

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

HORSKÝ HOTEL VE VELKÝCH LOSINÁCH

MOUNTAIN HOTEL IN VELKÉ LOSINY

ČÁST 1 – POROVNÁNÍ VARIANT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Anna Kašíková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Anna Kašíková
Název	Horský hotel ve Velkých Losinách
Vedoucí práce	doc. Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2021
Datum odevzdání	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Tvarové a dispoziční uspořádání objektu

ČSN EN 1990 "Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí"

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

ČSN EN 1993-1 "Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

ČSN EN 1995-1 "Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1: Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte návrh nosné konstrukce třípodlažního horského hotelu v lokalitě Velké Losiny. Při návrhu konstrukce respektujte požadavky na tvarové a dispoziční uspořádání objektu. Nosné konstrukční prvky navrhnete s využitím lepeného lamelového dřeva, rostlého dřeva, materiálů na bázi dřeva nebo oceli. Volba materiálu, základních dispozičních a konstrukčních parametrů je součástí diplomové práce.

Rozměry hlavní části objektu s obdélníkovým půdorysným tvarem uvažujte cca 30 x 17 m.

Požadované výstupy:

1. Technická zpráva
2. Statický výpočet základních nosných prvků, kotvení a směrných detailů
3. Výkresová dokumentace dle specifikace vedoucího diplomové práce
4. Výkaz výměr

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Práce řeší návrh nosné dřevěné konstrukce horského hotelu v podhůří Jeseníků. Jedná se o nepodsklepený objekt o dvou nadzemních podlažích s obytným podkrovím. Půdorys objektu je 17 x 30 m se závětřím o rozměrech 3 x 10 m, výška budovy po hřebeni činí 13,2 m. Konstrukce střechy byla navržena způsobem, který byl vybrán ze 2 variant. Při návrhu bylo použito rostlé dřevo třídy C24, lepené lamelové dřevo třídy GL32h a ocel S355. Statická analýza byla provedena lineárním výpočtem v programu Dlubal RFEM.

KLÍČOVÁ SLOVA

Dřevěná konstrukce, lepené lamelové dřevo, rostlé dřevo, sloup, trám, krov, vaznice, krokev, hambálek, spoj, skelet, vícepodlažní

ABSTRACT

The work deals with the design of a load-bearing wooden structure of a mountain hotel in the foothills of the Jeseníky Mountains. It is a building without cellar, two floors and a attic room. The floor plan of the building is 17 x 30 m with a porch of 3 x 10 m. Height of the building up to the ridge is 13.2 m. The design of the roof structure has been chosen from 2 different variants. Material usage consist of grown wood of class C24, glued laminated wood of class GL32h and steel S355. Static analysis was calculated by Dlubal RFEM software.

KEYWORDS

wood structure, glue laminated timber, solid timber, column, tie beam, roof truss, purlin, rafter, collar beam, joint, frame, multi-storey building

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Anna Kašíková *Horský hotel ve Velkých Losinách*. Brno, 2022. 36 s., 245 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Milan Šmak, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Horský hotel ve Velkých Losinách* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2022

Bc. Anna Kašíková
autor práce

Poděkování

Chtěla bych poděkovat v první řadě svému vedoucímu doc. Ing. Milanu Šmakovi, Ph.D. za jeho trpělivost a nápomocnost při zpracovávání diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala svým rodičům a blízkým lidem, kteří ve mně po celou dobu studia neztratili důvěru a díky jejichž podpoře jsem byla schopná tuto práci dokončit.

OBSAH

1. Úvod	9
2. Architektonické a dispoziční řešení	10
3. Zatížení a výpočet vnitřních sil.....	11
3.1. Výpočet proměnného zatížení	11
3.1.1. Zatížení sněhem	11
3.1.2. Zatížení větrem	12
3.1.3. Užitná zatížení.....	21
3.2. Výpočet stálého zatížení	22
Vlastní tíha konstrukce.....	22
Tíha skladeb konstrukcí.....	23
Zatěžovací stavy	25
Kombinace	25
Mezní stavy únosnosti	26
Mezní stav použitelnosti	26
Statická analýza – výpočet vnitřních sil a přetvoření.....	27
4. Varianty řešení krovu	28
5. Deformace konstrukce	31
6. Posouzení konstrukce	31
7. Volba varianty	32
8. Závěr.....	32
9. Zdroje	33
10. Zkratky a symboly	34

1. ÚVOD

Rekreační objekt, který je obsahem této práce je zasazen do lázeňské oblasti podhůří Jeseníků. Svým provedením se snaží navázat na tradici původních lázeňských domů, které jsou zhotoveny ze dřeva. Dřevo jako stavební materiál se nabízí pro konstrukce v horských oblastech, v tomto případě jsou ale dominantně zastoupeny prvky z dřevěných lepených lamel, kvůli dimenzi průřezů, u které by bylo použití rostlého dřeva neekonomické či nereálné.

Půdorysné rozměry hlavní části stavby jsou osově 30 x 17 m. K objektu náleží také vstupní prostor (závětří) o rozměrech 10 x 3 m. Výška po hřeben je 13,2 m a výška ploché střechy je 7 m. Hotel je umístěn do obce Velké Losiny, které se řadí do V. sněhové oblasti a III. Větrové oblasti.

Dimenzování a posuzování spojů nosné konstrukce předcházelo navržení a posouzení dvou variant. Tyto varianty se liší zejména v řešení krovu. V první variantě je krov navržen jako hambálková soustava s posuvným hambálkem a v druhé variantě byl zvolen hambálek neposuvný s příhradovým nosníkem v podélném směru. Po vyhodnocení všech kladů a záporů jednotlivých řešení byla vybrána první varianta, jejíž výpočet byl následně podrobněji zpracován.

2. ARCHITEKTONICKÉ A DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ

Architektonické řešení

Stavba je samostatně stojícím objektem – půdorysné rozměry chaty jsou 30,54 x 17,54 m, zastavěná plocha 318,33 m². Objekt je třípodlažní, nepodsklepený. Konstruktivní výška podlaží 3,5 m, světlá výška 1NP 2,8 m. Třetí podlaží funguje jako obytné podkroví do 1,3 m světlé výšky, z čehož plynou zvýšené nároky na tepelně-technické vlastnosti střešního pláště.

Zastřešení je tvořeno sedlovou střechou se sklonem 39° a plochou střechou v krajních částech v podélném směru. Vstup do objektu zajišťuje závětrí ve východní straně hotelu, které je tvořeno rámovou konstrukcí o rozpětí 2 polí (10 m)

Krytinou střechy je navržena hladká krytina Lindab Seamline v odstínu šedé. Fasáda s pastovitou silikonovou omítkou v barvě vaječné skořápky s dřevěnými výplněmi otvorů. Podokapní žlaby a svody z pozinkovaného plechu, u terénu v soklové části pruh z mozaikové omítky v černé barvě.

Dispoziční řešení

Po vstupu do objektu se ocitáme ve vstupním prostoru tvořeném závětrím. Po jeho překonání vcházíme do haly, kde mimo jiné nalezneme i recepci a otevřené schodiště a výtahovou šachtu. Dále je tu také strojovna výtahu a technická místnost. V severní části objektu se nachází prostory sloužící k wellness a individuálnímu sportu, potom také sklad a strojovna vzduchotechniky. Západní část je určena ke společnému stravování v podobě hotelové restaurace, kuchyně, skladu a baru.

