

**RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
TRANSPORTBŪVJU INSTITŪTS
CEĻU UN TILTU KATEDRA**

TILTI

**Uzdevums un norādījumi projekta
“Tilts ar koka laiduma konstrukciju” izstrādāšanai**

Rīga 2006

Uzdevums un norādījumi ir paredzēti Transportbūvju profesionālo bakalauru un maģistru studiju programmas studentiem, izstrādājot projektu disciplīnā "Tilti (pamatkurss)" (tilts ar koka laiduma konstrukciju).

Sastādījis: Profesors **Ainārs Paeglītis**

Kursa projekta uzdevums un saturs

1. kursa projekta uzdevums

- 1.1 Kursa projektā ir jāizstrādā tilta ar koka laiduma konstrukciju projekts, izmantojot 1. – 2.tabulā dotos datus.
- 1.2 Izejas dati:
- 1.2.1 Pārejas vietas garenprofīla shēma jāpieņem pēc 1. un 2.tabulas, saskaņā ar studenta apliecības numura pēdējo ciparu . Garenprofīla raksturojumi a un b ir jāpieņem pēc 1.tablas atkarībā no studenta apliecības priekšpēdējā cipara.
- 1.2.2 Ūdens un ledus iešanas līmeni noteikt atkarībā no garenprofīlu raksturojošā lieluma b : zemākā ūdens līmeņa atzīme (ZŪL) – $2b$, augstākā ūdens līmeņa atzīme (AŪL) – $6b$, aplēses kuģojamā līmeņa augstums – $4b$.
- 1.2.3 Tilta spraugas garums jāpieņem vienāds ar $5.5a$.
- 1.2.4 Tilta brauktuves gabarīts jāpieņem atkarībā no pieeju gabarīta pēc 1. tabulas un 1. un 2.att.
- 1.2.5 Kustīgās slodzes SM1 lielumu nosaka atkarībā no koeficienta α lielumu pēc 1.tabulas, studenta apliecības numura pēdējā cipara .
- 1.3 Kursa projekta saturā ir jāietilpst rasējumiem un paskaidrojuma rakstam ar aplēsēm.
- 1.3.1 Rasējumi (noformējami datorgrafikā):
- Variantu shēmas M 1:100 – 1:300;
 - Tilta ģenerālvarianta sānskats, plāns griezumš (M1:100 – 1:300), uzrādot pārejas vietas profilu, AŪL, ZŪL, kuģošanas gabarītu, tilta pamatizmērus;
 - Laiduma konstrukcijas (ieskaitot specifikācijas) (M1:10 – 1:30);
 - Brauktuves klātnes un ietves konstrukcijas (M1;10 - 1:20);
 - Balstu plāns un sānskats.
- 1.3.2 Paskaidrojuma rakstam ir jāsaturs (noformējams datortekstā):
1. Tilta variantu tehniski ekonomiskais salīdzinājums;
 2. Tilta aprēķina slodžu un to kombināciju noteikšana (saskaņā ar LVS EN 1991-2), šķērsnovietojuma koeficienta aprēķins, piepūļu aprēķins laiduma konstrukcijā.
 3. Laiduma konstrukcijas aplēse, dimensionēšana un konstruēšana saskaņā ar LVS EN 1995 prasībām.
 4. Darbu apjomu aprēķins.

Literatūras saraksts:

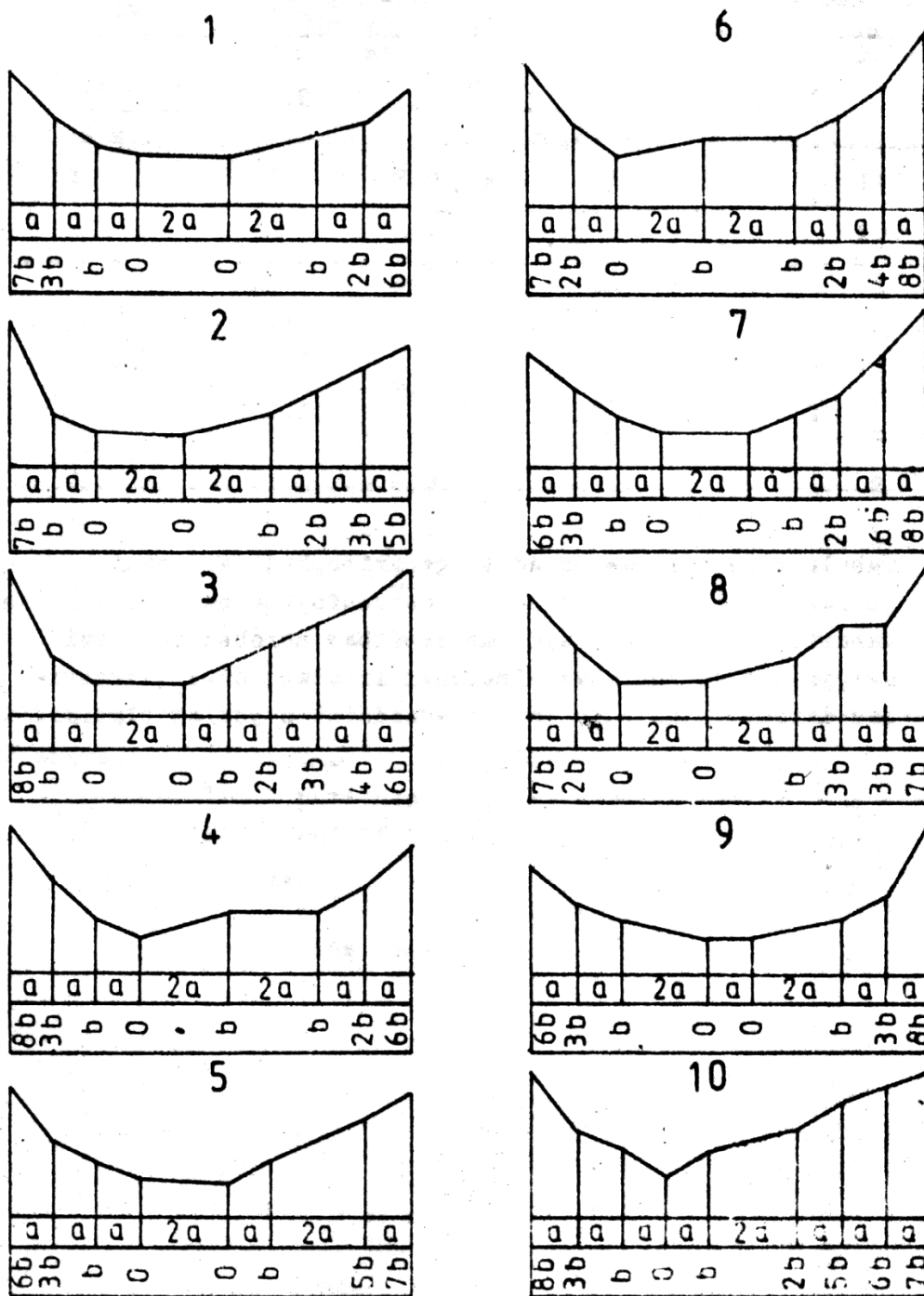
1. LVS EN 1991-2 , Satiksmes slodzes tiltiem.
2. LVS EN 1995, 1.daļa- Koka konstrukciju projektēšana. Vispārīgi noteikumi un noteikumi ēkām. 2.daļa – Koka tilti.
3. Lekciju konspekts.
4. L.Ozola, Koka būvkonstrukciju elementi, Aprēķins un konstruēšana saskaņā ar Eurokodeksiem.-// LLU, Jelgava, 2006.g.184.lpp.
5. Tiltu specifikācijas 2005, RTU, 2006.g. 300.lpp.
6. Tiltu projektēšanas rokasgrāmata, LAD, 2003.g., 181.lpp.

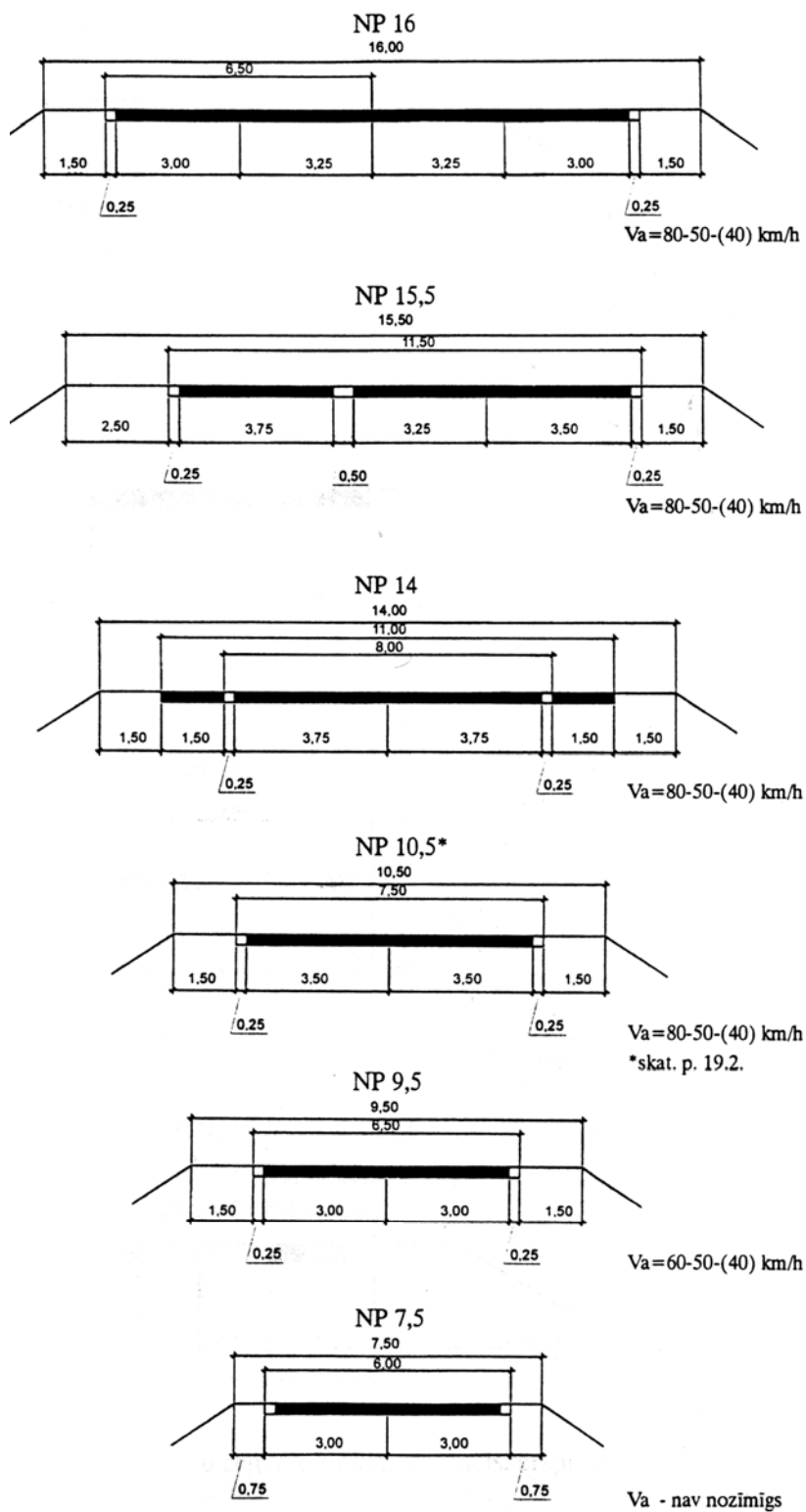
1.tabula. Pārejas vietas garenprofilu un tehnisko datu varianti

