

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

SPORTOVNÍ CENTRUM

SPORTS CENTER

DIPLOMOVÁ PRÁCE- SPECIALIZACE DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. David Balvar

VEDOUCÍ SPECIALIZACE

SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

BRNO 2017

SPLVĚNO

20.12.2017

Barnat

1. OBECNÉ ÚDAJE

Předmětem specializace diplomové práce je návrh vybraného lepeného lamelového vazníku nad sportovní badmintonovou halou v rámci nově budovaného sportovního centra.

Stavba se bude nacházet na parcelách č. 95/1 a 1144/9, k. ú. Hnojník 640191.

Sportovní centrum je nepodsklepené a má 2 patra. První nadzemní podlaží je dvouúrovňové, přičemž zázemí se sportovní halou je v nižší části. Konstruktivní systém halové části je kombinovaný. Hala je obdélníkového tvaru s vnitřními rozměry 20x27m. *VÝKRES STŘECHY JE SOUČÁSTÍ SLOŽKY D.1. DIPLOMOVÉ PRÁCE.*

2. PODKLADY

2.1 Použité normy

ČSN 73 1701 – Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí -

Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-1 Obecná zatížení

ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-3 Zatížení sněhem

ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-4 Zatížení větrem

ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5: Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

2.1 Použitý software

Microsoft Word

Microsoft Excel

3. SKLADBA STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ

- pozinkovaný falcovaný plech
- OSB desky 25mm
- kontralatě 60x60mm
- difúzní fólie
- PIR desky 160mm
- OSB desky 25mm
- vaznice 160x180mm
- vazník
- podhled

4. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Střecha je obdélníkového tvaru, sedlová dvouplošňová se sklonem 5,14°.

Vazníky budou z lepeného lamelového dřeva GL24H. Osová vzdálenost vazníků je 4,55 m. Vazníky jsou shora opatřeny vaznicemi a záklopem z OSB desek, na který je realizována tepelná izolace z PIR desek. Zateplení je tedy nadkrokevní. Na izolaci jsou

dále umístěny kontralatě, které zajišťují odvětrávání PE fólie a další OSB záklop s vodou odvádějícím falcovaným pozinkovaným plechem.

4.1 Dimenzování prvků

Materiálem pro prvky vazníku je lepené lamelové dřevo třídy GL24H. Vazník má rozměry $b = 180\text{mm}$, h (podpora) = 700mm a h (vrchol) = 1600mm . Vazník byl posouzen na:

- napětí od ohybu v místě maximálního napětí
- napětí od ohybu ve vrcholu vazníku
- napětí v tahu kolmo k vláknům ve vrcholu
- smykové napětí v podpoře
- průhyb

Dále byla posuzována vaznice. Jedná se o rostlé jehličnaté dřevo třídy C24.

4.3 Kotvení vazníků

Vazníky budou osazeny na železobetonové sloupy ve výšce ^{10,030}~~+8,890~~m. Jedna strana vazníku bude kotvena kluznou kotvou šířky 180mm z pozinkované pásové oceli tl. min 10mm . Výška kotvy bude 250mm . Druhá strana vazníku bude kotvena pomocí dvou pevných úhelníkových kotev z pozinkované pásoviny tl. min 10mm . Výška přírub bude 250mm . Kotvy budou do vazníku přichyceny pomocí svorníků $\varnothing 12\text{mm}$. Do sloupů budou kotvy přichyceny pomocí svorníků $\varnothing 12\text{mm}$ do chemické kotvy.

5. OCHRANA PROTI BIOLOGICKÝM ŠKŮDCŮM

Vazník bude opatřen nátěrem proti biologickým škůdcům (plísním, houbám, hmyzu).

6. OCHRANA PROTI POŽÁRU

Konstrukce střechy je ze strany interiéru chráněna proti požáru:

- SDK podhledem s požadovanou požární odolností viz příloha diplomové práce požární bezpečnost

