

STATICKÝ POSUDEK

Z OBORU STATIKA STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

Akce: FV elektrárna na objektu MŠ Mozaika Jihlava

Resslova 44, 586 01, JIHLAVA

Posouzení únosnosti střešní konstrukce pro umístění FVE panelů



Vypracoval: Ing. Jan Kovářů

Nad Borovinkou 8, 586 01, Jihlava

IČ: 01778293

kovaru.jan@seznam.cz, 721 835 540

ČKAIT 1400609

Autorizovaný inženýr pro statiku a dynamika staveb

Investor: Statutární město Jihlava

Masarykovo náměstí 97/1

586 01 Jihlava, IČ: 00286010

V Jihlavě, 10/2023

Úvod

Základní údaje stavby

Název stavby: FV elektrárna na objektu MŠ Mozaika Jihlava
Resslova 44, 586 01, JIHLAVA
Posouzení únosnosti střešní konstrukce pro umístění FVE panelů

Místo stavby: Resslova 44, 586 01 Jihlava

Projektant části: ING. JAN KOVÁŘŮ, ČKAIT 1400609
Stupeň PD: Dokumentace skutečné provedení stavby
Část PD: Stavebně konstrukční část – statika

SEZNAM PODKLADŮ, LITERATURY A SOFTWARE

Podklady

- [1] Části původní projektové dokumentace
- [2] Technický list střešních FVE panelů
- [3] PD architektonicko-stavební části a SKR části
- [4] Fotodokumentace skutečného stavu

Použité normy, technické předpisy a odborná literatura

- [5] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [6] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1 – 1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.
- [7] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1 – 3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- [8] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1 – 4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- [9] ČSN EN 1991-1-6 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1 – 6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění.
- [10] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1 – 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [11] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1 – 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

Konstrukční řešení objektu

Předmětem posouzení je zhodnocení únosnosti střešní konstrukce za účelem osazení FVE panelů na střeše haly.

Konstrukčně se jedná o nástavbu na původní dvoupodlažní bezprůvlakový skelet systému MS-OB s keramickým obvodovým pláštěm se zastřešením rovnou střechou. Dispozičně se jedná o dvoutrakt s příčnými rámy o 2 x 6,0m s konzolou na jedné straně 1,8m. Osově jsou rámy o rozteči 7,2m. Původní objekt tvoří montovaný bezprůvlakový skelet se sloupy 400x400mm, na které jsou osazeny deskové průvlaky s ozuby. Stropní desky tvoří ŽB dutinové a plné panely.

Objekt nástavby 3.NP je navržen jako ocelová nástavba shodných rozměrů jako původní stavba. Sloupy nástavby HEB 200 jsou dispozičně umístěné ve stejných pozicích jako původní ŽB sloupy skeletu. Konstrukcí nástavby tvoří příční ocelové rámy HEB 200 kloubově uložené nad ŽB sloupy skeletu. Stropnice tvoří ocelové nosníky IPE 220 a IPE 160, střechu rovinu vynášejí trapézový plech výšky 50mm s nadbetónávkou 50mm nad vlnu.

Střešní plocha je tvořena celoplošnou tepelnou izolací z polystyrenu s krytinou z PVC folie. Kotvení FVE podpůrné konstrukce bude provedeno osazením na střešní plášť a přitížením pro stabilizaci FVE panelů. Přitížení FVE panely včetně nosných rámu a jejich stabilizačními prvky je uvažováno hodnotou 35kg/m². Posouzení únosnosti střechy haly bylo provedeno srovnávacím výpočtem zatížení, přírůstku zatížení a rezervy únosnosti jednotlivých nosných prvků nástavby, kdy byla zohledněna reálná zatížení stávajících konstrukcí.

Jako podklad pro posouzení dostatečné únosnosti nosných prvků střechy byla k dispozici původní projektová dokumentace, dimenze jednotlivých prvků byly ověřeny na místě.

