

STATICKÉ POSOUZENÍ

1. Základní údaje

Akce:	„FVE Čepro - Cerekvice“
Místo:	areál společnosti Čepro a.s. – Cerekvice nad Bystřicí
Investor:	Čepro a.s.
Hlavní inženýr projektant:	Ing. Miroslav Calda
Profese (část):	Stavebně-konstrukční (statika)
Zpracovatel části (statika):	Ing. Tomáš Čtvrtečka
Odpovědný projektant části:	Ing. Jiří Houra
Datum:	01/2020

2. Rozsah projektu

Předmětem dokumentace je statické posouzení únosnosti střešních konstrukcí na objektech společnosti Čepro a.s. z důvodu přitížení střešních konstrukcí instalací fotovoltaické elektrárny. Jedná se o areál Cerekvice nad Bystřicí.

Dokumentace je zpracována v podrobnosti projektu pro stavební povolení a nenahrazuje dokumentaci prováděcí, dodavatelskou, příp. dílenskou.

3. Podklady

Statická část projektu vychází z následujících podkladů:

- I. části archivní dokumentace vybraných objektů (půdorysy, řezy, pohledy)
- II. fotodokumentace poskytnutá projektantem z prohlídky stavby - 2019
- III. schematické vyznačení rozsahu FVE na střeších objektů v aktuálním stupni zpracovanosti

4. Obecný popis FVE

Záměrem investora jsou stavební úpravy představující instalaci střešního fotovoltaického systému (FVE) na střechy objektů v areálu Cerekvice nad Bystřicí společnosti Čepro. Střešní konstrukce posuzovaných objektů jsou velmi rozmanité, a proto jsou podrobně popsány pro každý objekt zvlášť v následujících kapitolách. Materiálově jsou střechy posuzovaných objektů řešeny jako dřevěné, ocelové nebo železobetonové.

Vlastní instalace FVE se bude skládat z fotovoltaických panelů, které budou podle typu střechy umístěny na lehké typové zátěžové konstrukci (stabilizace pomocí zátěže) nebo na lehké typové pomocné konstrukci kopírující sklon střešní krytiny (stabilizace pomocí kotvení).

Výše uvedené stavební úpravy převážně nevyžadují zásah do stávajících nosných konstrukcí a významně nemění vzhled budovy. U vybraných objektů je navrženo zesílení stávající střešní konstrukce. Zesílení je podrobně popsáno v dalších kapitolách u vybraných objektů. Stavební úpravy výrazně nemění výškové ani půdorysné uspořádání objektu. Zastavěná plocha ani další statistické údaje se nemění.

Veškeré stavební práce budou probíhat na těchto pozemcích investora, jiné pozemky nebudou průběhem prací dotčeny. Stávající objekt je napojen na veškeré potřebné inženýrské sítě.

Vlastní instalace FVE se bude skládat z fotovoltaických panelů, z typové pomocné konstrukce a

střídačů. Tato soustava fotovoltaických panelů produkuje elektrickou energii, která je spotřebována pro vlastní spotřebu objektů a přebytek je dodán do místní distribuční sítě. Fotovoltaický systém obsahuje všechny nezbytné komponenty pro montáž na střechy objektů, kabelový rozvod, soustavu síťových invertorů a rozvaděč el. výroby RFVE.

5. Stručný popis FVE stabilizované pomocí zátěže

V případě plochých střech nebo střech s mírným sklonem budou jednotlivé panely umístěny na lehké hliníkové konstrukci a přitíženy pomocí betonových dlaždic. Výše uvedené stavební úpravy nevyžadují zásahy do stávajících nosných konstrukcí a nemění vzhled budovy. Výjimkou jsou vybrané objekty, u kterých je navrženo zesílení střešní konstrukce nebo kotvení prostřednictvím pomocné konstrukce. Hmotnost panelů, typové konstrukce a zátěže nepřekračuje **40,0 kg/m²**.

FVE systém je instalován na modulární stavební systém z hliníkových profilů, umožňující kotvení fotovoltaických panelů k rovině plochých střech pod libovolným úhlem (30°). Konstrukce je vyrobena z hliníkových profilů, materiál AW6063. Veškerý spojovací materiál je použitý s antikorozi povrchovou úpravou. Systém šroubových spojů umožňuje rychlou montáž bez nutnosti vrtání otvorů a eliminaci malých nepřesností, které mohou vzniknout při montáži v terénu. Konstrukce je sestavena ze tří konstrukčních celků spojených pomocí šroubů a matic s antikorozi povrchovou úpravou. Fotovoltaický panel je ke konstrukci přichycen pomocí hliníkových krajových a středových úchytlů. Zatížení konstrukcí pomocí betonových dlaždic v místech určených konstrukčním řešením. Zpracovatel PD umožňuje i jiné technicky a kvalitativně srovnatelné řešení.