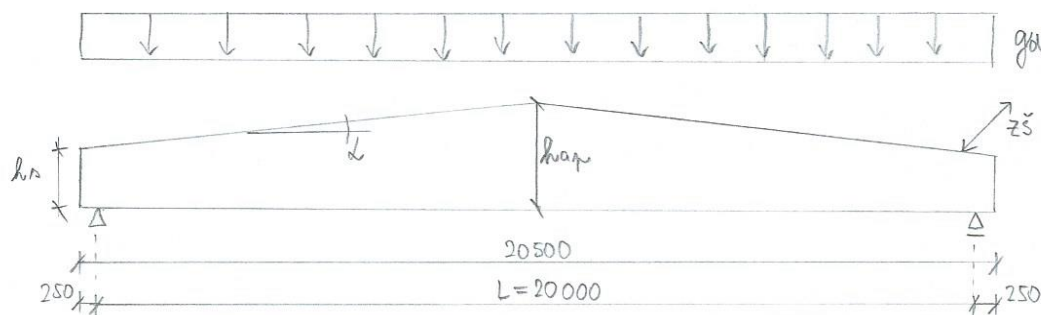
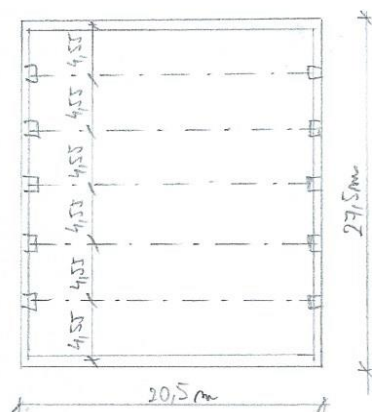
7. ZÁVĚR

Prvky jsou navrženy dle platné legislativy a jejich dimenze jsou **VYHOVUJÍCÍ** pro působící zatížení i posuzované způsoby namáhání.

LEPENÝ LAMELOVÝ VAZNÍK

1. GEOMETRIE A STATICKÉ SCHEMA

PŮDORYSNÉ SCHEMA



$$L = 20000 \text{ mm}$$

$$h_s = 700 \text{ mm}$$

$$h_{ap} = 1600 \text{ mm}$$

$$\alpha = 5,14^\circ$$

$$b = 180 \text{ mm}$$

$$\text{TRÍDA PROVOZU 2} \Rightarrow k_{mod} = 0,90$$

$$\text{OSOVA' VZDALENOST VAZNÍKŮ} \Rightarrow z_s = 4,55 \text{ mm}$$

- VLHKOST MATERIÁLŮ ODPOVÍDÁ TEPLOTĚ 20°C A RELATIVNÍ VLHKOST OKOLNÍHO VZDUCHU PŘESAHUJE 85% POUZE NĚKOLIK TÝDNŮ V ROCE, PRŮMĚRNÁ VLHKOST JEHLIČN. PŘEVA NEPŘESAHUJE 20%

2. ZATÍŽENÍ

a.) STAŽE' (ZS1)

POZINKOVANÝ PLECH	$1 \cdot 4,55 \cdot 0,045 = 0,205 \text{ kN/m}$
OSB DESKY TL. 25 mm	$6,5 \cdot 0,025 \cdot 4,55 = 0,739 \text{ kN/m}$
KONTRALATĚ	$4 \cdot 0,06 \cdot 0,06 \cdot 1,5 = 0,072 \text{ kN/m}$
DIFÚZNÍ FOLIE	
PIR DESKY TL. 160 mm	$1 \cdot 4,55 \cdot 0,16 \cdot 0,8 = 0,582 \text{ kN/m}$
OSB DESKY TL. 25 mm	$6,5 \cdot 0,025 \cdot 4,55 = 0,739 \text{ kN/m}$
VAZNÍČKY $160 \times 180 \text{ mm}$	$1 \cdot 0,16 \cdot 0,18 \cdot 4,55 \cdot 5 = 0,655 \text{ kN/m}$
VL.TÍHA VAZNÍKU	$1,6 \cdot 0,18 \cdot 3,8 = 1,140 \text{ kN/m}$
PODHLÉD, VZT	ODHAD $= 0,500 \text{ kN/m}$

$$\underline{\underline{g_{gr} = 4,932 \text{ kN/m}}}$$

b.) SNÍH (ZS2)

$$\text{SNĚHOVÁ OBLAST VI} \Rightarrow S_k = 3,0 \text{ kN/m}^2, \text{ TYP KRAJINY A}$$

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_s \cdot S_k$$

$$S = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 3 = \underline{\underline{1,92 \text{ kN/m}}}$$

$$\mu_i = 0,8 \quad (0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ)$$

$$C_s = 1,0$$

$$C_e = 0,8 \quad (\text{TYP KRAJINY A - OTEVRĚNÁ})$$

(ZS3)

$$S = 0,5 \cdot \mu_i \cdot C_e \cdot C_s \cdot S_k$$

$$S = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 3 = \underline{\underline{0,96 \text{ kN/m}}}$$

c.) VÍTR (ZS4)

$$\text{VĚTROVÁ OBLAST III, TYP TERÉNU II}$$

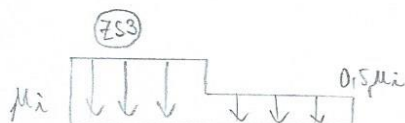
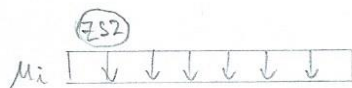
$$z_{0,0} = 0,05 \text{ m}$$

$$z_{min} = 2 \text{ m}$$

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

$$z_1 = h = 10,87 \text{ m}$$

$$V_{8,0} = 27,5 \text{ m/s}$$



SOUČINITEL DRŽNOSTI TERÉNU

$$k_{T0} = 0,19 \cdot \left(\frac{z_{00}}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = \underline{\underline{0,19}}$$