Po vystoupení o schodišti do 2NP už narazíme pouze na ubytovací jednotky, ať už dvoulůžkové pokoje s možnou přistýlkou a hygienickým zázemím, nebo apartmány na každém konci podlaží a technickou místnost pro úklid.

Třetí podlaží je téměř identické s podlažím druhým, liší se jen menší velikostí pokojů, která je způsobena nižší světlou výškou. Okna všech pokojů mají dostatečné rozměry k zajištění denního osvětlení a výhledu na krajinu.

Zastavěná plocha objektem:	318,33 m ²
Počet podlaží:	3

3. ZATÍŽENÍ A VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

3.1. VÝPOČET PROMĚNNÉHO ZATÍŽENÍ

3.1.1. Zatížení sněhem

Sedlová střecha

Zatížení sněhem na střeše:

$$s = \mu_1 * C_e * C_t * s_k$$

kde μ_1 ... tvarový součinitel zatížení sněhem; sklon střešních rovin 39° , pro sedlovou střechu je tedy

$$\mu_1 = 0,8 * (60 - \alpha) / 30 = 0,8 * (60 - 39) / 30 = 0,56$$

TAB. 4 Tvarové součinitele zatížení sněhem

Úhel sklonu střechy	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 (60 - \alpha) / 30$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8\alpha / 30$	1,6	---

...

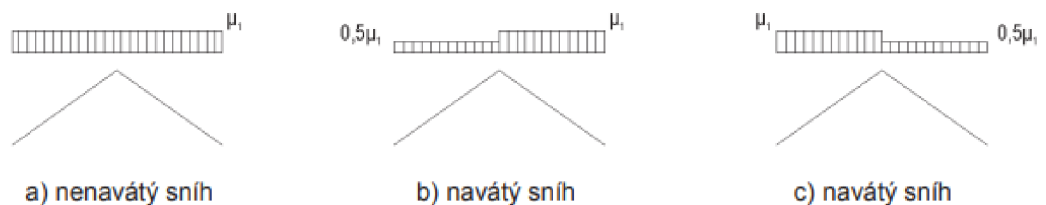
součinitel expozice; krajina normální, $C_e = 1,0$

C_t ... tepelný součinitel; $C_t = 1,0$

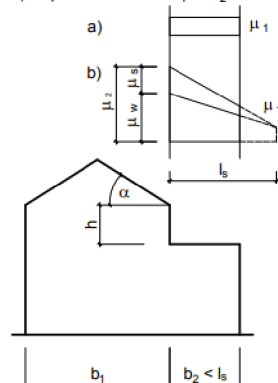
s_k ... charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi; lokalita Velké Losiny se nachází v V. sněhové oblasti, tedy $s_k = 2,5$ kPa (podle mapy sněhových oblastí na webových stránkách společnosti Dlubal s.r.o)

$$s = \mu_1 * C_e * C_t * s_k = 0,56 * 1,0 * 1,0 * 2,5 = \mathbf{1,4 \text{ kPa}}$$

Uspořádání zatížení pro sedlovou střechu:



2) Uspořádání zatížení pro $b_2 < l_s$



Plochá střecha

$$\mu_1 = 0,8$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$$

$$\mu_s = 0,5 * \mu_1 = 0,5 * 0,56 = 0,28$$

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2h} = \frac{2 + 13}{2 * 5,3} = 1,415 \leq \frac{\gamma * h}{s_k} = \frac{2 * 5,3}{2,5} = 4,24$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w = 1,695 \quad l_s = 2 * h = 2 * 5,3 = 10,6 \text{ m}$$

$$\mu_{kraj} = \frac{1,695 * 8,6}{10,6} = 1,375$$

$$s_{k,kraj} = 1,375 * 1,0 * 1,0 * 2,5 = \mathbf{3,438 \text{ kPa}}$$

Sníh převislý přes okraj střechy

Zatížení od převislého sněhu na 1 m:

$$S_e = k * s^2 / \gamma$$

kde S_e ... zatížení převislým sněhem na 1 m délky okraje střechy

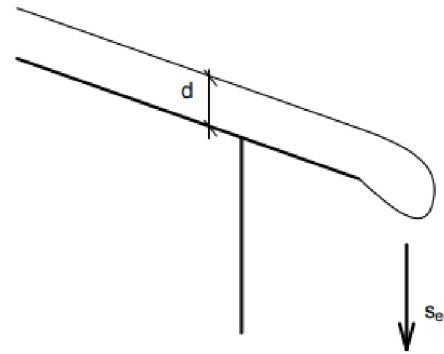
s nejméně příznivý případ zatížení navátým sněhem uvažované střechy

γ objemová tíha sněhu; $\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$

k součinitel zohledňující nepravidelnost tvaru sněhu;

$$k = 3/d = 3/1,25 = 2,4; k \leq d * \gamma = 1,25 * 2 = 2,5$$

$$S_e = k * s^2 / \gamma = 2,4 * 1,4^2 / 2 = \mathbf{2,352 \text{ kN/m}}$$

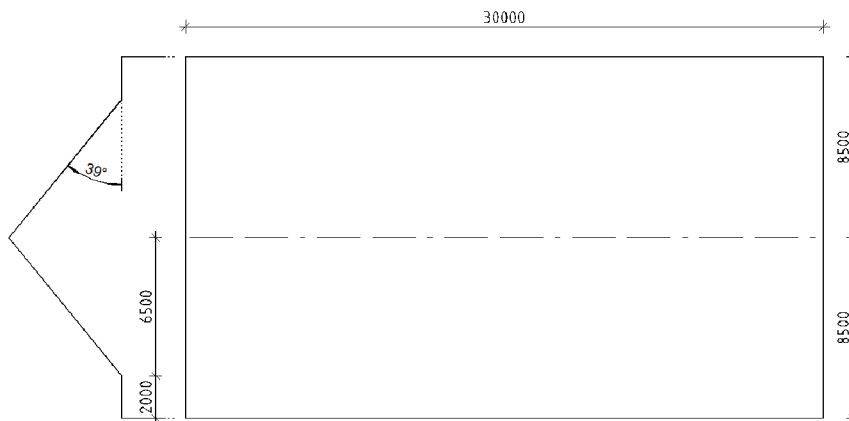
**3.1.2. Zatížení větrem**

Dle ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem, včetně oprav a změn

Sedlová střecha

Kategorie terénu III, $z_0 = 0,3 \text{ m}$, $z_{\min} = 5 \text{ m}$, $z_{\max} = 200 \text{ m}$

Výška hřebene objektu $z_e = 12,3 \text{ m}$

**1. základní rychlost větru**

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0}$$

kde c_{dir} ... součinitel směru větru; $c_{dir} = 1,0$

c_{season} ... součinitel ročního období; $c_{season} = 1,0$

$v_{b,0}$... výchozí základní rychlost větru; lokalita Velké Losiny se nachází v oblasti III, tedy $v_{b,0} = 27,5 \text{ m/s}$