NAVRŽENÉ MATERIÁLY A HLAVNÍ KONSTRUKČNÍ PRVKY

Zatížení

Zatížení uvažované ve smyslu ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1 zahrnuje účinky zatížení vlastní tíhou, stálým, užitným a technologickým zatížením, zatížením větrem a sněhem.

Vlastní tíha

Ve výpočtu je uvažovaná objemová hmotnost betonu 25,0 kN/m³, objemová hmotnost oceli 78,5 kN/m³, objemová hmotnost dřeva 6,0 kN/m³ a objemová hmotnost zdiva 12 kN/m³ (závisí od druhu použitého zdiva). Součinitel zatížení je uvažován hodnotou 1,35.

Stálé zatížení

Zatížení je uvažováno podle ČSN EN 1991-1-1 „Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb“ a/nebo podle zadání investora. Stálá zatížení jsou uvažována dle výše uvedené ČSN EN. Stálé zatížení podle typů podlahy v jednotlivých místnostech.

Zatížení větrem

Podle klasifikace ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem, se objekt nachází ve II. větrové oblasti ve IV. kategorii terénu. Uvažuje se

normová hodnota rychlostí větru $v_{bo}=25,0\text{m/s}$ Součinitel zatížení je do výpočtu zaveden hodnotou 1,5.

Zatížení sněhem

Objekt se nachází podle klasifikace ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: "Zatížení konstrukcí – zatížení sněhem" v III. sněhové oblasti, pro kterou platí normová hodnota $s_0=1,5\text{kN/m}^2$. Součinitel zatížení je 1,5.

Výpočtové kombinace

Základní kombinaci zatížení jsou uvažována v souladu ČSN EN 1990 včetně zavedení redukčních součinitelů dle základní normy a Národního aplikačního dokumentu (NAD).

Nepříznivá kombinace:

$$\begin{aligned} \text{Výraz (6.10a):} & 1,35 \cdot G_{k, \text{sup}} + 1,5 \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + 1,5 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \\ \text{Výraz (6.10b):} & 1,35 \cdot 0,85 \cdot G_{k, \text{sup}} + 1,5 \cdot Q_{k,1} + 1,5 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \end{aligned}$$

Zatížení konstrukcí

STŘEŠNÍ KONSTRUKCE PŮVODNÍ

název	b	h	rk[kg/m3]	g _k	g _g	g _d
	[m]	[m]	[(kg/m2)]	[kN/m2]	[-]	[kN/m2]
TR plech	1,00	1,000	15	0,150	1,35	0,203
nadbetonávka 50mm	1,00	0,070	2500	1,750	1,35	2,363
tepelná izolace	1,00	0,250	100	0,250	1,35	0,338
hydroizolace PVC	1,00	1,000	10	0,100	1,35	0,135
podhled + rozvody	1,00	1,000	40	0,400	1,35	0,540
sníh na střeše	1,00	1,000	120	1,200	1,5	1,800
			celkem	3,850		5,378