SOUČINITEL TERÉNU

$$c_r = k_{T0} \cdot \ln \left(\frac{z_r}{z_{00}} \right)$$

$$z_r = \max \{ z_{r1}; z_{rmin} \} = \max \{ 10,87; 2 \} = 10,87 \text{ m}$$

$$c_r = 0,19 \cdot \ln \left(\frac{10,87}{0,05} \right) = \underline{\underline{1,02}}$$

STŘEDNÍ RYCHLOST VĚTRU

$$V_{m0} = c_r \cdot c_0 \cdot V_R = 1,02 \cdot 1 \cdot 27,5 = \underline{\underline{28,05 \text{ m/s}}}$$

$$V_R = 27,5 \text{ m/s}$$

$$c_r = 1,02$$

$$c_0 = 1$$

INTENZITA TURBULENCE

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0 \cdot \ln \left(\frac{z}{z_{00}} \right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln \left(\frac{10,87}{0,05} \right)} = \underline{\underline{0,19}}$$

$$c_0 = 1,0$$

$$k_1 = 1,0$$

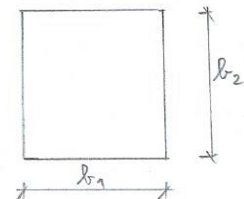
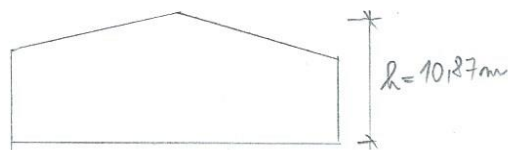
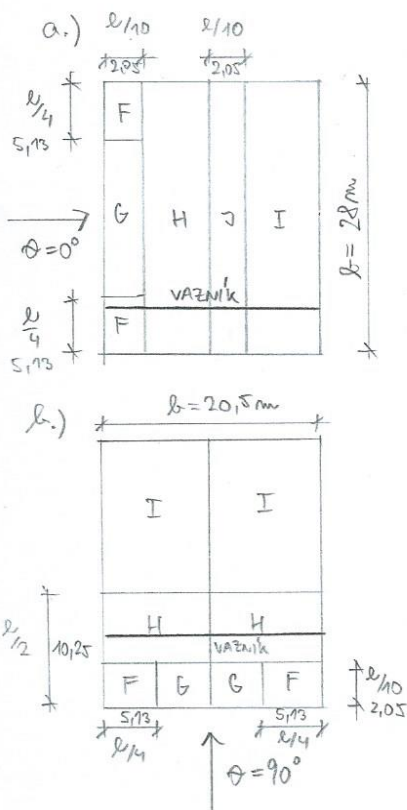
DYNAMICKÝ TLAK VĚTRU

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_{m0}^2 = [1 + 7 \cdot 0,19] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 28,05^2$$

$$\underline{\underline{q_p(z) = 1,15 \text{ kPa}}}$$

VNĚJŠÍ TLAK VĚTRU

$$w_e = C_{pe,10} \cdot q_p(z) \cdot z_s$$



$$l = \min \{ 2h; b_2 \} = \min \{ 2 \cdot 10,87; 28; 20,5 \} = 20,5 \text{ m}$$

a.) $\textcircled{\text{ZS4}} \quad \theta = 0^\circ$

b.) $\textcircled{\text{ZS5}} \quad \theta = 90^\circ$

$$C_{pe,10}$$

$$F = -1,7$$

$$G = -1,2$$

$$H = -0,6$$

$$I = -0,6$$

$$J = -0,6 \sim +0,2$$

$$F = -1,6$$

$$G = -1,3$$

$$H = -0,7$$

$$I = -0,6$$

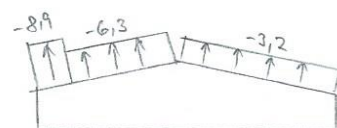
$$w_{eF} = -1,7 \cdot 1,15 \cdot 4,55 = \underline{\underline{-8,9 \text{ kN/m}}}$$

$$w_{eH} = -1,2 \cdot 1,15 \cdot 4,55 = \underline{\underline{-6,3 \text{ kN/m}}}$$