6. Stručný popis FVE stabilizované pomocí kotvení ke konstrukci střechy

V případě šikmých střech budou jednotlivé panely umístěny na lehké hliníkové konstrukci, umožňující kotvení fotovoltaických panelů přímo ke střešní konstrukci. Výše uvedené stavební úpravy nevyžadují zásahy do stávajících nosných konstrukcí a nemění vzhled budovy. Výjimkou jsou vybrané objekty, u kterých je navrženo zesílení střešní konstrukce nebo kotvení prostřednictvím pomocné konstrukce. Hmotnost panelů a typové konstrukce nepřekračuje **25,0 kg/m²**.

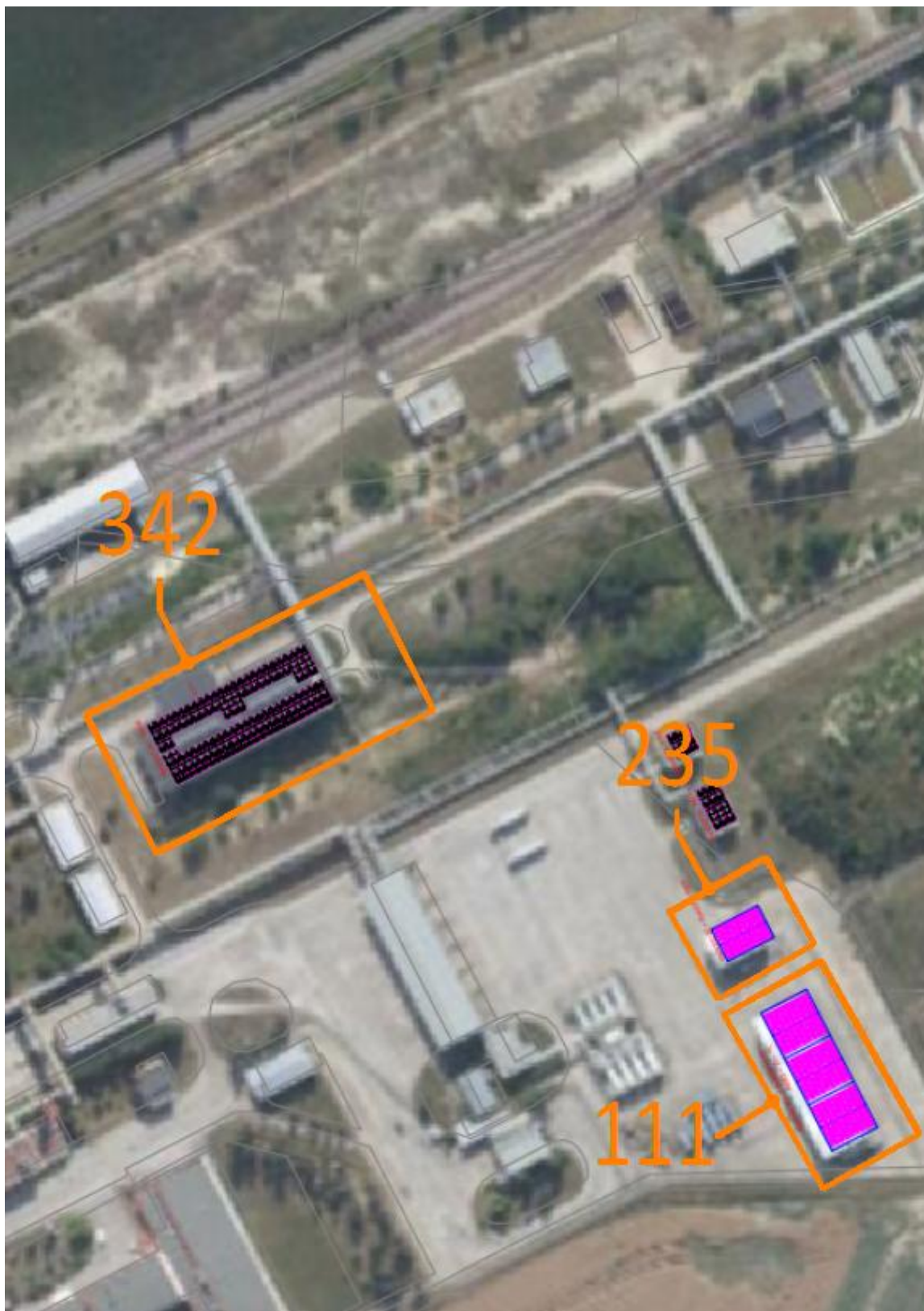
FVE systém je instalován na modulární stavební systém z hliníkových profilů, umožňující kotvení fotovoltaických panelů k střešní konstrukci. Veškerý spojovací materiál je použitý z nerezavějící oceli A2, jiný materiál z důvodu možného vzniku koroze není povolen. Systém šroubových spojů umožňuje rychlou montáž bez nutnosti vrtání otvorů a eliminaci malých nepřesností, které mohou vzniknout při montáži v terénu. Konstrukce je sestavena ze tří konstrukčních celků spojených pomocí nerezových šroubů a matic. Mezi dvěma konstrukcemi je zezadu připevněn hliníkový krycí plech. Fotovoltaický panel je ke konstrukci přichycen pomocí hliníkových krajových a středových úchytlů. Zpracovatel PD umožňuje i jiné technicky a kvalitativně srovnatelné řešení.