St.apl pēd. Cip.	Gare nprof. No.	Pieeju normālprof. shēma	α	St.apl. priekšp. pēd. Cip	a* (m)	b* (m)
0	5	NP16	0.3	9	6	1.5
1	4	NP15.5	0.4	8	3	1.4
2	3	NP14	0.3	7	4	1.3
3	2	NP10.5	0.4	6	5	1.2
4	10	NP9.5	0.3	5	6	1.1
5	1	NP7.5	0.4	4	3	1.5
6	9	NP5.5	0.3	3	4	1.4
7	8	NP4.5	0.4	2	5	1.3
8	7	NP3.5	0.3	1	6	1.2
9	6	NP14	0.4	0	3	1.1

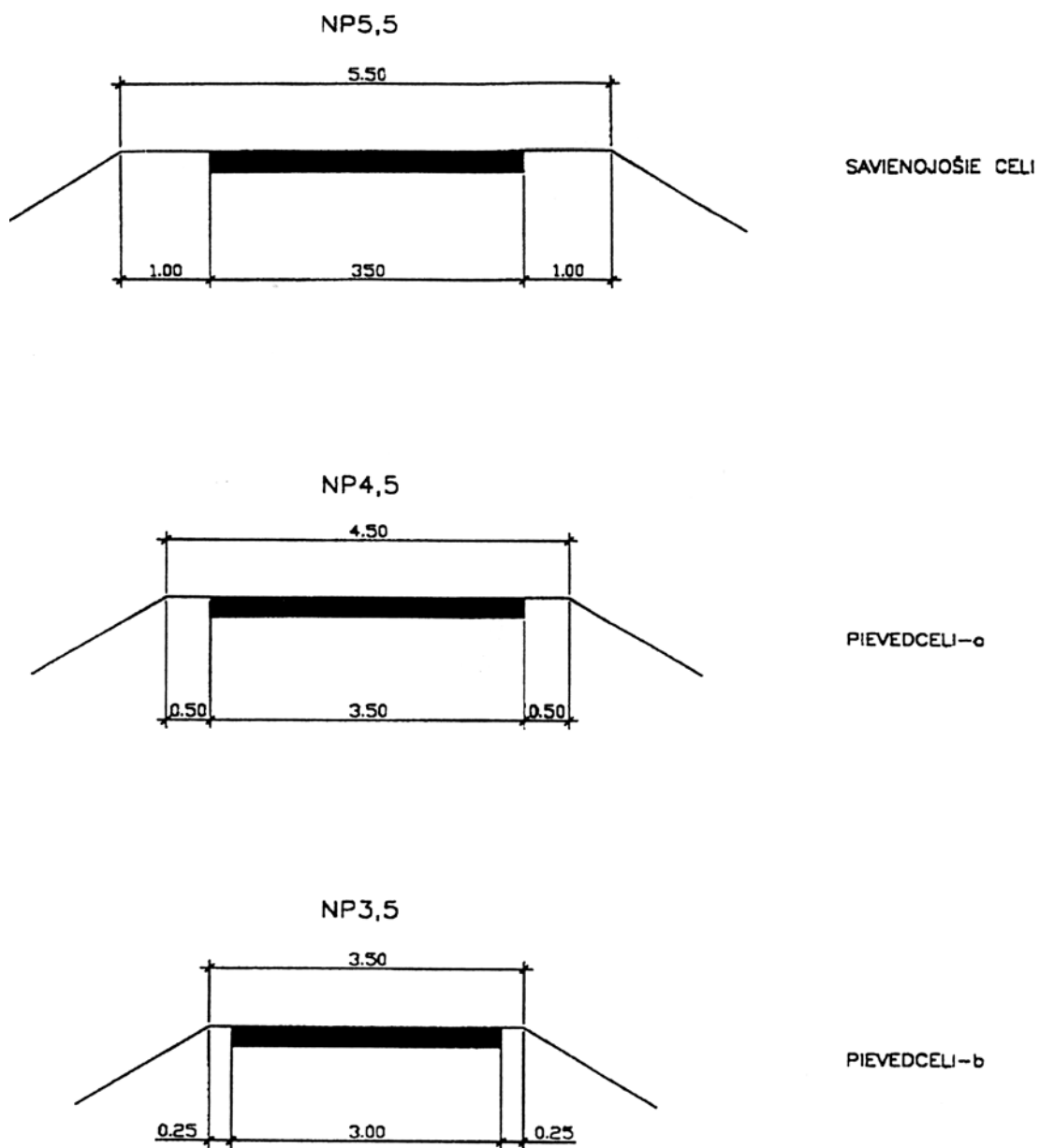
* - izmantojami, lai uzzīmētu 2.tabulā doto pārejas vietas garenprofilu

2.tabula. Pārejas vietas garenprofilu shēmas





1.att. Ceļa brauktuvju normālprofilu shēmas

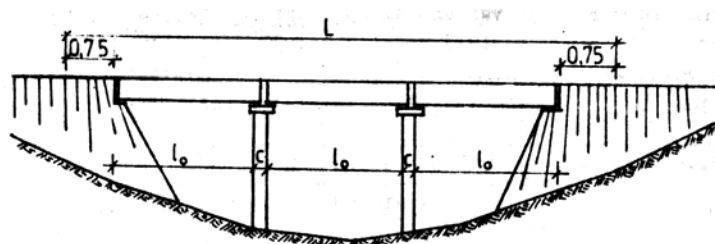


1.2.att. Ceļa brauktuvju normālprofilu shēmas

2. Norādījumi kursa projekta izstrādāšanai

2.1 Tilta shēmas sastādīšana

Uz milimetru paīra tiek uzzīmēta pārejas vieta un raksturīgie ūdens līmeņi, izmantojot 1. un 2.tabulā dotos datus.



2.1 att. Tilta garuma aprēķināšanas shēma

Nepieciešamo tilta garumu aprēķina pēc formulas:

$$L = l_0 + \sum c + 1.5;$$

kur l_0 – attālums starp balstu iekšējām virsmām, c – balstu platums.

Zemtilta gabarīti ir jāatliek no AKL.

Tilta brauktuves gabarītu nosaka pēc pieeju normālprofilu šķērs griezumiem. Kursa projektā ir jāparedz 1 m platas ietves abās brauktuves pusēs.

Braucamā daļa norobežojama ar 60 cm augstu atvairu, vai 75 cm augstu atvairbarjeru.

2.2 Tilta variantu tehniski ekonomiskais salīdzinājums

Jāsastāda trīs tilta variantu shēmas.

Varianta grafiskajam noformējumam ir jāietver: tilta sānskats un šķērs griezumus. Variantu salīdzinājumu veic pēc šādiem kritērijiem:

- Materiālu patēriņš;
- Konstruktiju sarežģītība;
- Iespaidis uz apkārtējo vidi;
- Estētika.

2.3 Rasējumu noformēšana

Tilta konstrukciju rasējumus izstrādāt uz A3 formāta papīra datorgrafikā, izmantojot "Microstation" vai AutoCad programmas.

Rakstlaukuma izmēri – 90 mm x 45 mm.

Informācija, kas jānorāda rakstlaukumā:

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE			
CEĻU UN TILTU PROFESORA GRUPA			
KURSA PROJEKTS "TILTS AR KOKA LAIDUMA KONSTRUKCIJU"			
Projektēja			(Rasējuma nosaukums)
Pārbaudīja	(paraksts)	A.Paeglītis	
Datums:	Mērogi:	Stadija:	Rasējuma No.

2.4 Aprēķina daļu noformēšana

Aprēķinu un paskaidrojuma raksts ir jānoformē izmantojot kādu no MS Office datorprogrammām.

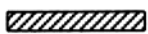


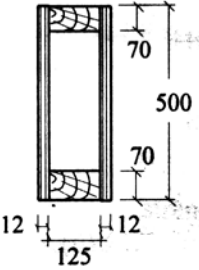
Paskaidrojuma raksta saturam ir jāietver šādas daļas:

- Pārejas vietas raksturojums.
- Tilta variantu tehniski – ekonomiskais salīdzinājums.
- Tilta aprēķini
- Tehniskās specifikācijas.
- Tilta būves tehnoloģija.

Tiltu konstrukciju aprēķinu noformēt tabulas veidā, ietverot šādu informāciju:

Projekta nosaukums:		Aprēķinu veicis:	Lapas No.
Atsauksmes	Aprēķins		Rezultāts

Aprēķinu lapas noformēšanas piemērs No.1

References	Calculations	Output
Contract : Footbridge Job Ref. No. : Example 3.4 Part of Structure : Beam Elements Calc. Sheet No. : 1 of 11	Calcs. by : W.McK. Checked by : Date :	
BS 5268 : Part 2 BS 6399 : Part 1 BS 5268 : Part 2 Table 7 BS 5268 : Part 2	Structural use of timber Code of practice for dead and imposed loads Loading: Boards, stringers and cross-beams: Average density = $500 \text{ kg/m}^3 = 4.91 \text{ kN/m}^3$ Note: a value is also given for 'characteristic density', which is used when designing joints. Self-weight due to boards:  100 mm x 40 mm Volume/m ² of plan area = $1.0 \times 0.04 \times \frac{100}{115} = 0.035 \text{ m}^3$ Dead load = $4.91 \times 0.035 = 0.17 \text{ kN/m}^2$ Self-weight due to stringer section: 125 mm x 63 mm  Volume/m length = $0.125 \times 0.063 = 7.9 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ Dead load = $7.9 \times 10^{-3} \times 4.91 = 0.04 \text{ kN/m}$. Self-weight due to cross-beams: 175 mm x 75 mm  Volume/m length = $0.175 \times 0.075 = 13.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ Dead load = $13.0 \times 10^{-3} \times 4.91 = 0.06 \text{ kN/m}$. Assume an allowance for handrails, fitments etc. = 1.0 kN/m^2 Self-weight of ply-web beams:  Assume plywood 12 mm thick = $7.14 \text{ kg/m}^2 = 0.07 \text{ kN/m}^2$	Boarding: 0.17 kN/m^2 Stringers: 0.04 kN/m Cross-beams: 0.06 kN/m Handrails etc.: 1.0 kN/m^2

METODISKIE NORĀDĪJUMI KOKA SIJU TILTU ELEMENTU APRĒĶINAM

1. Koka tiltu elementu aprēķinu principi

Koka elementu aprēķinu veic saskaņā ar LVS EN 1995 “Koka konstrukciju projektēšana” 1.daļas “Vispārēji noteikumi” un 2.daļas “Koka tilti” prasībām.

1.1 Robežstāvokļu metodes

Koka tiltu elementus aprēķina pēc robežstāvokļu metodes ņemto vērā LVS EN 1991-2 dotās slodžu shēmas.

Nestspējas robežstāvoklis ietver daļēju vai pilnīgu sabrukumu, tādu kā materiālu pārraušanu, pārmērīgas deformācijas, stabilitātes zudumu vai mehānismu veidošanos. Šī robežstāvokļa sasniegšana var tieši ietekmēt cilvēku drošību.

Lietojamības robežstāvoklis veidojas situācijā, kad konstrukcijas stāvoklis vairs nenodrošina tai paredzēto funkciju veikšanu, t.i. tādas deformācijas, kas bojā konstrukcijas izskatu vai rada bojājumus mazāk svarīgos konstrukcijas elementos, materiālu ilgmūžības īpašību izmaiņas vai nepatīkamas vibrācijas. Lietojamības robežstāvokļa sasniegšana tieši neietekmē cilvēku drošību.