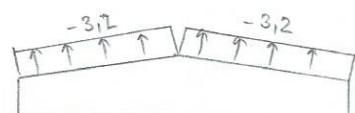
$$w_{eI} = -0,6 \cdot 1,15 \cdot 4,55 = \underline{\underline{-3,2 \text{ kN/m}}}$$

$$w_{eJ} = -0,6 \cdot 1,15 \cdot 4,55 = \underline{\underline{-3,2 \text{ kN/m}}}$$

$$w_{e4} = -0,7 \cdot 1,15 \cdot 4,55 = \underline{\underline{-3,7 \text{ kN/m}}}$$



$$\theta = 0^\circ$$



$$\theta = 90^\circ$$

d.) UŽITNÉ (ZS6)

- PRO ÚDRŽBU A OPRAVU STŘECHY

$$q_k = 0,75 \text{ kN/m} \cdot 4,55 = \underline{\underline{3,41 \text{ kN/m}}}$$

3. KOMBINACE

ZS1	STA'LE'	4,932 kN/m
ZS2	SNÍH	1,92 kN/m
ZS3		0,96 kN/m
ZS4	VÍTR	-8,9 kN/m
ZS5		-3,7 kN/m
ZS6	UŽITNÉ'	3,41 kN/m

ROVNICE 6.10a

$$G_k \cdot \gamma_{FG} + Q_k \cdot \gamma_{FQ} + \sum Q_{k,i} \cdot \gamma_{iFQ} \cdot \psi_{0i}$$

NEPŘÍŽNIVÉ' PŘÍŽNIVÉ'

$$\gamma_{FG} = 1,35 \quad 1,0$$

$$\gamma_{FQ} = 1,5$$

$$\psi_0 \Rightarrow \text{UŽITNÉ}' = 0,7$$

$$\text{SNÍH} = 0,5$$

$$\text{VÍTR} = 0,6$$

- KOMBINACE K1 - NEJZATÍŽENĚJŠÍ STAV

$$ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,5 + ZS6 \cdot 1,5 \cdot \psi_0 = 4,932 \cdot 1,35 + 1,92 \cdot 1,5 + 3,41 \cdot 1,5 \cdot 0,7 = \underline{\underline{13,12 \text{ kN/m}}}$$

4. CHARAKTERISTIKY MATERIÁLU

LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO GL24H

		[MPa]
DHÝB	$f_{m,k}$	24
	$f_{m,d}$	16,6
TAH	$f_{t,0,k}$	16,5
	$f_{t,0,d}$	11,4
	$f_{t,90,k}$	0,4
TLAK	$f_{c,0,k}$	24
	$f_{c,0,d}$	16,6
	$f_{c,90,k}$	2,7
SMÝK	$f_{v,k}$	2,7
	$f_{v,d}$	1,9
E	$E_{0,mean}$	11600
	$E_{0,05}$	9400
HUSTOTA	$\rho_k [\text{kg/m}^3]$	380

TRÍDA VLHKOSTI 2

$$k_{def} = 0,8$$

$$k_{mod} = 0,9$$

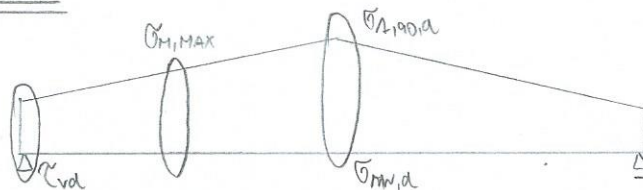
$$G_{mean} = 720 \text{ MPa}$$

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,94 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,g,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,94 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,g,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{0,4}{1,25} = 0,29 \text{ MPa}$$

5. POSOUZENÍNAPĚTÍ OD DHÝBU V MÍSTĚ $\sigma_{m,MAX}$

NAPĚTÍ OD DHÝBU VE VRCHOLU

NAPĚTÍ V TAHU KOLMO K VLAKNŮM VE VRCHOLU

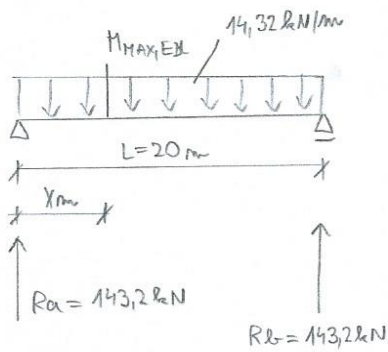
SMYKOVÉ NAPĚTÍ V PODPĚŘE

JMS PRŮHYBU

KLOPENÍ?