7. Statický výpočet a použitá zatížení

Statický výpočet objektů byl proveden na 3D/2D modelech v programu Scia Engineer nebo byl proveden „ruční“ výpočet. Zatížení bylo uvažováno ve shodě s ČSN EN 1991. Obecně bylo uvažováno následující zatížení:

- vlastní hmotnosti nosných konstrukcí
- stálé zatížení dle předaných skladeb
- přitížení od FVE (40,0 kg/m² nebo 25,0 kg/m²)
- užité zatížení – střechy přístupné pouze za účelem údržby - 0,75 kN/m²
- zatížení sněhem - II. sněhové oblast – $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$
- zatížení větrem – II. větrová oblast – $v_b = 25,0 \text{ m/s}$

8. Schéma posuzovaných objektů



9. Objekt 342 – ŽB hala – kotelna

Jedná se o železobetonovou halu s mírným sklonem sedlové střechy. Krytinu tvoří dle archivní dokumentace natavitelné pásy Bitagit E. Izolace Polsid je nalepena na vyrovnávací cem. potěr tl. 50 mm. Potěr je proveden na střešních železobetonových panelech PPS 21/4 o rozměrech 1200/600 mm (panely tvaru obráceného písmene U). Stropní panely jsou uloženy na prefabrikované železobetonové průvlaky RZT 6/4 o rozměrech 300/600 mm. Rozpon panelů je 11,7 m. Rozpon průvlaků je 6,0 m. Průvlaky jsou uloženy na žb sloupy VZJ 209/5 o rozměrech 500/600 mm.

Přítížení střechy od zátěžové FVE je $40,0 \text{ kg/m}^2$. Vzhledem k tomu, že se jedná o masivní železobetonovou konstrukci, předpokládá se dostatečná rezerva v únosnosti pro instalaci FVE. Tento předpoklad je v následujícím textu ověřen výpočtem.

Závěr:

Byly posouzeny stropní panely typu PPS 21/4 na přítížení od zátěžové FVE jejíž hmotnost nepřekračuje 40 kg/m^2 . Stropní panely vyhovují! Stropní trávy 300/600 mm nebyly posouzeny ale vzhledem k jejich dimenzi, rozponu a malému přítížení se předpokládá dostatečná rezerva v únosnosti.