1.2 Aprēķina vērtības

Iedarbju aprēķina vērtības iegūst šādi:

- Iedarbes aprēķina vērtību vispārīgā veidā nosaka kā:

$$F_d = \gamma_F F_k, \quad \text{kur } \gamma_F \text{ – ietekmes drošības koeficients (1.tabula).}$$

Materiālu īpašības tiek raksturotas ar to raksturīgajām vērtībām X_k , kas atbilst materiāla pieņemtā statistiskās izkliedes sadalījumam.

- Materiāla īpašību aprēķina vērtību iegūst šādā veidā:

$X_d = (X_k \cdot k_{mod}) / \gamma_M$, kur γ_M – materiāla drošības koeficients (1.tabula), k_{mod} – modifikācijas koeficients, kas ievērtē materiāla stiprību atkarībā no slodzes laika un klimatiskajiem apstākļiem un kuru nosaka saskaņā ar 2. un 3.tabulām.

1. tabula. Slodzes drošības koeficienti aprēķinam pēc nestspējas robežstāvokļa

Slodze	Apzīmējums	Aprēķina situācijas	
		P/Ī	Ā
Ilglaiķīgas iedarbes slodzes: nesošo u.c. būvkonstrukciju pašsvars; grunts, gruntsūdens un ūdens spiediens ¹⁾			
Nelabvēlīga iedarbe	γ_{Gsup}	1,35	1,00
Labvēlīga iedarbe	γ_{Ginf}	1,00	1,00
²⁾ Satiksmes kustīgā slodze ¹⁾			
Nelabvēlīga iedarbe	γ_Q	1,35	1,00
Labvēlīga iedarbe		0	0
Citas mainīgās slodzes	γ_Q		
Nelabvēlīga iedarbe		1,50	1,00
Labvēlīga iedarbe		0	0
Ārkārtējā slodze	γ_A	-	1,00

Paskaidrojumi 1.tabulai: P – vienmēr iespējamā aprēķina situācija; Ī – īslaicīgi iespējamā aprēķina situācija; Ā – ārkārtas aprēķina situācija.

2.tabula. Slodzes darbības laika klases

Slodzes darbības laika klases	Darbības laiks	Slodžu piemēri
Pastāvīga	> 10 gadiem	pašsvars
Ilglaicīga	No 6 mēn. līdz 10 gadiem	uzliktā slodze
Vidēja ilguma slodze	No 1 ned. Līdz 6 mēnešiem	uzlikta slodze
Īslaicīga slodze	< 1 ned.	vēja un sniega slodze
Ārkārtas slodze		Trieciena slodze

3.tabula. Koeficienta k_{mod} vērtības viendabīgai un līmētai koksnei

Slodzes darbības laika klases	Lietojuma klases		
	1	2	3
Pastāvīga	0.60	0.60	0.50
Ilglaicīga	0.70	0.70	0.55
Vidēja ilguma slodze	0.80	0.80	0.65
Īslaicīga slodze	0.90	0.90	0.70
Ārkārtas slodze	1.10	1.10	0.90

4.tabula. Lietojuma klašu raksturojums

Lietojuma klases	Vides raksturojums
1	Koka konstrukcijas, kas atrodas siltās telpās, aizsargātās no tvaikiem. Piemēram, iekšējās sienas, grīdas, griesti.
2	Koka konstrukcijas pārsegtās ēkās. Piemēram, apakšējo stāvu grīdas, aukstie jumti, ārējais apšuvums.
3	Koka konstrukcijas, kas pilnīgi pakļautas atmosfēras iedarbībai. Piemēram, ēku ārējās sienas, tiltu konstrukcijas, konstrukcijas jūrā.

1.3 Materiāli

Kokmateriāli tiek iedalīti klasēs saskaņā ar LVS EN 338 "Konstrukciju koks – stiprības klases" prasībām, kas dotas 5. un 6.tabulās.

5.tabula. Skujkoku stiprības klases un raksturīgās vērtības saskaņā ar LVS EN 338

	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
N/mm^2									
$f_{m,k}$	14	16	18	22	24	27	30	35	40
$f_{t,0,k}$	8	10	11	13	14	16	18	21	24
$f_{t,90,k}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
$f_{c,0,k}$	16	17	18	20	21	22	23	25	26
$f_{c,90,k}$	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,6	5,7	6,0	6,3
$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8
kN/mm^2									
$E_{0,mean}$	7	8	9	10	11	12	12	13	14
$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4
$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,40	0,43	0,47
G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88
kg/m^3									
ρ_k	290	310	320	340	350	370	380	400	420

6.tabula. Lapu koku stiprības klases un raksturīgās vērtības saskaņā ar LVS EN 338

	D30	D35	D40	D50	D60	D70
N/mm^2						
$f_{m,k}$	30	35	40	50	60	70
$f_{t,0,k}$	18	21	24	30	36	42
$f_{t,90,k}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9
$f_{c,0,k}$	23	25	26	29	32	34
$f_{c,90,k}$	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
$f_{v,k}$	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
kN/mm^2						
$E_{0,mean}$	10	10	11	14	17	20
$E_{0,05}$	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
$E_{90,mean}$	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
G_{mean}	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
kg/m^3						
ρ_k	530	560	590	650	700	900

Apzīmējumi: $f_{m,k}$ – raksturīgā lieces pretestība; $f_{t,0,k}$ – stiepes pretestība paralēli šķiedrām; $f_{t,90,k}$ – stiepes pretestība perpendikulāri šķiedrām; $f_{c,0,k}$ – spiedes pretestība paralēli šķiedrām; $f_{c,90,k}$ – spiedes pretestība perpendikulāri šķiedrām; $f_{v,k}$ – bīdes pretestība; $E_{0,mean}$ – vidējais elastības modulis paralēli šķiedrām; $E_{0,05}$ – 5% elastības modulis paralēli šķiedrām; $E_{90,mean}$ – vidējais elastības modulis perpendikulāri šķiedrām; G_{mean} – vidējais bīdes modulis; ρ_k – blīvums; ρ_{mean} – vidējais blīvums.

1.4 Liektu elementu projektēšana

Liektu elementu projektēšana saskaņā ar LVS EN 1995 prasībām ietver šādu pārbaudi veikšanu:

1. Lieces pretestības;
2. Lieces deformācijas;
3. Sāniskās noturības;
4. Bīdes (skaldes) pretestības;
5. Virsmas spiedes.

1.4.1 Lieces pretestība

Lai koka elements nezaudētu savu noturību liecē, tam ir jāizpilda šādas pārbaudes:

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

(1)

kur $\sigma_{m,y,d}$ un $\sigma_{m,z,d}$ – ārējās slodzes izraisītie lieces spriegumi ap asīm y-y un z-z (asu novietojums 1.att.); k_m – koeficients, kas ir = 0.7 taisnstūra veida šķērsgriezumam un = 1.0 visiem pārējiem šķērsgriezuma tipiem; $f_{m,y,d}$ un $f_{m,z,d}$ – aprēķina lieces pretestība kokam, kuru nosaka pēc formulas:

$$f_{m,y,d} = \frac{f_{m,y,k} \times k_{mod}}{\gamma_m}; \quad f_{m,z,d} = \frac{f_{m,z,k} \times k_{mod}}{\gamma_m};$$

$f_{m,k}$ – lieces pretestības raksturīgā vērtība.

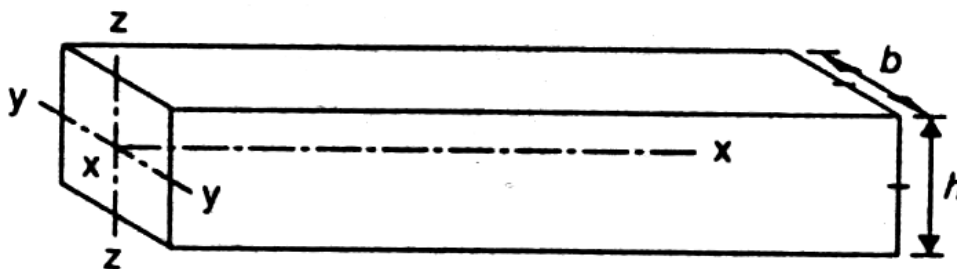
Sijām ar taisnstūrveida šķērsgriezumu, slodzes izraisītos spriegumus nosaka pēc formulas:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{M_y}{bh^2/6},$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{M_z}{hb^2/6},$$

(2)

kur, M_y , M_z – lieces moments ap y-y un z-z asi; b – sijas platums; h – sijas augstums.

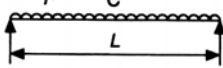
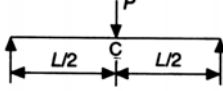
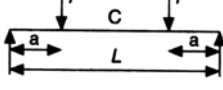
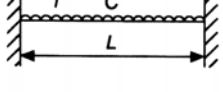
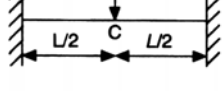
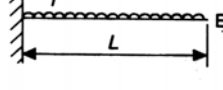
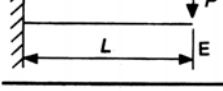


1.att. Asu novietojuma shēma

1.4.2 Lieces deformācijas

ENV 1995 pieņem, ka sijas izliecas momentāni, vai arī tiek lietotas lielākās vērtības. Eirokodekss rekomendē ievērot vairākas ierobežojošu izlieču lielumus.

7.tabula. Formulas lieces deformāciju aprēķinam

Slodzes novietojums laidumā	Izliece sijas vidū (C) vai konsoles galā (E)
	$\frac{5}{384} \times \frac{fL^4}{EI}$
	$\frac{PL^3}{48EI}$
	$\frac{Pa}{EI} \left[\frac{L^2}{8} - \frac{a^2}{6} \right]$
	$\frac{fL^4}{384EI}$
	$\frac{PL^3}{192EI}$
	$\frac{fL^4}{8EI}$
	$\frac{PL^3}{3EI}$

f – izkliedēta slodze

Izlieces komponenti ir:

u_0 – sākotnējais pacēlums;

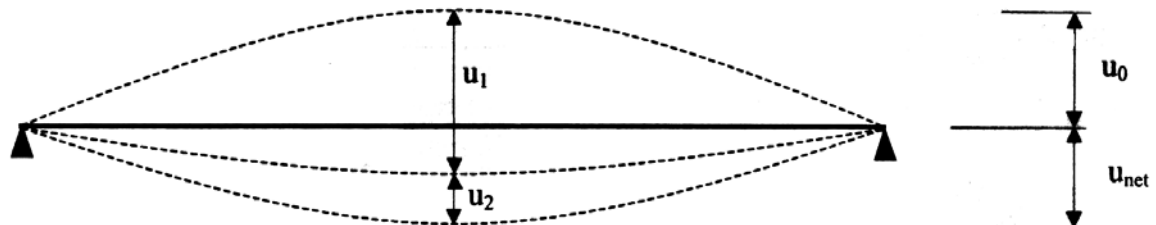
u_1 – ieliece pastāvīgo slodžu ietekmē;

u_2 – ieliece mainīgo slodžu ietekmē.

Tilta laiduma konstrukciju ieliece kustīgo slodžu iedarbības rezultātā nedrīkst pārsniegt

$$u < L/400$$

kur, L – laiduma garums.