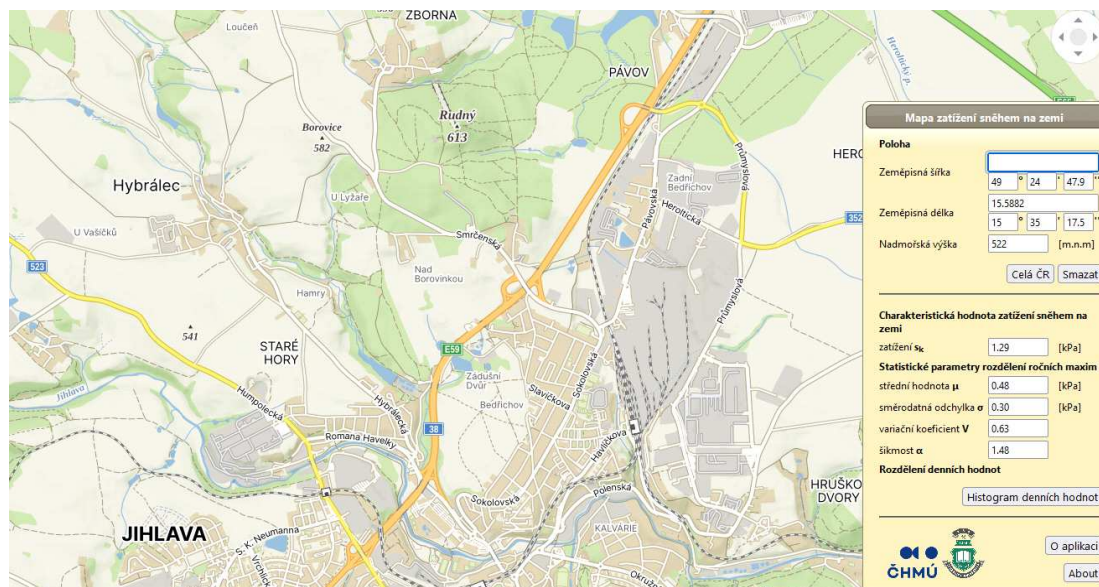
STŘEŠNÍ KONSTRUKCE NOVÁ

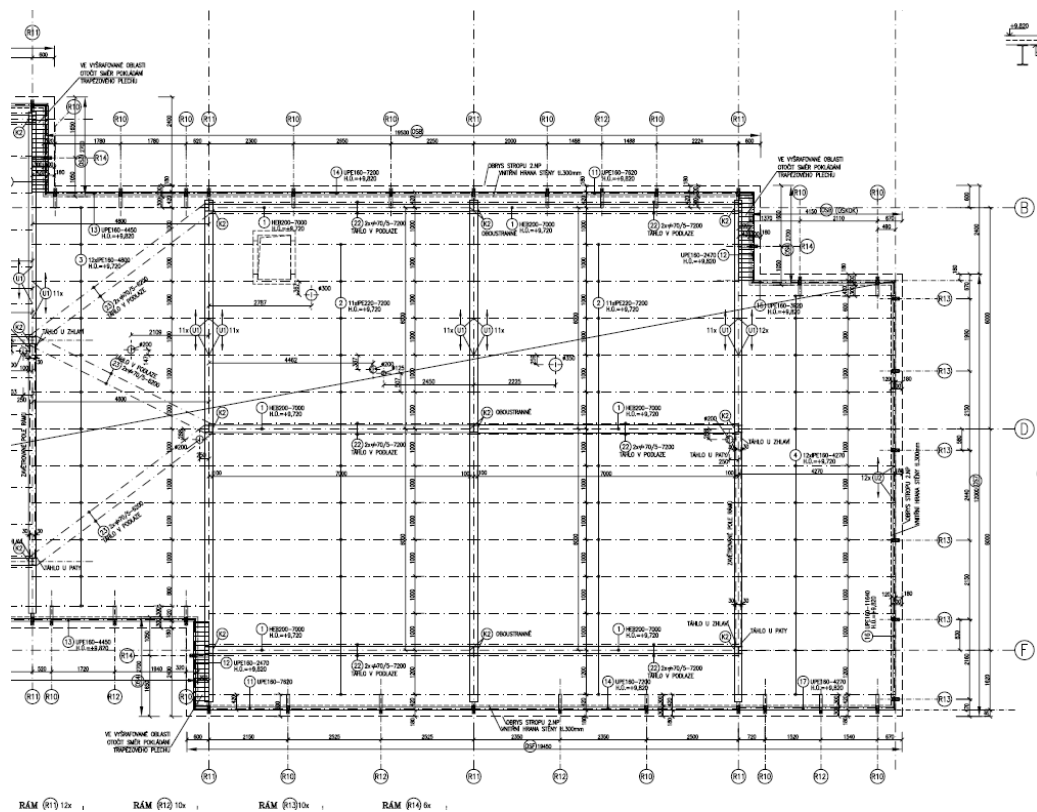
název	b	h	rk[kg/m3]	g _k	g _g	g _d
	[m]	[m]	[(kg/m2)]	[kN/m2]	[-]	[kN/m2]
TR plech	1,00	1,000	12	0,120	1,35	0,162
nadbetonávka 50mm	1,00	0,070	2500	1,750	1,35	2,363
tepelná izolace	1,00	0,250	35	0,088	1,35	0,118
tepelná izolace	1,00	0,200	35	0,070	1,35	0,095
hydroizolace PVC	1,00	1,000	10	0,100	1,35	0,135
podhled + rozvody	1,00	1,000	40	0,400	1,3	0,520
FVE panely	1,00	1,000	35	0,350	1,5	0,525
sníh na střeše	1,00	1,000	103	1,030	1,5	1,545
			celkem	3,908		5,462