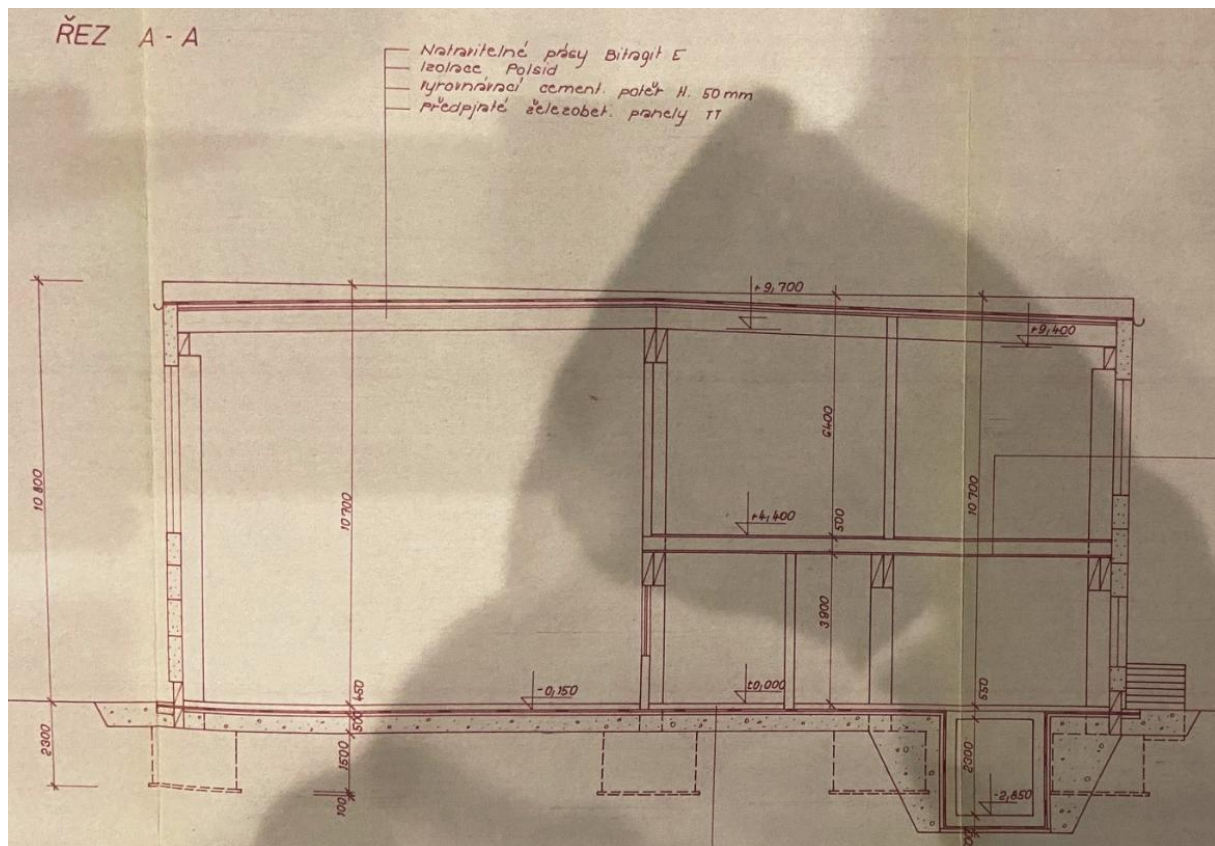
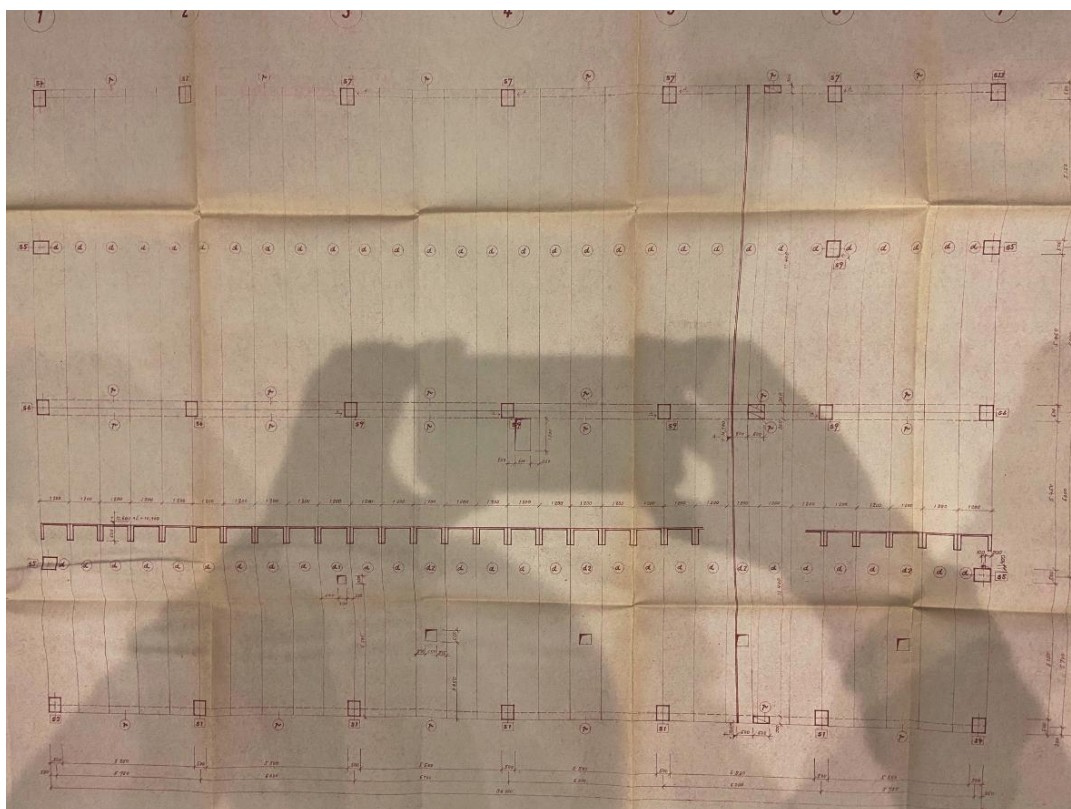