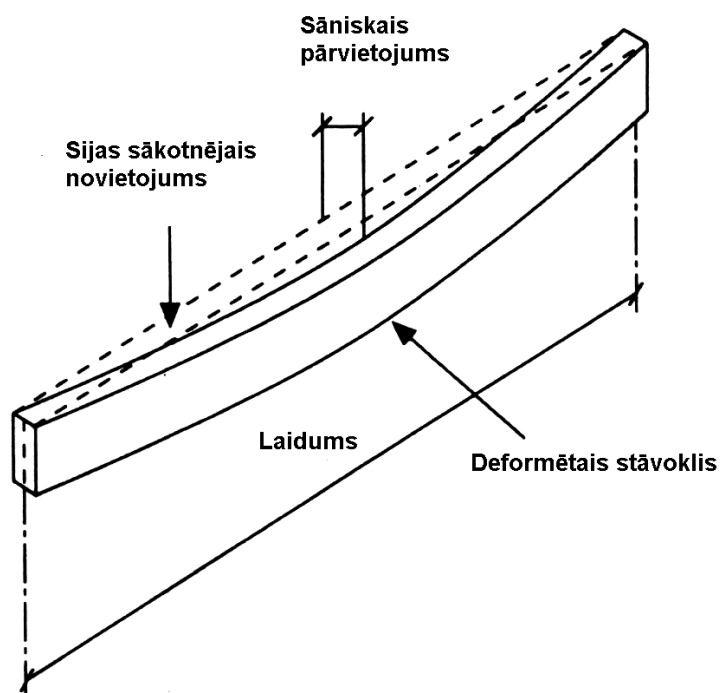
2.att. Izlieču shēma

8.tabula. Koeficienta k_{def} vērtības viendabīgai un līmētai koksnei

Slodzes darbības laika klases	Lietojuma klases		
	1	2	3
Pastāvīga	0.80	0.80	2.00
Ilglaicīga	0.50	0.50	1.50
Vidēja ilguma slodze	0.25	0.25	0.75
Īslaicīga slodze	0.00	0.00	0.30

1.4.3 Sāniskā noturība

Sijas, kuru augstuma un garuma attiecība pret sijas platumu ir ļoti liela (slaidām sijām) var sabrukt pie salīdzinoši zemām slodzēm to sienīgām sāniski izlīdzoties un zaudējot noturību (3.att.)



3.att. Sijas sāniskās noturības zaudēšanas shēma

Pārbaudi uz sānisku noturības zaudēšanu, saskaņā ar LVS EN 1995, veic pēc formulas:

$$\sigma_{m,d} \leq k_{inst} f_{m,d}, \text{ kur} \quad (3)$$

$\sigma_{m,d}$ – ārējās slodzes izraisītie lieces spriegumi; $f_{m,d}$ – aprēķina lieces pretestība kokam; k_{inst} – nestabilitātes koeficients, kuru nosaka pēc formulas:

$$k_{inst} = 1, \quad \text{ja } \lambda_{rel,m} \leq 0.75;$$

$$k_{inst} = 1.56 - 0.75 \lambda_{rel,m} \quad \text{ja } 0.75 < \lambda_{rel,m} \leq 1.4;$$

$$k_{inst} = 1/\lambda_{rel,m} \quad \text{ja } \lambda_{rel,m} > 1.4;$$

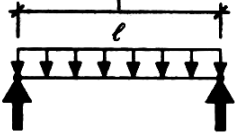
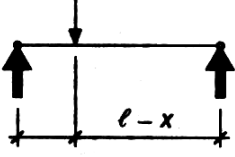
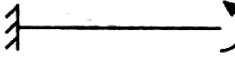
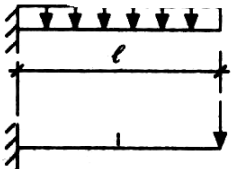
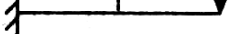
kur $\lambda_{rel,m}$ – relatīvā lokanuma koeficients liecē.

Sijām ar taisnstūra veida šķērsgriezumu $\lambda_{rel,m}$ var aprēķināt pēc formulas:

$$\lambda_{eal,m} = \sqrt{\left[\frac{l_{ef} h f_{m,k}}{\pi b^2 E_{0,k05}} \sqrt{\left(\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}} \right)} \right]}, \quad (4)$$

kur l_{ef} – sijas efektīvais garums, un to nosaka saskaņā ar 8.tabulu; b – sijas platums, h – sijas augstums, $f_{m,k}$ – koka raksturīgā lieces pretestība; $E_{0,k05}$, $E_{0,mean}$ – koka elastības moduļi saskaņā ar 5.un 6.tabulu; $G_{mean} = E_{0,mean} / 16$ – vidējais bīdes modulis.

8.tabula. Attiecība l_{ef} / l

	Slodze pielikta		
	augšā	vidū	apakšā
	0.95	0.9	0.85
	0.8 α	0.75 α	0.7 α
	$\alpha = 1.35 - 1.4 \frac{x}{l} \frac{l-x}{l}$		
		1	
		0.6	
		0.85	

1.4.4 Bīdes (skaldes, cirpes) pretestība

Liektu koka elementu stiprību bīdē (skaldē) pārbauda pēc formulas:

$$\tau_d \leq f_{v,d}, \quad (5)$$

kur, τ_d – aprēķina bīdes piepūles no pieliktās slodzes; $f_{v,d}$ – sijas aprēķina pretestības bīdē (skaldē).

Sijām ar taisnstūra veida šķērsgriezuma laukumu bīdes piepūles var noteikt pēc formulas:

$$\tau_d = \frac{3V_d}{2A}; \quad (6)$$

kur, V_d – šķērsspēks aprēķina šķēlumā, A – aprēķina šķēluma šķērsgriezuma laukums.

Sijas aprēķina pretestību bīdē (skaldē) nosaka pēc formulas:

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \times k_{\text{mod}}}{\gamma_m};$$

(7)

kur, $f_{v,k}$ – bīdes pretestības raksturīgās vērtības (5. un 6.tabula).

Siju, kuru galos ir izveidoti robi (4.att.), stiprību bīdē pārbauda pēc formulas:

$$\tau_{d} \leq k_v f_{v,d}, \quad (8)$$

kur, k_v – ir bīdes koeficients.

$k_v = 1.0$ – sijām, kuras ir robojums neslogotajā virsmā (4.att (b));

$$k_v = \frac{k_n \left(1 + \frac{1.1i^{1.5}}{\sqrt{h}}\right)}{\sqrt{h} \left[\sqrt{\alpha(1-\alpha)} + 0.8 \frac{x}{h} \sqrt{\left(\frac{1}{\alpha} - \alpha^2\right)} \right]}; \quad (9)$$

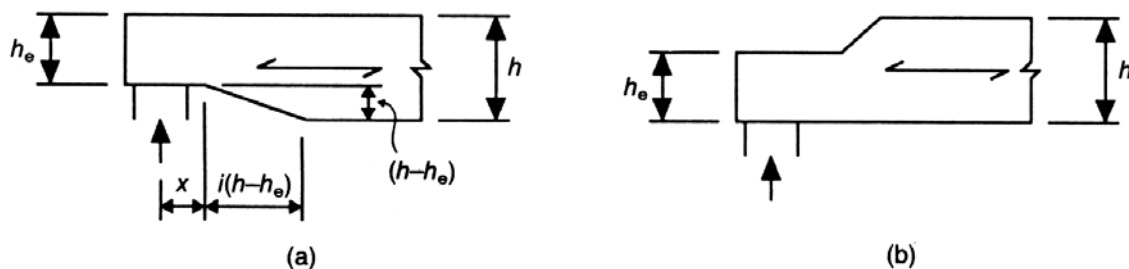
sijām, kurām robojums ir slogotajā virsmā (4.att. (a)), kur h – sijas augstums (mm); x – attālums no sijas gala līdz

robojuma

sākumam, $\alpha = h_c / h$; $k_n = 5$ – dabīgam kokam, $k_n = 6.5$ –

līmētām

kokam.



4.att. Sija ar robojumu: (a) robojums slogotajā virsmā; (b) robojums neslogotajā virsmā

1.4.5. Virsmas spiede

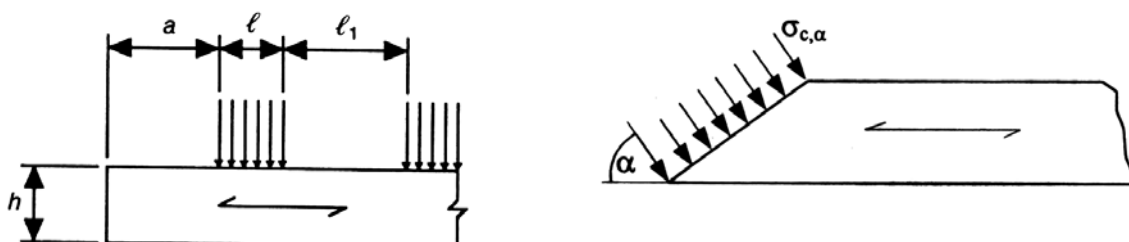
Virsmas spiedi perpendikulāri šķiedrām pārbauda pēc formulas:

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} f_{c,90,k}, \quad (10)$$

kur, $\sigma_{c,90,d}$ – virsmas spiede perpendikulāri šķiedrām no pieliktās slodzes; $f_{c,90,k}$ – koka aprēķina stiprība virsmas spiedē perpendikulāri šķiedrām; $k_{c,90}$ – koeficients, kurš ņem vērā slodzes pielikšanas virsmas izmaiņas, to nosaka saskaņā ar 9.tabulā un 5.att. dotajiem principiem.

9.tabula. Koeficienta $k_{c,90}$ vērtības

	$l_1 \leq 150 \text{ mm}$	$l_1 > 150 \text{ mm}$ $a \geq 100 \text{ mm}$	$a < 100 \text{ mm}$
$l \geq 150 \text{ mm}$	1	1	1
$150 \text{ mm} > l \geq 15 \text{ mm}$	1	$1 + \frac{150 - l}{170}$	$1 + \frac{a(150 - l)}{17000}$
$15 \text{ mm} > l$	1	1.8	$1 + a/125$



5.att. Virsmas spiedes slodzes pielikšanas shēmas

Ja slodze koka elementam ir pielikta slīpi pret šķiedrām (5.att.), tad virsmas spiedes pretestību pārbauda pēc formulas:

$$\sigma_{c,\alpha,d} \leq \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha},$$

(11)

kur, $f_{c,90,k}$, $f_{c,0,k}$ – no 5. un 6.tabulas.

1.5 Spiestu elementu projektēšana

1.5.1 Centriski spiesti elementi

Centriski spiestu viengabala koka elementu stiprību pārbauda pēc formulas:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{\text{mod}} f_{c,0,k}$$

(12)

Spiedes spriegumus no pieliktās slodzes nosaka pēc formulas:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A,$$

(13)

kur, N – ass slodze, A – šķērsriezuma laukums.

1.5.2 Spiesti - liekti elementi

Koka konstrukcijās bieži sastopamu gadījumi, kad elements vienlaicīgi pakļauts spiedes un lieces spēkiem. Šādu elementu stiprības pārbaudi veic atkarībā no

relatīvā lokanuma koeficienta pret asīm y-y ($\lambda_{rel,y}$) un z-z ($\lambda_{rel,z}$) lieluma, kurus nosaka pēc formulām:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}}, \quad (14)$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}},$$

kur, $f_{c,0,k}$ – koka spiedes pretestība paralēli šķiedrām (skat. 5.un 6.tabulu); $\sigma_{c,crit,y}$, $\sigma_{c,crit,z}$, – ārējās slodzes izraisītie spriegumi paralēli šķiedrām, kurus nosaka pēc formulām:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 E_{0.05}}{\lambda_y}, \quad (15)$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \frac{\pi^2 E_{0.05}}{\lambda_z},$$

kur, $E_{0.05}$ – 5% elastības modulis paralēli šķiedrām (skat. 5.un 6.tabulu); λ - lokanuma koeficients, kuru nosaka pēc formulas:

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}, \quad (16)$$

kur, l_{ef} – efektīvais kolonnas garums, kuru nosaka saskaņā ar 6.att. doto shēmu; i – inerces rādiuss pret atbilstošo asi y-y vai z-z, kuru nosaka pēc formulas:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}, \quad (17)$$

kur, I – kolonnas šķērsriezuma inerces moments; A – kolonnas šķērsriezuma laukums.