přítížení cca 1,5%

Zatížení sněhem - ČSN EN 1991-1-3

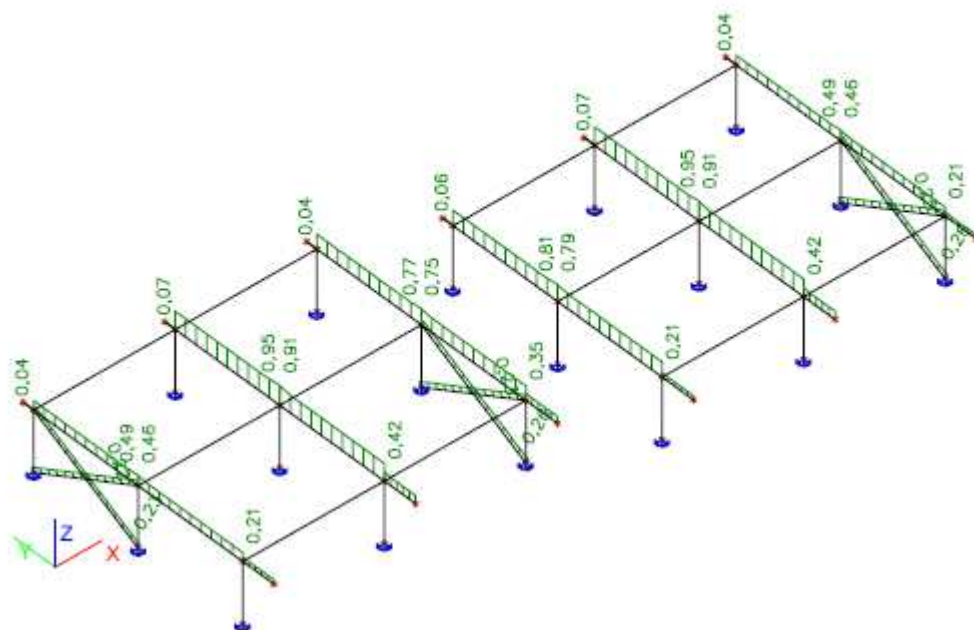
Sněhová oblast		3,00
Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi (http://www.snehovamapa.cz/)	s_k [kN/m ²]	1,29
Úhel střechy	α [°]	1,50
Tvarový součinitel	m_1 [-]	0,80
Typ krajiny	Číslo	<div> <div>Otevřená - rovná bez překážek, nechráněná nebo jen málo chráněná terénem, vyššími stavbami nebo stromy.</div> <div>Normální - na stavbách nedochází k výraznému přemístění sněhu větrem vlivem okolního terénu nebo jiných staveb.</div> <div>Chráněná - uvažovaná stavba je výrazně nižší než okolní terén nebo obklopena vysokými stromy nebo vyššími stavbami.</div> </div>
	1	
	2	
	3	
Typ krajiny		2,00
Součinitel expozice	c_e [-]	1,00
Zatížení sněhem na střeše	s_1 [kN/m ²]	1,03





