\mu = 0,2$ – trinties koeficientas (plienas – plienas).



4.12 pav. Kranas varomųjų jėgų išdėstymo schema

Mažiausioji kranas be krovinio vienos ašies ratų apkrova $Q_{r,\min}^*$

$$Q_{r,\min}^* = Q_{r,\min} + Q_{r(\min)} = 35,73 + 56,19 = 91,92 \text{ kN},$$

čia $Q_{r,\min}$ – mažiausioji vieno kranas be krovinio rato apkrova

$$Q_{r,\min} = \frac{G_r - G_v}{4} + \frac{1}{2} \left(\frac{l_1}{l} \cdot G_v \right) = \left(\frac{183,85 - 50}{4} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{1,5}{16,5} \cdot 50 \right) = 35,73 \text{ kN}.$$

$Q_{r,\min}$ – pridėtinė vieno kranas be krovinio rato apkrova

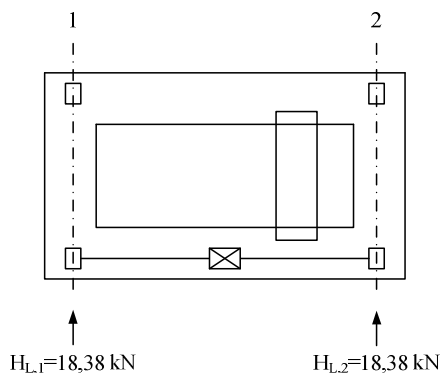
$$Q_{r,(\min)} = \frac{G_r - G_v}{4} + \frac{1}{2} \left(\frac{(l - l_1)}{l} \cdot G_v \right) = \left(\frac{183,85 - 50}{4} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{(16,5 - 1,5)}{16,5} \cdot 50 \right) = 56,19 \text{ kN},$$

čia: $G_r = 183,85 \text{ kN}$ – kranu savasis svoris (įskaitant vežimėlio svorį); $G_v = 50 \text{ kN}$ – kranu vežimėlio svoris; l, l_1 – kranu matmenys (pateikti 1 pavyzdyje).

Pokraninę sija veikiančios išilginės jėgos

$$H_{L,1,k} = H_{L,2,k} = \varphi_5 \cdot K \frac{1}{n_r} = 2 \cdot 18,38 \cdot \frac{1}{2} = 18,38 \text{ kN},$$

čia: $\varphi_5 = 2,0$ – dinaminis koeficientas (žr. EN 1991-3: 2006; 2.6 lentelė), esant galimiems staigiems pokyčiams; $n_r = 2$ – pokraninių sijų skaičius.



4.13 pav. Pokranines sijas veikiančios išilginės jėgos

Dėl varomosios jėgos atsirandantis momentas M sukelia skersines horizontalias jėgas $H_{T,1,k}$ ir $H_{T,2,k}$.

Norint apskaičiuoti šias jėgas, būtina žinoti didžiausiųjų kranu su kroviniu apkrovų, veikiančių vieną bėgį, sumą ($\sum Q_{r,(\max)}$) ir pridėtinių kranu su kroviniu apkrovų, veikiančių vieną bėgį, sumą ($\sum Q_{r,(\max)}$).

$$\sum Q_{r,(\max)} = \frac{G_r - G_v}{2} + \frac{(l - l_1)}{l} (Q_{h,nom} + G_v) = \frac{183,85 - 50}{2} + \frac{(16,5 - 1,5)}{16,5} (165 + 50) = 262,4 \text{ kN},$$

$$\sum Q_{r,(\max)} = \frac{G_r - G_v}{2} + \frac{l_1}{l} (Q_{h,nom} + G_v) = \frac{183,85 - 50}{2} + \frac{1,5}{16,5} (165 + 50) = 86,5 \text{ kN}.$$

Apskaičiuojame

$$\sum Q_r = \sum Q_{r,\max} + \sum Q_{r(\max)} = 262,4 + 86,5 = 348,9 \text{ kN} .$$

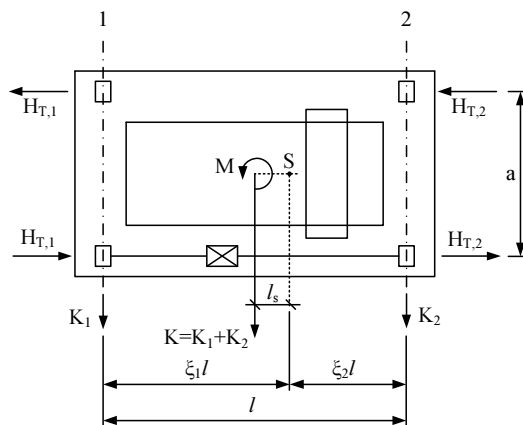
Koeficientai ξ_1 ir ξ_2

$$\xi_1 = \frac{\sum Q_{r,\max}}{\sum Q_r} = \frac{262,4}{348,9} = 0,752 ,$$

$$\xi_2 = 1 - \xi_1 = 1 - 0,752 = 0,248 .$$

Atstumas

$$l_s = (\xi_1 - 0,5) \cdot l = (0,752 - 0,5) \cdot 16,5 = 4,16 \text{ m} .$$



4.14 pav. Varomosios jėgos sukeltų sukimo momentų ir skersinių horizontaliųjų jėgų veikimo schema

Varomosios jėgos sukeliamas momentas

$$M = K \cdot l_s = 18,38 \cdot 4,16 = 76,46 \text{ kN} \cdot \text{m} ,$$

čia $K = 18,38 \text{ kN}$ – varomoji jėga.

Skersinės horizontaliosios charakteristinės jėgos

$$H_{T,1,k} = \varphi_5 \cdot \xi_2 \frac{M}{a} = 2 \cdot 0,248 \cdot \frac{76,46}{4,35} = 8,72 \text{ kN} ;$$

$$H_{T,2,k} = \varphi_5 \cdot \xi_1 \frac{M}{a} = 2 \cdot 0,752 \cdot \frac{76,46}{4,35} = 26,43 \text{ kN},$$

čia: $\varphi_5 = 2,0$ – dinaminis koeficientas (žr. 4.4 lentelę); $l_1 = 4,35$ m – atstumas tarp kranų ašių centrų.

Horizontaliosios jėgos, kurias sukelia kranų vežimėlio greitėjimas arba stabdymas, charakteristinė reikšmė $H_{T,3,k}$ yra apskaičiuojama atsižvelgiant į EN 1991-3: 2006; 2.7.5 ir 2.11.2 nuorodas. Kadangi naudingasis krovinys kėlimo metu gali laisvai siūbuoti:

$$H_{T,3,k} = 0,1 \cdot (G_v + Q_{h,nom}) = 0,1 \cdot (50 + 165) = 21,5 \text{ kN},$$

čia: G_v – kranų vežimėlio svoris; $Q_{h,nom}$ – vardinė keltuvo apkrova.

3 pavyzdys. Kreipiamosios jėgos S ir skersinių horizontalių jėgų $H_{s,i,j,T}$, kurias sukelia kranų pokrypis, apskaičiavimas.

Norint apskaičiuoti skersines jėgas $H_{s,i,j,T}$, reikia nustatyti jėgos koeficientus $\lambda_{s,i,j,T}$. Kranų tvirtinimas, atsižvelgiant į šoninį judėjimą, yra nejudamas (FF). Ratai ašyje yra sujungti. Apskaičiuojame atstumą tarp momentinio sukimosi centro ir kreipimo priemonių (h). Kadangi ratai yra su antbriauniais, todėl kreipiamosios priemonės sutampa su ratų centru.

$$h = \frac{m \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot l^2 + \sum e_j^2}{\sum e_j} = \frac{2 \cdot 0,752 \cdot 0,248 \cdot 16,5^2 + 4,35^2}{4,35} = 27,7 \text{ m},$$

čia: $m = 2$ – sujungtų ratų porų skaičius; ξ_1 ir ξ_2 – koeficientai iš 2 pavyzdžio; $l = 16,5$ m – atstumas tarp ratų centrų; $e_j = 4,35$ m – ratų atstumas nuo kreipiamųjų (šiuo atveju $e_j = a$).

Jėgos koeficientai:

$$\lambda_{s,1,1,T} = \frac{\xi_2}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h} \right) = \frac{0,248}{2} \left(1 - \frac{4,35}{27,7} \right) = 0,104;$$

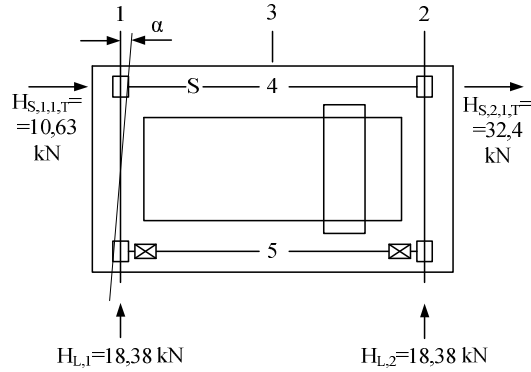
$$\lambda_{s,2,1,T} = \frac{\xi_1}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h} \right) = \frac{0,752}{2} \left(1 - \frac{4,35}{27,7} \right) = 0,317.$$

Negatyvusis koeficientas:

$$f = 0,3(1 - \exp(-250 \cdot \alpha)) \leq 0,3;$$

$$f = 0,3(1 - \exp(-250 \cdot 0,015)) = 0,293,$$

čia $\alpha = 0,015 \text{ rad}$ – maksimali pokrypio kampo reikšmė.



4.15 pav. Kreipiamosios jėgos S ir skersinių jėgų $H_{s,i,j,T}$, kurias sukelia kranų pokrypis, veikimo schema

Horizontaliosios jėgos, kurias sukelia posvyris, apskaičiuojamos taip:

$$H_{s,1,1,T} = f \cdot \lambda_{s,1,1,T} \cdot \sum Q_r = 0,293 \cdot 0,104 \cdot 348,9 = 10,63 \text{ kN},$$

$$H_{s,2,1,T} = f \cdot \lambda_{s,2,1,T} \cdot \sum Q_r = 0,293 \cdot 0,317 \cdot 348,9 = 32,4 \text{ kN},$$

čia $\sum Q_r = 348,9 \text{ kN}$ – didžiausių kranų su kroviniu apkrovų veikiančių vieną ašį suma (iš 2 pavyzdžio).

Horizontaliųjų jėgų išdėstymo schema parodyta 4.15 pav.

Kreipiamoji jėga S apskaičiuojama taip:

$$S = f \cdot \lambda_{s,1} \sum Q_r = 0,293 \cdot 0,921 \cdot 348,9 = 94,15 \text{ kN},$$

čia jėgos koeficientas $\lambda_{s,1}$ apskaičiuojamas (2.9 lentelė) tokia formulė:

$$\lambda_{s,1} = 1 - \frac{\sum e_j}{n \cdot h} = 1 - \frac{4,35}{2 \cdot 27,7} = 0,291.$$

5. MAŠINŲ SUKELTI POVEIKIAI IR JŲ APSKAIČIAVIMAS

5.1. Bendrieji nurodymai

Šiuos poveikius konstrukcijoms sukelia ant jų esančios sukamosios mašinos. Jie yra dinaminiai ir veikia vienoje ar keliose plokštumose.

Būtina patikrinti taip veikiamų konstrukcijų dinaminę elgseną ir įrašas, reikalingas konstrukcijų saugai patikrinti. Todėl toliau pateikiama metodika tokiems skaičiavimams atlikti. Nors tikslių rekomendacijų nėra, kokių mašinų sukeltus poveikius reikia įvertinti, tačiau galima daryti prielaidą, kad nedidelių mašinų, turinčių vien sukamąsias dalis ir sveriančių mažiau kaip 5 kN arba turinčių mažesnę kaip 50 kW galią, įrašas apima priverstiniai poveikiai ir atskirai atsižvelgti į jas nebūtina. Tokiais atvejais mašinos ir aplinkai apsaugoti pakanka po atraminiu rėmu įrengti vadinamuosius virpesių slopintuvus. To pavyzdžiu gali būti plovyklės ir maži ventiliatoriai.

Mašinų poveikiai skirstomi į nuolatinius, kintamuosius ir ypatinguosius poveikius. Jie yra perteikiami įvairiais toliau aprašytais modeliais.

Nuolatiniai poveikiai eksploatuojant susidaro dėl visų nejudamųjų ir judamųjų dalių savojo svorio ir statinių eksploatavimo poveikių, pvz., dėl:

- savojo rotorių ir korpuso svorio (vertikalusis poveikis);
- savojo kondensatorių (jeigu jie yra) svorio, atsižvelgiant į vandens pripildymą (vertikalusis poveikis);
- vakuomo poveikio turbinoms, kurių kondensatoriai prijungti prie korpuso kompensatoriais (vertikalusis ir horizontalusis poveikiai);
- sukamųjų mašinos momentų, kuriuos korpusas perduoda į pamatus (vertikaliųjų jėgų poros);
- trinties jėgų atramose, kurias sukelia šiluminis korpuso plėtimasis (horizontalusis poveikis);
- savojo vamzdžių svorio, jų jėgų ir momentų dėl šiluminio plėtimosi poveikių, dujų poveikių; srauto ir dujų slėgio (vertikalieji ir horizontalieji poveikiai);
- mašinos ir vamzdžių temperatūrinių poveikių, pvz., dėl mašinos, vamzdžių ir pamato temperatūros skirtumo.

Nuolatinius poveikius laikiniais etapais (statybos metu, atliekant techninę priežiūrą ar remontą) sukelia tik kėlimo įrangos, pastolių ar kitų pagalbinių įtaisų savasis svoris.