Ja $\lambda_{rel,y} \leq 0.5$ un $\lambda_{rel,z} \leq 0.5$, tad kolonnas stiprību pārbauda pēc formulām:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1, \quad (18)$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

kur, $\sigma_{m,y,d}$ un $\sigma_{m,z,d}$ – ārējās slodzes izraisītie lieces spriegumi ap asīm y-y un z-z, nosaka pēc formulas (2); k_m – koeficients, kas ir = 0.7 taisnstūra veida šķērsgriezumam un = 1.0 visiem pārējiem šķērsgriezuma tipiēm; $f_{m,y,d}$ un $f_{m,z,d}$ – aprēķina lieces pretestība kokam, $\sigma_{c,0,d}$ – ārējās slodzes izraisītie aprēķina spriegumi paralēli šķiedrām; $f_{c,0,d}$ – koka spiedes aprēķina pretestība paralēli šķiedrām.

Ja $\lambda_{rel,y} > 0.5$ un $\lambda_{rel,z} > 0.5$, tad kolonnas stiprību pārbauda pēc formulām:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

(19)

kur,

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{(k_z^2 - \lambda_{rel}^2)}}, k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{(k_y^2 - \lambda_{rel}^2)}} ,$$

(20)

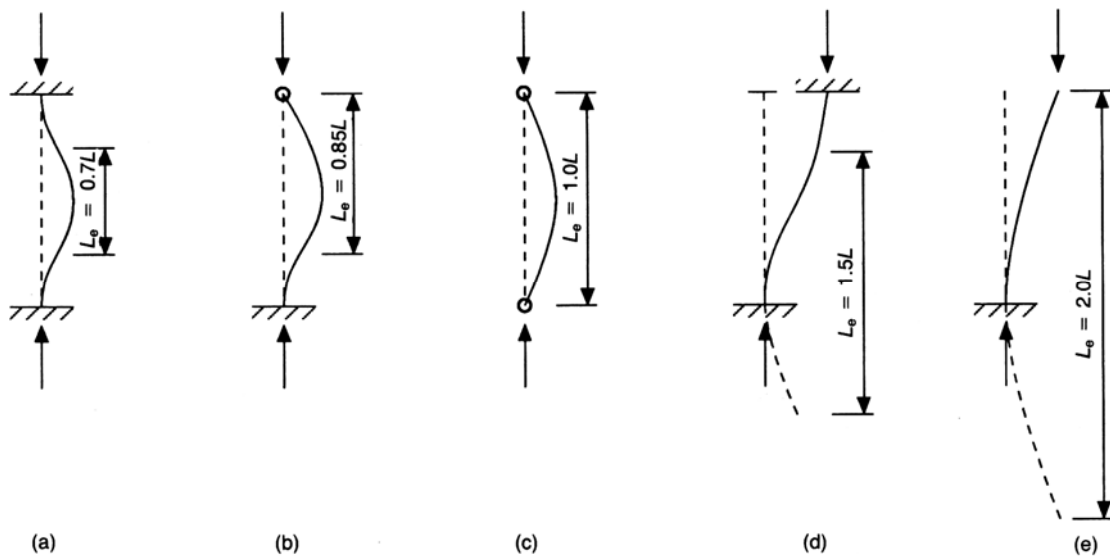
kur,

$$k_z = 0.5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0.5) + \lambda_{rel,z}^2),$$

(21)

$$k_y = 0.5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0.5) + \lambda_{rel,y}^2),$$

kur, $\beta_c = 0.2$ – dabīgam kokam, $\beta_c = 0.1$ – līmētam kokam.



6.att. Spiestu kolonnu efektīvā garuma noteikšanas shēma

2 Brauktuves konstrukciju aprēķins

2.1 Tilta brauktuves klāja aprēķins

Brauktuves konstrukcijas elementus koka tiltiem aprēķina, izmantojot LVS EN 1991-2 "Satiksmes slodzes tiltiem" doto vienas ass slodzes modeli $\alpha_{Q1}Q_{ak}$, kur $Q_{ak} = 400$ kN. Viena riteņa slodze – $200\alpha_{Q1}$ kN. Kontaktvirsmas laukumu zem viena riteņa pieņem $a \times g = 0.35 \times 0.60$ m. Spiediena izplatīšanās leņķis dēļu klājā zem riteņa tiek pieņemts 45° .

Aprēķinot divkāršo tilta klāju (7.att.), virsējo klāju pieņem konstruktīvi ~ 0.05 m biezumā. Apakšējo nesošo klāju aprēķina uz lieci, ka divbalstu siju ar aprēķina laidumu $l_{apr} = b + 2e$, kur b – attālumu starp šķērssiju iekšējām malām, e – apakšējā dēļu klāja biezums.

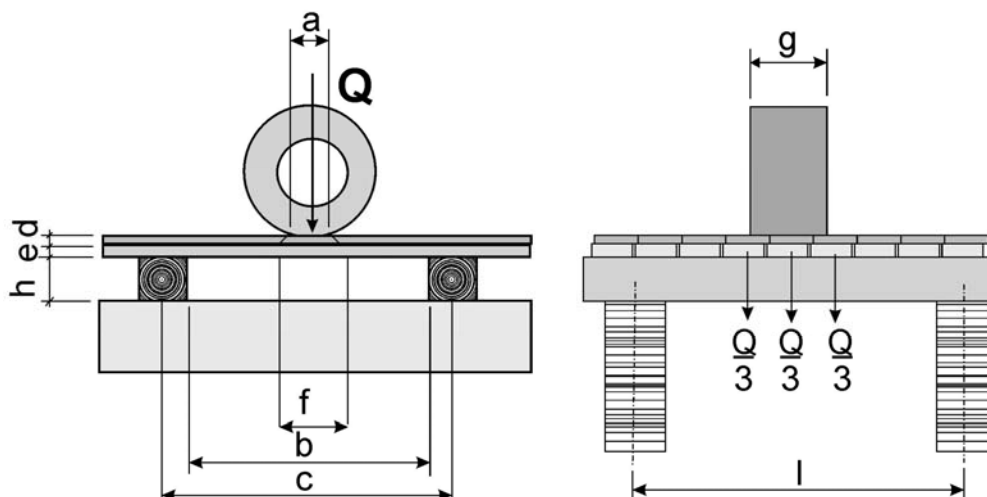
Riteņa slodze Q caur virsējo klāju 45° leņķī sadalās uz vairākiem apakšējā klāja elementiem (dēļiem). Ja virsējā klāja dēļi ir novietoti perpendikulāri apakšējā klāja dēļiem, kas novietoti brauktuves ass virzienā, tad pieņem, ka uz katru apakšējā klāja dēli darbojas $\frac{1}{2} Q$, bet ja virsējais klāja dēļi ir novietoti paralēli apakšējā klāja dēļiem, tad var pieņemt, ka uz katru apakšējā klāja dēli darbojas $\frac{1}{3} Q$.

Aprēķina dēļa pašsvars būs niecīgs, tādēļ, lai vienkāršotu aprēķinu, to var neņemt vērā. Tad aprēķina lieces momentu vienā apakšējā klāja elementā no riteņa slodzes var izteikt ar formulu:

$$M_k = 0.25 \gamma_m \alpha_{Q1} (Q/3) (l_{apr} - 0.5 f), \quad (22)$$

Kur, γ_m – slodzes drošības koeficients; α_{Q1} – slodzi regulējošs koeficients; f – slodzes sadalīšanās garums tilta garenvirzienā $f = a + 2d$.

Pēc lieces momenta noteikšanas, veic dēļa dimensionēšanu un stiprības pārbaudi, kā liektam elementam, saskaņā ar 1.4.nodaļā dotajām prasībām.



7.att. Tilta kāja aprēķina shēma

2.2 Šķērssiju aprēķins

Tilta brauktuves šķērssijas aprēķina kā divbalstu siju, kuras laidums vienāds ar attālumu l starp garseniju asīm. Ja 70% no apakšējā klāja dēļiem netiek pārtraukti virs šķērssijas (lai veidotu savienojumus), tad riteņa slodze var tikt

sadalīta uz vairākām šķērssiņām. To uz cik šķērssiņām var tikt sadalīta slodze nosaka ar sadalījuma koeficienta k palīdzību.

Sadalījuma koeficientu k nosaka pēc formulas:

$$k = \frac{8c^3 \cdot I_s}{l \cdot I_k},$$

(23)

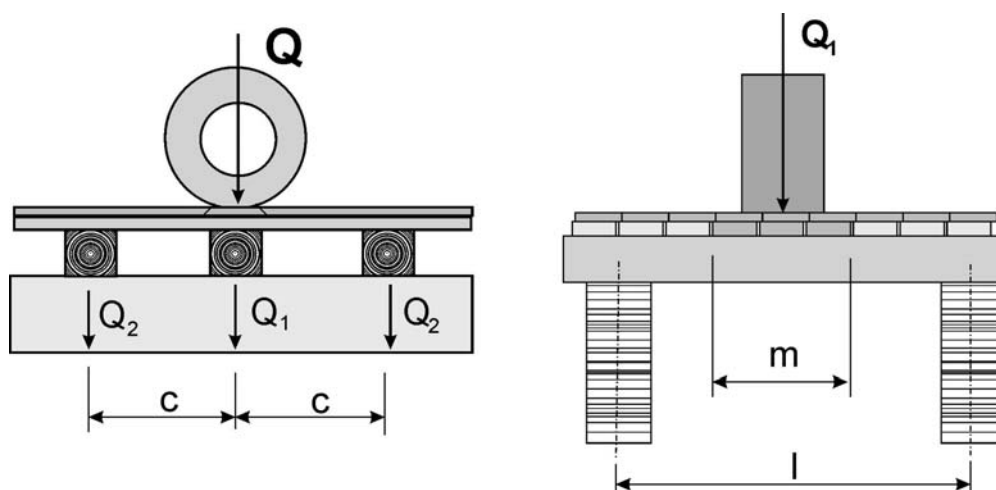
kur c – attālums starp šķērssiņām, l – attālums starp garensiņām; I_s – šķērssiņas inerces moments; I_k – apakšējā klāja elementu (dēļu), kas uzņem riteņa slodzi, inerces moments.

Ja $k \geq 3$, tad riteņa slodze Q sadalās uz trim šķērssiņām (8.att.) šādā attiecībā:

$$Q_1 = \frac{1+2k}{3+2k} \alpha_{Q1} Q, \quad (24)$$

$$Q_2 = \frac{1}{3+2k} \alpha_{Q1} Q,$$

kur, Q_1 – slodze uz šķērssiņu virs kuras ir novietots ritenis; Q_2 – slodze uz blakus esošajām šķērssiņām.



8.att. Tilta klāja šķērssiņu aprēķina shēma

Ja $0.055 \leq k < 1/3$, tad riteņa slodze Q sadalās uz piecām šķērssiņām šādā attiecībā:

$$Q_1 = \frac{1+18k+7k^2}{5+34k+7k^2} \alpha_{Q1} Q, \quad (25)$$

$$Q_2 = \frac{1+11k}{5+34k+7k^2} \alpha_{Q1} Q,$$

$$Q_3 = \frac{1-3k}{5+34k+7k^2} \alpha_{Q1} Q.$$

Ja $k < 0.055$, tad riteņa slodze Q sadalās uz 7 šķērssiņām.