5.1. OHYBOVÉ NAPĚTÍ V NEOVÍČE NAMAHOVANÉM PRŮŘEZU

POLOHA KRITICKÉHO PRŮŘEZU



$$x_m = \frac{L}{2} \cdot \frac{h_a}{h_{ap}} = \frac{20}{2} \cdot \frac{0,7}{1,6} = 4,375 \text{ m}$$

$$h_m = \frac{0,9}{10} \cdot 4,375 + 0,7 = 1,094 \text{ m}$$

$$M_{m,ed} = 143,2 \cdot 4,375 - 14,32 \cdot 4,375 \cdot \frac{4,375}{2} = 489,45 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,0,d} = \frac{6 \cdot M_{m,ed}}{b \cdot h_m^2} = \frac{6 \cdot 489,45}{0,18 \cdot 1,094^2} = 13,63 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 5^\circ$$

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{1,5 \cdot f_{vd}} \cdot \tan \alpha \right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \cdot \tan^2 \alpha \right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{17,28}{1,5 \cdot 1,94} \cdot \tan 5^\circ \right)^2 + \left(\frac{17,28}{1,94} \cdot \tan^2 5^\circ \right)^2}} = 0,89$$

$$\frac{\sigma_{m,0,d}}{k_{m,d} \cdot f_{m,0,d}} = \frac{13,63}{0,89 \cdot 17,28} = 0,89 \leq 1,0 \quad \dots \text{VYHOVUJE}$$

5.2. SMYK V PODPĚŘE

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_d}{b \cdot h} = 1,5 \cdot \frac{143,2}{0,18 \cdot 0,7} = 1,70 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{vd}} = \frac{1,70}{1,94} = 0,88 \leq 1,0 \quad \dots \text{VYHOVUJE}$$

5.3. OHYB VE VRCHOLU

$$\sigma_{m,\alpha,d} = k_x \cdot \frac{6 \cdot M_{\alpha,d}}{b \cdot h_{ap}^2}$$

$$k_x = k_1 = 1 + 1,4 \cdot \tan \alpha + 5,4 \cdot \tan^2 \alpha = 1 + 1,4 \cdot \tan 5^\circ + 5,4 \cdot \tan^2 5^\circ = 1,16$$

$$M_{\alpha,d} = 143,2 \cdot 10 - 14,32 \cdot 10 \cdot 5 = 716 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} = 1,16 \cdot \frac{6 \cdot 716}{0,18 \cdot 1,7^2} = 9,58 \text{ MPa}$$

$$\text{SEDLOVÝ NOSNÍK} \Rightarrow k_x = 1,0$$

$$\frac{\sigma_{m,\alpha,d}}{k_x \cdot f_{m,0,d}} = \frac{9,58}{1 \cdot 17,28} = 0,55 \leq 1,0 \quad \dots \text{VYHOVUJE}$$

5.4. TAH KOLMO K VLAKNŮM VE VRCHOLU

$$\sigma_{t,90,\alpha,d} = k_p \cdot \frac{6 \cdot M_{\alpha,d}}{b \cdot h_{ap}^2} = 0,0175 \cdot \frac{6 \cdot 716}{0,18 \cdot 1,7^2} = 0,145 \text{ MPa}$$

$$k_p = k_5 = 0,2 \cdot \tan \alpha + 0,2 \cdot \tan^2 \alpha = 0,2 \cdot \tan 5^\circ + 0,2 \cdot \tan^2 5^\circ = 0,0175$$

$$V = b \cdot h_{ap} \cdot \left(1 - \frac{\tan \alpha}{4} \right) = 0,18 \cdot 1,7^2 \cdot \left(1 - \frac{\tan 5^\circ}{4} \right) = 0,51 \text{ m}^3$$

$$k_{red} = \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0,2} = \left(\frac{0,01}{0,51} \right)^{0,2} = 0,46$$

$$k_{dis} = 1,4 \text{ (PRO SEDLOVÝ NOSNÍK)}$$

$$\frac{\sigma_{1,90,gr,d}}{k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot f_{1,90,g,d}} = \frac{0,145}{1,4 \cdot 0,46 \cdot 0,29} = 0,78 \leq 1,0 \quad \dots \text{MHODUJE}$$

5.5. I.MS - PRŮHYB

POMOCÍ VĚT O VIRTUÁLNÍ PRÁCI

$$u_{minL} = u_n + u_Q = \int_0^L \frac{M \cdot M_1}{I_{yy} E} dx + \int_0^L \frac{V \cdot V_1}{G \cdot A} \cdot \beta dx = (\text{SIMPSON})$$

$$= \frac{\Delta l}{3E} \sum \frac{M \cdot M_1}{I_{yy}} \cdot \eta + \frac{\Delta l}{3G} \sum \frac{V \cdot V_1}{A} \cdot \eta \cdot \beta$$

$$\beta = 1,5$$

$$\Delta l = 6 \rho_{pol} = \frac{l}{6} = \frac{20000}{6} = 3333,33 \text{ mm}$$

x [mm]	M [kNm]	M ₁ [kNm]	I _{yy} [mm ⁴]	η	$\frac{M \cdot M_1}{I_{yy}} \cdot \eta$
0	0	0	51 · 10 ⁻³	1	0
3,33	364,44	1,66	15 · 10 ⁻³	4	1,62 · 10 ⁵
6,66	583,11	3,33	33 · 10 ⁻³	2	1,18 · 10 ⁵
10	656	5	61,4 · 10 ⁻³	4	2,14 · 10 ⁵
13,33	583,11	3,33	33 · 10 ⁻³	2	1,18 · 10 ⁵
16,66	364,44	1,66	15 · 10 ⁻³	4	1,62 · 10 ⁵
20	0	0	51,1 · 10 ⁻³	1	0
Σ					7,74 · 10 ⁵