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1,0 * 1,0 * 27,5 = \mathbf{27,5 \frac{m}{s}}$$

2. střední rychlost větru $v_m(z)$

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b$$

kde $c_r(z)$... součinitel drsnosti terénu; $z_{min} \leq z \leq z_{max}$

$$c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

z_0 ... parametr drsnosti terénu; $z_0 = 0,3$ m

k_r ... součinitel terénu

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 * \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,2154$$

$$c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,2154 * \ln\left(\frac{12,3}{0,3}\right) = 0,7999$$

$c_0(z)$... součinitel ortografie; $c_0(z) = 1,0$

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b = 0,79 * 1,0 * 27,5 = \mathbf{21,997 \frac{m}{s}}$$

3. turbulence větru $I_v(z)$

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$$

kde k_I ... součinitel turbulence; $k_I = 1,0$ m

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 * \ln\left(\frac{12,3}{0,3}\right)} = \mathbf{0,269}$$

4. maximální dynamický tlak $q_p(z)$

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2(z)$$

kde ρ ... měrná hmotnost vzduchu; $\rho = \frac{1,25kg}{m^3}$

$$\begin{aligned} q_p(z) &= [1 + 7 * I_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2(z) \\ &= [1 + 7 * 0,269] * \frac{1}{2} * 1,25 * 21,997^2 = \mathbf{871,87 \frac{N}{m^2}} \end{aligned}$$

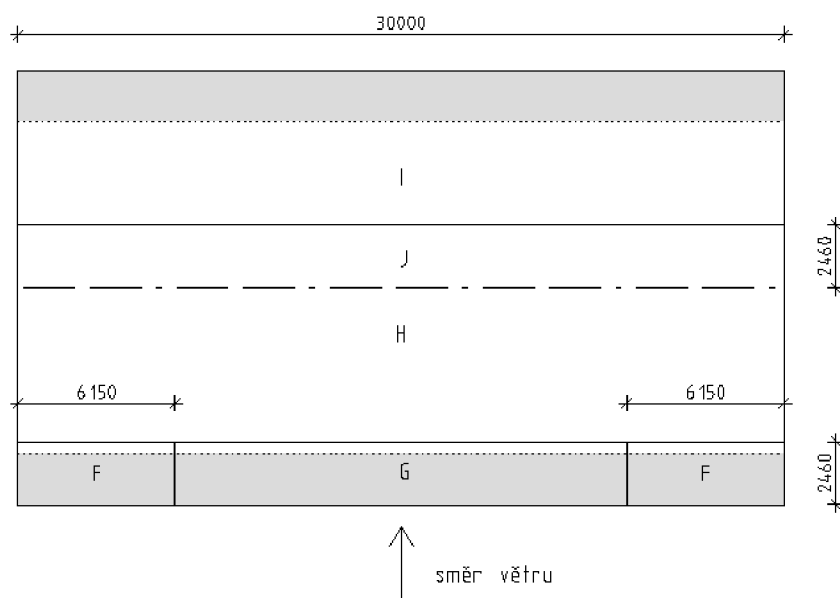
5. součinitel vnějšího tlaku $c_{pe,10}$ a tlak větru na povrch w_e

$$\text{- tlak větru na povrch } w_e = q_p(z) * c_{pe,10}$$

a. směr větru $\theta = 0^\circ$ (kolmo na hřeben)

- sklon střechy 39° :

	$c_{pe,10}$	$w_e \left[\frac{kN}{m^2} \right]$
F	-0,20	-0,17
	0,70	0,61
G	-0,20	-0,17
	0,70	0,61
H	-0,08	-0,069
	0,52	0,45
I	-0,28	-0,24
	0,00	0,00
J	-0,38	-0,33
	0,00	0,00



→ dvě kombinace pro sání a tlak (záporné hodnoty sání, kladné tlak)

$$e = \min (b; 2h) = \min (30; 24,6) = 24,6 \text{ m}$$

$$e/10 = 24,6/10 = 2,46 \text{ m}$$

$$e/4 = 24,6/4 = 6,15 \text{ m}$$

	sání	tlak
F	-0,17 kN/m ²	0,61 kN/m ²
G	-0,17 kN/m ²	0,61 kN/m ²
H	-0,069 kN/m ²	0,45 kN/m ²
I	-0,24 kN/m ²	0,0 kN/m ²
J	-0,33 kN/m ²	0,0 kN/m ²

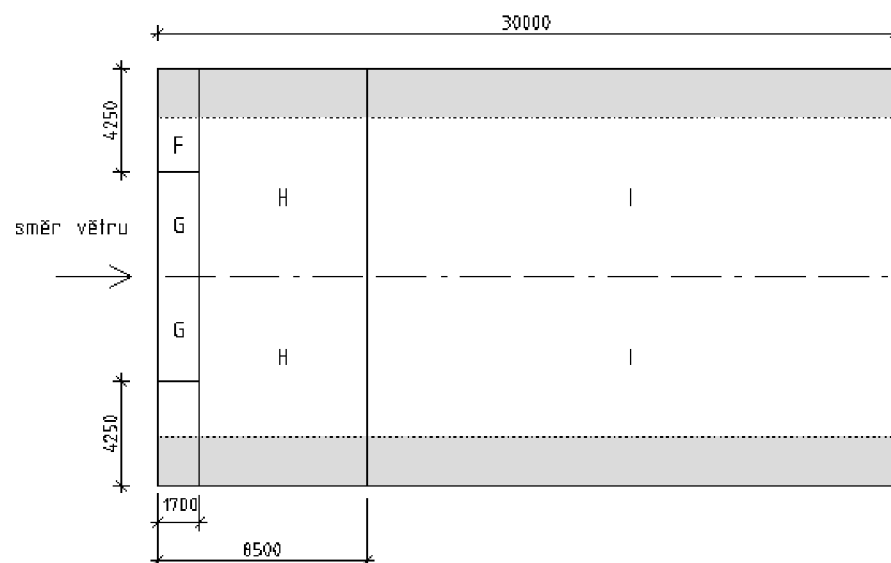
směr větru $\theta = 0^\circ$ (rovnoběžně s hřebenem)
- sklon střechy 39° :

	$c_{pe,10}$	$w_e \left[\frac{kN}{m^2} \right]$
F	-1,1	-0,96
G	-1,4	-1,22
H	-0,86	-0,75
I	-0,5	-0,44

