

Mēmeles, Kurmenes iela no Mēmeles ielas līdz N-11 un Lejnieku iela no Mēmeles ielas līdz N-11, ielas  
rekonstrukcija ar gājēju ietvi, ielas apgaismojumu un lietus ūdens kanalizāciju. Mārupē

## **CEĻA SEGAS APRĒĶINS**

**Mēmeles ielas, Kurmenes ielas no Mēmeles ielas līdz N-11 un Lejnieku ielas  
no Mēmeles ielas līdz N-11 rekonstrukcija ar gājēju ietvi, ielas apgaismojumu  
un lietus ūdens kanalizāciju, Mārupē**

***Ceļa segas aprēķins pēc VSN 46 - 83 metodikas\****

**1. Drenējošā slāņa aplēse**

*1.1 Ūdens pieplūde drenējošā slānī*

Apvidus mitrumtips:	2
Pamatnes grunts:	Puteļaina smiltis
Drenējošais materiāls:	Vidēji rupja smiltis

$$Q/q = 30 / 4,0 \quad (\text{tabula 5.2})$$

$$k_{p,m}/k_{h,r} = 1,5 / 1,2 \quad (\text{tabula 5.2})$$

Pieplūdes samazinājuma koeficients:

$$k_s = 1 - \sum k_{e,i}$$

$k_{e,1} =$	0,20	(tabula 5.3)
$k_{e,2} =$	0,00	(tabula 5.3)
$k_{e,3} =$	0,15	(tabula 5.3)
$k_s =$	0,65	

Ūdens pieplūde drenējošajā slānī diennaktī:

$$q_a = q * k_{p,m} * k_{h,r} * k_s / 1000 \quad (\text{m}^3/\text{m}^2)$$

$$q_a = 0,0047 \quad (\text{m}^3/\text{m}^2/24\text{h})$$

Ūdens pieplūde drenējošajā slānī visā aprēķina periodā:

$$Q = q_a * T_a$$

Aprēķina periods $T_a =$	6	(dnn)
$Q =$	0,0281	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /6dnn)

Ūdens pieplūde drenējošajā slānī garenslīpuma samazināšanās vietās:

$$q_{iel} = q_a * k_{iel}, \quad \text{m}^3/(\text{m}^2/24\text{h})$$

Apskatāmo ceļa posmu raksturojošie garenslīpumi:

$$g_1: 0,60\%$$

$$g_2: 0,40\%$$

$$k_f = 2 \quad (\text{m/dnn})$$

Drenējošā materiāla porainība:

$$n = 0,36$$

$$(g_1 - g_2)/g_2 = 0,33$$

$$k_f \cdot g_2 / n = 0,02$$

Pēc nomogrammas atrod  $k_{iel}$ : (attēls 5.3)

$$k_{iel} = 1,32$$

$$q_{iel} = 0,0062 \quad (m^3/m^2/24h)$$

Ūdens pieplūde aprēķina periodā ieliekto vertikālo līkņu posmā:

$$Q_{iel} = q_{iel} \cdot T_a$$

$$Q_{iel} = 0,0371 \quad (m^3/m^2/6dnn)$$

## 1.2 Nepieciešamā drenējošā slāņa biezuma noteikšana

$$h_{d,s} = h_p + h_{rez}$$

$$h_{rez} = 0,15 \quad (m) \quad (tabula 5.1)$$

Ar ūdeni piesātināta slāņa biezumu nosaka, izmantojot nomogrammu

$$q' = B \cdot q_a / 2$$

$$B = 5,50 \quad (m)$$

$$q' = 0,0170$$

$$q'/k_f = 0,0085$$

Zemes klātnes šķērsslīpums  $i = 0,03$

No nomogrammas nolasa  $3,5h_p/L$ : (attēls 5.6b)

$$3,5h_p/L = 0,150$$

Ceļam ir divslīps profils, līdz ar to filtrācijas ceļa garums:  $L = 0,5 \cdot B = 2,75 \quad (m)$

$$h_p = L \cdot 0,25 / 3,5$$

$$h_p = 0,12 \quad (m)$$

Nepieciešamais drenējošā slāņa biezums:

$$h_{d,s} = 0,27 \quad (m)$$

Pieņem drenējošā slāņa biezumu:

$$\underline{h_{d,s} = 0,30 \quad (m)}$$

## 2. Vajadzīgā elastības moduļa $E_{vaj}$ noteikšana dotajam satiksmes sastāvam

Paredzētais segas kalpošanas laiks:

$$T = 20 \quad (gadi)$$

Smago transportlīdzekļu (masa = 2-5 t) vidējā diennakts intensitāte:

$$I = 25 \quad (\text{trl/dnn})$$

Smago transportlīdzekļu (masa = 5-8 t) vidējā diennakts intensitāte:

$$I = 2 \quad (\text{trl/dnn})$$

Smago transportlīdzekļu (masa > 8 t) vidējā diennakts intensitāte:

$$I = 0 \quad (\text{trl/dnn})$$

Ass slodžu redukcijas koeficienti:

$$S_{s,1} = 0,2$$

$$S_{s,2} = 0,7$$

$$S_{s,3} = 1,25$$

Ikgadējais smagās satiksmes pieauguma koeficients:

$$g = 0,03$$

Smagās satiksmes pieauguma koeficients aprēķina periodā:

$$K_p = (1+g)^T$$

$$K_p = 1,806111$$

Summētās intensitātes koeficients:

$$K_T = ((1+g)^T - 1)/g$$

$$K_T = 26,87037$$

Aprēķina slodzes parametri:

-A grupas automobilis;

-ass slodze  $P_a = 100 \text{ kN}$ ;

-riteņa statiskā slodze  $Q_s = 50 \text{ kN}$ ;

-riteņa dinamiskā slodze  $Q_d = 65 \text{ kN}$ ;

-vidējais aprēķina riteņa spiediens uz segu  $p = 0,6 \text{ MPa}$ ;

-statiska (stāvoša) automobiļa riteņa pēdas laukuma diametrs  $D_s = 33 \text{ cm}$ ;

-dinamiska (braucoša) automobiļa riteņa pēdas laukuma diametrs  $D_d = 37 \text{ cm}$ .

Aprēķina intensitāte:

$$N_a = F_j \sum N_m \cdot S_s$$

Intensitātes sadalījuma koeficients pa joslām:

$$F_j = 0,55$$

(tabula 3.3)

$$N_a = 3,52 \quad (\text{NAS}_{100\text{kN}}/24\text{h})$$

Normēto ass slodžu (NAS) iedarbības intensitāte uz aprēķina joslu pēdējā segas kalpošanas gadā:

$$N_{a,T} = F_j \sum (N_{m,1} \cdot S_{s,m}) \cdot K_p$$

$$N_{a,T} = 6,36 \quad (\text{NAS}_{100\text{kN}}/24\text{h})$$

Summētā  $NAS_{100kN}$  iedarbības int. uz aprēķina joslu segas kalpošanas periodā:

$$W = F_j \sum (N_{m,1} * S_{s,m}) * 365 * K_T$$

$$W = 34523 \quad (NAS_{100kN}/T)$$

Vajadzīgais elastības modulis:

$$E_{vaj} = 67 * \log(N_{a,T}) + 59$$

$$E_{vaj} = 113 \quad (MPa)$$

Pieņem III ceļa kategoriju ar atviegloto karstā asfalta ceļa sega

Atbilstošais drošuma koeficients:

$$K_{dr} = 0,90$$

Atbilstošais stiprības koeficients bīdei un stiepei:

$$K_{st} = 0,94$$

### **3. Grunšu un materiālu deformatīvie un stiprības raksturotāji**

Zemes klātnes grunts: Putekļaina smiltis

Apvidus mitrumtips: 2

Grunts vidējais mitrums pēc tabulas:

$$W_v = 0,67 \quad (\text{tabula B.2})$$

Mitruma korekcijas:

$$W_{s,1} = 0,04 \quad (\text{tabula B.4})$$

$$W_{s,2} = 0,02$$

$$W_{s,3} = 0,00$$

$$W_{s,4} = 0,03$$

Atbilstoši  $K_{dr}$  grunts aprēķina mitrums:

$$W_a = (W_v - \sum W_s) (1 + t * v_w) \quad (\text{formula B.1})$$

$$v_w = 0,10$$

$$t = 1,71$$

$$W_a = 0,68$$

#### Ceļa segas materiālu raksturojums

Kārtu materiāli un grunts	Materiālu un grunts raksturotāji, Mpa, <sup>0</sup>	Slāņa biezums, cm
Karstais asfaltbetons AC 11 surf	E= 3200 R <sub>st</sub> = 2,8	4
Karstais asfaltbetons AC 16 base	E= 2000 R <sub>st</sub> = 1,6	6
Dolomīta minerālmateriālu maisījums 0/45	E= 270	10
Dolomīta minerālmateriālu maisījums 0/56	E= 250	15
Vidēji rupja smiltis, mitra, k <sub>f</sub> > 1 m <sup>3</sup> /dnn	E= 75 c= 0,0065 φ= 38	30
Puteklaina smiltis	E= 20 c= 0,002 φ= 28	