Výkres tvaru střešní konstrukce

[Rám R1] EC 3; jed.posudek... VYHOVÍ



[Rám R1] Příčel

Lineární výpočet, Extrém : Prvek

Výběr : B37

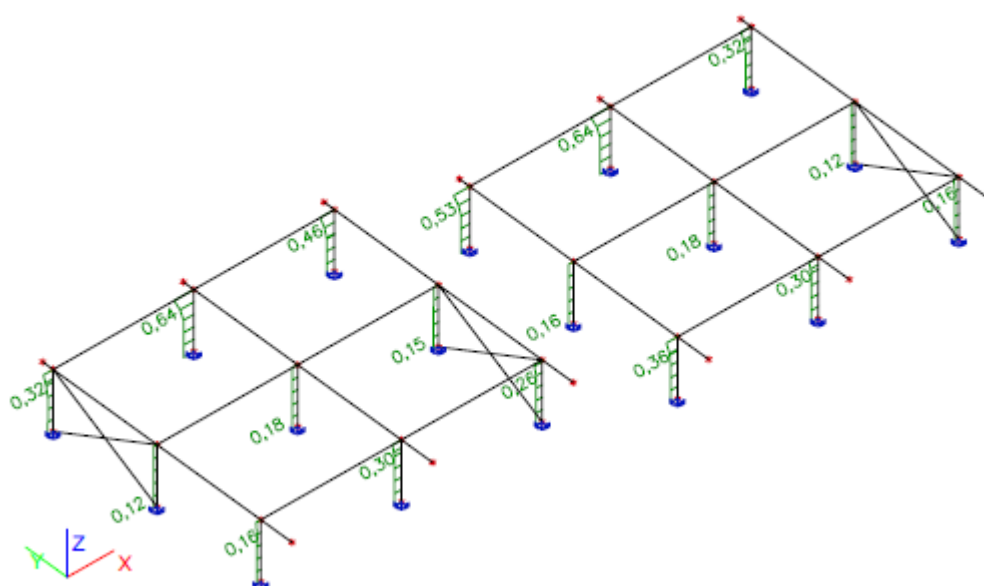
Kombinace : C01

EN 1993-1-1 posudek

Prut B37	HEB200	S 235	C01/1	0.95
----------	--------	-------	-------	------

Hlavní rámy HEB 200 – využití 95% – pro přetížení 1,5% vyhoví

[Sloupy] EC 3; jed.posudek... VYHOVÍ



[Sloupy] posudek nejvíce namáhaného sloupu

Lineární výpočet, Extrém : Prvek

Výběr : B13

Kombinace : C01

EN 1993-1-1 posudek

Prut B13 HEB200 S 235 C01/1 0.64

Sloupy HEB 200 – využití 64% – pro přitížení 1,5% vyhoví

- aktualizace rekonstrukce a nástavba

Resslova - střešní nosník mezi rámy; L=7200

Zatížení rovnoměrné, z	1/cos(α)	q (kNm ⁻²)	ZS	q (kNm ⁻¹)	Tvární	γ	ψ 6.10a	ψ 6.10b
Vlastní tíha trámu		0,26	Stálá	0,26	Stálá	1,35	1	0,85
Skládka střešního pláště - stálá složka	1,000	2,920	1	2,920	Stálá	1,35	1	0,85
Sníh, živý i vlnivý	1,000	1,320	1	1,320	Sčítanodobě	1,5	0,5	1

Zatížení osamělé, z	q (kNm ⁻¹)	ZS	F (kN)	Tvární	γ	ψ 6.10a	ψ 6.10b
není	0	0	0	Stálá	1,35	1	0,85
není	0	0	0	Sčítanodobě	1,5	0,7	1