$$e = \min (b; 2h) = \min (17; 24,6) = 17 \text{ m}$$

$$e/10 = 17/10 = 1,7 \text{ m}$$

$$e/4 = 17/4 = 4,25 \text{ m}$$



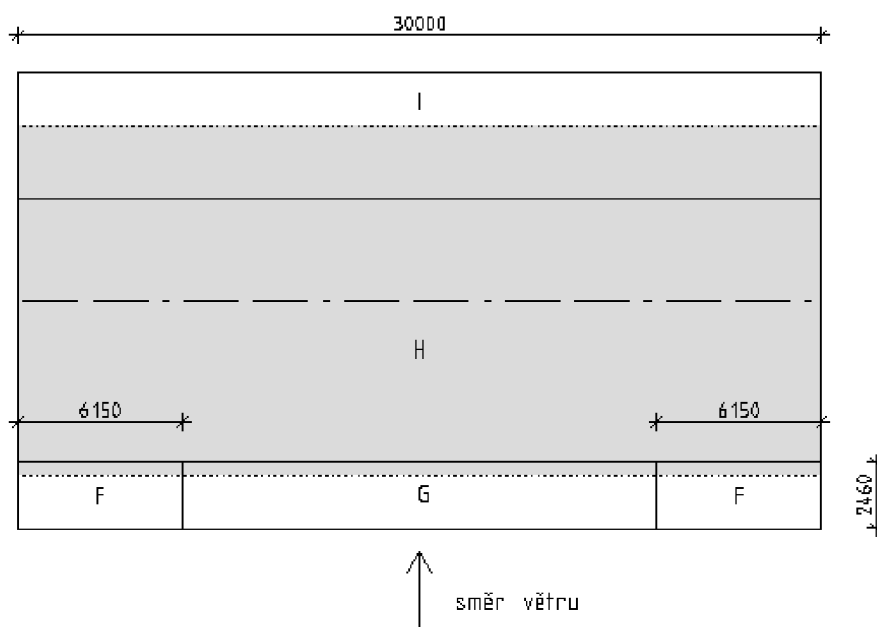
Plochá střecha

$$q_p(z) = 871,87 \frac{N}{m^2}$$

a. směr větru $\theta = 0^\circ$ (kolmo na hřeben)

	$c_{pe,10}$	$w_e \left[\frac{kN}{m^2} \right]$
F	-1,8	-1,57
G	-1,2	-1,05
I	-0,2	-0,17
	0,2	0,17

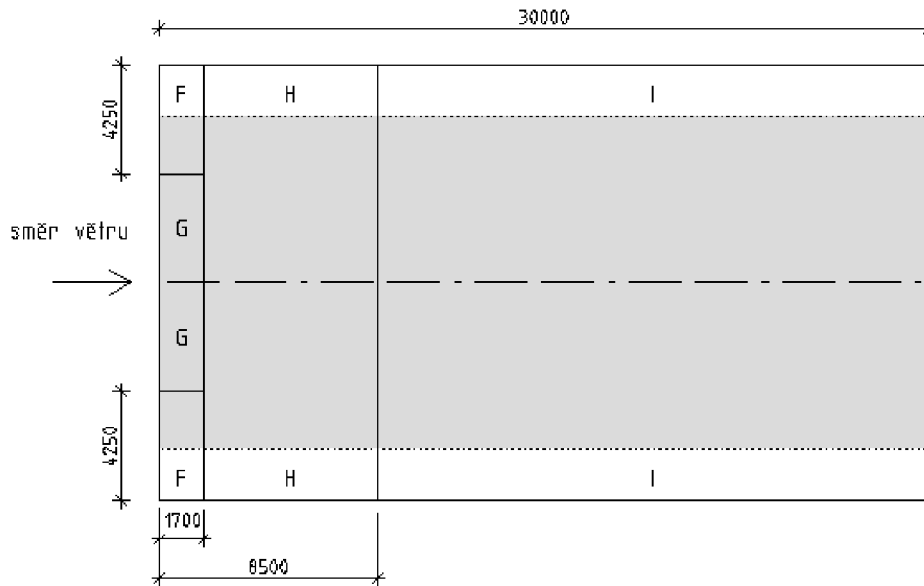
b. s



(rovnoběžně s hřebenem)

- sklon střechy 39° :

	$c_{pe,10}$	$w_e \left[\frac{kN}{m^2} \right]$
F	-1,8	-1,57
H	-0,7	-0,61
I	-0,2	-0,17
	0,2	0,17



Svislé stěny objektu

Kategorie terénu III, $z_0 = 0,3$ m, $z_{\min} = 5$ m, $z_{\max} = 200$ m

Výpočet maximálního dynamického tlaku pro různé výšky stěn objektu:

Výška podélných stěn objektu $z_e = 7$ m

1. základní rychlost větru

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0}$$

kde c_{dir} ... součinitel směru větru; $c_{dir} = 1,0$

c_{season} ... součinitel ročního období; $c_{season} = 1,0$

$v_{b,0}$... výchozí základní rychlost větru; lokalita Velké Losiny se nachází v oblasti III, tedy $v_{b,0} = 27,5$ m/s

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1,0 * 1,0 * 27,5 = 27,5 \frac{m}{s}$$

2. střední rychlost větru $v_m(z)$

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b$$

kde $c_r(z)$... součinitel drsnosti terénu; $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$

$$c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

z_0 ... parametr drsnosti terénu; $z_0 = 0,3$ m

k_r ... součinitel terénu

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 * \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,2154$$

$$c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,2154 * \ln\left(\frac{7}{0,3}\right) = 0,6785$$

$c_0(z)$... součinitel ortografie; $c_0(z) = 1,0$

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b = 0,68 * 1,0 * 27,5 = \mathbf{18,7 \frac{m}{s}}$$

3. turbulence větru $I_v(z)$

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$$

kde k_I ... součinitel turbulence; $k_I = 1,0$ m

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 * \ln\left(\frac{7}{0,3}\right)} = \mathbf{0,317}$$

4. maximální dynamický tlak $q_p(z)$

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2(z)$$

kde ρ ... měrná hmotnost vzduchu; $\rho = \frac{1,25kg}{m^3}$

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2(z) = [1 + 7 * 0,317] * \frac{1}{2} * 1,25 * 18,7^2 \\ = \mathbf{703,533 \frac{N}{m^2}}$$

Výška štítových stěn objektu $z_e = \mathbf{12,3 m}$

1. základní rychlost větru

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0}$$

kde c_{dir} ... součinitel směru větru; $c_{dir} = 1,0$

c_{season} ... součinitel ročního období; $c_{season} = 1,0$

$v_{b,0}$... výchozí základní rychlost větru; lokalita Velké Losiny se nachází v oblasti III, tedy $v_{b,0} = 27,5$ m/s

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1,0 * 1,0 * 27,5 = \mathbf{27,5 \frac{m}{s}}$$

2. střední rychlost větru $v_m(z)$

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b$$

kde $c_r(z)$... součinitel drsnosti terénu; $z_{min} \leq z \leq z_{max}$

$$c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

z_0 ... parametr drsnosti terénu; $z_0 = 0,3$ m

k_r ... součinitel terénu

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 * \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,2154$$

$$c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,2154 * \ln\left(\frac{12,3}{0,3}\right) = 0,7999$$

$c_0(z)$... součinitel ortografie; $c_0(z) = 1,0$

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b = 0,79 * 1,0 * 27,5 = 21,997 \frac{m}{s}$$

3. turbulence větru $I_v(z)$

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$$

kde k_I ... součinitel turbulence; $k_I = 1,0$ m

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 * \ln\left(\frac{12,3}{0,3}\right)} = 0,269$$

4. maximální dynamický tlak $q_p(z)$

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2(z)$$

kde ρ ... měrná hmotnost vzduchu; $\rho = \frac{1,25kg}{m^3}$

$$\begin{aligned} q_p(z) &= [1 + 7 * I_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2(z) \\ &= [1 + 7 * 0,269] * \frac{1}{2} * 1,25 * 21,997^2 = 871,87 \frac{N}{m^2} \end{aligned}$$