Kintamieji mašinų poveikiai įprastai eksploatuojant – tai dinaminiai poveikiai, kuriuos sukelia su pagreičiu judančios masės, pvz.:

– periodinės nuo dažnio priklausančios atraminių reakcijų jėgos, atsirandančios dėl besisukančių masių ekscentriciteto visomis kryptimis, dažniausiai – rotorių ašims statmena kryptimi;

– laisvosios masės jėgos arba masės momentai;

– dėl eksploatavimo susidarantys periodiškai poveikiai, priklausantys nuo mašinos tipo ir korpuso arba atramų perduodami į pamatus;

– jėgos arba momentai, susiję su įjungimu ar išjungimu ir kitomis laikinosiomis procedūromis, pvz., sinchronizavimu.

Ypatingieji poveikiai gali atsirasti dėl:

– atsitiktinio masių ekscentriciteto padidėjimo (pvz., sulūžus stabdžiams arba atsitiktinai deformavusis ar trūkus judamųjų dalių ašiai);

– trumpojo jungimo ar generatorių ir mašinų išsinchronizavimo;

– vamzdžių smūginių poveikių išjungiant.

5.2. Skaičiuotinės situacijos ir poveikių perteikimas

Kiekvienai skaičiuotinei situacijai, nustatytai remiantis LST EN 1990, turi būti nustatyti ir įvertinti mašinų sukelti poveikiai.

Skaičiuotinės situacijos pirmiausia turi būti parinktos taip, kad būtų patikrinta, ar:

– mašinų eksploatavimo sąlygos atitinka eksploatavimo reikalavimus, ar dėl ypatingųjų poveikių nedaroma žala mašiną laikančiai konstrukcijai ir jos pamatams, kuri pakenktų vėlesniam šios konstrukcijos naudojimui;

– poveikis aplinkai, pvz., jautrios įrangos trikdymas, neviršija priimtinių ribų;

– nėra sąlygų pasiekti konstrukcijos saugos ribinį būvį;

– nėra sąlygų pasiekti konstrukcijos nuovargio ribinį būvį.

Jei nėra kitokių nurodymų, tinkamumo reikalavimai turi būti nustatyti konkrečiam projektui.

Nustatant įrašas, turi būti daromas skirtumas tarp statinių ir dinaminių įrašų. Į statinius poveikius turi būti įtraukti mašinų ir konstrukcijos poveikiai. Mašinų statiniai poveikiai yra kaip nuolatiniai poveikiai. Jais galima remtis nustatant valkšnumo sukeltus poveikius arba tikrinant, ar nėra viršijamos nustatytos statinių deformacijų ribos.

Dinaminės įrašos turi būti nustatytos atsižvelgiant į mašinos sužadavimo ir konstrukcijos sąveiką. Mašinų dinaminiai poveikiai yra kaip kintamieji poveikiai.

Dinaminės įrašos turi būti nustatytos atliekant dinaminį skaičiavimą ir atitinkamai modeliuojant virpesių sistemą bei dinaminį poveikį. Dinaminių poveikių gali būti nepaisoma, kai jie nesvarbūs.

Mašinų vien su sukamosiomis dalimis, pvz., su sukamaisiais kompresoriais, turbinomis, generatoriais ir ventiliatoriais, dinaminiai poveikiai susideda iš periodiškai kintamų jėgų, kurios apibrėžiamos kaip sinusinė funkcija.

Trumpojo jungimo $M_k(t)$ momentas, veikiantis tarp rotorius ir korpuso, gali būti išreikštas kaip sinusinių momento ir laiko diagramų derinys.

Mašinos ir konstrukcijos sudaroma virpesių sistema turi būti modeliuojama taip, kad nustatant tikrąją dinaminę elgseną būtų tinkamai atsižvelgta į sužadinimą, masės kiekį, standžio savybes ir amortizavimą.

Modelis gali būti tiesinis tamprusis, sutelktąsias ar išskirstytąsias mases sujungiant spyruoklėmis ir paremiant spyruoklėmis.

Bendrasis sistemos (pvz., pamato ir mašinos) sunkio centras turi būti kuo arčiau tos pačios vertikalios linijos, kurioje yra pamato ir pagrindo sąlyčio ploto centras. Bet kuriuo atveju masių pasiskirstymo ekscentricitetas neturi viršyti 5 % sąlyčio ploto kraštinės ilgio. Be to, jei įmanoma, mašinos ir pamato sistemos sunkio centras turi būti žemiau už pamato bloko viršų.

Paprastai turi būti atsižvelgiama į tris slenkamojo judesio laisvės laipsnius ir tris sukamojo judesio laisvės laipsnius; tačiau paprastai nebūtina taikyti trimatį modelį.

Pagrindo ir pamato konstrukcijos savybės turi būti pakeistos modelio parametrais (spyruoklėmis, amortizavimo konstantomis ir kt.). Reikiamos savybės:

- pagrindo: dinaminis G modulis ir amortizavimo konstantos;
- polių: dinaminės spyruoklinės konstantos vertikalia ir horizontalia kryptimis;
- spyruoklių: spyruoklinės konstantos vertikalia bei horizontalia kryptimis ir guminių spyruoklių amortizavimo duomenys.

5.3. Charakteristinės reikšmės ir tinkamumo kriterijai

Išsamaus statinių ir dinaminių jėgų įvairiose skaičiuotinėse situacijose tyrimo duomenys turi būti gauti iš mašinos gamintojo kartu su visais kitais mašinos duomenimis, pvz., kontūriniais brėžiniais, duomenimis apie nejudamųjų ir judamųjų dalių masę, sukimosi greitį, subalansavimą ir kt.

Iš mašinos gamintojo turi būti gauti ir šie duomenys:

– mašinos apkrovų diagrama, kurioje pavaizduota visų apkrovų vieta, dydis ir kryptis, įskaitant dinamines apkrovas;

– mašinos sukimosi greitis;

– ribiniai mašinos sukimosi greičiai;

– pamato kontūro matmenys;

– sudedamųjų mašinos dalių masės inercijos momentas;

– intarpų ir įdėklų detalės;

– vamzdynų, kanalų ir kt. bei jų atraminių detalių išdėstymas;

– įvairių sričių temperatūra eksploatuojant;

– leidžiamieji laikančiųjų mašinos taškų poslinkiai įprastai eksploatuojant.

Paprastaisiais atvejais sukamųjų mašinos dalių dinaminės jėgos (laisvosios jėgos) gali būti nustatytos taip:

$$F_s = m_R \omega_r^2 e_M = m_R \omega_r (\omega_r e_M), \quad (5.1)$$

čia: F_s – laisvoji rotoriaus jėga; m_R – rotoriaus masė; ω_r – kampinis rotoriaus greitis (rad/s); e_M – rotoriaus masės ekscentricitetas; $\omega_r e$ – rotoriaus subalansavimo tikslumas, išreikštas greičio amplitude.

Taip pat turi būti atsižvelgta į šias subalansavimo tikslumo situacijas:

– nuolatinė situacija:

mašina gerai subalansuota. Tačiau ilginiui mašinų pusiausvirinimas sumažėja tiek, kad jis vos priimtinas įprastai eksploatuoti. Mašinos perspėjamoji sistema užtikrina, kad operatorius būtų perspėjamas, kai viršijama tam tikra riba. Tol, kol pasiekiamas šis pusiausvyros būvis, konstrukcijai ir aplinkai žalingi virpesiai neperduodami ir laikomasi virpesių lygio reikalavimų;

– ypatingoji situacija:

dėl ypatingojo įvykio pusiausvyra visiškai sutrikdyta: stebėsenos sistema užtikrina mašinos išjungimą. Konstrukcija turi būti gana patvari, kad išlaikytų dinamines jėgas.

Paprastaisiais atvejais sąveikos poveikis dėl mašinos sužadavimo sukamąja mase ir dinaminė konstrukcijos elgsena gali būti išreikšti lygiaverte statine jėga:

$$F_{eq} = F_s \phi_M, \quad (5.2)$$

čia: F_s – laisvoji rotoriaus jėga; φ_M – dinaminis koeficientas, priklausantis nuo konstrukcijos savojo dažnio n_e (arba ω_e) santykio su sužadinančiosios jėgos n_s (arba ω_s) dažniu ir slopinimo koeficiento ζ .

Kai yra harmoningai kintančios jėgos (sukamosios įrangos laisvosios jėgos), pataisos koeficientas gali būti apskaičiuotas taip:

a) kai amortizavimas mažas arba toli nuo rezonanso:

$$\varphi_M = \frac{\omega_e^2}{\omega_e^2 - \omega_s^2}, \quad (5.3)$$

b) kai yra rezonansas $\omega_e = \omega_s$ ir slopinimo koeficientas ζ :

$$\phi_M = \left[\left(1 - \frac{\omega_s^2}{\omega_e^2} \right)^2 + \left(2\zeta \frac{\omega_s}{\omega_e} \right)^2 \right]^{-1/2}. \quad (5.4)$$

Jei trumpojo jungimo momento $M_k(t)$ laiko istorijos nenurodo gamintojas, gali būti naudojama ši išraiška:

$$M_k(t) = 10M_0 \left(e_m^{0,4} \sin \Omega_N t - \frac{1}{2} e_m^{0,4} \sin 2\Omega_N t \right) - M_0 \left(1 - e_m^{0,15} \right), \quad (5.5)$$

čia: M_0 – vardinis momentas, susidarantis dėl efektyviosios galios; Ω_N – kampinis elektros grandinės greitis (rad/s); t – trukmė (s).

Kai savasis dažnis yra nuo $0,95 \Omega_N$ iki $1,05 \Omega_N$, apskaičiuotieji elektros grandinės dažniai turi būti tokie patys kaip šie savieji dažniai.

Skaičiavimui supaprastinti lygiavertį statinį momentą galima apskaičiuoti taip:

$$M_{k,eq} = 1,7M_{k,max}, \quad (5.6)$$

čia $M_{k,max}$ – didžiausioji trumpojo jungimo momento $M_k(t)$ reikšmė.

Jei nėra $M_{k,max}$ duomenų, tai gali būti naudojama ši reikšmė:

$$M_{k,max} = 12M_0. \quad (5.7)$$

Dažniausiai tinkamumo kriterijai yra susiję su šiais virpesių momentais:

- a) mašinos ašies ir jos atramų;
- b) kraštinių konstrukcijos ir mašinų taškų.

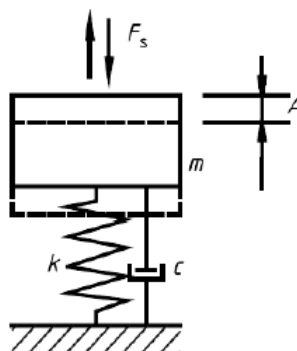
Judesių charakteristikos yra šios: poslinkio amplitudė A ; greičio amplitudė $\omega_s A$; pagreičio amplitudė $\omega_s^2 A$.

Skaičiuojant sistemos amplitudes, turi būti atsižvelgiama į tiesiaiegius ir sukamuosius judesius, kuriuos sukelia dinaminės jėgos bei momentai, taip pat į pamato bei pagrindo (grunto, polių) standžio savybes.

Kai sistema yra vienos spyruoklės su svarmeniu, kaip pavaizduota 3.2 pav., poslinkio amplitudės gali būti apskaičiuotos taip:

$$A = \frac{F_{eq}}{k}, \quad (5.8)$$

čia k – sistemos spyruoklinė konstanta.



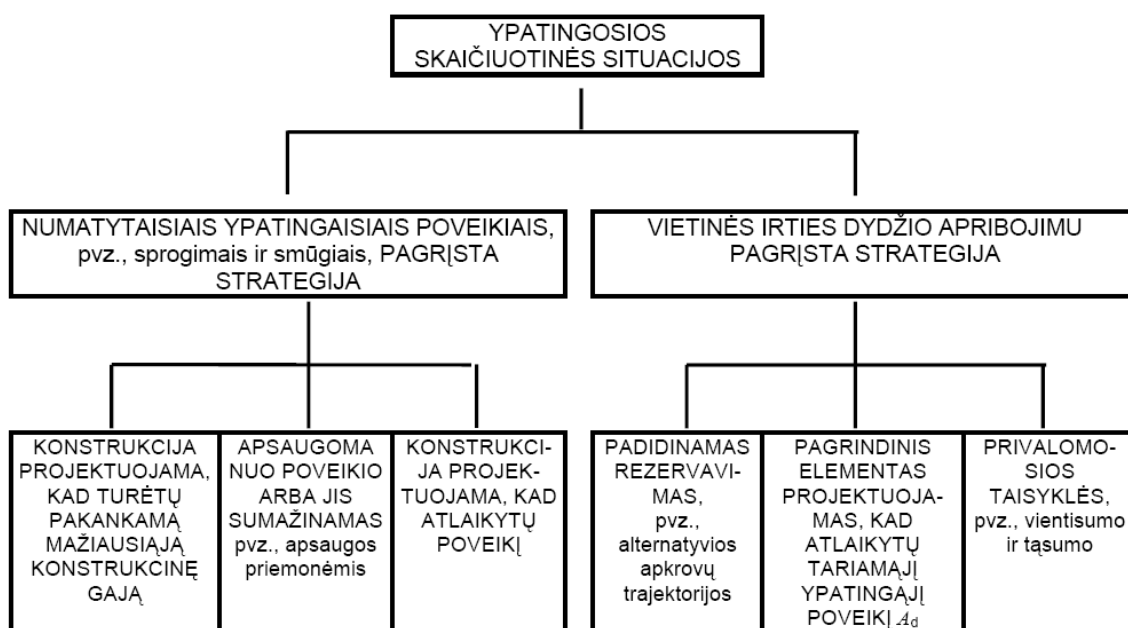
5.1 pav. Spyruoklės su svarmeniu sistemos schema

6. YPATINGIEJI POVEIKIAI. JŲ NUSTATYMAS IR ĮVERTINIMAS

6.1. Poveikių klasifikacija, skaičiuotinės situacijos ir irties dydžio apribojimas

Ypatingieji poveikiai yra susiję su išskirtinėmis būvio sąlygomis arba aplinka. Pavyzdžiui, sprogimai, transporto smūgiai ir pan. Nuo to priklauso ir skaičiuotinių situacijų parinkimas. Projektuojant reikia pasirinkti tikslas, griežtas ir įvairias skaičiuotines situacijas, kurias tik galima numatyti, kad jos bus vykdomos ir eksploatuojant konstrukcijas.