Přehled zatížení	Zatížení rovnoměrné, z	Zatížení osamělé, z	Typ momentu a podpor:
F ₁ Kombinací součinitel nahodilého zatížení	0,900	0,700	parabolický (podpory kloub-kloub)
F ₂ Kombinací součinitel nahodilého zatížení	0,000	0,600	k _c - opravný součinitel klopení: 0,94
Kombinace MSÚ (max 6.10a a 6.10b)	5,632 kNm-1	0,000 kN	if _z (1) - poloměr setrvačnosti tláčená 1/3 0,0288 m
Kombinace MSP (charakteristická)	4,502 kNm-1	0,000 kN	if _z (2) - uzavřená 0,0621 m
K _{mod1} a K _{mod2} MSÚ	-	-	if _z (2) - otevřená 0,0621 m

Vzorce návrhových veličin

Moment pro : Zatížení rovnoměrné, z	Posouvající síla pro : Zatížení rovnoměrné, z	Průhybová čára pro : Zatížení rovnoměrné, z
36,49 1 q (kNm-1) L ² 8	20,27 1 q (kNm-1) L ¹ 2	27,08 5 q (kNm-1) L ⁴ 384 E I
Moment pro : Zatížení osamělé, z	Posouvající síla pro : Zatížení osamělé, z	Průhybová čára pro : Zatížení osamělé, z
0,00 1 F (kN) L ¹ 4	0,00 1 F (kN) L ⁰ 2	0,00 1 F (kN) L ³ 48 E I

PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

Definice průřezu:	průřez	počet	L (mm)	L _c (mm)
typ průřezu; počet průřezů vedle sebe; L - rozpětí teoretické; L _c - zajištění proti klopení	IPE220	1	7200	1
průřez spolu působí na klopení ?	NE	trída průřezu:	3	-
A - plocha průřezu / I _y - moment setrvačnosti y / W _y - průřezový modul y	0,00334	2,77E-05	2,52E-04	m ² / m ⁴ / m ³
A _w - plocha průřezu na smyk / I _z - moment setrvačnosti z / W _z - průřezový modul z	0,00130	0,00000205	3,73E-05	m ⁴ / m ³

MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Ocel třídy:				EN 10025-2: S235 -			
gamma _{m0} (únosnost) / m ² (stabilita) / m ² (únosnost s tuhem)		γ _{m0} = 1,00		γ _{m1} = 1,00		γ _{m2} = 1,25 -	
Výpis materiálových vlastností:				X _k Ručně		X _k	
f _y (≤40mm)	NE	235,00	MPa	f _u (40mm<≤80mm)	NE	360,00	MPa
f _t (≤40mm)	NE	360,00	MPa	E - modul pružnosti	NE	210000,00	MPa
f _y (40mm<≤80mm)	NE	215,00	MPa	G - modul pružnosti ve smyku	NE	81000,00	MPa

I. MS únosnosti - ohyb s ověřením klopení

VYHOVÍ

Med =	36,49	kNm
Mc,Rd=Med/Rd = Wel,min * fy / gamma,m0	59,18	kNm
Med / Mc,Rd	0,62	MPa
lambda1 = 93,91297 -	lambda,c0 = lambda,LT,0+0,1=0,5	#z= 0,0288 m
		L,clim 2,34 m

Přehled posudků:	posudek	stručný popis posudku
dle 6.2.5 (6.14) (Med / Mc,Rd)	0,617	ohyb bez klopení
dle 6.3.2.4 (6.59) (L _c ≤ L _{clim})	0,000	ověření klopení

ROZHODUJE: dle 6.2.5 (6.14) (Med / Mc,Rd) 0,62 ohyb bez klopení VYHOVÍ

I. MS únosnosti - smyk

VYHOVÍ

Vd1 Posouvající síla návrhová pro : Zatížení rovnoměrné, z	20,27	kN
Vd2 Posouvající síla návrhová pro : Zatížení osamělé, z	0,00	kN
Sy = statický moment horní části průřezu = 0,000136639 m ³	t _w = 5,9	mm
Tau Ed, (celkem) = (Vd1+Vd2) * Sy / (Iy * tw)	16,95	MPa
SMYK - využití průřezu (jednotkový posudek)	Využití průřezu = Tau Ed / (fy / (3*0,5 * gamma _{m0})) <= 1,00	0,12