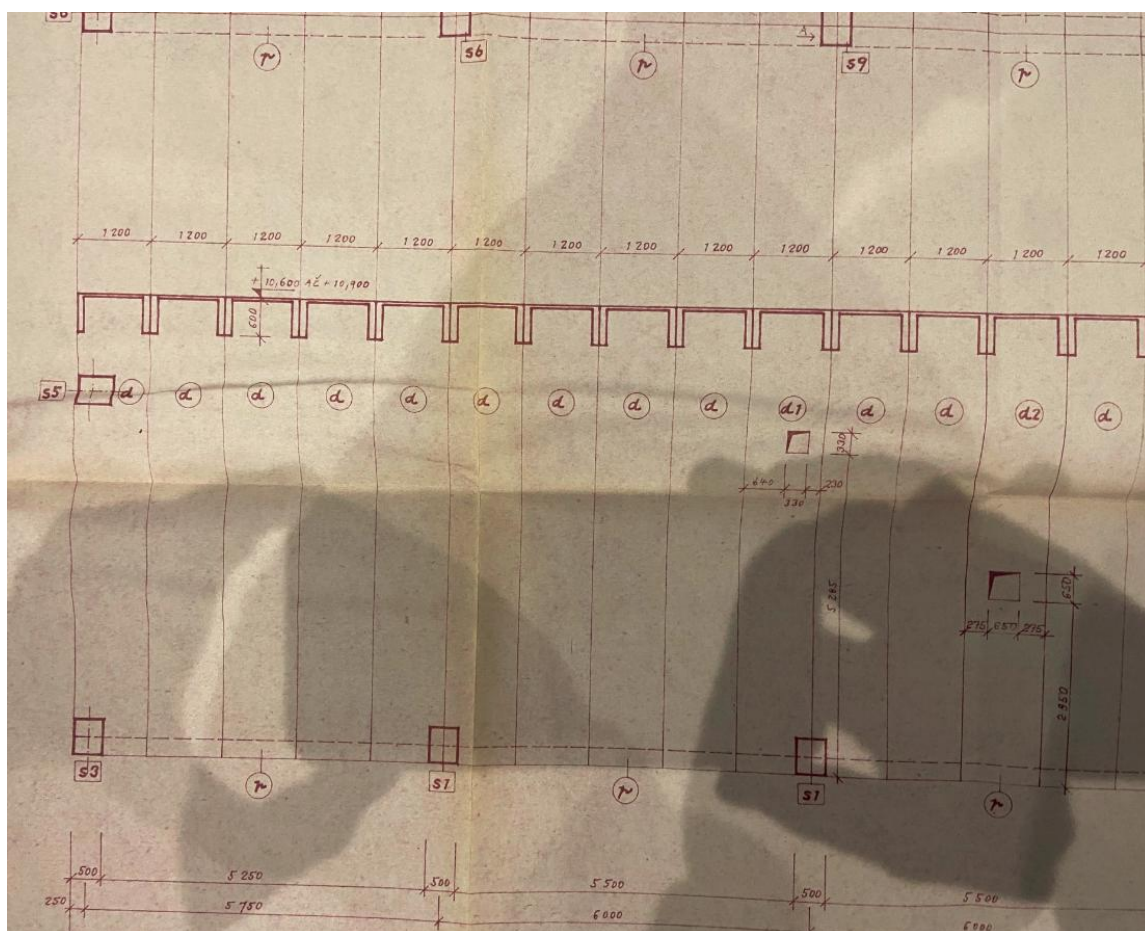
schéma haly v řezu – archivní dokumentace



pohled zevnitř haly na panely, průvlaky a sloupy



půdorys haly – archivní dokumentace



půdorys haly (výřez) – archivní dokumentace

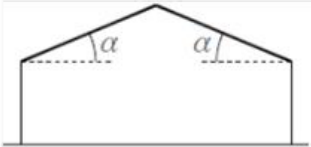

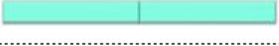

PREFABRIKÁTY:

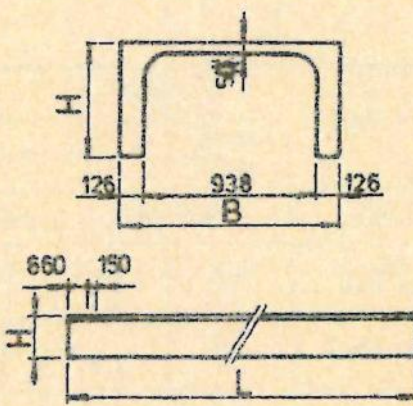
ZN	NÁZEV	TYP. OZN.	KS
r	PŘÍČLE	RZT 6/4	24
d	STŘEŠNÍ PANEL	PPS 21/4	55
S7	SLoup	VZJ 209/5 UPR. TYP	4
S9	"	VZJ 209/5 "	5
d1	STŘEŠNÍ PANEL	PPS 21/4 UPR. TYP	1
d2	"	PPS 21/4 "	4

tabulka prefabrikátů – archivní dokumentace

Zatížení stálé (dle ČSN EN 1991-1)					
Popis	tl.	ρ	Charakterist.	γ_f	Návrhové
	[mm]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	--	[kN/m ²]

Skladba střechy objektu 342 - kotelna					
Fotovoltaické panely zátěžové			0,400	1,35	0,540
Ipenka + polsid			0,200	1,35	0,270
cementový potěr	50	20,0	1,000	1,35	1,350
Stálé celkem			1,600		2,160