Lieces momentu šķērssiņā, ievērojot šķērssiņas un klāja pašsvaru, nosaka pēc formulas:

$$M_s = (\gamma_m g_k + \gamma_m g_s) (l^2 / 8) + \gamma_m (Q_1 / 4)(l - 0.5 m), \quad (26)$$

kur, g_k, g_s – klāja un garensiju pašsvars uz 1 m; l – attālums starp garensijām; m – slodzes sadalīšanās garums uz šķērssiiju; Q_1 – slodze uz visvairāk noslogoto šķērssiiju (formulas 24 vai 25).

Pēc lieces momenta noteikšanas, veic šķērssiijas dimensionēšanu un stiprības pārbaudi, kā liektam elementam, saskaņā ar 1.4.nodaļā dotajām prasībām.

3. Garensiju aprēķins

Koka tiltu garensijas aprēķina, izmantojot LVS EN 1991-2 “Satiksmes slodzes tiltiem” doto slodzes modeli, kas ietver koncentrētu divasu tandēmu slodzi $\alpha_{Q1}Q_k$, vienmērīgi izkliedētu slodzi $\alpha_{q1}q_k$ un gājēju slodzi q_g . Slodzi uz laiduma konstrukcijas novieto tā, lai tā konstrukcijā izraisītu vislielākās piepūles (lieces un vērpes momentu, šķērsspēku).

3.1 Kustīgo slodžu ievērtēšana konstrukciju aprēķinos

Veicot konstrukciju aprēķinu, izmantojot telpiskus aprēķina modeļus un atbilstošas datorprogrammas, kustīgo slodzi novieto visneizdevīgākajā stāvoklī izmantojot datorprogrammas iespējas. Gadījumos, ja tiek veikts laiduma konstrukcijas vienkāršots aprēķins, izmantojot plaknes aprēķina modeļus, ir jānosaka tā slodzes daļa ko brauktuves šķērsvirzienā uzņems visnoslogotākais laiduma konstrukcijas elements. Tādā gadījumā nosaka slodzes šķērssadalījuma koeficientu.

3.1.1 Slodzes šķērssadalījuma koeficienta noteikšana

Lai noteiktu vislielāko slodzi, kuru jāuzņem visnoslogotākajam laiduma konstrukcijas elementam (novietotam brauktuves garenvirzienā), nepieciešams noteikt šķērsnovietojuma koeficientu. Visvairāk noslogota, gandrīz vienmēr, ir malējā sija.

Viena no metodēm ar kuru nosaka slodzes šķērssadalījuma vai šķērsnovietojuma koeficientu ir ekscentriskās spiedes metode. Tās pamātā ir pieņēmums, ka laiduma konstrukcijas elementi brauktuves šķērsvirzienā ir stingri savienoti, kas konstrukcijai neļauj deformēties, bet atļauj tikai pagriezties. Izmantojot šo pieņēmumu var noteikt spiediena ietekmes līniju katram simetriski novietotam siju pārim. Ietekmes līniju ordinātas (skat. 5.zīm.) var noteikt izmantojot šādu formulu:

$$\eta_{1,n} = \frac{I_1}{\sum I_i} \pm \frac{0.5I_1a_1^2}{\sum a_i^2 I_i}; \quad (27)$$

kur I_1 – malējās sijas inerces moments; I_i – simetriski novietotu siju inerces momenti; a_1 – attālums starp simetriski novietotām malējām sijām; a_i – attālums starp simetriski novietotām sijām.

Ja visas sijas ir ar vienādu inerces momentu, tad formulu (4) var vienkāršot:

$$\eta_{1,n} = \frac{1}{n} \pm \frac{a_1^2}{2\sum a_i^2}; \quad (28)$$

kur n – siju skaits brauktuves šķērsvirzienā.

Spiediena līniju malējai sijai un šķērsnovietojuma koeficientu, 5.zīmējumā dotajai slodžu shēmai, nosaka pēc šādām formulām:

- Tandēma slodzei Q_1 uz 1.aprēķina joslas

$$k_1 = \frac{1}{2}(y_1 + y_2); \quad (29)$$

kur y_1, y_2 – ietekmes līnijas ordināta zem tandēma ass slodzes.

- Tandēma slodzei Q_2 uz 2.aprēķina joslas

$$k_2 = \frac{1}{2}(y_3 + y_4); \quad (30)$$

kur y_3 – ietekmes līnijas ordināta zem tandēma ass slodzes.

- Vienmērīgi izkliedētai slodzei q_1 uz 1.aprēķina joslas

$$k_3 = w_1 = y_5 \cdot 3; \quad (31)$$

kur y_5 – ietekmes līnijas ordināta zem izkliedētās slodzes smaguma centra.

- Vienmērīgi izkliedētai slodzei q_2 uz 2.aprēķina joslas

$$k_4 = w_2 + w_4 = y_6 \frac{b}{2} + (-0.19) \cdot 1.34; \quad (32)$$

kur y_6 – ietekmes līnijas ordināta zem izkliedētās slodzes smaguma centra,

b – attālums no 2.aprēķina joslas malas līdz ietekmes līnijas nulles punktam.

- Vienmērīgi izkliedētai slodzei uz ietvēm

$$k_5 = w_3 = y_7 \cdot c; \quad (33)$$

kur y_7 - ietekmes līnijas ordināta zem izkliedētās slodzes smaguma centra,

c – ietves platums.

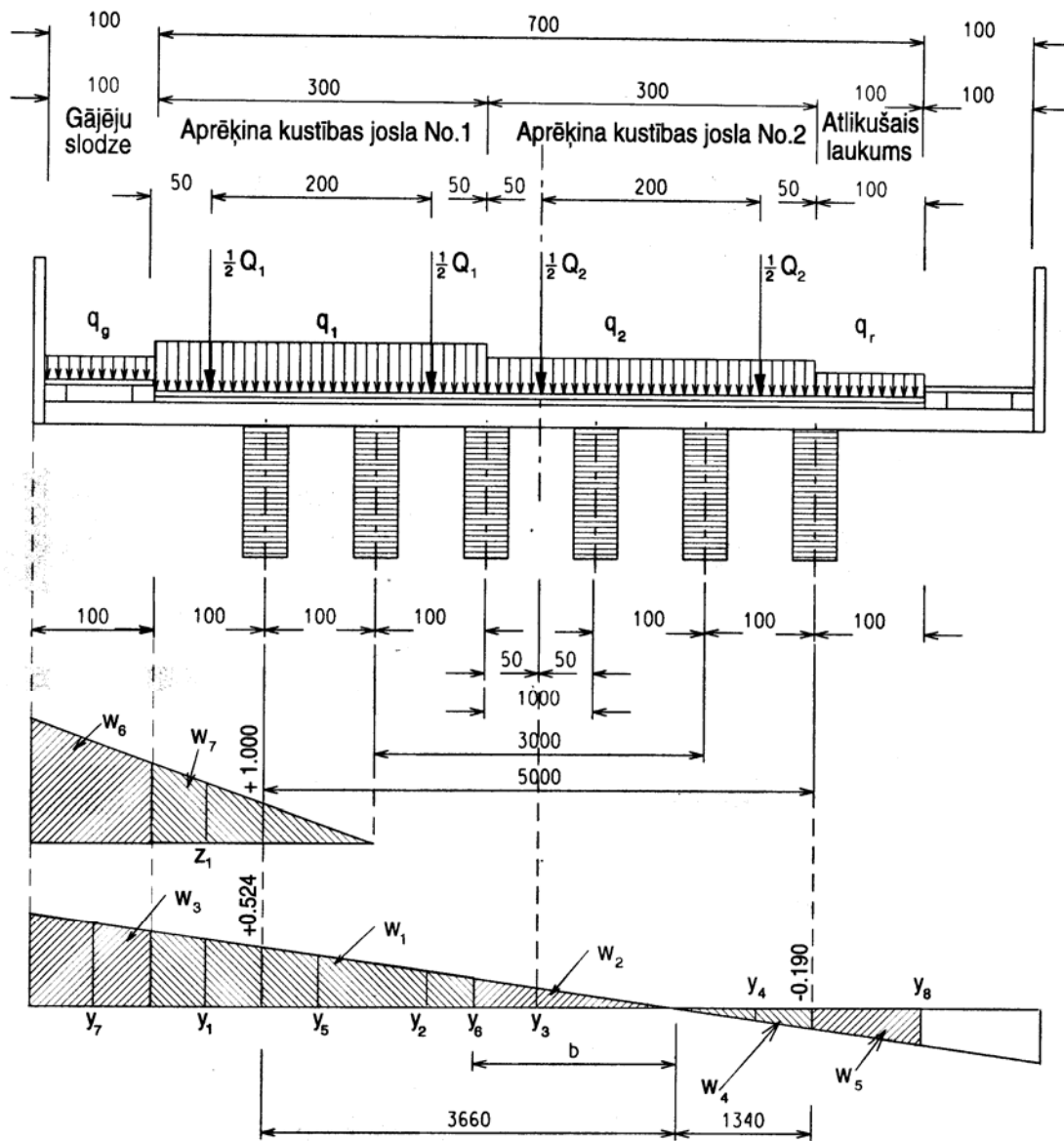
- Vienmērīgi izkliedētā slodze uz atlikušā laukuma

$$k_6 = w_5 = ((y_8 + (-0.19)) / 2) \cdot 1.0; \quad (34)$$

3.1.2 Šķērsnovietojuma koeficienta aprēķina piemērs

Uzdevums

Noteikt slodzes šķērsnovietojuma koeficientu malējai sijai izmantojot 9.att. doto slodžu shēmu.



9.att. Šķērsnovietojuma koeficienta aprēķina shēma

Atrisinājums

a) Nosaka attālumus starp simetriski novietotu siju asīm:

$$a_1 = 1.0 \times 5 = 5 \text{ m}; \quad a_2 = 1.0 \times 3 = 3 \text{ m}; \quad a_3 = 1 \text{ m}.$$

b) Aprēķina ietekmes līniju ordinātas zem malējām sijām:

$$\eta_1 = \frac{1}{6} + \frac{5^2}{2(5^2 + 3^2 + 1)} = 0.524 ;$$

$$\eta_6 = \frac{1}{6} - \frac{5^2}{2(5^2 + 3^2 + 1)} = -0.190 .$$

c) Aprēķina ietekmes līnijas ordinātas zem slodzēm:

$$\text{Nosaka ietekmes līnijas slīpumu: } i = (0.524 + 0.190) / 5.0 \text{ m} = 0.142$$

$$y_1 = 0.142 \times 4.16 = 0.59$$

$$y_2 = 0.142 \times 2.16 = 0.31$$

$$y_3 = 0.142 \times 1.16 = 0.16$$

$$y_5 = 0.142 \times 3.16 = 0.45$$

$$y_4 = 0.142 \times (-0.84) = -0.12$$

$$y_6 = 0.142 \times 1.66 = 0.24$$

$$y_7 = 0.142 \times 5.16 = 0.73$$

$$y_8 = 0.142 \times (-2.34) = -0.33$$

d) Nosaka šķērsnovietojumu koeficientus saskaņā ar formulām (29) – (34):

$$k_1 = (0.59 + 0.31) / 2 = 0.45$$

$$k_2 = (0.16 + (-0.12)) / 2 = 0.02$$

$$k_3 = 0.45 \times 3 = 1.35$$

$$k_4 = (0.24 \times 1.66) / 2 + (-0.19 \times 1.34) / 2 = 0.20 - 0.13 = 0.07$$

$$k_5 = 0.73 \times 1.0 = 0.73$$

$$k_6 = (((-0.19 + (-0.33)) / 2) \times 1.0 = -0.26$$

3.2 Piepūļu noteikšana divbalstu sijas raksturīgajos šķēlumos

Veicot konstrukcijas vienkāršotu aprēķinu, lieces momentu un šķērsspēku lielumu divbalstu sijas raksturīgajos šķēlumos var noteikt, izmantojot ietekmes līnijas un nosakot atbilstošo, zem slodzes esošo, ordinātu (y) un laukumu (w) lielumus.