Projektavimą, įvertinant galimus ypatinguosius poveikius, rekomenduojama vykdyti pagal tam tikrą strategiją, kuri nurodoma LST EN 1991-1-7 (6.1 pav.).



6.1 pav. Ypatingųjų skaičiuotinių situacijų strategija

Labai svarbu, kad pasirenkant strategiją ir taisykles, konkrečiu atveju turi susitarti užsakovas ir atitinkama institucija.

Ypatingieji poveikiai, į kuriuos turi būti atsižvelgta, priklauso nuo tokių sąlygų:

- priemonių, kurių bus imtasi apsaugoti nuo ypatingojo poveikio ar sumažinti jo sunkumą;
- numatytojo ypatingojo poveikio tikimybės;
- dėl numatytojo ypatingojo poveikio patiriamos žalos pasekmių;
- visuomenės suvokimo;
- priimtinos rizikos laipsnio.

Tačiau turi būti įvykdytas LST EN 1990 2.1(4) punkto reikalavimas.

Vietinė irtis dėl ypatingųjų poveikių gali būti priimtina, jei tai nekelia pavojaus visos konstrukcijos pastovumui, išlaikoma bendroji konstrukcijos laikomoji galia ir galima imtis būtinų priemonių avarijai ar kritinei padėčiai likviduoti. Pastatų konstrukcijose tokios avarinės padėties likvidavimo priemonės gali būti saugus žmonių evakavimas iš patalpų ir prieigų. Plačiau apie numatytų ypatingųjų poveikių strategiją ir ypatingąsias skaičiuotines situacijas žr. LST EN 1991-1-7 3.2–3.4 p.

Kai reikia, ypatingieji poveikiai turi būti taikomi kartu su nuolatiniais ir kitais kintamaisiais poveikiais, kaip nurodyta LST EN 1990 6.4.3.3. Į konstrukcijos saugą turi būti atsižvelgta iškart po ypatingojo poveikio pasireiškimo.

Projektuojant turi būti sumažinta galimos konstrukcijos irties dėl nenumatytos priežasties tikimybė.

Tai turi būti padaryta remiantis viena iš šių strategijų:

1) pagrindinius elementus, nuo kurių priklauso konstrukcijos pastovumas, suprojektuojant taip, kad jie išlaikytų ypatingųjų poveikių modelio įrašas A_d . Pastatams rekomenduojamas modelis – tolygiai išskirstyta tariamoji apkrova, bet kuria kryptimi veikianti pagrindinį elementą ir bet kuriuos pritvirtintus komponentus (pvz., apdangą ir kt.). Rekomenduojamoji tolygiai išskirstytos apkrovos reikšmė pastatų konstrukcijoms – 34 kN/m^2 ;

2) suprojektuojant konstrukciją taip, kad įvykus vietinei irčiai (pvz., vieno elemento irčiai) nekiltų pavojus visos konstrukcijos ar reikšmingos jos dalies pastovumui.

Nacionaliniame priede gali būti nustatyta priimtina *vietinės irties* riba. Nuorodinė pastatų konstrukcijų riba yra 100 m^2 arba 15 % perdangos ploto (imama mažesnė reikšmė) dviejose gretimose perdangose, netekus kurios nors atraminės kolonos, tauro ar sienos. Tai turėtų užtikrinti pakankamą konstrukcinę gają, nepaisant to, ar buvo atsižvelgta į numatytąjį ypatingąjį poveikį;

3) taikant privalomasias projektavimo (konstravimo) taisykles, kurios užtikrina priimtina konstrukcijos gają (pvz., naudojant erdvinį sutvirtinimą ryšiais papildomam vientisumui užtikrinti arba nustatant mažiausiąjį smūgio veikiamų konstrukcijos elementų tūsumą).

Nacionaliniame priede gali būti nurodyta, kurią iš 3 minimų strategijų taikyti įvairioms konstrukcijoms. Metodų taikymo pastatams pavyzdžiai pateikiami LST EN 1991-1-7 A priede.

Ypatingųjų skaičiuotinių situacijų strategija grindžiama šiomis LST EN 1990:2004 nustatytomis pasekmių klasėmis, pateiktomis 6.1 lentelėje.

6.1 lentelė. Pasekmių klasės

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

Nurodytas pasekmių klases atitinkančios ypatingosios skaičiuotinės situacijos gali būti nagrinėjamos taip:

– CC1: specialiai nagrinėti ypatingųjų poveikių nebūtina, tik turi būti užtikrinta, kad laikomasi EN 1990-EN 1999 pateiktų taikytinų bendrųjų konstrukcinės gajos ir pastovumo taisyklių reikalavimų;

– CC2: atsižvelgiant į savitas konstrukcijos aplinkybes gali būti atliekama paprastesnė analizė remiantis statiniais lygiaverčių poveikių modeliais arba taikomos privalomosios projektavimo (konstravimo) taisyklės;

– CC3: kiekvienu konkrečiu atveju turi būti atliktas tyrimas, skirtas patikimumo lygmeniui ir reikiamos konstrukcinės analizės išsamumui nustatyti. Tam gali prireikti atlikti rizikos analizę ir taikyti tikslesnius metodus, pvz., dinaminę analizę, netiesinius modelius, atsižvelgti į apkrovos bei konstrukcijos sąveiką.

6.2. Smūgių poveikiai ir jų apskaičiavimas

Smūgių poveikiai susidaro nuo šių įvykių:

- kelių transporto priemonių smūgio (išskyrus atsitrenkimus į lengvasias konstrukcijas);
- automobilių šakinių krautuvų smūgio;
- traukinių smūgio (išskyrus atsitrenkimus į lengvasias konstrukcijas);
- laivų smūgio;
- kietojo sraigtasparnių tūpimo ant stogų smūgio.

Į šiuos poveikius turi būti atsižvelgta projektuojant tokius pastatus:

- skirtings automobiliams stovėti;
- kuriuose leidžiama naudoti transporto priemones arba automobilinius šakinius krautuvus;

– kurie yra greta automobilių kelių ar geležinkelio.

Nagrinėjant smūgio poveikius tiltams ir įrengtas tų poveikių mažinimo priemones, turi būti papildomai atsižvelgiama ir į eismo ant tilto bei po juo tipą ir smūgio padarinius.

Į sraigtasparnių smūgių poveikius turi būti atsižvelgiama, jei ant pastato stogo yra jiems skirta tūpimo aikštelė.

Smūgio poveikiai nustatomi atliekant dinaminę analizę arba išreiškiami lygiaverte statine jėga. Smūgiuojančiojo objekto ir konstrukcijos sąlyčio vietoje veikiančios jėgos priklauso nuo jų sąveikos. Pagrindiniai smūgio analizės kintamieji yra smūgiuojančiojo objekto smūgio greitis ir masės pasiskirstymas, smūgiuojančiojo objekto ir konstrukcijos deformacinė reakcija ir jų amortizavimo charakteristikos. Gali būti reikšmingi ir kiti veiksniai, pvz., smūgio kampas, smūgiuojančiojo objekto konstrukcija ir jo judėjimas atsitrenkus. Daugiau informacijos apie dinaminį projektavimą galima rasti LST EN 1991-1-7 C priede.

Nustatant smūgiuojančiojo objekto ir konstrukcijos medžiagų savybes turi būti remiamasi atitinkamai didžiausiąja arba mažiausiąja charakteristine reikšme. Kai reikia, turi būti atsižvelgta ir į santykinės deformacijos spartos poveikį.

Projektuojant konstrukciją, smūgio poveikiai gali būti išreikšti lygiaverte statine jėga, sukeliančia konstrukcijoje lygiavertes įrašas. Statinei pusiausvyrai patikrinti, stiprio patikroms atlikti ir smūgį patyrusios konstrukcijos deformacijoms nustatyti gali būti taikomi įprastieji konstrukcijų skaičiavimo, veikiant statinei apkrovai, modeliai (metodai).

Kai konstrukcijos suprojektuotos taip, kad sugertų smūgio energiją tampriosiomis plastinėmis elementų deformacijomis (t. y. vyksta minkštasis smūgis), lygiavertės statinės apkrovos gali būti nustatytos atsižvelgiant į tokių elementų plastinę laikomąją galią ir deformavimosi gebą.

Kai yra tokios konstrukcijos, smūgio į kurias energiją daugiausia sugeria smūgiuojantysis kūnas (t. y. vyksta kietasis smūgis), dinaminės arba lygiavertės statinės jėgos gali būti nustatytos remiantis toliau pateiktais nurodymais apie įvairių priemonių sukeltus poveikius, kelių transporto, automobilių, krautuvų, geležinkelio transporto ir laivų.

6.3 Kelių transporto priemonių sukelti ypatingieji poveikiai ir jų nustatymas

Projektuojant šių priemonių sukeltų poveikių įtaką konstrukcijoms yra išskiriami du atvejai: smūgis į atramines žemutines konstrukcijas ir smūgis į aukštesnes konstrukcijas. Pirmiausia turi būti nustatytos skaičiuotinės smūgio į atramines konstrukcijas (pvz., tiltų ar pastatų kolonas ir sienas), esančias greta įvairių tipų kelių, poveikio reikšmės.

Kai kietąjį smūgį sukelia kelių transporto priemonės, nuorodinės skaičiuotinės lygiavertės statinės jėgos reikšmę galima imti iš 6.2 lentelės. Parenkant reikšmes galima atsižvelgti į smūgio pasekmes, numatytą eismo intensyvumą bei tipą ir visas įrengtas smūgio mažinimo priemones.

6.2 lentelė. Transporto priemonių smūgiui į virš kelių arba greta jų esančių konstrukcijų atraminius elementus lygiaverčių nuorodinių statinių jėgų skaičiuotinės reikšmės

Eismo kategorija	Jėga (įprasta važiavimo kryptimi) F_{dx} (kN)	Jėga (statmenai važiavimo kryptčiai) F_{dy} (kN)
Greitkeliai, valstybiniai ir pagrindiniai keliai	1 000	500
Kaimo vietovių žvyrkeliai	750	375
Miesto keliai	500	250
Kiemai ir automobilių stovėjimo aikštelės, skirti: – lengviesiems automobiliams; – sunkvežimiams (kai transporto priemonės masė daugiau nei 3,5 t)	50 150	25 75

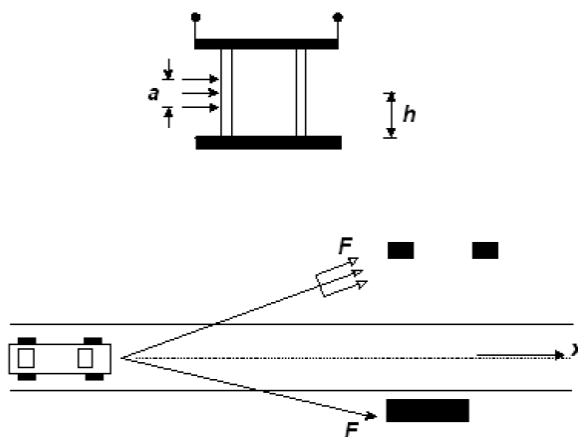
Nacionaliniuose prieduose gali būti nustatyta kitaip. Nuorodos apie transporto smūgį į tilto konstrukcijas pateikiamos LST EN 1991-2.

Jėgos F_{dx} ir F_{dy} naudojamos skaičiuojant, gali būti imtos kitokios, kurios nurodomos projekte. Tačiau rekomenduojama, kad jėgos F_{dx} ir F_{dy} neveiktų kartu.

Nuo smūgio susidaranti jėga F , tenkančios atraminėms konstrukcijoms, veikimo sritį rekomenduojama imti pagal 6.1 pav. pavaizduotą schemą ir tokias sąlygas:

- sunkvežimių smūgio atsitrenkimo jėga F gali veikti nuo 0,50 m iki 1,50 m aukštyje h virš važiuojamosios dalies arba aukščiau, jei yra įrengiami tam tikro tipo apsauginiai užtvagai. Rekomenduojamoji veikimo sritis yra $a = 0,50$ m (aukštis) \times 1,50 m (plotis) (arba elemento plotis, jei jis mažesnis);
- automobilių smūgio atsitrenkimo jėga F gali veikti $h = 0,50$ m aukštyje virš važiuojamosios dalies. Rekomenduojamoji veikimo sritis yra $a = 0,25$ m (aukštis) \times 1,50 m (plotis) (arba elemento plotis, jei jis mažesnis).

Projektuojant ir įrengiant konstrukcijas virš transporto judėjimo linijų turi būti nustatytos skaičiuotinės sunkvežimių ir (arba) jų vežamų krovinių smūgio į šių aukštutinių konstrukcijų elementus poveikio reikšmės. Galima to neįvertinti, jeigu paliktos reikiamos prošvaisos arba įrengtos tinkamos apsaugos priemonės smūgiui išvengti.