5. součinitel vnějšího tlaku $c_{pe,10}$ a tlak větru na povrch w_e

- tlak větru na povrch $w_e = q_p(z) * c_{pe,10}$

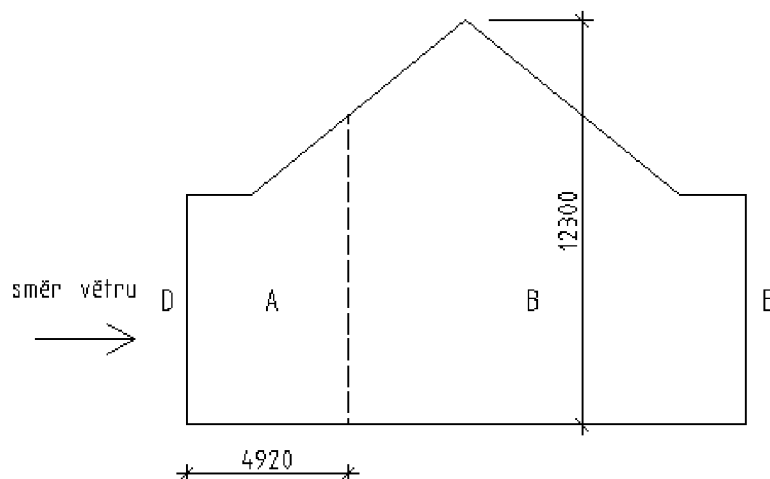
- součinitele vnějšího tlaku získáme z normy (vychází z poměru h/d)

a. směr větru z boku

$$e_{1,2} = \min(b, 2h) = \min(30, 24,6) = 24,6 \text{ m} > d$$

$$e_{1,2}/5 = 24,6/5 = 4,92 \text{ m}$$

$$d = 17 \text{ m}$$

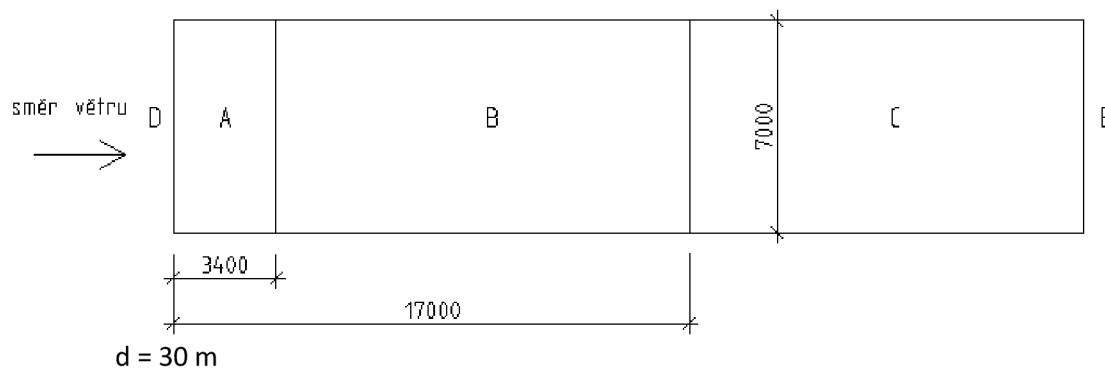


	pro h	7,0 m		12,3 m	
		$c_{pe,10}$	$w_e \left[\frac{kN}{m^2} \right]$	$c_{pe,10}$	$w_e \left[\frac{kN}{m^2} \right]$
A				-1,2	1,046
B				-0,8	0,697
D		0,75	0,527		
E		-0,4	0,281		

b. směr větru kolmo na štít

$$e_{1,2} = \min(b, 2h) = \min(17, 24,6) = 17 \text{ m} < d$$

$$e_{1,2}/5 = 17/5 = 3,4 \text{ m}$$



	pro h	7,0 m		12,3 m	
		$c_{pe,10}$	$w_e \left[\frac{kN}{m^2} \right]$	$c_{pe,10}$	$w_e \left[\frac{kN}{m^2} \right]$
A		-1,2	0,844		
B		-0,8	0,563		
C		-0,5	0,352		
D				0,72	0,623
E				0,39	0,340

Tření větru

A_1 ... celková plocha všech povrchů rovnoběžných se směrem větru

A_2 ... celková plocha všech vnějších povrchů kolmých k větru

$$A_1 = 210 \cdot 2 + 252 \cdot 2 = 924 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 153,5 \cdot 2 = 307 \text{ m}^2$$

$A_1 \leq 4 \cdot A_2 \rightarrow 924 \text{ m}^2 \leq 1228 \text{ m}^2 \rightarrow$ Účinky tření větru jsou zanedbány

3.1.3. Užitná zatížení

Dle ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, včetně oprav a změn.

Užitné zatížení stropních konstrukcí pro kategorii A – plochy pro domácí a obytné činnosti (včetně ložnic hotelů a ubytoven) dle tab. 6. 1 a 6.2 normy:

$$q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

- dále se bude uvažovat zatížení od přemístitelných příček (vnitřních příček v pokojích) vlastní tíhy do 1,0 kN/m délky příčky dle článku 6.3.1.2(8) normy:

$$q_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

Užitné zatížení stropních konstrukcí a schodišť pro kategorii C3 – plochy, kde může docházet ke shromažďování lidí (také plochy bez překážek pro pohyb osob a přístupové plochy v hotelích) – dle tab. 6. 1 a 6. 2 normy:

$$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2; Q_k = 4,0 \text{ kN}$$

Užitné zatížení střechy pro kategorii H – nepřípustné střechy s výjimkou běžné údržby a oprav – dle tab. 6. 10 normy:

$$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2; Q_k = 1,0 \text{ kN}$$

Předpoklad rovnoměrného zatížení působícího u kategorie H na ploše $A = 10 \text{ m}^2$.

3.2. VÝPOČET STÁLÉHO ZATÍŽENÍ

V souladu s ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, včetně oprav a změn.

Vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíha dřevěných konstrukčních prvků je generována automaticky programem Dlubal RFEM.

Jehličnatému dřevu je přiřazena pevnostní třída C24, tedy nejvyšší dostupná třída pevnosti pro třídění v České republice – charakteristická objemová hmotnost je $\rho_k = 350 \frac{kg}{m^3}$, průměrná objemová hmotnost je $\rho_{mena} = 420 \frac{kg}{m^3}$.

Lepené lamelové dřevo je pevnostní třídy GL32h – charakteristická objemová hmotnost je $\rho_k = 430 \frac{kg}{m^3}$.