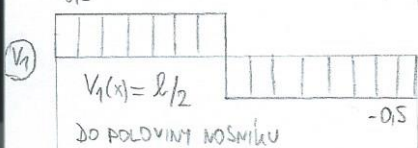
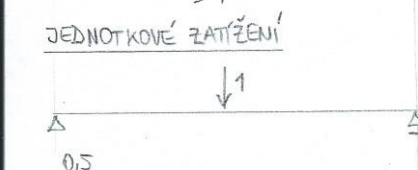
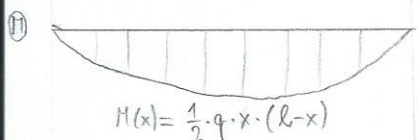
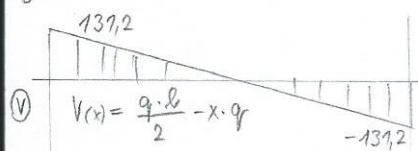
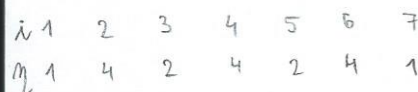
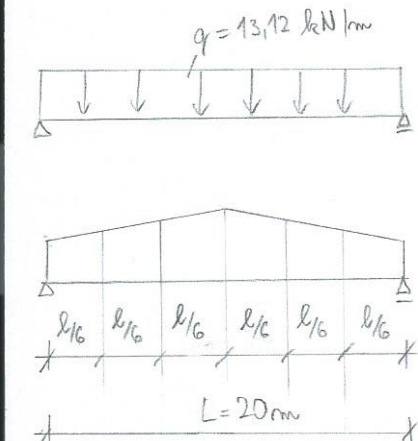
X [mm]	V [kN]	V ₁ [kN]	A [mm ²]	η	β	$\frac{V \cdot V_1}{A} \cdot \eta \cdot \beta$
0	131,2	10	0,126	1	1,5	0,16 · 10 ⁵
3,33	87,47	10	0,180	4	1,5	0,29 · 10 ⁵
6,66	43,73	10	0,234	2	1,5	0,06 · 10 ⁵
10	0	0	0,288	4	1,5	0
13,33	-43,73	-10	0,234	2	1,5	0,06 · 10 ⁵
16,66	-87,47	-10	0,180	4	1,5	0,29 · 10 ⁵
20	-131,2	-10	0,126	1	1,5	0,16 · 10 ⁵
Σ						1,0 · 10 ⁵

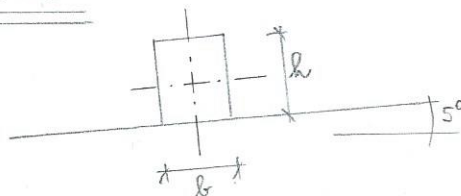
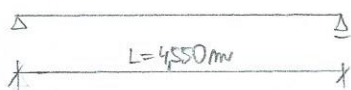
$$G_{mean} = 720 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11600 \text{ MPa}$$

$$u_{minL} = \frac{3,33}{3 \cdot 11600 \cdot 10^6} \cdot 7,74 \cdot 10^5 + \frac{3,33}{3 \cdot 720 \cdot 10^6} \cdot 1 \cdot 10^5 = 0,00023 = 0,23 \text{ mm}$$

$$u_{fin} = u_{minL} \cdot (1 + k_{def}) = 0,23 \cdot (1 + 0,8) = 0,41 \text{ mm}$$