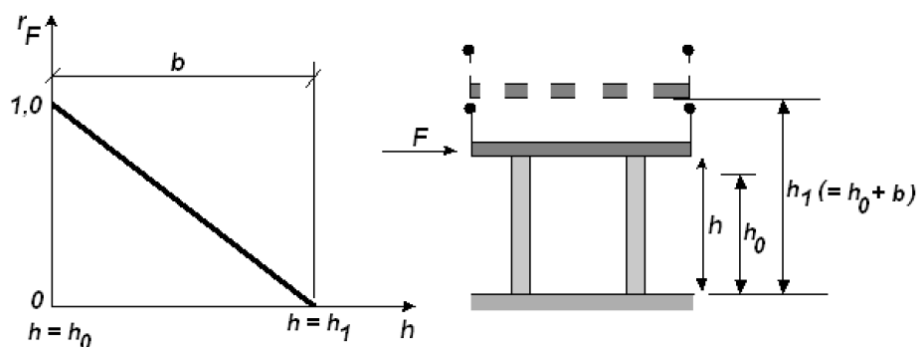
6.1 pav. Atsitrenkimo jėga, veikianti greta eismo juostų esančias žemutines tiltų ir pastatų atramines konstrukcijas: a – rekomenduojamas jėgos veikimo srities aukštis. Jis yra nuo 0,25 m (automobiliams) iki 0,50 m (sunkvežimiams); h – dėl smūgio susidaranti atsitrenkimo jėgos F vieta, t. y. aukštis virš važiuojamosios dalies. Jis yra nuo 0,50 m (automobiliams) iki 1,50 m (sunkvežimiams); x – eismo juostos vidurys

Skaičiuotinės smūgio poveikio reikšmės, reikiamų prošvaisų reikšmės ir tinkamos apsaugos priemonės smūgiui išvengti gali būti nurodytos atitinkamų šalies institucijų. Rekomenduojamoji reikiamos prošvaisos, neįskaitant būsimo po tiltu ar kitu statiniu esančio kelio dangos paviršiaus pakeitimo, smūgiui išvengti reikšmė yra nuo 5,0 m iki 6,0 m. Nuorodinių skaičiuotinių lygiaverčių statinių jėgų reikšmės yra nurodytos 6.3 lentelėje.

6.3 lentelė. Smūgiui į aukštutines konstrukcijas lygiaverčių nuorodinių statinių jėgų skaičiuotinės reikšmės

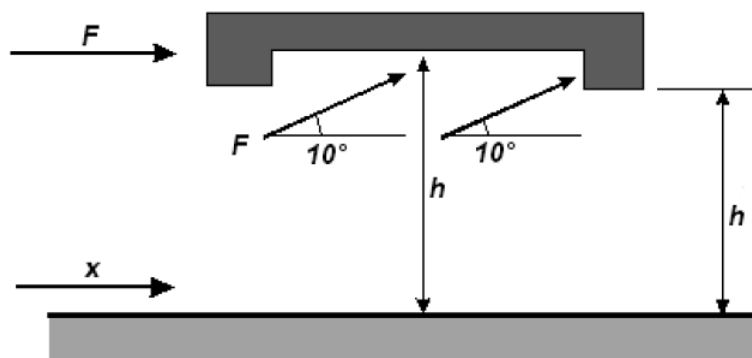
Eismo kategorija	Lygiavertė statinė skaičiuotinė jėga F_{dx} (kN) (įprasta važiavimo kryptimi)
Greitkeliai, valstybiniai ir pagrindiniai keliai	500
Kaimo vietovių žvyrkeliai	375
Miesto keliai	250
Kiemiai ir automobilių stovėjimo aikštelės	75

Skaičiuotinės smūgio apkrovos, tenkančios vertikaliesiems paviršiams, yra lygios skaičiuotinėms smūgiui lygiavertėms statinėms jėgoms, nurodytoms 6.3 lentelėje. Kai $h_0 \leq h \leq h_1$, šios reikšmės gali būti padaugintos iš pataisos koeficiento r_F . r_F , h_0 ir h_1 reikšmės gali būti nurodytos nacionaliniame priede. Rekomenduojamosios r_F , h_0 ir h_1 reikšmės nurodytos 6.2 paveiksle.



6.2 pav. Rekomenduojamoji koeficiento r_F reikšmė, taikytina transporto priemonių atsitrengimo į horizontaliuosius konstrukcijos elementus, esančius virš kelio paviršiaus, jėgoms ir priklausanti nuo prošvaisos aukščio h : h – fizinė prošvaisa tarp kelio paviršiaus ir tilto pakloto apačios; h_0 – mažiausiasis prošvaisos tarp kelio paviršiaus ir tilto pakloto apačios aukštis, žemiau kurio reikia paisyti smūgio į aukštutinę konstrukciją. Rekomenduojamoji reikšmė: $h_0 = 5,0$ m; h_1 – prošvaisos tarp kelio paviršiaus ir tilto pakloto apačios reikšmė. Kai reikšmė yra h_1 arba didesnė, į smūgio jėgą F atsižvelgti nereikia. Rekomenduojamoji reikšmė $h_1 = 6,0$ m (+ užlaidos dėl būsimos paviršiaus keitimo, įdubimo ir tilto įlinkio); b – h_1 ir h_0 aukščių skirtumas, t. y. $b = h_1 - h_0$. Rekomenduojamoji reikšmė: $b = 1,0$ m. Kai b reikšmės yra nuo 0 iki 1 m, t. y. nuo h_0 iki h_1 , leidžiama naudoti F pataisos koeficientą

Apatiniame tiltų paklotų paviršiuje galima atsižvelgti į tokias pačias smūgio apkrovas, kokios nurodytos pirmiau, tik veikiančias tam tikru kampu aukštyn. Smūgio sąlygos gali būti nurodytos nacionaliniame priede. Rekomenduojamoji kryptis yra 10° aukštyn nuo horizontalės (6.3 pav.).



6.3 pav. Smūgio į aukštutinės konstrukcijos elementus jėga: x – judėjimo kryptis; h – tilto aukštis nuo kelio paviršiaus iki apatinės tilto briaunos arba konstrukcijos elemento

Nustatant h reikšmę turi būti atsižvelgta į bet kokią galimą aukščio sumažėjimą ateityje dėl kelio paviršiaus po tiltu pakeitimo.

Kai reikia, turi būti atsižvelgta ir į jėgas F_{dy} , veikiančias įprastai judėjimo kryptčiai statmena kryptimi. Rekomenduojama, kad F_{dy} neveiktų kartu su F_{dx} .

Turi būti nustatyta smūgio į aukštutinės konstrukcijos elementus jėgos F veikimo sritis. Rekomenduojamoji smūgio sritis yra kvadratas, kurio kraštinės ilgis – 0,25 m.

6.4. Kitų smūgių ypatingieji poveikiai, susiję su antžeminiu transportu

Čia išskiriami du tipai šių poveikių: 1 – poveikiai, kuriuos sukelia automobiliniai šakiniai krautuvai ir 2 – ypatingieji poveikiai, kuriuos sukelia nuo bėgių po konstrukcijomis arba greta jų nuriadėjusios geležinkelių transporto priemonės. Skaičiuotinės ypatingųjų poveikių dėl automobilių šakinių krautuvų smūgio reikšmės turi būti nustatomos atsižvelgiant į dinaminę šakinio krautuvo ir konstrukcijos elgseną. Konstrukcijos reakcija gali pasireikšti netiesine deformacija. Kaip dinaminės analizės alternatyva gali būti taikoma skaičiuotinė lygiavertė statinė jėga F .

Ši jėga nustatyta aukštesniųjų instancijų, tai rekomenduojama ją nustatyti remiantis sudėtingesniu minkštojo smūgio skaičiavimu, kaip nurodyta LST EN 1991-1-2006 priede C.2.2. Arba rekomenduojama, kad F būtų imama kaip $5W$ (čia W yra krautuvo gryojo svorio ir jo keliamo krovinio svorio suma, veikianti 0,75 m aukštyje nuo grindų). Tačiau kai kuriais atvejais gali tikti didesnės arba mažesnės reikšmės.

Turi būti nustatyti ypatingieji geležinkelių transporto priemonių poveikiai, kuriuos sukelia nuo bėgių po konstrukcijomis arba greta jų nuriadėjusios geležinkelių transporto priemonės. Tai atliekama esant nacionalinių institucijų nurodymams, kokiems geležinkelių transporto priemonių tipams tai taikoma.

6.4.1. Greta naudojamų geležinkelio linijų einančios arba jas kertančios konstrukcijos

Konstrukcijos, kurioms gali tekti nuo bėgių nuriadėjusių geležinkelių transporto priemonių smūgis, yra klasifikuojamos, kaip nurodyta 6.4 lentelėje.

6.4 lentelė. Konstrukcijų, kurioms gali tekti nuo bėgių nuriadėjusių geležinkelių transporto priemonių smūgis, klasės

A klasė	Naudojamo geležinkelio linijas kertančios arba greta jų esančios konstrukcijos, kuriose nuolatos yra arba laikinai susirenka žmonių arba kurios yra daugiau kaip vieno aukšto.
B klasė	Naudojamo geležinkelio linijas kertančios arba greta jų esančios masyvios konstrukcijos, pvz., tiltai, kuriomis važinėja transporto priemonės, arba vienaaukščiai pastatai, kuriuose žmonių nuolat nebūna arba juose laikinai nesirenka.

Šioms klasėms priskirtinos konstrukcijos gali būti apibrėžtos nacionaliniame priede arba konkrečiame projekte.

Į situacijas, kai geležinkelių transporto priemonės nurieda nuo bėgių po A arba B klasei priskirta konstrukcija arba greta jos, turi būti atsižvelgta kaip į ypatingą skaičiuotinę situaciją remiantis EN 1990 3.2.

Nuo bėgių nuriedėjusių geležinkelių transporto priemonių smūgio į žemiau arba greta esančią aukštutinę konstrukciją (pakloto konstrukciją) paprastai galima nepaisyti.

Kai konstrukcijos yra A klasės ir didžiausias geležinkelių eismo greitis toje vietoje yra ne didesnis kaip 120 km/h, turi būti nustatytos smūgiui į atraminius konstrukcijos elementus (pvz., kolonas, sienas) lygiaverčių statinių jėgų skaičiuotinės reikšmės.

Lygiavertės statinės jėgos ir jų žymenys gali būti nurodyti nacionaliniame priede. Nuorodinės reikšmės pateikiamos 6.5 lentelėje.

6.5 lentelė. Smūgiui į virš geležinkelio arba greta jo esančias A klasės konstrukcijas lygiaverčių nuorodinių horizontaliųjų statinių jėgų skaičiuotinės reikšmės

Atstumas d nuo konstrukcijos elementų iki artimiausių bėgių vidurio linijos (m)	Jėga F_{dx} (įprasta važiavimo kryptimi) (kN)	Jėga F_{dy} (įprastai važiavimo kryptčiai statmena kryptis) (kN)
Konstrukcijos elementai: $d < 3$ m	Turi būti nurodyta konkrečiame projekte. Daugiau informacijos pateikiama B priede	Turi būti nurodyta konkrečiame projekte. Daugiau informacijos pateikiama B priede
Ištisinės sienos ir sienų tipo konstrukcijos: $3 \text{ m} \leq d \leq 5 \text{ m}$	4 000	1 500
$d > 5 \text{ m}$	0	0

Kai atraminiai konstrukcijos elementai apsaugoti ištisiniais plintais arba platformomis ar kt., smūgio jėgų reikšmė gali būti sumažinta. Tai gali būti nurodytos nacionaliniame priede.

Jėgos F_{dx} ir F_{dy} (6.5 lentelė) turi veikti nustatytame aukštyje virš bėgių. Projektuojant į F_{dx} ir F_{dy} turi būti atsižvelgiama atskirai.

Rekomenduojamoji F_{dx} ir F_{dy} veikimo taško aukščio virš bėgių reikšmė yra 1,8 m, jeigu atitinkamų institucijų arba užsakovų nėra nurodyta kitaip.

Jei didžiausias geležinkelių eismo greitis toje vietoje yra ne didesnis kaip 50 km/h, 6.4 lentelėje nurodytų jėgų reikšmės gali būti sumažintos. Rekomenduojama sumažinti 50 %. Daugiau informacijos pateikiama UIC 777-2.

Kai didžiausias leidžiamasis geležinkelių eismo greitis toje vietoje yra didesnis kaip 120 km/h, horizontaliųjų statinių lygiaverčių jėgų F_{dx} ir F_{dy} skaičiuotinės reikšmės, atsižvelgiant į papildomas prevencines ir (arba) apsaugos priemones, turi būti nustatytos darant prielaidą, kad galioja CC3 pasekmių klasė. F_{dx} ir F_{dy} reikšmės, atsižvelgiant į papildomas prevencines ir

(arba) apsaugos priemonės, gali būti nurodytos nacionaliniame priede arba konkrečiame projekte.

Kai konstrukcijos yra B klasės, turi būti apibrėžtas kiekvienas reikalavimas. Informacijos gali būti pateikiama nacionaliniame priede arba konkrečiame projekte. Kiekvienas reikalavimas turi būti pagrįstas rizikos įvertinimu. Informacijos apie veiksnius ir priemones, kuriuos reikia išnagrinėti pateikta EN 1991-1-7:2006 B priede.

6.4.2. Srityse, kur baigiasi bėgiai, esančios konstrukcijos

Kai konstrukcija ar jos atramos yra iškart toje vietoje, kur baigiasi bėgiai, remiantis EN 1990 turi būti atsižvelgta į geležinkelių transporto priemonių nuvažiavimo už bėgių pabaigos (pvz., terminale) ypatingą skaičiuotinę situaciją. Iškart už bėgių pabaigos esanti sritis gali būti nustatyta nacionaliniame priede arba konkrečiame projekte.

Rizikos ribojimo priemonės – tai įrengta sritis iškart ten, kur baigiasi bėgiai, ir atsižvelgiama į visas priemones, kurių imtasi geležinkelių transporto priemonių nuvažiavimo už bėgių pabaigos tikimybei sumažinti.

Atraminiai konstrukcijų elementai paprastai neturi būti iškart toje srityje, kur baigiasi bėgiai.

Kai reikia, kad atraminiai konstrukcijų elementai būtų netoli bėgių pabaigos, iškart ten, kur baigiasi bėgiai, be buferinės užtvaros, turi būti įrengta galinė smūginė siena. Turi būti nurodytos smūgiui į galinę smūginę sieną lygiaverčių statinių jėgų reikšmės.