Tíha skladeb konstrukcí

A - Obvodová stěna	obj. t.	tl.	char.	$\gamma_{t,sup}$	návrh.	$\gamma_{t,inf}$	návrh.
	kN/m ³	mm	kN/m ²	-	kN/m ²	-	kN/m ²
Sádrovláknité desky DEKCELL	12	12,5	0,150	1,35	0,203	1,00	0,150
Dvousměrný dřevěný rošt DEKWOOD S10 60/40 (20 %)	4,5	40	0,036	1,35	0,049	1,00	0,036
Nosné dřevěné sloupky DEKWOOD S10 60/160 (10 %)	4,5	160	0,072	1,35	0,097	1,00	0,072
Celulózové vlákna ISODEK (90 %)	0,5	160	0,072	1,35	0,097	1,00	0,072
Sádrovláknité desky DEKCELL	12	12,5	0,150	1,35	0,203	1,00	0,150
Tepelněizolační desky - pěnový polystyren EPS 70F	1	120	0,120	1,35	0,162	1,00	0,120
Svislé latě DEKWOOD S10 60/40 (20 %)	4,5	40	0,036	1,35	0,049	1,00	0,036
Horizontální fasádní profily DEKWOOD SM A/B 24x146	4,5	24	0,108	1,35	0,146	1,00	0,108
Σ			0,744		1,004		0,744
B1 - Podlaha	obj. t.	tl.	char.	$\gamma_{t,sup}$	návrh.	$\gamma_{t,inf}$	návrh.
	kN/m ³	mm	kN/m ²	-	kN/m ²	-	kN/m ²
PVC s akustickou podložkou/koberec	15	10	0,150	1,35	0,203	1,00	0,15
Anhydritová roznášecí deska	21	50	1,050	1,35	1,418	1,00	1,05
Akustická izolace z minerální vlny	1	40	0,040	1,35	0,054	1,00	0,04
Dřevěné fošny (spoj pero drážka)	4,5	50	0,225	1,35	0,304	1,00	0,23
Σ			1,465		1,978		1,465
B2 - Podhled	obj. t.	tl.	char.	$\gamma_{t,sup}$	návrh.	$\gamma_{t,inf}$	návrh.
	kN/m ³	mm	kN/m ²	-	kN/m ²	-	kN/m ²
Nosný rošt z CD profilů zavěšených na krokve (10 %)	20	60	0,120	1,35	0,162	1,00	0,12
Akustická izolace ORSIK	0,3	50	0,015	1,35	0,020	1,00	0,02
Sádrokartonové desky KNAUF	15	15	0,225	1,35	0,304	1,00	0,23
Σ			0,360		0,486		0,360
B - Zatížení stropu	obj. t.	tl.	char.	$\gamma_{t,sup}$	návrh.	$\gamma_{t,inf}$	návrh.
	kN/m ³	mm	kN/m ²	-	kN/m ²	-	kN/m ²
B1 - Podlaha			1,465		1,978		1,465
B2 - Podhled			0,360		0,486		0,360
Σ			1,825		2,464		1,825
C1 - Střešní plášť	obj. t.	tl.	char.	$\gamma_{t,sup}$	návrh.	$\gamma_{t,inf}$	návrh.
	kN/m ³	mm	kN/m ²	-	kN/m ²	-	kN/m ²

Hladká krytina			0,05	1,35	0,068	1,00	0,050
Separáční folie DEKTEN METAL PLUS		5	0,006	1,35	0,008	1,00	0,006
Bednění z desek OSB/3	7	22	0,154	1,35	0,208	1,00	0,154
Hydroizolační folie ALKORPLAN 35176		1,5	0,016	1,35	0,022	1,00	0,016
Geotextilie FILTEK 300g/m ²			0,003	1,35	0,004	1,00	0,003
Izolační desky DEKPIR TOP	0,32	160	0,051	1,35	0,069	1,00	0,051
Sp�dov� klíny EPS 100 Stabil	80	0,25	0,020	1,35	0,027	1,00	0,020
Parot�sn� p�s GLASTEK 40 MINERAL	18	4	0,072	1,35	0,097	1,00	0,072
Podkladní pás BITAGIT R13 (V13)	18	1,5	0,027	1,35	0,036	1,00	0,027
Desky OSB/3	7	22	0,154	1,35	0,208	2,00	0,308
Σ			0,349		0,471		0,349
C2 - Podhled	obj. t.	tl.	char.	γ _{t,sup}	návrh.	γ _{t,inf}	návrh.
	kN/m ³	mm	kN/m ²	-	kN/m ²	-	kN/m ²
Nosn� rošt z CD profilů	20	60	0,120	1,35	0,162	1,00	0,12
S�drokartonov� desky KNAUF	15	15	0,225	1,35	0,304	1,00	0,23
Σ			0,345		0,466		0,345
C - Zatížení krokví	obj. t.	tl.	char.	γ _{t,sup}	návrh.	γ _{t,inf}	návrh.
	kN/m ³	mm	kN/m ²	-	kN/m ²	-	kN/m ²
C1 - Střešní pláště			0,349		0,471		0,349
C2 - Podhled			0,349		0,466		0,345
Σ			0,698		0,937		0,694

ZATĚŽOVACÍ STAVY

Ozn.	název	skupina zatížení
LC1	vlastní tíha generováno automaticky programem Dlubal RFEM	LG1 – stálé
LC2	stálé – střecha dle bodu 1.2.2	LG1 – stálé
LC3	stálé – strop dle bodu 1.2.2	LG1 – stálé
LC4	stálé – stěny dle bodu 1.2.2	LG1 – stálé
LC5	proměnné – užité A dle bodu 3.1.3	LG2 – nahodilé – standard
LC6	proměnné – užité C dle bodu 3.1.3	LG3 – nahodilé – standard
LC7	proměnné – sníh nenavátý dle bodu 3.1.1 – plný sníh na střeše, sníh převislý přes okraj střechy	LG4 – nahodilé – výběrová
LC8	proměnné – sníh navátý 1 dle bodu 3.1.1 – navátý sníh na první polovině střechy, sníh převislý přes okraj střechy	LG4 – nahodilé – výběrová
LC9	proměnné – sníh navátý 2 dle bodu 3.1.1 – navátý sníh na druhé polovině střechy, sníh převislý přes okraj střechy	LG4 – nahodilé – výběrová
LC10	proměnné – vítr zespod tlak dle bodu 3.1.2	LG5 – nahodilé – výběrová
LC11	proměnné – vítr zespod sání dle bodu 3.1.2	LG5 – nahodilé – výběrová
LC12	proměnné – vítr shora tlak dle bodu 3.1.2	LG5 – nahodilé – výběrová
LC13	proměnné – vítr shora sání dle bodu 3.1.2	LG5 – nahodilé – výběrová

KOMBINACE

Kombinace zatížení pro MSÚ a MSP jsou generovány automaticky programem Dlubal RFEM dle normy ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. V těchto kombinacích jsou obsaženy všechny zatěžovací stavy a program interně generuje jednotlivé kombinace, aby vypočítal maximální vnitřní síly a deformace pro jednotlivé prvky a uzly.

Mezní stavy únosnosti

Pro MSÚ je v programu nastaven typ kombinace „EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B“ dle rovnic v odstavci 6.4.3.2 (3) normy, kdy se vybírá méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů:

Rovnice 6.10a

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Rovnice 6.10b

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Mezní stav použitelnosti

Pro MSP je v programu nastaven typ kombinace „EN-MSP char.“ Dle rovnice pro charakteristickou kombinaci v odst. 6.5.3 (2) a):

Rovnice 6.14b

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Dále je v programu nastaven drhý typ kombinace „EN-MSP kvaz.“ Dle rovnice pro kvazistálou kombinaci v odst. 6.5.3 (2) c):

Rovnice 6.16b

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Dílčí součinitele γ_m vlastností materiálů mají být pro mezní stavy použitelnosti rovny 1, pokud není stanoveno jinak v EN 1992 až EN 1999

STATICKÁ ANALÝZA – VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL A PŘETVOŘENÍ

Statická analýza skeletové dřevěné konstrukce je provedena metodou konečných prvků programem Dlubal RFEM (verze 5. 24. 01, studentská licence) na základě definované geometrie konstrukce, okrajových podmínek, zatížení, kombinací zatížení a výpočtového postupu.