6. VAZNICE

$$l = 180 \text{ mm}$$

$$b = 160 \text{ mm}$$

$$L = 4,55 \text{ m}$$

$$ZS = 1250 \text{ mm}$$

TRÍDA VLHKOSTI DŘEVA I, TRÍDA PROVOZU II

6.1. ZATÍŽENÍa.) STŘEŠÍ

POZINKOVANÝ PLECH	$1 \cdot 1,25 \cdot 0,045 = 0,056 \text{ kN/m}$
OSB DESKY 25 mm	$6,5 \cdot 0,025 \cdot 1,25 = 0,203 \text{ kN/m}$
KONTROLATĚ	$4 \cdot 0,06 \cdot 0,06 = 0,014 \text{ kN/m}$
DIFÚZNÍ FÓLIE	
PIR DESKY 160 mm	$1 \cdot 1,25 \cdot 0,16 \cdot 0,8 = 0,160 \text{ kN/m}$
OSB DESKY 25 mm	$6,5 \cdot 0,025 \cdot 1,25 = 0,203 \text{ kN/m}$
VL. TÍLA VAZNIC	$0,16 \cdot 0,18 \cdot 4,55 = 0,131 \text{ kN/m}$

$$\underline{\underline{\Sigma g_k = 0,767 \text{ kN/m}}}$$

b.) SNÍH

$$\text{SNĚHOVÁ ŮBELAŠT VI} \Rightarrow S_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

$$S = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,3 = 1,92 \text{ kN/m}$$

c.) VÍTR

$$W_{ef} = -8,9 \text{ kN/m}$$

d.) UŽITNÉ

$$q_k = 0,75 \cdot 1,25 = 0,934 \text{ kN/m}$$

6.2. MSÚ

NAVROHOVÉ HODNOTY OHYBOVÝCH MOMENTŮ VZHLADEM K HLAVNÍM OSÁM PRŮŘEZU:

$$M_{y, Gd} = \frac{1}{8} G_d \cdot \cos 5^\circ \cdot l^2 = 1,98 \text{ kNm}$$

$$M_{z, Gd} = \frac{1}{8} G_d \cdot \sin 5^\circ \cdot l^2 = 0,173 \text{ kNm}$$

$$M_{y, Qd} = \frac{1}{8} Q_d \cdot \cos 5^\circ \cdot l^2 = 2,58 \text{ kNm}$$

$$M_{z, Qd} = \frac{1}{8} Q_d \cdot \sin 5^\circ \cdot l^2 = 0,166 \text{ kNm}$$

$$M_{y, Fd} = \frac{1}{8} F_d \cdot \cos 5^\circ \cdot l^2 = 2,41 \text{ kNm}$$

$$M_{z, Fd} = \frac{1}{8} F_d \cdot \sin 5^\circ \cdot l^2 = 0,211 \text{ kNm}$$

6.3. KOMBINACE ZATÍŽENÍ

$$M_{y, Ed} = M_{y, Gd} + M_{y, Qd} + \psi \cdot M_{y, Fd} = 1,98 + 2,58 + 0,7 \cdot 2,41 = 6,247 \text{ kNm}$$

$$M_{z, Ed} = M_{z, Gd} + M_{z, Qd} + \psi \cdot M_{z, Fd} = 0,173 + 0,166 + 0,7 \cdot 0,211 = 0,487 \text{ kNm}$$

$$M_{y, Ed} = \max \begin{cases} M_{y, Gd} + M_{y, Qd} \\ M_{y, Gd} + M_{y, Fd} \\ M_{y, Qd} + M_{y, Gd} + \psi_0 \cdot M_{y, Fd} \\ M_{y, Gd} + \psi_0 \cdot M_{y, Qd} + \psi_0 \cdot M_{y, Fd} \end{cases}$$

$$\psi_0 = 0,5 \dots \text{SNÍH}$$

$$\psi_0 = 0,7 \dots \text{UŽITNÉ ZAT.}$$

6.4. NÁVRHOVÁ NAPĚTÍ ZADYBY K HLAVNÍM OSAH SETRVAČNOSTI

$$I_y = 7,776 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_y = \frac{I_y}{x} = \frac{7,776 \cdot 10^{-5}}{0,090} = 8,64 \cdot 10^{-5}$$

$$I_z = 6,144 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_z = \frac{I_z}{z} = \frac{6,144 \cdot 10^{-5}}{0,080} = 7,68 \cdot 10^{-5}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{6,247 \cdot 10^6}{8,64 \cdot 10^{-5}} = \underline{\underline{7,23 \text{ MPa}}}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{0,487 \cdot 10^6}{7,68 \cdot 10^{-5}} = \underline{\underline{0,63 \text{ MPa}}}$$

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{22}{1,3} = \underline{\underline{15,23 \text{ MPa}}}$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI MSÚ

$$k_{m,y} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} < 1,0$$

$$0,7 \cdot \frac{7,23}{15,23} + \frac{0,63}{15,23} = 0,374 < 1,0$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{m,z} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{7,23}{15,23} + 0,7 \cdot \frac{0,63}{15,23} = 0,504 < 1,0 \quad \dots \text{VÝHODUJE}$$