#### 4. Pieļaujamās elastīgās ielieces pārbaude

$$\frac{E_{ekv}}{E_{vaj}} \geq K_{st}$$

1) Pamatnes smiltis un drenējošās smiltis slānim:

$$h_4/D_d = 0,81$$

$$E_{sm,p}/E_{sm} = 0,27$$

No nomogrammas k= 0,545 (slaidis 1)

Pamatnes smiltis un drenējošā smiltis slāņa ekvivalents (kopējais) elastības modulis:

$$E_{ekv}^{(1)} = k \cdot E_1$$

$$E_{ekv}^{(1)} = 41 \text{ (MPa)}$$

2) Trīs slāņu sistēmai (pamatnes smiltis-drenējošā smiltis-šķembas):

$$h_4/D_d = 0,41$$

$$E_{sk}/E_{sm,p} = 0,16$$

No nomogrammas k= 0,27 (slaidis 1)

Ekvivalents (kopējais) elastības modulis:

$$E_{ekv}^{(1)} = k \cdot E_1$$

$$E_{ekv}^{(1)} = 68 \text{ (MPa)}$$

3) Četrslāņu sistēmai:

$$h_4/D_d = 0,27$$

$$E_{\text{sk}}/E_{1,\text{sk}} = 0,25$$

No nomogrammas  $k = 0,345$  (slaidis 1)

Ekvivalents (kopējais) elastības modulis:

$$E_{\text{ekv}}^{(1)} = k \cdot E_1$$

$$E_{\text{ekv}}^{(1)} = 93 \quad (\text{MPa})$$

4) Piecslāņu sistēmai:

$$h_4/D_d = 0,16$$

$$E_{\text{ab}}/E_{\text{sk}} = 0,05$$

No nomogrammas  $k = 0,065$  (slaidis 1)

Ekvivalents (kopējais) elastības modulis:

$$E_{\text{ekv}}^{(1)} = k \cdot E_1$$

$$E_{\text{ekv}}^{(1)} = 130 \quad (\text{MPa})$$

5) Sešslāņu sistēmai:

$$h_4/D_d = 0,11$$

$$E_{\text{sk}}/E_{\text{sm,p}} = 0,04$$

No nomogrammas  $k = 0,045$  (slaidis 1)

Ekvivalents (kopējais) elastības modulis:

$$E_{\text{ekv}}^{(1)} = k \cdot E_1$$

$$E_{\text{ekv}}^{(1)} = 144 \quad (\text{MPa})$$

Rezultāti apkopotā veidā redzami tabulā:

Materiāli	E, Mpa	h, cm	h/D <sub>d</sub>	E <sub>2</sub> /E <sub>1</sub>	E <sub>ekv</sub> /E <sub>1</sub>	E <sub>ekv</sub> , Mpa
Karstais asfaltbetons AC 11 surf	3200	4	0,11	0,04	0,045	144
Karstais asfaltbetons AC 16 base	2000	6	0,16	0,05	0,065	130
Dolomīta minerālmateriālu maisījums 0/45	270	10	0,27	0,25	0,345	93
Dolomīta minerālmateriālu maisījums 0/56	250	15	0,41	0,16	0,27	68
Vidēji rupja smiltis, mitra, k <sub>f</sub> > 1 m/dnn	75	30	0,81	0,27	0,545	41
Putekļaina smiltis	20					

$$E_{\text{ekv}} \geq \frac{K_{\text{it}}}{144} \cdot E_{\text{vaj}} \geq 106$$

Pārbaude pēc pieļaujamās elastīgās ielieces izpildās.

## 5. Pieļaujamā bīdes sprieguma pamatnes gruntī pārbaude

$$\frac{T_{p,gr}}{T_{\tau_{as} + \tau_{ss}}} \geq K_{st}$$

Vidējais visu segas slāņu elastības modulis:

$$E_{vid} = (E_1 \cdot h_1 + E_2 \cdot h_2 + E_3 \cdot h_3 + E_4 \cdot h_4 + E_5 \cdot h_5) / \sum h$$

$$E_{vid} = 515 \quad (\text{MPa})$$

Attiecību rādītāji:

$$\sum h / D_d = 1,76$$

$$E_{vid} / E_{gr} = 25,77$$

No nomogrammas aktīvais spriegums no transportlīdzekļa slodzes:

$$\tau_{as,1} = 0,007 \quad (\text{MPa}) \quad (\text{attēls 3.8})$$

Aktīvais bīdes spriegums, ko rada aprēķina automobiļa slodze:

$$\tau_{as} = p \cdot \tau_{as,1}$$

$$\tau_{as} = 0,0042 \quad (\text{MPa})$$

Segas svara izraisītais bīdes spriegums:

$$\tau_{ss} = (\sum h_i) (0,5 - 0,03 \phi_{gr}) / 10000$$

$$\tau_{ss} = 0,00221 \quad (\text{MPa})$$

Aktīvais bīdes spriegums gruntī:

$$T = \tau_{as} + \tau_{ss}$$

$$T = 0,00641 \quad (\text{MPa})$$

Pieļaujamais bīdes spriegums gruntī:

$$T_{p,gr} = c_{gr} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

$$T_{p,gr} = 0,0062 \quad (\text{MPa})$$

$$\frac{T_{p,gr}}{T} \geq K_{st}$$

$$T_{p,gr} / T = 0,96 \geq 0,94$$

Pārbaude izpildās, tātad grunts bīdes pretestība ir pietiekama.



## 6. Starpslāņu bīdes nesaistīto materiālu slāņos pārbaude

*Drenējošā smilts slāņa bīdes pretestības pārbaude*

$$\frac{T_{piel}}{T} \geq K_{st}$$

Vidējais augšējo segas slāņu elastības modulis:

$$E_{vid} = (E_1 \cdot h_1 + E_2 \cdot h_2 + E_3 \cdot h_3 + E_4 \cdot h_4) / \sum h$$

$$E_{vid} = 481 \quad (\text{MPa})$$

Attiecību rādītāji:

$$\sum h / D_d = 0,51$$

$$E_{vid} / E_{sm} = 6,41$$

No nomogrammas aktīvais spriegums no transportlīdzekļa slodzes:

$$\tau_{as,1} = 0,0056 \quad (\text{MPa}) \quad (\text{attēls 3.10})$$

Aktīvais bīdes spriegums, ko rada aprēķina automobiļa slodze:

$$\tau_{as} = p \cdot \tau_{as,1}$$

$$\tau_{as} = 0,00336 \quad (\text{MPa})$$

Segas svara izraisītais bīdes spriegums:

$$\tau_{ss} = (\sum h_i) (0,5 - 0,03 \varphi_{sm}) / 10000$$

$$\tau_{ss} = 0,00224 \quad (\text{MPa})$$

Aktīvais bīdes spriegums gruntī:

$$T = \tau_{as} + \tau_{ss}$$

$$T = 0,0056 \quad (\text{MPa})$$

Pielaujamais bīdes spriegums gruntī:

$$T_{piel} = c \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

$$T_{piel} = 0,0121 \quad (\text{MPa})$$

$$T_{piel} / T = 2,15 \geq 0,94$$

Pārbaude izpildās, tātad drenējošā smilts slāņa bīdes pretestība ir pietiekoša.

## 7. Asfaltbetona stiepes pārbaude

$$\frac{R_{st,piel}}{\sigma_{st} = \sigma_{r,1} * p * K_r} \geq K_{st}$$

$\sigma_{r,1}$  – stiepes liecē spriegums, ko izraisa spiedienvienība  $p=1$  MPa

$p$  – aprēķina spiediens uz segumu ( $p=0,6$  MPa)

$K_r$  – riteņa iedarbības koeficients (vienam ritenim  $K_r=1,0$ , dubultritenim  $K_r=0,85$ )

Vidējais augšējo segas slāņu elastības modulis:

$$E_{vid} = (E_1 * h_1 + E_2 * h_2) / \sum h$$

$$E_{vid} = 2480 \quad (\text{MPa})$$

Attiecību rādītāji:

$$\sum h / D_d = 0,27$$

$$E_{ab} / E_{pam} = 26,62$$

No nomogrammas aktīvais spriegums no transportlīdzekļa slodzes:

$$\sigma_{s,1} = 3,4 \quad (\text{MPa}) \quad (\text{attēls 3.13})$$

Lielākais stiepes spriegums:

$$\sigma_{st} = \sigma_{r,1} * p * K_r$$

$$\sigma_{st} = 2,04 \quad (\text{MPa})$$

Asfaltbetona apakškārtas vidējā stiepes pretestība  $R_{st,v} = 1,6 \quad \text{Mpa}$

Pieļaujamais stiepes spriegums asfaltbetona apakškārtā:

$$R_{st,piel} = R_{st,v} * (1 - t * v_R) * K_m * K_{nog} \quad (\text{formula 3.23 a})$$

$$t = 1,32 \text{ pie } 1,32 \text{ pie } K_{dr} = 0,90$$

$$v_R = 0,1$$

$$K_m = 1,00$$

$$K_{nog} = 1,35$$

$$R_{st,piel} = 1,875 \text{ Mpa}$$

$$R_{st,piel} / \sigma_{st} = 0,92 \geq 0,9$$

Pārbaude izpildās, tātad pieņemtās konstrukcijas pretestība stiepes spriegumiem ir nodrošināta.