Výpočtový model horského hotelu je prostorový. Prvky z konstrukčního dřeva – sloupy, průvlaky, nosníky, stropnice, vaznice apod. – jsou zadávány jako pruty. Podpory jsou modelovány jako kloubové – tuhé ve směru X, Y a Z – pod všemi sloupy v úrovni jejich uložení na základovou konstrukci.

Prostorová tuhost konstrukce je zajištěna příčnými rámy, dřevěnými vzpěrami v podélném směru a výztužnými deskami střechy a stropů a stěnami které jsou modelovány pomocí fiktivních prutů. Je ověřena globální ztráta stability konstrukce i lokální ztráta stability jednotlivých prvků.

Zatížení vypočítané v bodech 3.1. a 3.2. je zadáno po vynásobení zatěžovací šířkou jako spojité pruty v kN/m pro jednotlivé zatěžovací stavy definované v bodě 3.3. Zatěžovací stavy jsou seskupeny do příslušných skupin účinků zatížení, které zajišťují použití právě jednoho zatěžovacího stavu se sněhem a větrem – výběrový vztah.

Kombinace zatížení jsou vytvořeny čtyři – jedna pro mezní stav únosnosti a tři pro mezní stav použitelnosti. V každé kombinaci jsou obsaženy všechny zatěžovací stavy a program interně generuje jednotlivé kombinace, aby vypočítal maximální vnitřní síly pro jednotlivé prvky dle rovnic popsaných v bodě 3.4.

Výpočet metodou konečných prvků je lineární. Pro každý prvek lze zobrazit všechny tři vnitřní síly. Normálovou sílu N , posouvající síly V_y a V_z , kroutící moment M_x , ohybové momenty M_y a M_z . Program dále umožňuje zobrazit deformace prutů a přemístění uzlů – tyto možnosti je ovšem nutno kriticky vyhodnotit a uvažovat jistou idealizaci konstrukce.

Návrh a posouzení konstrukce je řešen v příloze diplomové práce.

4. VARIANTY ŘEŠENÍ KROVU

Spodní část skeletu je tvořena majoritně z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL32h. Jde o všechny sloupce a podélné i příčné průvlaky ve středové části. Menší profily jako jsou stropnice, ztužidla, některé průvlaky a prvky krovu jsou z rostlého dřeva s označením C24. Jako zavětrování je navržen záklop z OSB desek tloušťky 25 mm.

4.1. VARIANTA 1

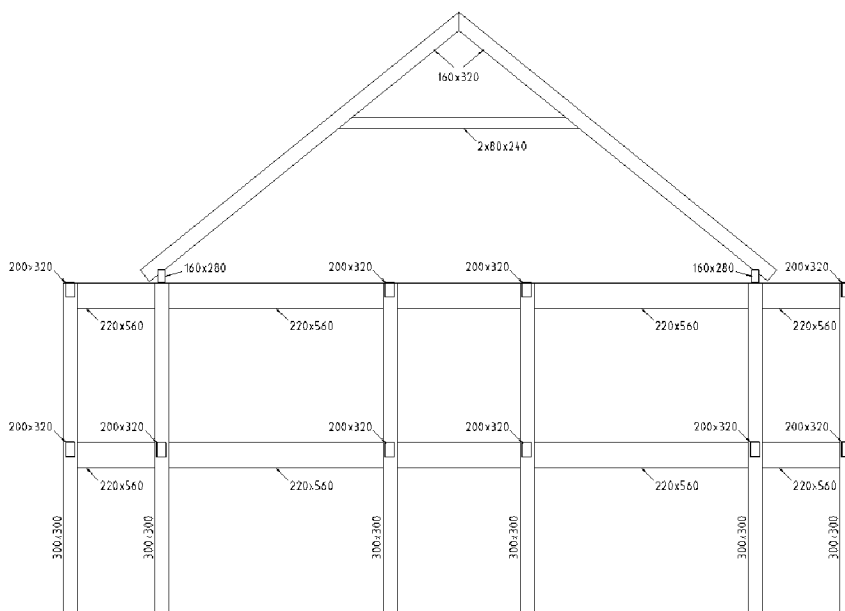
První varianta, tj. krov s posuvným hambálkem je tvořena pouze plnými vazbami, které jsou rozmístěny v osové vzdálenosti 1,25 m. Každou vazbu tvoří krokve spojené ve vrcholu, které jsou rozepřeny hambálkem přibližně ve 1/2 výšky krovu. Tato výška určuje výšku stropu v obytném podkroví. Štítové stěny jsou vyztuženy sloupky, které přenášejí účinky od působení větru.

Výhodou tohoto řešení je vyšší tuhost konstrukce a lepší rozložení vnitřních sil v konstrukci střechy (menší extrémy). S tím souvisí i menší lokální deformace jednotlivých prvků konstrukce a využití menšího profilu krokví (zdánlivá úspora materiálu).

Nevýhodou je o něco vyšší složitost montáže, více spojů a typů průřezů. Dále by se dalo považovat za nevýhodu omezenou výšku obytného prostoru podkroví

Výkaz výměr:

- | | |
|-------------------------------|-----------------------|
| • lepené lamelové dřevo GL32h | 117,43 m ³ |
| • rostlé dřevo C24 (profily) | 30,84 m ³ |
| • rostlé dřevo C24 (desky) | 58,47 m ³ |
| • ocelové prvky S355 | 166,2 kg |





4.2.

VARIANTA 2

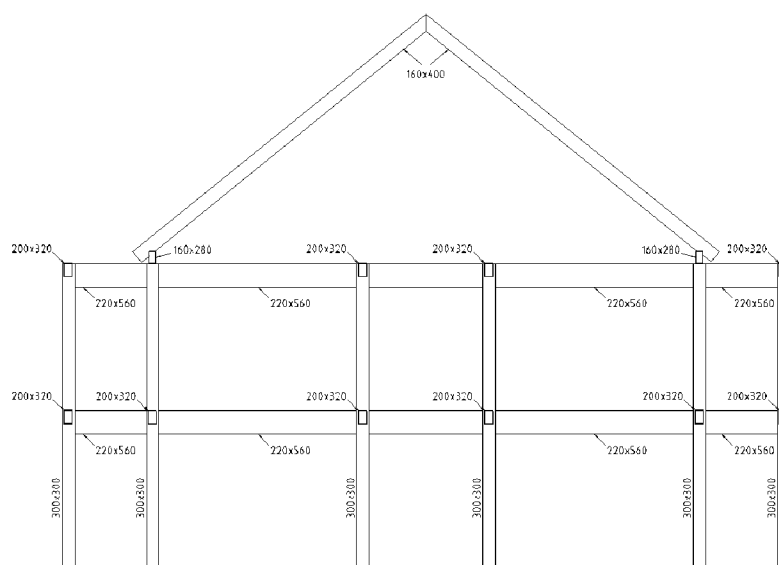
Druhou variantou je konstrukce střechy tvořena pouze z krokví spojených rámovým spojem. Stejně jako u první varianty jsou všechny vazby plné s roztečemi 1,25 m. Hlavním rozdílem je absence hambáku a větší dimenze krokví, které tvoří rám.