II. MS použitelnosti

VYHOVÍ

Průhyby jsou počítány v charakteristické kombinaci a s modulem pružnosti E=210000 MPa			
u ₁ - průhyb pro (Zatížení rovnoměrné, z)		27,08	mm
u ₂ - průhyb pro (Zatížení osamělé, z)		0,00	mm
u ₁ , celkový průhyb	27,08 mm	= 1/ 266	L
u ₁ , limitní	28,80 mm	= 1/ 250	L
II. MS - využití průřezu z hlediska průhybu		0,94	-

OCEL ČSN EN 1993-1-1 OHYB S KLOPENÍM A SMYK (TRÍDA 3)

Stropnice IPE 220 – využití 94% – pro přitížení 1,5% vyhoví

Resslova - střešní nosník mezi rámy, L=4270

Zatížení rovnoměrné, z	1/cos(α)	q (kNm ⁻²)	ZS	q (kNm ⁻²)	Trvání	y	ψ 6.10a	ψ 6.10b
Vlastní tíha trámy				0,16	Stálá	1,35	1	0,85
Skládka střešního pláště - stálá složka	1,000	2,920	1	2,920	Stálá	1,35	1	0,85
Snih, jehleve III. oblast	1,000	1,320	1	1,320	Slednádobě	1,5	0,5	1

Zatížení osamělé, z	q (kNm ⁻²)	ZS	F (kN)	Trvání	y	ψ 6.10a	ψ 6.10b
není	0	0	0	Stálá	1,35	1	0,85
není	0	0	0	Slednádobě	1,5	0,7	1

Přehled zatížení	Zatížení rovnoměrné, z	Zatížení osamělé, z	Typ momentu a podpor:
W ₁ Kombinace součinitel nahodilého zatížení	0,500	0,700	parabolický (podpory kloub-kloub)
W ₂ Kombinace součinitel nahodilého zatížení	0,000	0,600	k _{ic} - opravný součinitel klopění: 0,94
Kombinace MSÚ (max 6.10a a 6.10b)	5,512 kNm ⁻¹	0,000 kN	f _{z1} - poloměr setrvačnosti tláčené 1/3 0,0214 m
Kombinace MSP (cha. charakteristik)	4,398 kNm ⁻¹	0,000 kN	f _{z2} - uzavřená 0,0463 m
K _{mod1} a K _{mod2} MSÚ	-	-	f _{z2} - otevřená 0,0463 m

Vzorce návrhových veličin

Moment pro : Zatížení rovnoměrné, z	Posouvající síla pro : Zatížení rovnoměrné, z	Průhybová čára pro : Zatížení rovnoměrné, z
12,56 1 q (kNm ⁻¹) L ² /8	11,77 1 q (kNm ⁻¹) L ¹ /2	10,43 5 q (kNm ⁻¹) L ⁴ /384 E
Moment pro : Zatížení osamělé, z	Posouvající síla pro : Zatížení osamělé, z	Průhybová čára pro : Zatížení osamělé, z
0,00 1 F (kN) L ³ /4	0,00 2 F (kN) L ² /3	0,00 1 F (kN) L ³ /48 E

PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

Definice průřezu:	průřez	počet	L [mm]	L _c [mm]
typ průřezu; počet průřezů vedle sebe; L - rozpětí teoretické; L _c - zařazení proti klopění	IPE160	1	4270	1
průřez spolu působí na klopění ?	NE	3	-	-
A - plocha průřezu / I _y - moment setrvačnosti y / W _y - průřezový modul y	0,00201	8,69E-06	1,09E-04	m ² / m ⁴ / m ³
I _w - plocha průřezu na smyk / I _z - moment setrvačnosti z / W _z - průřezový modul z	0,00080	0,000000683	1,67E-05	m ⁴ / m ³

MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Ocel třídy:			EN 10025-2: S235		
gamma _{m0} (žirovnat) / m (stabilita) / m ² (žirovnat s tahem)		gamma _{m0} = 1,00	gamma _{m1} = 1,00	gamma _{m2} = 1,25	
Výpis materiálových vlastností:		X _k Ručně	X _k	X _k Ručně	X _k
f _y (<=40mm)	NE	235,00	MPa	f _u (40mm<=80mm)	NE 360,00 MPa
f _u (<=40mm)	NE	360,00	MPa	E - modul pružnosti	NE 210000,00 MPa
f _y (40mm<=80mm)	NE	215,00	MPa	G - modul pružnosti ve smyku	NE 81000,00 MPa

I. MS únosnosti - ohyb s ověřením klopění

Med =	12,56	kNm			
Mc,Rd=Med/Rd = Wel,min * fy / gamma,m0	25,53	kNm			
Med / Mc,Rd	0,49	MPa			
lambda 1 = 93,91297	lambda,c0 = lambda,LT,0+0,1=0,5	#z= 0,0214 m	Lc,lim	2,18	m
Přehled posudků:	posudek	stručný popis posudku			
dle 6.2.5 (6.14) (Med / Mc,Rd)	0,492	ohyb bez klopění			
dle 6.3.2.4 (6.59) (Lc=Lc,lim)	0,000	ověření klopění			
ROZHODUJE: dle 6.2.5 (6.14) (Med / Mc,Rd)	0,49	ohyb bez klopění			VYHOVÍ

I. MS únosnosti - smyk

Vd1 Posouvající síla návrhová pro : Zatížení rovnoměrné, z	11,77	kN
Vd2 Posouvající síla návrhová pro : Zatížení osamělé, z	0,00	kN
Sy = statický moment horní části průřezu = 5,94757E-05 m ³	t _w	5 mm
Tau Ed, (celkem) = (Vd1+Vd2) * Sy / (I _y * t _w)	16,11	MPa
SMYK - využití průřezu (jednotkový posudek)	Využití průřezu = Tau Ed / (fy / (3*0,5 * gamma _{m0})) <= 1,00	0,12 -

II. MS použitelnosti

Průhyby jsou počítány v charakteristické kombinaci a s modulem pružnosti E=210000 MPa			
u ₁ , průhyb pro (Zatížení rovnoměrné,z)		10,43	mm
u ₂ , průhyb pro (Zatížení osamělé,z)		0,00	mm
u, celkový průhyb	10,43 mm	= 1/ 409	L
u, limitní	17,08 mm	= 1/ 250	L
II.MS - využití průřezu z hlediska průhybu		0,61	-

OCEL ČSN EN 1995-1-1 OHYB S KLOPENÍM A SMYK (TŘÍDA 3)

Stropnice IPE 160 – využití 61% – pro přitížení 1,5% vyhoví



Sonda do střešního pláště



Skladba střešního pláště



Pohled na střechu

Závěr

Osazení FVE panelů na střechu haly je ze statického hlediska možné v případě, že budou osazeny uvažovaným plošným přetížením 35kg/m^2 včetně kotvících prvků.

Osazení panelů je nutné provést tak, aby nevzniklo dodatečné přetížení od klimatických vlivů.

Srovnávacím statickým výpočtem bylo prokázáno, že nová skladba střechy včetně přetížení FVE panely nepřekročí původně uvažovaná zatížení nosné konstrukce střechy. Současně byly provedeny sondy do skladby střešního pláště pro ověření skladby střešních souvrství.

Dne 10/2023

Vypracoval: Ing. Jan Kovářů