Zatížení sněhem: Sedlová střecha											
Podle normy: ČSN EN 1991-1-3:2006/Z1:2006			Datum:								
Prvek: Střecha objektu			Vypracoval:								
Údaje o stavbě:		Lokalita: Cerekvice nad Bystřicí									
Sněhová oblast:	II	Sklon střechy: $\alpha =$	5,0°								
Topografie:	normální										
Zatížení:	$s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$	$C_e = 1,0$	$C_t = 1,0$ $\mu_1 = 0,80$								
$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,80 \text{ kN/m}^2$		<table border="1"> <tr> <td>α</td> <td>$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$</td> <td>$30^\circ < \alpha < 60^\circ$</td> <td>$\alpha \geq 60^\circ$</td> </tr> <tr> <td>$\mu_1$</td> <td>0,8</td> <td>$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$</td> <td>0,0</td> </tr> </table>		α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$	μ_1	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0
α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$								
μ_1	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0								
Zatěžovací stavy:											
SN1:	$0,5 \cdot s = 0,40 \text{ kN/m}^2$		$s = 0,80 \text{ kN/m}^2$								
SN2:	$s = 0,80 \text{ kN/m}^2$		$s = 0,80 \text{ kN/m}^2$								
											

Rozměry a technické vlastnosti							
Značka	Základní rozměry			Objem (m ³)	Hmotnost (kg)	q _{dov} ¹⁾ (kN/m ²)	M _q ²⁾ (kNm)
	L	B	H				
	± 20	± 6	± 6				
	(mm)			(m ³)	(kg)	(kN/m ²)	(kNm)
Zobrazení							
PPS 21/4	11 970			2,586	6 724	9,2	284,73
PPS 25/4	14 970	1190	590	3,235	8 411	7,1	381,40
PPS 29/4	17 970			3,884	10 098	5,5	477,77
Poznámka	¹⁾ q _{dov} je dovolené zatížení bez vlastní hmotnosti. ²⁾ M _q je dovolený moment od normového zatížení včetně vlastní hmotnosti.						

předpokládaný typ žebírkových panelů dle Rochlových tabulek

Dovolené namáhání střešních panelů $q_{dov} = 9,2 \text{ kN/m}^2 > \text{celkové zatížení vč. přitížení } f = 2,4 \text{ kN/m}^2$

VYHOVUJE

10. Objekt 235 – ocelová hala - garáž

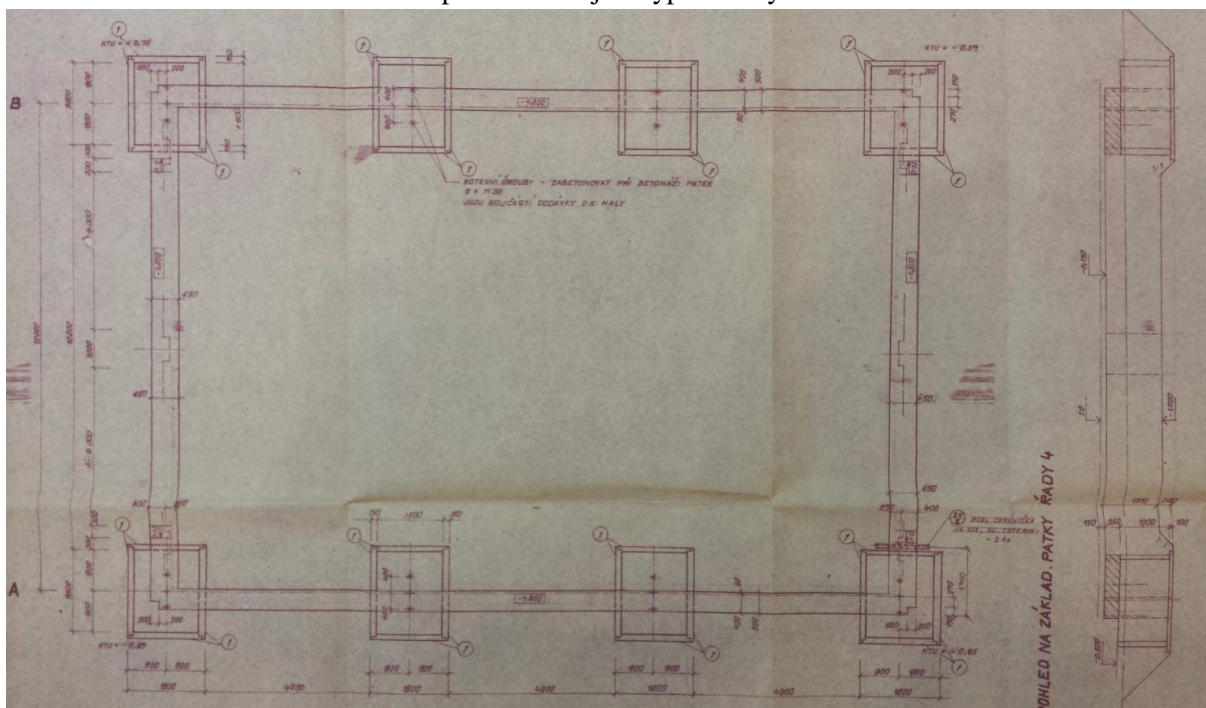
Jedná se o ocelovou halu se sklonem sedlové střechy cca 15°. Ocelová hala je typová konstrukce soustavy HARD P 12-5,7 – III-PP-A RD Jeseník. Osový modul haly 6,0 m. Rozpon hlavních vazníků je 12,0 m. Krytinu tvoří sendvičová konstrukce složená ze dvou trapézových plechů mezi kterými je vložena minerální plst' tl. 80 mm. Tato typová hala je dle dostupných informací použitelná do I. až III. sněhové oblasti. Vzhledem k tomu, že hala je umístěna ve II. sněhové oblasti představuje tento fakt dostatečnou rezervu pro instalaci FVE na střechu objektu.