Divbalstu sijai, ja nav kādu speciālu nosacījumu, momentu un šķērsspēku piepūles nosakāmas raksturīgajos šķēlumos: sijas vidū (šķēlums 1-1), $\frac{1}{4}$ laiduma (šķēlums 2-2) un virsbalsta zonā (šķēlums 3-3) (skat.10.att.).

Lieces momentu piepūles šķēlumos 1-1 un 2-2 nosaka pēc šādām formulām:

- Moments no sijas un segas pašsvara:

$$M_g = \gamma_f \cdot (g_1 + g_2) \cdot w; \quad (35)$$

kur, γ_f – slodzes drošības koeficients; w – ietekmes līnijas laukums zem izkliegtās pašsvara slodzes; g_1 – slodze no brauktuves segas svara (kN/m); g_2 – slodze no sijas pašsvara (kN/m).

- Moments no tandēmu slodzes:

$$M_Q = \gamma_f \cdot (\alpha Q_1 k_1 + \alpha Q_2 k_2) \cdot (y_1 + y_2); \quad (36)$$

kur, Q_1, Q_2 – tandēma ass svara raksturīgās vērtības 1. un 2.aprēķina joslai; k_1, k_2 – šķērsnovietojuma koeficienti; y_1, y_2 – ordinātas zem tandēma asīm.

- Moments no kustīgās izkliegtās slodzes:

$$M_q = \gamma_f \cdot (\alpha q_1 k_3 + \alpha q_2 k_4 + \alpha q_r k_6) \cdot w; \quad (37)$$

Kur, q_1, q_2 – vienmērīgi izkliegtā kustīgā slodzes raksturīgā vērtība uz aprēķina joslām No.1 un No.2; q_r – kustīgās slodzes raksturīgā vērtība uz atlikušā laukuma; w – ietekmes līnijas laukums zem kustīgās slodzes.

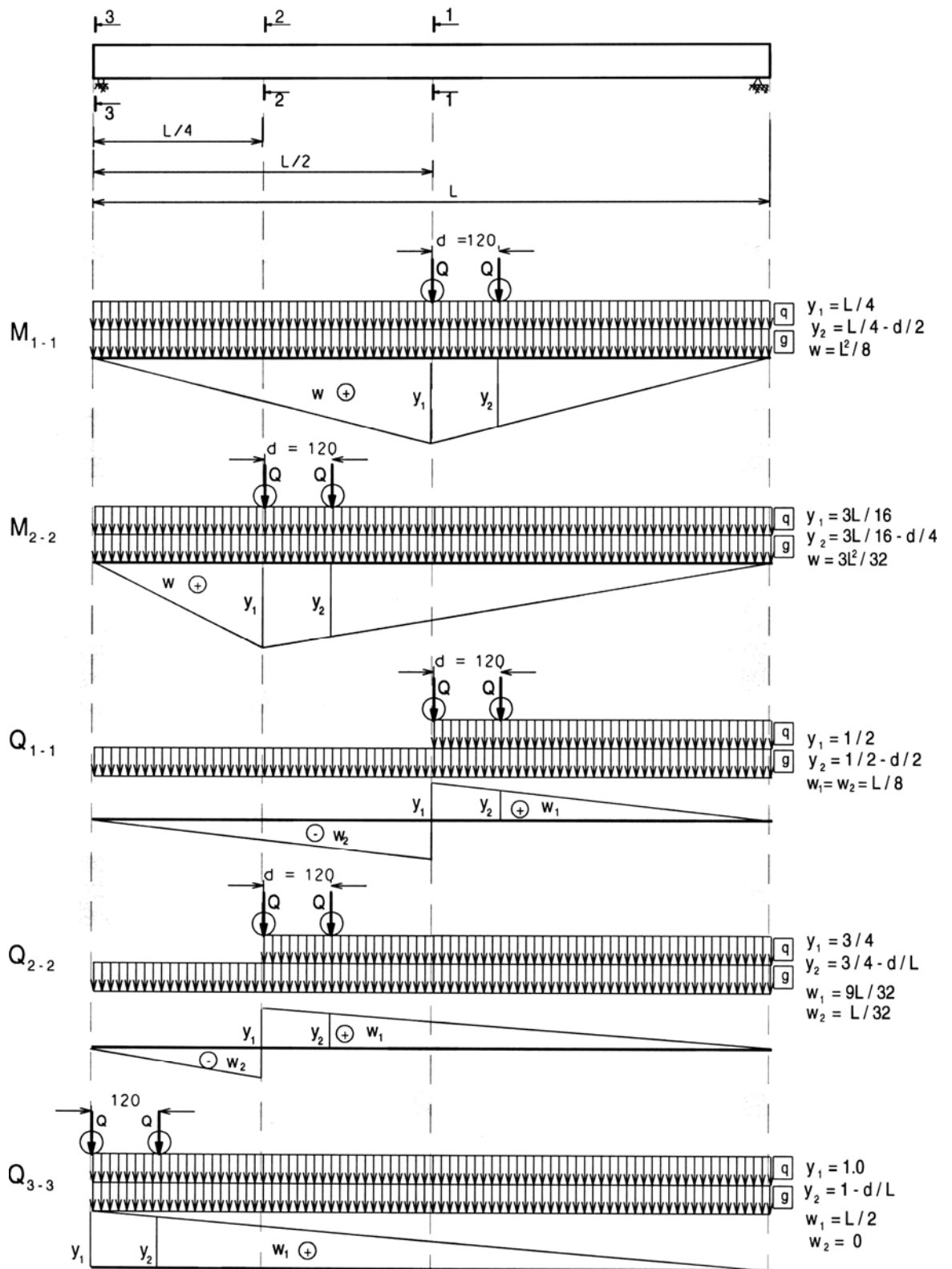
- Moments no gājēju slodzes:

$$M_{qg} = \gamma_f \cdot \alpha q_g \cdot k_5 \cdot w; \quad (38)$$

Kur, q_g – vienmērīgi izkliegtās gājēju slodzes raksturīgā vērtība.

Kopējo momenta piepūli raksturīgajā šķēlumā iegūst summējot atsevišķu spēku izraisītās piepūles:

$$M_{i-i} = M_g + M_Q + M_q + M_{qg}.$$



6.zīm. Sijas noslogojuma shēmas ar momentu un šķērsspēku ietekmes līnijām sijas raksturīgajiem šķēlumiem

Šķērsspēku piepūles šķēlumos 1-1 un 2-2 nosaka pēc šādām formulām:

- Šķērsspēku piepūles no pašsvara:

$$Q_g = \gamma_f \cdot (g_1 + g_2) \cdot w; \quad (39)$$

Kur, $w = w_1 + w_2$ – pretējās zīmes ietekmes līnijas laukumi.

- Šķērsspēka piepūles no tandēma slodzes:

$$Q_Q = \gamma_f \cdot (\alpha_{Q_1} k_1 + \alpha_{Q_2} k_2) \cdot (y_1 + y_2); \quad (40)$$

- Šķērsspēka piepūles no kustīgās izkliedētās slodzes:

$$Q_q = \gamma_f \cdot (\alpha_{q_1} k_3 + \alpha_{q_2} k_4 + q_r k_6) \cdot w_1; \quad (41)$$

- Šķērsspēks no gājēju slodzes

$$Q_{qg} = \gamma_f \cdot \alpha_{qg} \cdot k_5 \cdot w_1; \quad (42)$$

Šķērsspēku piepūles šķēlumā 3-3 nosaka pēc šādām formulām:

- Šķērsspēku piepūles no pašsvara:

$$Q_g = \gamma_f \cdot g_1 \cdot w_a \cdot w_1; \quad \text{kur, } w_a = w_6 + w_7 \text{ (skat.9.att.)} \quad (43)$$

- Šķērsspēka piepūles no tandēma slodzes:

$$Q_Q = \gamma_f \cdot \alpha_{Q_1} z_1 \cdot (y_1 + y_2); \quad \text{kur, } z_1 \text{ - skat. 9.att.} \quad (44)$$

- Šķērsspēka piepūles no kustīgās izkliedētās slodzes:

$$Q_q = \gamma_f \cdot \alpha_{q_1} \cdot w_a \cdot w_1; \quad \text{kur, } w_a = w_7 \text{ (skat. 9.att.)} \quad (45)$$

- Šķērsspēks no gājēju slodzes

$$Q_{qg} = \gamma_f \cdot \alpha_{qg} \cdot w_a \cdot w_1, \quad \text{kur, } w_a = w_6 \text{ - skat 9.att.} \quad (46)$$

Kopējo šķērsspēka piepūli raksturīgajā šķēlumā iegūst summējot atsevišķu spēku izraisītās piepūles:

$$Q_{i-i} = Q_g + Q_Q + Q_q + Q_{qg}.$$

Pēc lieces momenta un šķērsspēku noteikšanas, veic garensiju dimensionēšanu un stiprības pārbaudi, kā liektam elementam, saskaņā ar 1.4.nodaļā dotajām prasībām.

PIELIKUMS

Galvenās prasības no LVS ENV 1991-3 “Satiksmes slodzes tiltiem”

1. Slodzes tilta aprēķinam

Tilta laiduma konstrukcijas izturību pēc nestspējas un lietojamības robežstāvokļiem aprēķina no pašsvara un kustīgajām slodzēm, saskaņā ar LVS ENV 1991-3 "Satiksmes slodzes tiltiem" prasībām.

1.2 Brauktuves sadalījums aprēķina kustības joslās

Veicot laiduma konstrukcijas aprēķinu tilta brauktuve ir jāsadala aprēķina kustības joslās un atlikušajā laukumā pēc tabulā dotajiem principiem:

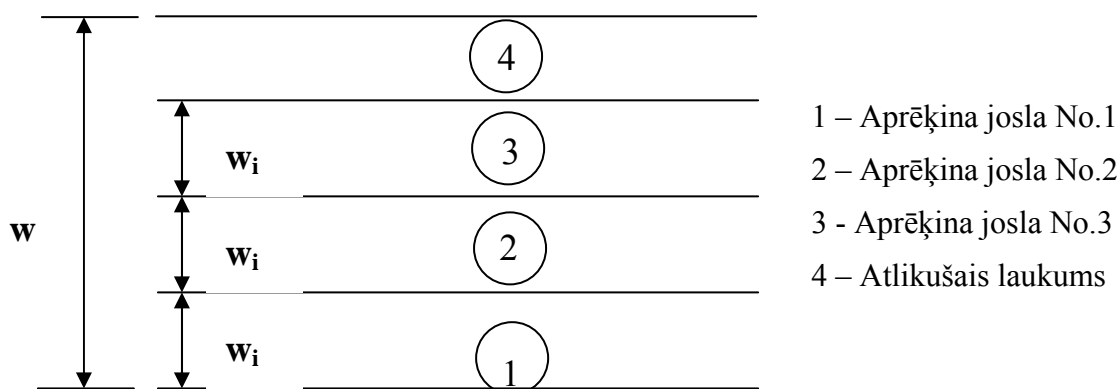
1. tabula : Aprēķina kustības joslu skaits un platums

Braucamās daļas platums w	Kustības joslu skaits	Kustības joslas platums	Atlikušā laukuma platums
$w < 5,4 \text{ m}$	$n_i=1$	3 m	$w - 3 \text{ m}$
$5,4 \leq w < 6$	$n_i=2$	$w/2$	0
$6 \leq w$	$n_i=\text{Int}(w/3)$	3 m	$w - 3 \times \text{Int}(w/3)$

PIEZĪME: Piemēram, braucamās daļas platums ir 11m, $n_i=\text{Int}(11/3)=3$ un atlikušā laukuma platums ir $11-3 \times 3=2\text{m}$.