Největší **výhodou** tohoto provedení je menší množství konstrukčních detailů a jednoduchost montáže.

Jako **nevýhoda** je jistě menší tuhost celé konstrukce, protože není zpevněna vodorovným prvkem. Také dochází k větším deformacím klíčových prvků (krokví) i když je jejich rozměr větší než u první varianty.

Výkaz výměr:

• lepené lamelové dřevo GL32h	121,29 m ³
• rostlé dřevo C24 (profily)	27,55 m ³
• rostlé dřevo C24 (desky)	58,47 m ³
• ocelové prvky S355	168,7 kg





5. DEFORMACE KONSTRUKCE

5.1. VARIANTA 1

V1	ux[mm]	uy[mm]	uz [mm]
sloupy	1,5	1,9	4,0
	-1,5	-4,9	-4,2
průvlaky	4,9	5,3	16,2
	-4,3	-4,6	0,0
krokve	5,0	5,0	16,4
	-5,0	-4,1	-10,3

5.2. VARIANTA 2

V2	ux[mm]	uy[mm]	uz [mm]
sloupy	1,5	1,4	4,0
	-1,5	-4,3	-4,2
průvlaky	4,3	5,1	16,2
	-3,9	-4,1	0,0
krokve	4,5	4,4	17,0
	-4,5	-3,4	-3,1

6. POSOUZENÍ KONSTRUKCE

6.1. VARIANTA 1

	č. prutu	průřez	materiál	zat. stav	jedn.posudek
1	454	sloup	GL32h	KZ10	0,39
2	1512	průvlak A	GL32h	KZ4	0,92
3	1355	průvlak B	GL32h	KZ4	0,62
4	915	stropnice A	GL32h	KZ4	0,67
5	1441	stropnice B	C24	KZ4	0,71
6	470	krokev	GL32h	KZ69	0,26
7	3375	hambálek	C24	KZ10	0,72
8	1050	stropnice C	C24	KZ10	0,38
9	3113	sloupek	C24	KZ87	0,3
10	1931	průvlak C	GL32h	KZ10	0,46
11	405	pozednice	C24	KZ69	0,26
12	3395	ztužidlo	C24	KZ83	0,46

6.2. VARIANTA 2

	č. prutu	průřez	materiál	zat. stav	jedn.posudek
1	454	sloup	GL32h	KZ10	0,39
2	1512	průvlak A	GL32h	KZ4	0,92
3	1355	průvlak B	GL32h	KZ4	0,62
4	915	stropnice A	GL32h	KZ4	0,67
5	1441	stropnice B	C24	KZ4	0,71
6	470	krokev	GL32h	KZ69	0,35
7	1050	stropnice C	C24	KZ10	0,38
8	3113	sloupek	C24	KZ87	0,3
9	1931	průvlak C	GL32h	KZ10	0,46
10	405	pozednice	C24	KZ69	0,29
11	3395	ztužidlo	C24	KZ83	0,52

7. VOLBA VARIANTY

Při porovnání spotřeby materiálu jednotlivých variant není ani jedna výrazně výhodnější. Po posouzení jiných, než ekonomických aspektů byla zvolena varianta číslo 1.

8. ZÁVĚR

Úkolem diplomové práce bylo vypracovat návrh dřevěné nosné konstrukce horského hotelu. Byl proveden rozbor zatížení a statická analýza programem Dlubal RFEM. Byly zjišťovány vnitřní síly, deformace konstrukce a posouzení konstrukce dle platných norem. Byly zpracovány dvě varianty lišící se provedením konstrukce zastřešení. Na základě porovnání výhod a nevýhod byla vybrána varianta, kde je krov tvořen hambálkovou soustavou namísto varianty s rámovou konstrukcí.

K vybrané variantě byla zpracována technická zpráva, podrobný statický výpočet styčnicků a kotvení a předběžný výkaz materiálu. Vypracována byla také výkresová dokumentace v podobě schémat kotvení, stropů a krovu, podélných a příčných řezů a provedení styčnicků.

9. ZDROJE

[1] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2003.

[2] ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2004.

[3] ČSN EN 1991-1-3. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2005.

[4] ČSN EN 1991-1-4. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2007.

[5] ČSN EN 1995-1-1. Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.

[6] ČSN EN 338. Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

[7] ČSN EN 1194.: Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo – Třídy pevnosti a stanovení charakteristických hodnot. Praha: Český normalizační institut, 1999.

10. ZKRATKY A SYMBOLY

A	plocha průřezu
F	síla
F_c	tlaková síla
F_t	tahová síla
F_{Ed}	návrhová síla
$F_{ax, Rd}$	návrhová hodnota osové únosnosti spojovacího prostředku na vytažení
$F_{v, Rd}$	návrhová únosnost pro jeden stříh spojovacího prostředku
$F_{v, Rk}$	charakteristická únosnost pro jeden stříh spojovacího prostředku
M_{Ed}	návrhový moment
N	osová síla
V	posouvající, smyková síla
d	průměr spojovacího prostředku
$f_{c, 0, d}$	návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{c, 0, k}$	charakteristická pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{c, 90, d}$	návrhová pevnost v tlaku kolmo k vláknům
$f_{c, 90, k}$	charakteristická pevnost v tlaku kolmo k vláknům
$f_{t, 0, d}$	návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
$f_{t, 0, k}$	charakteristická pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
$f_{t, 90, d}$	návrhová pevnost v tahu kolmo k vláknům
$f_{t, 90, k}$	charakteristická pevnost v tahu kolmo k vláknům
k_{def}	součinitel dotvarování
k_{mod}	modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti
n_{ef}	účinný počet spojovacích prostředků
r	rameno síly
t_i	tloušťka, hloubka vniku spojovacího prostředku
α	úhel mezi působící silou a směrem vláken
γ_M	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
ρ_k	charakteristická hustota
$\sigma_{c, 0, d}$	návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny
$\sigma_{c, 0, k}$	charakteristické napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$\sigma_{c, 90, d}$	návrhové napětí v tlaku kolmo k vláknům
$\sigma_{c, 90, k}$	charakteristické napětí v tlaku kolmo k vláknům
$\sigma_{t, 0, d}$	návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny
$\sigma_{t, 0, k}$	charakteristické napětí v tahu rovnoběžně s vlákny
$\sigma_{t, 90, d}$	návrhové napětí v tahu kolmo k vláknům
$\sigma_{t, 90, k}$	charakteristické napětí v tahu kolmo k vláknům

11. SEZNAM ČÁSTÍ

Část 1 – Zhodnocení variant

Část 2 – Technická zpráva

Část 3 – Statický výpočet

Část 4 – Výkresová dokumentace

Část 5 – Předběžný výkaz materiálu