Nacionaliniame priede arba konkrečiame projekte gali būti nurodytos konkrečios priemonės ir alternatyvios smūgiui lygiaverčių statinių jėgų skaičiuotinės reikšmės. Rekomenduojamosios smūgiui į galinę smūginę sieną lygiaverčių statinių jėgų skaičiuotinės reikšmės yra šios: keleivinių traukinių – $F_{dx} = 5\,000$ kN, manevrinių ir rūšiuojamųjų traukinių – $F_{dx} = 10\,000$ kN. Skaičiuojant konstrukciją, kuriai gali tekti perimti smūgį, rekomenduojama imti, kad šios jėgos horizontalia kryptimi veikia 1,0 m aukštyje virš bėgių.

6.4.3. Laivų sukelti ypatingieji poveikiai

Ypatingieji poveikiai dėl laivų atsitrengimo turi būti nustatyti atsižvelgiant ir į šiuos dalykus:

- vandens kelio tipą;
- potvynio sąlygas;
- laivų tipą bei grimzlę ir jų smūginę elgseną bei

– konstrukcijų tipą ir jų energijos išsklaidymo charakteristikas.

Vidaus vandenų laivų tipai, į kuriuos reikia atsižvelgti nagrinėjant laivo smūgį į konstrukcijas, turi būti klasifikuojami pagal CEMT klasifikacijos sistemą, kuri pateikiama EN 1991-1-7:2006 C priedo C.3 lentelėje.

Turi būti apibrėžtos jūrinių laivų charakteristikos, į kurias turi būti atsižvelgta nagrinėjant laivo smūgį į konstrukcijas. Tokių laivų nuorodinė klasifikacija ir jėgų reikšmės pateikta 6.6 lentelėje.

6.6 lentelė. Nuorodinės laivo smūgio vidaus vandenų keliuose dinaminių sąveikos jėgų reikšmės

CEMT ^a klasė	Standartinis laivo tipas	Ilgis l (m)	Masė m (t) ^b	Jėga F_{dx} ^c (kN)	Jėga F_{dy} ^c (kN)
I		30–50	200–400	2 000	1 000
II		50–60	400–650	3 000	1 500
III	<i>Gustav König</i>	60–80	650–1 000	4 000	2 000
IV	<i>Europos</i> klasė	80–90	1 000–1 500	5 000	2 500
Va	Didelis laivas	90–110	1 500–3 000	8 000	3 500
Vb	Buksyras ir 2 baržos	110–180	3 000–6 000	10 000	4 000
VIa	Buksyras ir 2 baržos	110–180	3 000–6 000	10 000	4 000
VIb	Buksyras ir 4 baržos	110–190	6 000–12 000	14 000	5 000
VIc	Buksyras ir 6 baržos	190–280	10 000–18 000	17 000	8 000
VII	Buksyras ir 9 baržos	300	14 000–27 000	20 000	10 000

Pastabos: ^a Europos transporto ministrų konferencija; 1992 m. birželio 19 d. pasiūlyta klasifikacija, kurią 1993 m. spalio 29 d. patvirtino Europos Sąjungos taryba.

^b Masė m tonomis (1 tona = 1 000 kg) apima bendrąją laivo masę, įskaitant laivo konstrukciją, krovinį ir degalus. Ji dažnai vadinama masine vandentalpa.

^c Jėgos F_{dx} ir F_{dy} aprėpia hidrodinaminės masės poveikį ir yra pagrįstos prielaidiniais skaičiavimais, atsižvelgiant į numatomas kiekvienos vandens kelių klasės sąlygas.

Kai skaičiuotinės poveikių dėl laivo smūgio reikšmės nustatomos remiantis sudėtingesniais metodais, turi būti atsižvelgta į pridėtinės hidrodinaminės masės poveikius.

Smūgio poveikį turi išreikšti dvi viena kitą panaikinančios jėgos:

– priekinė jėga F_{dx} ;

– šoninė jėga, kurios komponentė F_{dy} veikia statmenai priekinei smūgio jėgai, o trinties komponentė F_R – lygiagrečiai su F_{dx} .

Konstrukcijos, kurios suprojektuotos, kad išlaikytų laivo smūgį įprastomis eksploataavimo sąlygomis (pvz., krantinių sienos ir prieplaukų stulpai), nepatenka į EN 1991-1-7:2006 taikymo sritį.

Kai reikia, turi būti nustatytos priekinė ir šoninė skaičiuotinės dinaminės upių ir kanalų eismo smūgio jėgos.

Priekinės ir šoninės dinaminių jėgų reikšmės gali būti pateikiamos nacionaliniame priede arba konkrečiame projekte. Nuorodinės reikšmės, atitinkančios keletą standartinių laivų

charakteristikų ir standartinių skaičiuotinių situacijų, įskaitant pridėtinės hidraulinės masės poveikius, ir skirtos kitos masės laivams, pateikta 6.7 lentelėje.

6.7 lentelė. Nuorodinės laivo smūgio vidaus jūrų vandenų keliuose dinaminių sąveikos jėgų reikšmės

Laivo klasė	Ilgis l (m)	Masė m^b (t) ^b	Jėga $F_{dx}^{b,c}$ (kN)	Jėga $F_{dy}^{b,c}$ (kN)
Maži	50	3 000	30 000	15 000
Vidutiniai	100	10 000	80 000	40 000
Dideli	200	40 000	240 000	120 000
Labai dideli	300	100 000	460 000	230 000

Pastabos: ^a Masė m tonomis (1 tona = 1 000 kg) apima bendrąją laivo masę, įskaitant laivo konstrukciją, krovinį ir degalus. Ji dažnai vadinama masine vandentalpa.

^b Nurodytos jėgos atitinka maždaug 5,0 m/s greitį. Jos apima pridėtinės hidraulinės masės poveikius.

^c Kai yra bulbas, į jį turi būti atsižvelgta.

Dėl trinties atsirandanti smūgio jėga F_R , veikianti kartu su šonine smūgio jėga F_{dy} , turi būti apskaičiuota remiantis tokia išraiška:

$$F_n = \mu F_{dy}, \quad (6.1)$$

čia γ yra trinties koeficientas. Rekomenduojamoji jo reikšmė $\mu = 0,4$.

Smūgio jėgos turi veikti aukščiau aukščiausiojo navigacijai tinkamo vandens lygio, atsižvelgiant į laivo grimzlę (su kroviniu ar balastu). Turi būti apibrėžtas smūgio jėgos veikimo aukštis ir smūgio sritis $b \times h$.

Smūgio jėgos veikimo aukštis ir smūgio sritis $b \times h$ gali būti nustatyti konkrečiame projekte. Jei neturima išsamios informacijos, jėga gali veikti 1,50 m virš atitinkamo vandens lygio. Galima daryti prielaidą, kad smūgio sritis $b \times h$ lygi: kai yra priekinis smūgis – $b = b_{pier}$, $h = 0,5$ m, kai yra šoninis smūgis – $h = 1,0$ m ir $b = 0,5$ m. b_{pier} yra vandens kelyje esančios kliūtis, pvz., tilto tauro, plotis.

Tam tikromis sąlygomis gali prireikti daryti prielaidą, kad, prieš susidurdamas su kolonomis, laivas pakyla virš ramsčio ar pamato bloko.

Kai svarbu, tilto paklotas turi būti suprojektuotas, kad išlaikytų laivo smūgiui lygiavertę statinę jėgą, veikiančią išilginei (tarpatramio) tilto ašiai statmena kryptimi. Nuorodinė šios jėgos reikšmė yra 1 MN, jeigu nėra apibrėžta nacionaliniame priede arba konkrečiame projekte.

Jūrinių laivų smūgio lygiavertės skaičiuotinės priekinės statinės jėgos turi būti įvertinamos skaičiuojant. Priekinės ir šoninės dinaminių smūgių jėgų reikšmės gali būti pateikiamos nacionaliniame priede arba konkrečiame projekte. Nuorodinės reikšmės

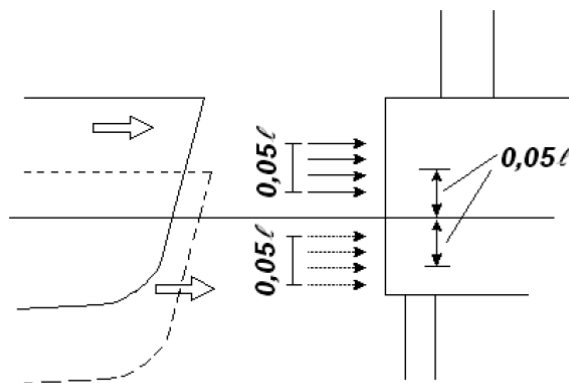
pateikiamos C.4 lentelėje ir jas leidžiama interpoliuoti. Šios reikšmės tinka tipiniams jūreivystės kanalams, o kitoms konstrukcijoms gali būti sumažintos. Visa tai nurodyta EN 1991-1-7:2006 C priede.

Kai svarbu, turi būti išnagrinėtas smūgis laivapriekiu, laivagaliu ir plačiuoju šonu. Smūgis laivapriekiu turi būti išnagrinėtas pagrindine plaukimo kryptimi, ne didesniu kaip 30° nuokrypiu nuo jos.

Dėl trinties atsirandanti smūgio jėga, veikianti kartu su šonine smūgio jėga, turi būti apskaičiuota remiantis 6.1 išraiška.

Smūgio jėgos veikimo vieta ir sritis priklauso nuo konstrukcijos geometrijos, laivo dydžio, geometrijos (pvz., ar jis turi bulbą), taip pat grimzlės bei diferento ir potvynio vandens lygio kaitos. Nustatant vertikalųjį smūgio taško vietos intervalą turi būti atsižvelgta į nepalankiausias sąlygas toje zonoje plaukiojantiems laivams.

Srities ribos ir jėgos veikimo taško vietos intervalo padėtis, jeigu nenurodyta nacionaliniame priede, rekomenduojama imti neviršijant tokių smūgio srities ribų: $0,05l$ aukštis ir $0,1l$ plotis (l – laivo ilgis). Jėgos padėties ribos vertikalia kryptimi gali būti nuo $0,05l$ žemiau skaičiuotinio vandens lygio iki $0,05l$ virš jo. Tai parodyta 6.3 pav.



6.3 pav. Nuorodinės laivo smūgio sritis

Aukštutinę konstrukciją veikiančios jėgos turi būti nustatytos atsižvelgiant į konstrukcijos aukštį ir numatomo laivo tipą. Paprastai aukštutinę tilto konstrukciją veikiančią jėgą apriboja laivo konstrukcijos stipris pagal takumo ribą. Rekomenduojamoji jėgos reikšmė lygi 5–10 % smūgio laivapriekiu jėgos, jeigu nenurodoma nacionaliniame priede arba konkrečiame projekte. Tais atvejais, kai į aukštutinę konstrukciją gali atsitrenkti tik stiebas, nuorodinė skaičiuotinė apkrova yra 1 MN.

6.5. Sraigtasparnių sukelti ypatingieji poveikiai

Kai ant pastatų stogo yra sraigtasparnių tūpimo aikštelė, turi būti atsižvelgta į ypatingą tūpimo jėgą. Lygiavertė vertikalioji statinė skaičiuotinė jėga F_d turi būti nustatyta remiantis tokia išraiška:

$$F_d = C\sqrt{m}, \quad (6.2)$$

čia: C – 3 kN kg^{-0,5}; m – sraigtasparnio masė (kg).

Turi būti laikoma, kad smūgio jėga veikia bet kurią tūpimo aikštelės vietą ir stogo konstrukciją, esančią ne toliau kaip 7 m nuo aikštelės krašto. Smūgio sritis turi būti imama 2×2 m dydžio.

6.6. Vidiniai sproginiai

Į sproginus turi būti atsižvelgta projektuojant visas pastatų ar kitų inžinerinių statinių dalis (pvz., chemijos įmonių, laivų, bunkerų, kanalizacijos konstrukcijų, gyvenamųjų namų su dujų įranga, energinių kanalų, automobilių kelių ir geležinkelių tunelių), kuriuose deginamos ar cirkuliuoja dujos arba kuriuose laikomos ar vežamos sprogstamosios medžiagos, pvz., sprogosios dujos ar skysčiai, išskiriantys sprogius garus ar dujas.

Sprogimo slėgis, veikiantis konstrukcijos elementus, turi būti nustatytas atsižvelgiant į atitinkamas reakcijas, kurias konstrukciniams elementams perduoda nekonstrukciniai elementai.

Šioje dalyje sproginas apibrėžiamas kaip staigi dulkių, dujų ar garų cheminė reakcija ore. Ji sukelia aukštą temperatūrą ir didelį viršslėgį. Sprogimo slėgis sklinda slėgio bangomis.

Vidinio sproginio sukeltas slėgis pirmiausia priklauso nuo dulkių, dujų ar garų tipo, dulkių, dujų ar garų procentinės dalies ore ir nuo dulkių, dujų ar garų ir oro mišinio vienalytiškumo, uždegimo šaltinio, kliūčių buvimo apgaube, apgaubo, kuriame vyksta sproginas, dydžio, formos bei stiprumo ir esamų slėgio mažinimo priemonių.

Turi būti tinkamai atsižvelgta į galimą dulkių, dujų ar garų buvimą patalpose ar pastatuose esančiuose jų grupėse, slėgio mažinimo poveikius, nagrinėjamos patalpos ar jų grupės geometriją ir kt.

Kai konstrukcijos priskiriamos CC1 klasei, nebūtina specialiai nagrinėti sproginio poveikių, reikia tik laikytis jungčių ir komponentų sąveikos taisyklių, pateikiamų EN 1992–EN 1999.

Kai konstrukcijos priskiriamos CC2 arba CC3 klasei, pagrindiniai konstrukcijos elementai, remiantis analize, pagrįsta lygiavertės statinės apkrovos modeliais, arba taikant privalomasias projektavimo (konstravimo) taisykles, turi būti suprojektuoti, kad išlaikytų poveikius. Be to, turi būti atliekama CC3 klasei priskirtų konstrukcijų dinaminė analizė. Apie tai papildomos informacijos galima rasti LST EN 1991-1-7 prieduose.