6.5. II. MSPZATĚŽOVACÍ STAVY PRO MSP

$$G_{k,z} = G_{kz} \cdot \cos 5^\circ = 0,767 \cdot \cos 5^\circ = \underline{\underline{0,764 \text{ kN/m}}}$$

$$Q_{k,1,z} = Q_{k,z} \cdot \cos 5^\circ = 1,92 \cdot \cos 5^\circ = \underline{\underline{1,91 \text{ kN/m}}}$$

$$Q_{k,2,z} = Q_{k,z} \cdot \cos 5^\circ = 0,934 \cdot \cos 5^\circ = \underline{\underline{0,930 \text{ kN/m}}}$$

$$G_{k,y} = G \cdot \sin 5^\circ = 0,767 \cdot \sin 5^\circ = \underline{\underline{0,067 \text{ kN/m}}}$$

$$Q_{k,1,y} = Q_{k,y} \cdot \sin 5^\circ = 1,92 \cdot \sin 5^\circ = \underline{\underline{0,167 \text{ kN/m}}}$$

$$Q_{k,2,y} = Q_{k,y} \cdot \sin 5^\circ = 0,934 \cdot \sin 5^\circ = \underline{\underline{0,081 \text{ kN/m}}}$$

POSOUZENÍ MEZNÍHO PRŮHYBUa.) STÁLÉ ZATÍŽENÍ

$$u_{1,z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{G_{k,z} \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,764 \cdot 4550^4}{10000 \cdot 7,776 \cdot 10^7} = \underline{\underline{5,483 \text{ mm}}}$$

$$u_{1,y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{G_{k,y} \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,067 \cdot 4550^4}{10000 \cdot 6,144 \cdot 10^7} = \underline{\underline{0,609 \text{ mm}}}$$

$$u_1 = \sqrt{u_{1,z}^2 + u_{1,y}^2} = \sqrt{5,483^2 + 0,609^2} = \underline{\underline{5,52 \text{ mm}}}$$

b.) OD SNĚHU

$$\mu_{2,z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{k,z} \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,91 \cdot 4550^4}{10000 \cdot 7,776 \cdot 10^7} = 13,71 \text{ mm}$$

$$\mu_{2,y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{k,y} \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,167 \cdot 4550^4}{10000 \cdot 6,144 \cdot 10^7} = 1,52 \text{ mm}$$

$$\mu_2 = \sqrt{\mu_{2,z}^2 + \mu_{2,y}^2} = 13,794 \text{ mm}$$

c.) OD UŽITNÉHO ZATÍŽENÍ

$$\mu_{3,z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{k,z} \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,93 \cdot 4550^4}{10000 \cdot 7,776 \cdot 10^7} = 6,67 \text{ mm}$$

$$\mu_{3,y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{k,y} \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_z} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,081 \cdot 4550^4}{10000 \cdot 6,144 \cdot 10^7} = 0,736 \text{ mm}$$

$$\mu_3 = \sqrt{\mu_{3,z}^2 + \mu_{3,y}^2} = \sqrt{6,67^2 + 0,736^2} = 6,71 \text{ mm}$$

SKUTEČNÝ PRŮHYB

$$\mu_{z,y,fin} = \max \left\{ \begin{array}{l} \mu_{2,z} + \mu_{3,z} \\ \mu_{2,y} + \mu_{3,y} \end{array} \right\}$$

$$\mu_{z,1} \cdot (1 + \psi_1 \cdot k_{def}) + \mu_{z,2} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \quad 23,58$$

$$\mu_{z,1} \cdot (1 + k_{def}) + \mu_{z,3} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \quad 29,99$$

$$\mu_{z,1} \cdot (1 + k_{def}) + \mu_{z,2} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) +$$

$$+ \mu_{z,3} \cdot (\psi_0 + \psi_2 \cdot k_{def}) \quad 36,20 ; 3,35$$

$$\mu_{z,1} \cdot (1 + k_{def}) + \mu_{z,2} \cdot (\psi_0 + \psi_2 \cdot k_{def}) + \mu_{z,3} \cdot$$

$$\cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \quad \left. \vphantom{\mu_{z,1} \cdot (1 + k_{def}) + \mu_{z,2} \cdot (\psi_0 + \psi_2 \cdot k_{def}) + \mu_{z,3} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})} \right\}$$

$$\mu_{fin} = \sqrt{\mu_{z,fin}^2 + \mu_{y,fin}^2} \leq \mu_{lim} = \frac{l}{300}$$

$$\mu_{fin} = \sqrt{36,20^2 + 3,35^2} = 36,35 \leq \mu_{lim} = \frac{4550}{300} = 15,20$$

⇒ ZVĚTŠEN PRŮŘEZ NA $b = 160 \text{ mm}$
 $h = 200 \text{ mm}$

$$\mu_{fin} = \sqrt{42,84^2 + 1,98^2} = 42,99 \leq \mu_{lim} = \frac{4550}{300} = 15,20 \dots \text{ VYHOVUJE}$$