## 8. Asfaltbetona bīdes pārbaude

$$\frac{T_{piel}}{\tau_a} \geq K_{st}$$

Pārbaudi veic pie +50°C.

Asfaltbetona bīdes pretestību nosaka tikai ilgstošai, statiskai slodzes iedarbībai.

Bīvs asfaltbetons AC 11 surf: E= 420 MPa

Porains asfaltbetons AC 16 base: E= 350 MPa

Attiecību rādītāji:

$$\sum h/D_d = 0,30$$

$$E_{abv} = 378$$

$$E_{ab}/E_{pam} = 4,06$$

No nomogrammas spiediena  $p = 1$  Mpa izraisītais bīdes spriegums:

$$T_{a,1} = 0,87 \quad (\text{MPa}) \quad (\text{attēls 3.16})$$

$$\tau_a = p \cdot T_{a,1}$$

$$\tau_a = 0,52 \quad (\text{MPa})$$

Pieļaujamais aktīvais bīdes spriegums asfaltbetonā:

$$T_{piel} = K \cdot c_{AB}$$

$$K = 1,60 \quad (\text{tabula 3.7})$$

$$c_{AB} = 0,30 \quad (\text{tabula 3.7})$$

$$T_{piel} = 0,48$$

$$T_{piel}/T_a = 0,92 \geq 0,9$$

Pārbaude izpildās, asfaltbetona bīdes pretestība ir nodrošināta.

## 9. Konstrukcijas sala noturības pārbaude

$$l_{sala} \leq l_{sala \text{ pieļaujamais}}$$

$$\text{Pieļaujamais sala pacēlums } l_{sala \text{ pieļaujamais}} = 4,00 \quad (\text{cm})$$

$$l_{sala} = l_{sala(vid)} \cdot K_{G\ddot{U}L} \cdot K_{bl} \cdot K_{gr} \cdot K_{sl} \cdot K_w \quad (\text{slaidi 2})$$

$$K_{gr} = 1,00$$

$$K_{bl} = 1,25$$

$$K_{G\ddot{U}L} = 0,43$$

Vidējais sasaluma dziļums  $z_{sas(vid)}$

130 (cm)

$$z_{sas} = z_{sas(vid)} \cdot 1,38$$

$$z_{sas} = 179,4$$

$$K_{sl} = 1,40$$

$$K_w = 1,09$$

Vidējo sala pacēlumu  $l_{sala(vid)}$  nosaka pēc nomogrammas, kur  $z=200$  cm. Skatās II a līkni, kura ir atbilstoša 2. mitrumtipam.

$$l_{sala(vid)} = 3,8 \quad (\text{cm})$$

$$l_{sala} = 3,12 \quad (\text{cm})$$

$$\underline{3,12} \leq \underline{4,00}$$

Pārbaude izpildās, tātad segas sala noturība ir nodrošināta.

*Konstrukcijas saljūtības pārbaude atbilstoši LVS 190-5 3.3 punktam:*

Segas līdzenuma klase: 2 (LVS 190-5 3.2 tab.)

Klimatiskā zona: 2 (LVS 190-5 4.1 p.)

Ceļa klātnes saljūtības klase atbilstoši klimatiskai zonai: 3 (LVS 190-5 3.4 tab.)

Minimālais kopējais virsbūves biezums  $H_{min}$ : 22 (cm) (LVS 190-5 3.3 tab.)

$$H_{min} \leq H$$

$$\underline{22} \leq \underline{65}$$

Pārbaude izpildās, tātad segas konstrukcijas biezums ir pietiekams.

Pieļaujamais sala pacēlums atbilstoši LVS 190-5  $l_{piel}$ : 12 (cm)

(LVS 190-5 3.3)

Segas aprēķina sala pacēlums: 3,12 (cm)

$$l_{piel} \geq l_{sala}$$

$$\underline{12} \geq \underline{3,12}$$

Pārbaude izpildās, tātad segas sala noturība atbilstoši standartam LVS 190-5 ir nodrošināta.

\* Visas formulas, parametru skaitliskās vērtības un atsauces dotas rokasgrāmatai: "Autoceļu nestingo segu projektēšana".

Sastādīja:

R. Kivliņš

Pārbaudīja:

D. Dāle