Závěr:

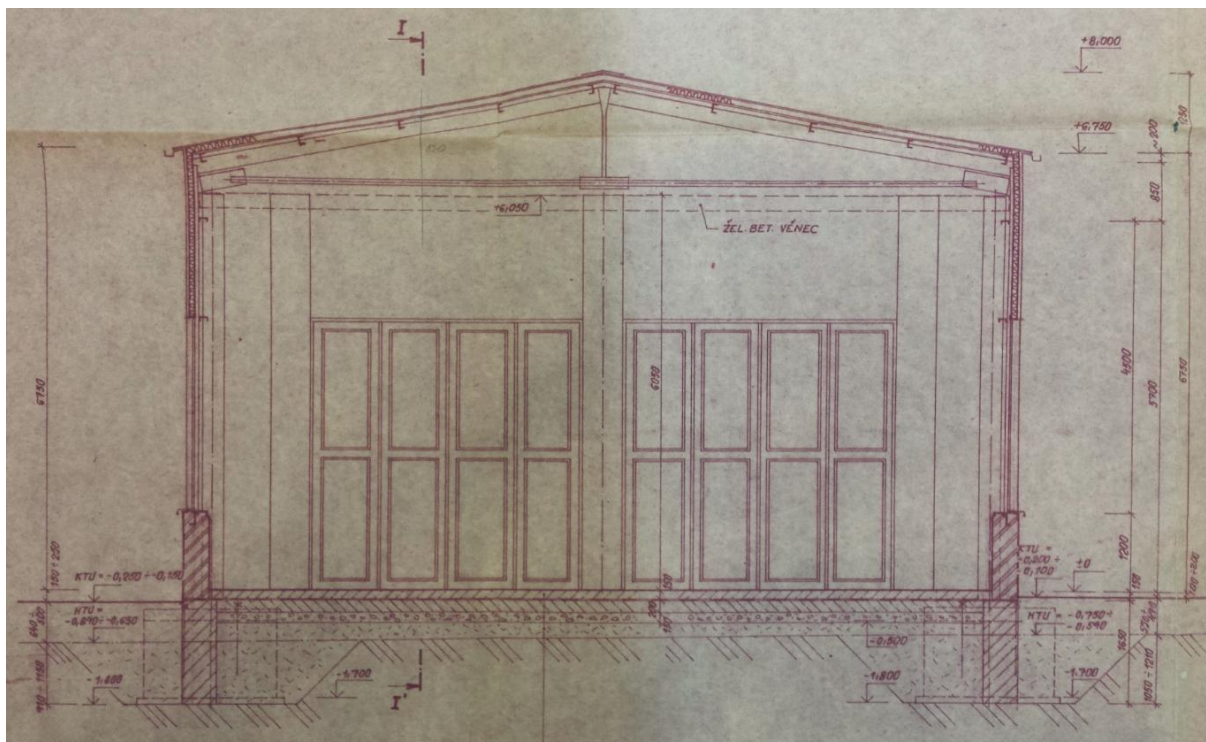
Konstrukce typové haly byla dimenzovaná s dostatečnou rezervou na přetížení od kotvené FVE jejíž hmotnost nepřekračuje 25 kg/m². FVE je možné umístit na střechu objektu.



pohled na objekt typové haly



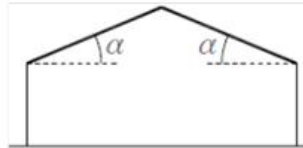
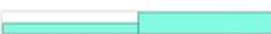
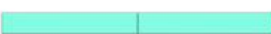
půdorysné schéma základů haly – archivní dokumentace