Joslu novietojumu un skaitu nosaka saskaņā ar šādiem noteikumiem :

- 1) Aprēķina kustības joslas nav obligāti jānovieto blakus.
- 2) Noslogoto joslu skaits, kas tiks vērtēts aprēķinā, kā arī to novietojuma uz braucamās daļas un numerāciju ir jāizvēlas tā, lai slodžu modeļu novietojums uz braucamās daļas radītu visnelabvēlīgāko iespaidu.
- 3) Joslu, uz kuras novietotā slodze dod visnelabvēlīgāko iespaidu, ir apzīmēta ar Nr.1, nākošo nelabvēlīgāko joslu ar Nr.2 utt. (sk. 1. zīm.).



1. zīm. Piemērs joslu numerācijai vispārējā gadījumā.

1.2 Galvenā slodžu sistēma vai 1.slodzes modelis

- 1) Galvenā slodžu sistēma sastāv no divām atsevišķām daļām:
 - a) divu asu koncentrētas slodzes - tandēma, kur katras ass svars ir:

$$\alpha_Q Q_k,$$

(1)

kur α_Q - regulējošs koeficients.

Uz vienas kustības joslas var novietot tikai vienu tandēmu. To nevar sadalīt un aprēķinā ievēro tikai pilna tandēma svaru. Katru tandēmu uz kustības joslas novieto konstrukcijai visnelabvēlīgākajā stāvoklī, kas norādīts zemāk un 2. zīm.. Katra tandēma ass sastāv no diviem identiskiem riteņiem, kuru svars ir vienāds ar $0,5\alpha_Q Q_k$, bet to kontakta laukums ir $0,40 \times 0,40 \text{ m}^2$;

b) vienmērīgi izkliedēta slodze ar svara sadalījumu uz m^2 :

$$\alpha_q Q_k,$$

(2)

kur α_q – regulējošs koeficients.

Slodzi, gan garen- gan šķērsvirzienā, novieto tikai uz ietekmes virsmu nelabvēlīgajām daļām.

- 2) Šo slodzes modeli novieto uz katras aprēķina kustības joslas un atlikušajā laukumā. Uz katras aprēķina kustības joslas i novieto slodzes $\alpha_{qi} q_{ik}$ un $\alpha_{Qi} Q_{ik}$. Atlikušajā laukumā slodzes lielums ir $\alpha_{qr} Q_{rk}$.
- 3) Ja nav citas norādes, dinamiskās iedarbes koeficients ir iekļauts raksturīgo slodžu Q_{ik} un q_{ik} vērtībās.
- 4) Globālo piepūļu noteikšanai, tandēmus var pieņemt uz aprēķina joslu garenasīm.
- 4) Q_{ik} un q_{ik} vērtības norādītas 2. tabulā.

2. tabula : Pamatlielumi

Novietojums uz braucamās daļas	Tandēms	Vienmērīgi izkliedēta slodze
	ass slodze Q_{ik} (kN)	q_{ik} vai q_{rk} (kN/m ²)
Josla Nr.1	300	9
Josla Nr.2	200	2.5
Josla Nr.3	100	2.5
Pārējās joslas	0	2.5
Atlikušais laukums (q_{rk})	0	2.5

Slodzes modelis Nr.1 ir dots 2.zīmējumā.

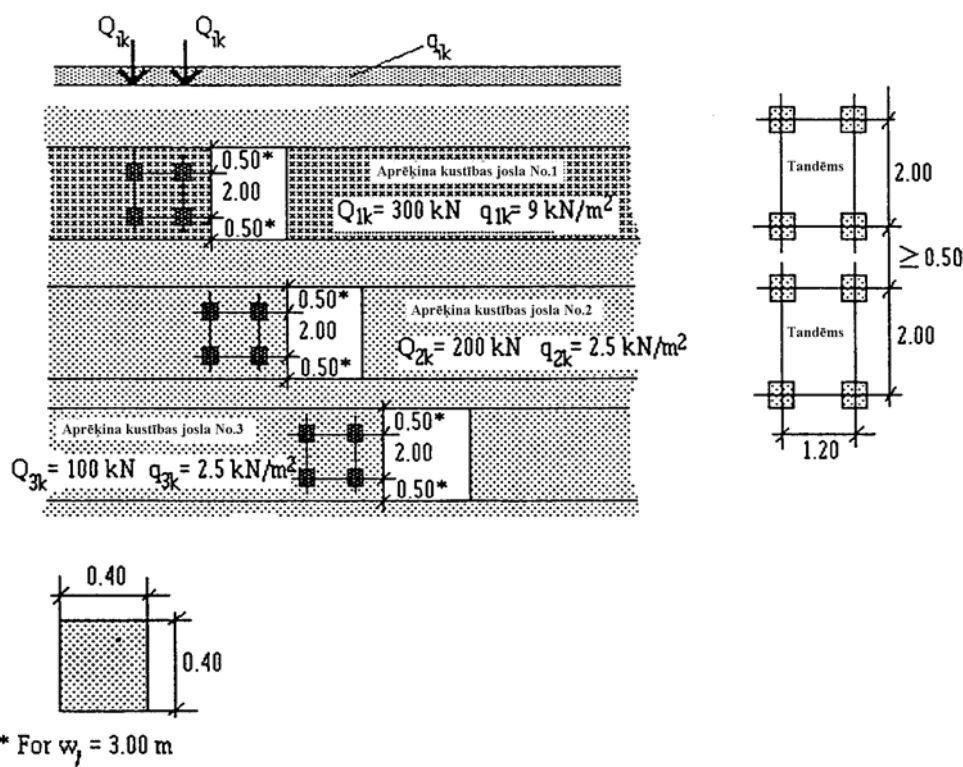
Veicot aprēķinu atsevišķi vispārējām un vietējām iedarbēm, ir pieļaujams aizstāt otro un trešo tandēmu ar vienu - otro tandēmu, kura ass svars ir vienāds ar:

$$(200 \alpha_{Q2} + 100 \alpha_{Q3}) [\text{kN}];$$

(3)

Laidumiem, kas garāki par **10m**, katrā joslā novietoto tandēmu var aizstāt ar vienas ass slodzi, kuras svars vienāds ar tandēma abu asu svaru summu:

- $600 \alpha_{Q1}$ kN uz joslas Nr.1;
- $400 \alpha_{Q2}$ kN uz joslas Nr.2;
- $200 \alpha_{Q3}$ kN uz joslas Nr.3.



2. zīm. : 1. slodzes modelis

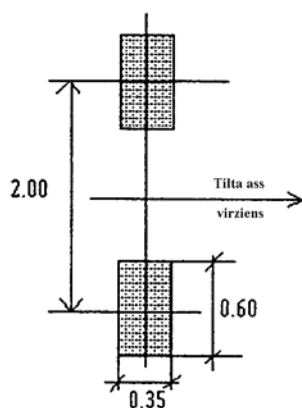
Regulējošo koeficientu α_{Qi} , α_{qi} un α_{gr} vērtības ir atkarīgas gan no ceļa klases, gan paredzamās satiksmes intensitātes. Ja nav norādīts citādi, tad šos koeficientus pieņem vienādus ar 1. Ja tilta nestspēja nav ierobežota ar transportlīdzekļa svaru ierobežojošu zīmi, tad

$$\alpha_{Q1} \geq [0,8] \text{ un visi } \alpha_{qi} \geq 1 \text{ visiem } i \geq 2$$

1.3 Vienas riteņu ass modelis (2. slodzes modelis)

Šo modeli veido slodze no vienas riteņu ass $\alpha_{Q1} Q_{ak}$, kur Q_{ak} ir vienāds ar [400] kN, un kuru var novietot jebkurā vietā uz braucamās daļas. Slodzes dinamiskā iedarbe ir ietverta slodzes vērtībā. Ja nepieciešams, var tikt izmantots tikai viens ritenis ar svaru [200] α_{Q1} (kN).

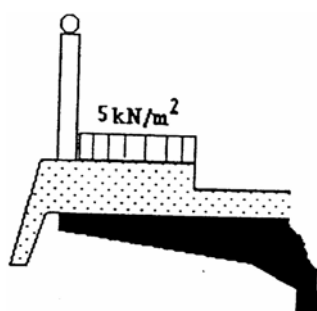
Katra riteņa kontakta laukums ir (0,35x0,60) m taisnstūris, kā parādīts 3. zīmējumā. Šo laukumu var pieņemt arī tādu pašu, kā slodzes modelim Nr.1.



3. zīm. 2. slodzes modelis

1.4 Gājēju slodze uz autoceļu tiltiem

Uz autoceļu tiltu ietvēm un velosipēdistu ceļiņiem novietotās vienmērīgi izkliedētās slodzes vērtību pieņem vienādu ar 5 kN/m^2 (4. zīm.). Slodžu kombinācijās ņem vērā tās samazināto vērtību - 3 kN/m^2 .



4. zīm. Vienmērīgi izkliedētās gājēju un velosipēdistu slodzes modelis.

1.5 Slodzes drošības koeficienti un slodžu kombinācijas

Aprēķinos šīs kustīgās slodzes ņem vērā šādā kombinācijā: gājēju un velobraucēju slodze (ņem vērā slodzes samazināto vērtību) kopā ar 1. slodzes modeli.

Pastāvīgo un īslaicīgo slodžu aprēķina vērtības iegūst reizinot slodžu raksturīgās vērtības ar slodzes drošības koeficientiem, kas doti 3. tabulā.

Tilta nesošo konstrukciju aprēķinam nepieciešamās horizontālās un ārkārtējās slodzes ņem vērā saskaņā ar LVS EN 1991-2 atbilstošo paragrāfu prasībām.

3. tabula. Slodzes drošības koeficienti aprēķinam pēc nestspējas robežstāvokļa

Slodze	Apzīmējums	Aprēķina situācijas	
		P/Ī	Ā
Ilglaicīgas iedarbes slodzes: nesošo u.c. būvkonstrukciju pašsvars; grunts, gruntsūdens un ūdens spiediens ¹⁾			
Nelabvēlīga iedarbe	γ_{Gsup}	1,35	1,00
Labvēlīga iedarbe	γ_{Ginf}	1,00	1,00
Iepriekšējā sasprieguma spēks	γ_P	1,00	1,00
Sēšanās	γ_{Gset}	1,00	-
²⁾ Satiksmes kustīgā slodze ¹⁾			
Nelabvēlīga iedarbe	γ_Q	1,35	1,00
Labvēlīga iedarbe		0	0
Citas mainīgās slodzes	γ_Q		
Nelabvēlīga iedarbe		1,50	1,00
Labvēlīga iedarbe		0	0
Ārkārtējā slodze	γ_A	-	1,00

Paskaidrojumi: P – vienmēr iespējamā aprēķina situācija;

Ī – īslaicīgi iespējamā aprēķina situācija;

Ā – ārkārtas aprēķina situācija.