Konstrukcijos turi būti suprojektuotos, kad, kaip nurodyta LST EN 1990:2004, išlaikytų tolygią griūtį, kurią sukelia vidinis sproginimas. Pagrindiniai sproginimų tipai, į kuriuos turi būti atsižvelgiama, yra:

- dulkių sproginimai patalpose, laivuose ir bunkeriuose;
- gamtinių dujų sproginimai patalpose;
- dujų ir garų mišinių su oru sproginimai kelių ir geležinkelių tuneliuose.

Projektuojant gali būti numatyta ribotos konstrukcijos dalies irtis, jeigu ji neapima pagrindinių elementų, nuo kurių priklauso visos konstrukcijos pastovumas.

Sproginimų pasekmės gali būti apribotos numatant vieną ar kelias iš šių priemonių:

- projektuojant konstrukciją taip, kad ji atlaikytų didžiausią sproginimo slėgį;
- naudojant nustatytam slėgiui skirtas skylėtąsias plokštes;
- atskiriant gretimas konstrukcijos sekcijas, kuriose yra sproginamųjų medžiagų;
- apribojant konstrukcijų sritį, kurioje yra sproginimo rizika;
- įrengiant specialias apsaugos priemones tarp gretimų konstrukcijų, kuriose yra sproginimo rizika, kad nesklisėtų slėgis.

Turi būti laikoma, kad sproginimo slėgis veikia iškart visus ribojamuosius apgaubo, kuriame vyksta sproginimas, paviršius.

Skylėtąsias plokštes turi būti įrengtos arti galimų uždegimo šaltinių, jeigu jie žinomi, arba aukšto slėgio srityse. Jos turi būti išdėstytos tinkamoje vietoje, kur nekeltų pavojaus personalui ir neuždegtų kitų medžiagų. Skylėtoji plokštė turi būti įtvirtinta taip, kad įvykus sproginimui nebūtų išsviedžiama. Projektuojant turi būti apribotos galimybės gaisro poveikiui susilpninti aplinkinius objektus arba sukelti sproginimą gretimose patalpose.

Skylės plokštėse arba visa plokštė turi atsiverti esant mažam slėgiui ir būti kuo lengvesnės. Jei langai naudojami kaip skylėtąsias plokštes, rekomenduojama atsižvelgti į žmonių sužeidimo šukėmis ar kitais konstrukcijos elementais riziką.

Nustatant skylėtąsias plokštes dydį turi būti atsižvelgiama į plokštę laikančio rėmo matmenis ir konstrukciją.

Po pirmosios teigiamosios sproginimo fazės, kai yra viršslėgis, vyksta antroji fazė, kai yra sumažintasis slėgis. Todėl kartais į šį efektą turi būti atsižvelgta projektuojant ir pasitelkiant atitinkamos srities specialistus.

7. PROJEKTAVIMAS ATSIŽVELGIANT Į VIETINĖS IRTIES PASEKMES PASTATUOSE DĖL NENUSTATYTOS PRIEŽASTIES

7.1. Bendrieji nurodymai

Projektuojant pastatus dažnai reikia atsižvelgti į tai, kad jie pernelyg daug negriūdami išlaikytų vietinę irtį dėl nenustatytos priežasties. Tuo tikslu tenka vadovautis strategija, užtikrinančia, kad pastatas, atsižvelgiant į pasekmių klasę (nurodytą 6.1 ir 7.1 lentelėse), būtų gana tvirtas, jog nesugriūdamas išlaikytų ribotos apimties pažaidą ar irtį.

Vadinasi, pastatas turi būti suprojektuotas taip, kad, įvykus vietinei irčiai, nei jis visas, nei reikšminga jo dalis nesugriūtų. Laikantis šios strategijos, pastatas turi būti pakankamos konstrukcinės gajos, kad išlaikytų įvairius pagrįstus nenustatytuosius ypatinguosius poveikius.

7.1 lentelė. Skirstymas į pasekmių klases

Pasekmių klasė	Pastatų skirstymo pagal tipą ir užimtumą pavyzdžiai
1	Ne aukštesni kaip 4 aukštų vienos šeimos namai. Žemės ūkio pastatai. Pastatai, kuriuose žmonės lankosi retai, su sąlyga, kad nė viena pastato dalis nėra arčiau kaip 1,5 pastato aukščio atstumu iki kito pastato ar vietos, kurioje būna žmonės.
2a, mažesnės rizikos grupė	5 aukštų vienos šeimos namai. Ne aukštesni kaip 4 aukštų viešbučiai. Butų, apartamentų ir kitų gyvenamųjų patalpų pastatai, ne aukštesni kaip 4 aukštų. Ne aukštesni kaip 4 aukštų biurai. Ne aukštesni kaip 3 aukštų pramoniniai pastatai. Ne aukštesnės kaip 3 aukštų mažmeninės prekybos patalpos, kurių kiekvieno aukšto plotas yra mažesnis kaip 1 000 m ² . Vienaaukščiai mokymo įstaigų pastatai. Visi viešieji ne aukštesni kaip dviejų aukštų pastatai, kurių kiekvieno aukšto plotas ne didesnis kaip 2 000 m ² .
2b, didesnės rizikos grupė	Aukštesni kaip 4 aukštų, bet ne aukštesni kaip 15 aukštų viešbučiai, butai, apartamentai ir kiti gyvenamieji pastatai. Aukštesni kaip vieno aukšto, bet ne aukštesni kaip 15 aukštų mokymo įstaigų pastatai. Aukštesnės kaip 3 aukštų, bet ne aukštesnės kaip 15 aukštų mažmeninės prekybos patalpos. Ne aukštesnės kaip 3 aukštų ligoninės. Aukštesni kaip 4 aukštų, bet ne aukštesni kaip 15 aukštų biurai. Visi viešieji pastatai, kurių kiekvieno aukšto plotas didesnis kaip 2 000 m ² , bet ne didesnis kaip 5 000 m ² . Ne aukštesnės kaip 6 aukštų automobilių stovėjimo aikštelės.
3	Visi pastatai, pirmiau nurodyti kaip priskirtini 2 klasės mažesnės ir didesnės rizikos grupėms, viršijantys ploto ir aukštų skaičiaus ribas. Visi viešieji pastatai, kuriuose būna daug žmonių. Stadionai, kuriuose telpa daugiau kaip 5 000 žiūrovų. Pastatai, kuriuose laikomos pavojingosios medžiagos ir (arba) vykdomi pavojingi procesai.

Po avarijos pastatas turi išlikti ne trumpesnę laikotarpį už tą, kuris būtinas saugiai evakuoti ir išgelbėti personalą iš pastato ir jo prieigų. Jei pastatuose dirbama su pavojingosiomis medžiagomis, teikiamos svarbiausios paslaugos ir jie naudojami nacionalinio saugumo reikmėms, gali prireikti nustatyti ilgesnį pastato išlikimo laikotarpį.

7.1 lentelėje pateiktas pastatų skirstymas į pasekmių klases, atsižvelgiant į pastato tipą (užimtumą), susijęs su 6.1 lentelėje nurodytomis nesunkių, vidutinių ir sunkių pasekmių klasėmis.

Jeigu pastatai turi daugiau kaip vieno tipo paskirtį, jie turi būti priskiriami prie didžiausiosios pasekmių klasės.

Skaičiuojant aukštų skaičių rūšio aukšto galima neskaičiuoti, jeigu jis atitinka 2-osios pasekmių klasės didesnės rizikos grupės reikalavimus.

7.1 lentelė nėra baigtinė ir gali būti atitinkamų institucijų koreguojama.

7.2. Rekomenduojamosios projektavimo strategijos ir metodo parinkimas

Laikantis toliau nurodytos rekomenduojamosios strategijos, pastato konstrukcinė gaja turi būti pakankama, kad jis išlaikytų vietinę irtį pernelyg nesugriūdama.

a) 1-osios pasekmių klasės pastatai:

jei pastatas yra suprojektuotas ir pastatytas laikantis LST EN 1990 – LST EN 1999 (visų projektavimo EN dali) pateiktų taisyklių, užtikrinančių pastovumą įprastai eksploatuojant, papildomai nagrinėti ypatingųjų poveikių dėl nenumatytų priežasčių nereikia;

b) 2a-osios pasekmių klasės (mažesnės rizikos grupės) pastatai:

be rekomenduojamos 1-osios pasekmių klasės strategijos, turi būti įrengti veiksmingi horizontalieji ryšiai arba pakabinamosios perdangos, veiksmingai inkaruojamos prie sienų, kaip nurodyta žemiau rėminėms ir laikančiosios sienos konstrukcijoms;

c) 2b-osios pasekmių klasės (didesnės rizikos grupės) pastatai:

be rekomenduojamos 1-osios pasekmių klasės strategijos, turi būti įrengti:

– horizontalieji ryšiai, skirti atitinkamai rėminės ir laikančiosios sienos konstrukcijai, o visose atraminėse kolonose ir sienose – vertikalieji ryšiai, arba

– pastatas turi būti patikrintas ir įsitikinta, kad tariamai pašalinus kiekvieną atraminę koloną ir kiekvieną koloną laikančią siją arba bet kurią vardinę laikančiosios sienos sekciją (vienu metu po vieną iš kiekvieno pastato aukšto), pastatas išliks stabilus ir bet kuri vietinė pažaida neviršys nustatytos ribos.

Jei tariamai pašalinus minėtas kolonas ir sienų dalis, pažaida viršytų sutartą ribą ar kitokią nustatytą ribą, tuomet tokie elementai turi būti projektuojami kaip pagrindiniai elementai.

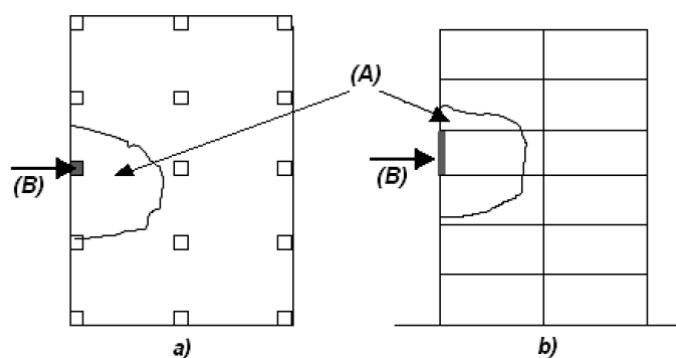
Kai pastatą sudaro laikančiųjų sienų konstrukcijos, tinkamiausia strategija yra tariamas sienos sekcijos pašalinimas (po vieną sekciją).

d) 3-iosios pasekmių klasės pastatai:

turi būti atliktas sistemiškas pastato įvertinimas, atsižvelgiant tiek į numatomus, tiek į nenumatomus pavojus.

Rekomendacijų apie rizikos analizę pateikiama LST EN 1991-1-7 B priede.

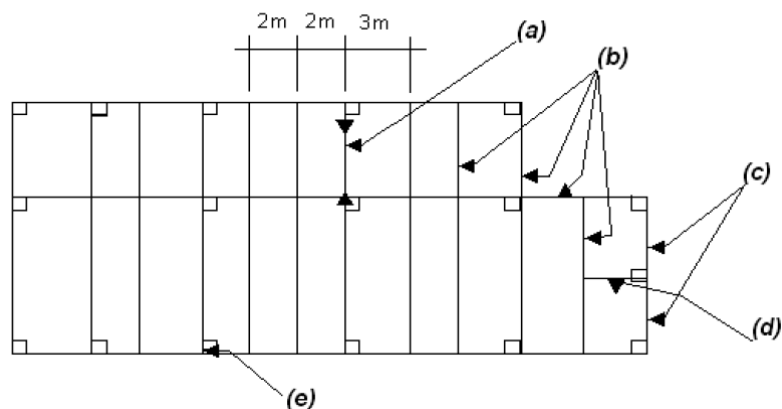
Leidžiamosios vietinės irties riba kiekvieno tipo pastatui gali būti skirtinga. Rekomenduojamoji reikšmė yra 15 % perdangos ploto arba 100 m² (imama mažesnė reikšmė) kiekviename iš dviejų gretimų aukštų, kaip pavaizduota 7.1 pav.



7.1 pav. Rekomenduojamoji leidžiamosios pažaidos riba: A – vietinė irtis neviršija 15 % perdangos ploto kiekviename iš dviejų gretimų aukštų; B – tariamai pašalinama kolona; a – vaizdas iš viršaus; b – vaizdas iš šono

7.3. Horizontalieji ryšiai

Horizontaliųjų ryšių įrengimas priklauso nuo pastato laikančiųjų konstrukcijų konstrukcinės schemos. Kai pastatai yra rėminės konstrukcijos, tai horizontalieji ryšiai turi būti įrengti išilgai kiekvienos perdangos ir stogo perimetro, o viduje – dviem statmenomis kryptimis, kolonos ir sienos elementus tvirtai sujungiant su pastato konstrukcija. Ryšiai turi būti ištisiniai ir išdėstyti kuo arčiau perdangų kraštų ir kolonų bei sienų linijų. Ne mažiau kaip 30 % ryšių turi būti įrengti netoli prie kolonų ir sienų kraštų. Tokios schemos pavyzdys pavaizduotas 7.2 pav.



7.2 pav. Horizontaliųjų ryšių sudarymo 6 aukštų universalinėje parduotuvėje pavyzdys: a – 6 m tarpatramio sija, naudojama kaip vidinis ryšys; b – visos sijos, suprojektuotos, kad atliktų ryšių funkciją; c – perimetriniai ryšiai; d – prie kolonos inkaruotas ryšys; e – kraštinė kolona

Horizontalieji ryšiai gali būti sudaryti iš valcuotųjų plieninių profiliuotųjų, plieninių strypų armatūros betoninėse plokštėse arba plieninio tinklo armatūros ir plieninių lakštinių profiliuotųjų kompozitinėse plienbetoninėse perdangose (jei šliejamosiomis jungėmis tiesiogiai sujungiama su plieninėmis sijomis). Ryšiai gali būti iš minėtų tipų derinio.

Kiekvienas ištisinis vidinis ryšys, įskaitant galines jo jungtis, turi išlaikyti skaičiuotinę tempiamąją ypatingojo ribinio būvio apkrovą T_i , o perimetrinis ryšys – T_p ; jų reikšmės yra šios:

kai yra vidiniai ryšiai

$$T_i = 0,8(g_k + \psi q_k)sL \text{ arba } 75 \text{ kN, kuri reikšmė didesnė;} \quad (7.1)$$

kai yra perimetriniai ryšiai

$$T_p = 0,4(g_k + \psi q_k)sL \text{ arba } 75 \text{ kN, kuri reikšmė didesnė;} \quad (7.2)$$

čia: s – atstumas tarp ryšių; L – ryšio tarpatramis; ψ – atitinkamas išraiškos ypatingosios skaičiuotinės situacijos įrašų derinio koeficientas (t. y. ψ_1 arba ψ_2 iš LST EN 1990 (6.11b) išraiškos).

Nurodytiems ryšiams sudaryti gali būti naudojami elementai kitiems poveikiams (nei ypatingiems) išlaikyti.

Pavyzdys. Nustatyti skaičiuotinę tempiamąją horizontalaus ryšio jėgą T_i 6 m tarpatramio sijoje, pavaizduotoje 7.2 pav. Imame, kad charakteristiniai poveikiai (pvz., plieninio karkaso pastatui) yra tokie, kokie nurodyti toliau.

Charakteristinė apkrova: $g_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$ ir $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$.

Priimamas derinio koeficientas $\psi_1 = 0,5$.

$$T_i = 0,8(3,00 + 0,5 \times 5,00) \frac{3+2}{2} \times 6,0 = 66 \text{ kN (mažiau kaip 75 kN)}.$$

Laikančiųjų sienų konstrukcijos taip pat gali būti skirtingų pasekmių klasių. Kai pastatai yra 2⁽²⁾ klasės (mažesnės rizikos grupės, 7.1 lentelė), tai reikiama konstrukcinė gaja turi būti užtikrinta naudojant akytos konstrukcijos formą, skirtą visų komponentų sąveikai palengvinti, įskaitant reikiamas perdangų inkaravimo prie sienų priemones.

Kai pastatai yra 2⁽³⁾ klasės (didesnės rizikos grupės), perdangose turi būti įrengti ištiniai horizontalieji ryšiai. Tai turi būti vidiniai ryšiai, išskirstyti perdangose abiem statmenomis viena kitai kryptimis, ir perimetriniai ryšiai, einantys palei perdangos plokščių perimetrą 1,2 m pločio plokštės ruože. Skaičiuotinė tempiamoji ryšių apkrova turi būti nustatyta taip: kai yra vidiniai ryšiai:

$$T_i = \text{didesnioji iš reikšmių: } F_t, \text{ kN/m, arba } \frac{F_t (g_k + \psi q_k) z}{7,5} \frac{z}{5}, \text{ kN/m;} \quad (7.3)$$

kai yra perimetriniai ryšiai:

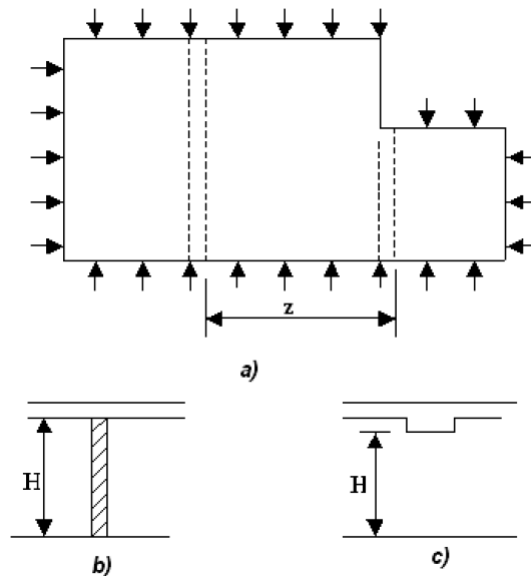
$$T_p = F_t, \quad (7.4)$$

čia: F_t – 60 kN/m arba $20 + 4n_s$, kN/m (imama mažesnioji reikšmė); n_s – aukštų skaičius; z – yra mažesnioji iš reikšmių:

– 5 aukšto aukščiai H arba

– didžiausias atstumas metrais ryšio kryptimi tarp kolonų ar kitų vertikaliųjų laikančiųjų elementų centrų, kai šį atstumą užkloja viena plokštė arba sijų ir plokščių sistema.

Reikšmių H (metrais) ir z (7.3 formulė) nustatymas pavaizduotas 7.3 paveiksle.



7.3 pav. Koeficientų H ir z nustatymo iliustracija a – vaizdas iš viršaus; b – pjūvis: plokščioji plokštė; c – pjūvis: sija ir plokštė

7.4. Vertikalieji ryšiai

Pirmosios ir antrosios irties pasekmių klasės pastatuose kiekviena kolona ir siena turi būti sutvirtinta išsisiniais ryšiais nuo pamatų iki stogo.

Jei pastatai karkasiniai (pvz., plieninės ar gelžbetoninės konstrukcijos), vertikalius poveikius laikančios kolonos ir sienos turi išlaikyti ypatingą skaičiuotinę tempiamąją jėgą, lygią didžiausiai skaičiuotinei reakcijos į vertikaliąją nuolatinę ir kintamąją apkrovą jėgai, veikiančiai koloną bet kuriame viename aukšte. Turi būti daroma prielaida, kad tokia ypatingoji skaičiuotinė apkrova neveikia kartu su konstrukciją galinčiomis veikti nuolatinėmis ir kintamosiomis apkrovomis.

Gali būti laikoma, kad laikančiosios sienos konstrukcijos vertikalieji ryšiai yra veiksmingi, tokiais atvejais, kai:

a) mūro sienų storis yra ne mažesnis kaip 150 mm, o jų mažiausias gniuždomasis stipris, kaip nurodyta EN 1996-1-1, yra 5 N/mm^2 ;

b) sienos aukštis H , išmatuotas metrais tarp perdangų ar stogo paviršių, neviršija $20t$ (čia t yra sienos storis metrais);

c) jie yra suprojektuoti išlaikyti vertikaliąją ryšių jėgą T :

$$T = \frac{34A}{8000} \left(\frac{H}{t} \right)^2 \text{ N arba } 100 \text{ kN/1 m sienos, žiūrint kuri reikšmė didesnė,} \quad (7.5)$$

čia A yra sienos skerspjūvio plotas, mm^2 , išmatuotas horizontaliai, neskaičiuojant nelaikančiojo sienos sluoksnio;

d) vertikalieji ryšiai išilgai sienos yra sugrupuoti ne didesniu kaip 5 m atstumu ir yra ne toliau kaip 2,5 m nuo nesuvaržyto sienos galo.

7.5. Vardinis laikančiosios sienos skerspjūvio plotas ir pagrindiniai elementai

Vardinis laikančiosios sienos konstrukcijos ilgis turi būti imamas toks:

– kai yra gelžbetoninė siena – ne didesnis kaip $2,25H$;

– kai yra išorinis mūras arba medinių ar plieninių statramsčių siena – ilgis, matuojamas tarp šoninių atramų, kurias sudaro kiti vertikalieji pastato komponentai (pvz., kolonos ar skersinės pertvarinės sienos);

– kai yra vidinis mūras arba medinių ar plieninių statramsčių siena – ne didesnis kaip $2,25H$;

čia H yra aukšto aukštis metrais.

Pastato konstrukcijų pagrindinis elementas, kaip nurodyta 7.2 c, turi išlaikyti ypatingą skaičiuotinį poveikį A_d , horizontalia ir vertikalia kryptimis (vienu metu tik viena kryptimi) veikiantį elementą ir visas prie jo pritvirtintus komponentus, atsižvelgiant į ribinę tokių komponentų ir jų jungčių laikomąją galią. Tokia ypatingoji skaičiuotinė apkrova turi veikti pagal LST EN 1990 (6.11b) išraišką ir gali būti sutelktoji arba išskirstytoji.

Pastatų konstrukcijoms rekomenduojamoji A_d reikšmė yra 34 kN/m^2 .

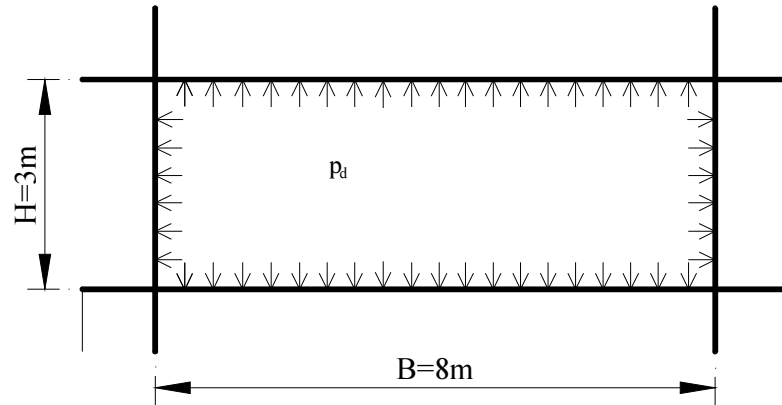
7.7. Skaičiavimo pavyzdžiai

7.7.1. Sprogimo poveikio pavyzdys

Sprogimas gali įvykti gyvenamojoje patalpoje daugiaaukštyje pastate. Gyvenamosios patalpos grindų matmenys yra $8 \times 14 \text{ m}$, aukštis – 3 m (žr. paveikslą). Dvi trumpesnės sienos (fasadai) yra iš stiklo ir kitų lengvų medžiagų ir gali būti laikomos kaip angos plotas. Šios sienos neatlieka apkrovų atlaikymo funkcijos konstrukcijoje. Dvi ilgosios sienos yra betoninės; šios sienos yra atsakingos už vertikaliųjų apkrovų atlaikymą, taip pat kaip ir už konstrukcijos horizontalųjį ar šoninį stabilumą. Tai rodo, kad stačiakampio apgaubo tūris V ir slėgio mažinimo komponentų plotas A_v šiuo atveju yra:

$$A_v = 2 \cdot 8 \cdot 3 = 48 \text{ m}^2,$$

$$V = 3 \cdot 8 \cdot 14 = 336 \text{ m}^3.$$



Taigi parametras A_v / V gali būti apskaičiuotas kaip:

$$A_v / V = 48 / 336 = 0,144 \text{ m}^{-1}.$$

Kai V yra mažiau nei 1000 m^3 ir A_v / V patenka tarp $0,05 \text{ m}^{-1}$ ir $0,15 \text{ m}^{-1}$ ribų, leidžiama naudoti apkrovas, pateiktas normose. Slėgio mažinimo plokštės suirimo slėgis p_v yra įvertintas 3 kN/m^2 . Pažymėtina, kad šios plokštės normaliai gali priešintis $1,5 \text{ kN/m}^2$ skaičiuotinei vėjo apkrovai.

Vidinio dujų sproginimo ekvivalentus statinis slėgis apskaičiuojamas taip:

$$P_{Ed} = 3 + p_v = 3 + 3 = 6 \text{ kN/m}^2$$

arba

$$P_{Ed} = 3 + p_v / 2 + 0,04 / (A_v / V)^2 = 3 + 1,5 + 0,04 / 0,144^2 = 3 + 1,5 + 2,0 = 6,5 \text{ kN/m}^2.$$

Toliau skaičiuojant naudoti didesnę reikšmę.

Sproginimo slėgio apkrovų išsidėstymas pateiktas paveiksle. Atsižvelgiant į EN 1990, (Konstrukcijų projektavimo pagrindai), šie slėgiai turi būti nagrinėjami kartu su konstrukcijos savojo svorio ir tariamai nuolatinių kintamųjų apkrovų reikšmėmis. Toliau analizuojami poveikiai skirtingiems konstrukcijos elementams.

Apatinė patalpos perdanga

Tarkime, kad savasis svoris yra 3 kN/m^2 ir kintamoji apkrova yra 2 kN/m^2 . Tai reiškia, kad skaičiuotinė sproginimo apkrova yra:

$$P_{da} = P_{sw} + P_E + \psi_{1LL} P_{LL} = 3,0 + 6,50 + 0,5 \cdot 2,00 = 10,50 \text{ kN/m}^2.$$

Projektavimas įprastomis sąlygomis:

$$p_d = \gamma_G \xi p_{sw} + \gamma_Q p_{LL} = 0,85 \cdot 1,35 \cdot 3,00 + 1,5 \cdot 2,00 = 6,4 \text{ kN/m}^2$$

Gali būti laikoma, kad ypatingiems poveikiams nereikia naudoti dalinio koeficiento laikomajai galiai. Palyginimui galime padidinti skaičiuotinę apkrovą įprastomis sąlygomis 1,2 koeficientu. Rezultatas gali būti suprantamas kaip konstrukcijos atsparumas ypatingoms apkrovoms, jeigu tai suprojektuota tik įprastoms apkrovoms:

$$p_{Rd} = 1,2 \cdot 6,4 = 7,7 \text{ kN/m}^2.$$

Taigi perdangos, suprojektuotos tik įprastomis sąlygomis, turėtų būti 30 % lengvesnės. Laikas prisiminti punktą EC1 Part 1.7 B priede, paminėtą 4 sekcijoje. Jeigu mes kreiptume dėmesį į apkrovos padidėjimą per trumpą laiką, galėtume padidinti apkrovą koeficientu φ_d pagal (žr. EC1 priedą):

$$\varphi_d = 1 + \sqrt{p_{sw} / p_{Rd}} \cdot \sqrt{2u_{\max} / g(\Delta t)^2}.$$

Kur $\Delta t = 0,2$ yra apkrovos trukmė, $g = 10 \text{ m/s}^2$ yra laisvojo kritimo pagreitis ir u_{\max} yra tarpatrio įlinkio yrant skaičiuotinė reikšmė. Aišku, ši reikšmė priklauso nuo perdangos plokštės elastingų savybių ir ypač nuo susijungimų su likusia konstrukcija. Šio įvertinimo detalus nagrinėjimas neįeina į šį uždavinį, bet imkime, kad $u_{\max} = 0,20 \text{ m}$ yra laikoma konservatyvia skaičiuotinė reikšmė. Tokiu atveju atsparumas sprogo apkrovai gali būti įvertinta kaip:

$$p_{RED} = \varphi_d p_{Rd} = \left[1 + \sqrt{3} / 7,7 \cdot \sqrt{2 \cdot 0,20 / 10 \cdot 0,2^2} \right] \cdot 7,7 = 12,5 \text{ kN/m}^2.$$

Taigi šiuo atveju apatinė perdangos atsparumas yra pakankamas.

Viršutinė perdanga

Viršutinė perdanga vienam sproгимui gali būti apatinė perdanga kitam sproгимui kaip viršutinė. Tokiu atveju sproгимo skaičiuotinė apkrova apskaičiuojama (teigiamos reikšmės viršuje) taip:

$$P_{da} = p_{sw} + p_E + \gamma_Q \Psi p_{LL} = -3,0 + 6,50 + 0 = 3,50 \text{ kN/m}^2.$$

Taigi apkrova, lygi pusei apatinės perdangos apkrovos, bet koku atveju duos didesnių problemų. Esmė ta, kad apkrova yra priešingoje normalios nuolatinės ir kintamųjų apkrovų pusėje. Tai reiškia, kad normalus atsparumas gali būti tiesiog arti nulio.

Reikalingas atsparumas apskaičiuojamas surandant p_{Rd} iš:

$$\Phi_{da} p_{Rd} = \left[1 + \sqrt{p_{sw}} / p_{Rd} \cdot \sqrt{2u_{\max}} / g (\Delta t)^2 \right] p_{Rd} = 3,50 \text{ kN/m}^2.$$

Vėl naudojant $p_{sw} = 3 \text{ kN/m}^2$, $\Delta t = 0,25$, $g = 10 \text{ m/s}^2$ gaunama, kad $p_{Rd} = 1,5 \text{ kN/m}^2$. Tai reikalautų apie 25 % sustiprinimo įprastomis sąlygomis priešingoje pusėje.

Kitas svarbus dalykas, kurio reikėtų laikytis, yra atraminė jėga atramose. Pažymėta, kad perdanga gali būti pakelta nuo atramų ypač dviejuose pastato aukštuose (viršutiniuose), kur normalinės jėgos, veikiančias sienas, yra mažos. Šituo požiūriu kraštinės sienos yra kur kas labiau pažeidžiamos. Perdangų pakėlimas gali pakeisti statinę sistemą vienam dalykui ir sukelti skirtingų apkrovų poveikių, bet taip pat gali paveikti laisvai stovinčias sienas. Apie tai kitame skyriuje. Jeigu perdangų ir sienų sujungimas gali pasipriešinti pakėlimo jėgai, turėtų būti įsitikinta, ar projektuojant į tai buvo atsižvelgta.

Sienos

Galiausiai turėsime aptarti sienas. Tarkime, kad siena yra įtvirtinta abiejose pusėse. Sienoje lenkimo momentas apskaičiuojamas taip:

$$M = 1/16 p H^2 = 1/16 \cdot 6,5 \cdot 3^2 = 4 \text{ kN/m}.$$

Jeigu nėra normalinių jėgų, veikiančių sieną, reikės 0,1 % centrinio sustiprinimo. Atitinkamai atsparumas lenkimui gali būti įvertintas taip

$$M_p = \omega 0,4 d^2 f_y = 0,001 \cdot 0,4 \cdot 0,2^2 \cdot 300000 = 5 \text{ kN/m}.$$

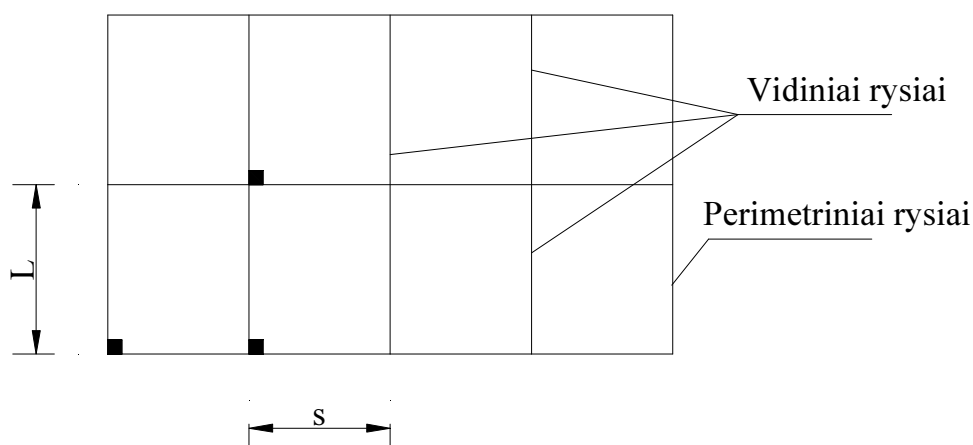
Paprastai normalinės jėgos yra pateikiamos. Detaliai neskaičiuojant, nes nėra šio darbo tikslas, kita schema atrodo realistiškai. Jei sprogimas yra patalpose, esančiose virš viršutinės perdangos, ir yra tinkama sujungtis tarp perdangos plokštės ir viršutinės sienos, turėsime tempimo jėgas sienoje, reikalaujančias papildomai sustiprinti. Mūsų pavyzdyje vidurinės

kolonos tempimo jėga būtų $(p_E - 2p_{sw})B/2 = (6,5 - 2 \cdot 3) \cdot 4 = 2$ kN/m ir kraštinės kolonos – $(p_E - p_{sw})B/2 = (6,5 - 3) \cdot 4 = 14$ kN/m. Jei sproginas yra viršutiniame aukšte, mes paprastai neturime ašinių jėgų atstojamosios ir turėtų būti padarytas pirmiau minėtas sustiprinimas. Einant toliau, tikriausiai bus ašinės gniuždymo jėgos ir sustiprinimas gali būti sumažintas arba nenagrinėjamas.

7.2.2. Ypatingosios skaičiuotinės jėgos ryšiuose, siekiant užtikrinti tinkamą konstrukcijos gają, kad ji išlaikytų vietinę irtį pernelyg nesugriūdama, skaičiavimo pavyzdys

Karkasinės konstrukcijos

Projektuojamas karkasinis 5 aukštų pastatas, kurio aukšto aukštis – 3,6 m. Laikome, kad ryšio tarpatramis $L = 7,2$ m, o atstumas tarp ryšių $s = 6,0$ m (žr. paveikslą). Apkrovos yra $g_k = q_k = 4$ kN/m², derinio koeficientas $\psi = 1,0$.



Pagal 7.1 lentelę pastatas priklauso 2b didesnės rizikos grupės pasekmių klasei.

Tokiu atveju reikiama vidinio ryšio jėga gali būti apskaičiuota:

$$T_i = 0,8\{4 + 4\}(6 \cdot 7,2) = 276 \text{ kN} > 75 \text{ kN.}$$

Ryšiai plieno FeB500. Jų reikalingas plotas $A = 500 \text{ mm}^2$, tai atitinka 2 $\Phi 18$ mm.

Perimetriniai ryšiai yra lygūs pusei vidinių ryšių reikšmės. Pažymėtina, kad ištisinėje sijoje šis sustiprinimo kiekis paprastai jau yra kaip aukštutinis sustiprinimas.

Vertikaliųjų ryšių jėgą apskaičiuojame taip:

$$T_v = (4 + 4)(6 \cdot 7,2) = 350 \text{ kN/ kolona.}$$

Reikalingas plieno plotas $A = 700 \text{ mm}^2$, tai atitinka $3\Phi 18 \text{ mm}$.

Konstrukcijos su laikančiosiomis sienomis

Horizontalių ryšių taisyklės panašios į karkasinių pastatų taisykles, išskyrus tai, kad skaičiuotinė tempimo apkrova ryšiuose turi būti:

vidinių ryšių

$$T_i = (F_t (g_k + \psi q_k)) / 7,5 (z/5) \text{ kN/m, bet } > F_t,$$

perimetrinių ryšių

$$T_p = F_t,$$

čia: $F_t = (20 + 4n) \text{ kN}$ su 60 kN maksimalia reikšme, n yra aukštų skaičius; g , q ir ψ turi tas pačias reikšmes kaip ir anksčiau, $z = 5h$ arba ryšio ilgis [m], kuris yra mažiausias.

Pastato vertikalia kryptimi tempiamoji skaičiuotinė apkrova vertikaliems ryšiams apskaičiuojama:

$$T_v = 34A / 8000 (h/t)^2 \text{ N arba } 100 \text{ kN/m sienos, žiūrint kuri reikšmė didesnė.}$$

Šioje formulėje A yra apkrautos sienos plotas, h yra aukšto aukštis, t yra sienos storis. Apkrautos sienos konstrukcija gali būti laikoma efektyviais vertikaliais ryšiais, jeigu (mūrinės sienos atveju) jų storis yra bent jau 150 mm ir sienos aukštis $h < 20t$, čia t yra sienos storis.

Pastato su laikančiosiomis sienomis gaunama $F_t = (60, 40) = 40 \text{ kN}$ ir $z = 5 h = 18 \text{ m}$. Vidinių ir perimetrinių ryšių jėgos

$$T_i = 60(4 + 4) \cdot 7,2 / 7,5 \cdot 5 = 92 \text{ kN/m,}$$

$$T_p = 40 \text{ kN/m.}$$

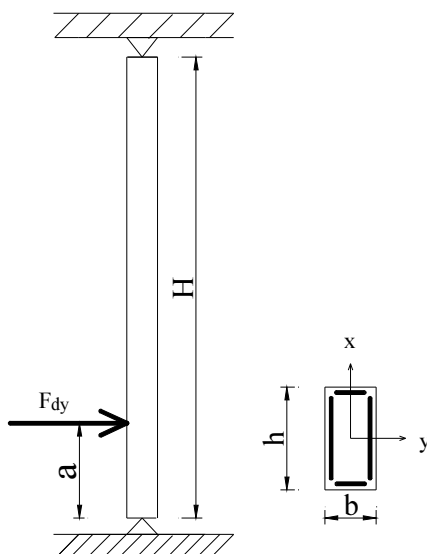
Vertikalojo ryšio jėga apskaičiuojama

$$T_v = (3,6/0,2)^2 \cdot 34 \cdot 0,2/8 = 275 \text{ kN/m}$$

Tai gali priversti labiau sustiprinti konstrukcijas, negu įprastai reikia šio tipo konstrukcijų elementams.

7.7.3. Smūgio į tilto atramą skaičiavimo pavyzdys

Paveiksle pavaizduota gelžbetoninė tilto atrama gali būti veikiami smūgio. Jos skerspjūvio matmenys yra $b = 0,5$ m, $h = 1,0$ m. Atramos aukštis $H = 5,0$ m. Įprasta, kad atrama įtvirtinta abiejuose galuose lankstais. Armavimo santykis 0,01 visomis keturiomis kryptimis, kaip parodyta paveiksle dešinėje pusėje. Tarkime, kad plieno atsparumas $f = 300$ MPa ir betono atsparumas 50 MPa. Atrama bus tikrinama transporto smūgio jėgai greitkelyje.



Pagal EN 1991-1-7 jėgos F_{dx} ir F_{dy} yra lygios 1000 ir 500 kN ir veikia $a = 1,25$ m aukštyje. Lenkimo momento ir skersinės jėgos reikšmės, nustatomos pagal statines jėgas, veikiančias išilginiame kryptyje, apskaičiuojamos taip:

$$M_{dx} = ax(H - a) \cdot F_{dx} / H = 1,25(5,00 - 1,25) \cdot 1000 / 5,00 = 940 \text{ kNm},$$

$$Q_{dx} = (H - a) \cdot F_{dx} / H = (5,00 - 1,25) \cdot 1000 / 5 = 750 \text{ kNm}.$$

Panašiai apskaičiuojamos ir įprastai važiavimo kryptimi statmena kryptimi

$$M_{dy} = ax(H - a) \cdot F_{dy} / H = 1,25(5,00 - 1,25) \cdot 500 / 5,00 = 470 \text{ kNm},$$

$$Q_{dy} = (H - a) \cdot F_{dy} / H = (5,00 - 1,25) \cdot 500 / 5 = 375 \text{ kNm}.$$

Kitos apkrovos šiuo atveju nėra tiesiogiai svarbios. Tilto dangos savasis svoris ir eismo apkrovos ant tilto daro įtaką tik veikiančiai atramoje ašinei jėgai. Paprastai tai padidina atramos laikančiąją galią. Taigi galima apsiriboti tik ypatingomis apkrovomis.

Naudojant supaprastintą modelį atsparumas lenkimui įvertinamas taip:

$$M_{Rdx} = 0,8\omega h^2 b f_y = 0,8 \cdot 0,01 \cdot 1,00^2 \cdot 0,50 \cdot 300000 = 1200 \text{ kNm},$$

$$M_{Rdy} = 0,8\omega h b^2 f_y = 0,8 \cdot 0,01 \cdot 1,00 \cdot 0,50^2 \cdot 300000 = 600 \text{ kNm}.$$

Kadangi ypatingų apkrovų atveju nenaudojami daliniai atsparumo koeficientai, atsparumas lenkimui gali būti laikomas pakankamu. Kolonos atsparumas skersinei jėgai pagrįstas tikrai betono tempimo dalimi $f_{ctk} = 1200 \text{ kN/m}^2$ yra apytiksliai lygus

$$Q_{Rd} = 0,3b h f_{ctk} = 0,3 \cdot 1,00 \cdot 0,50 \cdot 1200 = 360 \text{ kN}.$$

Tai beveik pakankama apkrovai y kryptimi, bet nepakankama x kryptimi. Reikia papildomai stiprinti skersinės jėgos poveikiui.