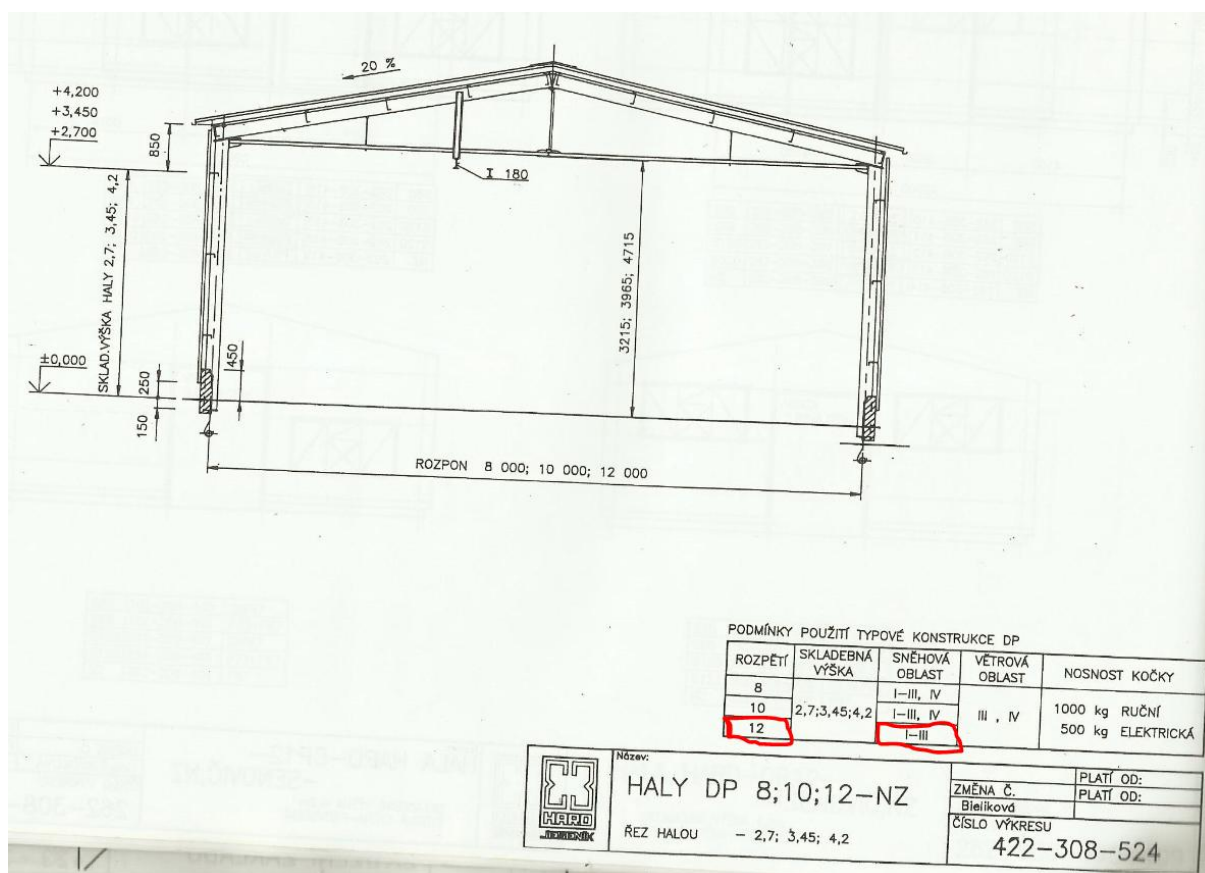


schematický řez – archivní dokumentace

Zatížení stálé (dle ČSN EN 1991-1)					
Popis	tl.	ρ	Charakterist.	γ_f	Návrhové
	[mm]	[kJ/m^3]	[kJ/m^2]	--	[kJ/m^2]

Skladba střechy objektu 235 - garáž					
Fotovoltaické panely kotvené			0,250	1,35	0,338
trapézový plech			0,150	1,35	0,203
minerálníá plst	80	1,0	0,080	1,35	0,108
trapézový plech			0,150	1,35	0,203
Stálé celkem			0,630		0,851

Zatížení sněhem: Sedlová střecha											
Podle normy: ČSN EN 1991-1-3:2006/Z1:2006		Datum:									
Prvek: Střecha objektu		Vypracoval:									
Údaje o stavbě:		Lokalita: Cerekevce nad Bystřicí									
Sněhová oblast: II	Sklon střechy: $\alpha = 15,0^\circ$										
Topografie: normální											
Zatížení: $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$ $C_e = 1,0$ $C_t = 1,0$ $\mu_1 = 0,80$											
$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,80 \text{ kN/m}^2$											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>α</th> <th>$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$</th> <th>$30^\circ < \alpha < 60^\circ$</th> <th>$\alpha \geq 60^\circ$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>μ_1</td> <td>0,8</td> <td>$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$</td> <td>0,0</td> </tr> </tbody> </table>				α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$	μ_1	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0
α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$								
μ_1	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0								
Zatěžovací stavy:											
SN1: $0,5 \cdot s = 0,40 \text{ kN/m}^2$  $s = 0,80 \text{ kN/m}^2$											
SN2: $s = 0,80 \text{ kN/m}^2$  $s = 0,80 \text{ kN/m}^2$											



projektové podklady typové haly HARD s vyznačením uvažované sněhové oblasti

11. Objekt 111 – ocelová hala – přístřešky pro AC

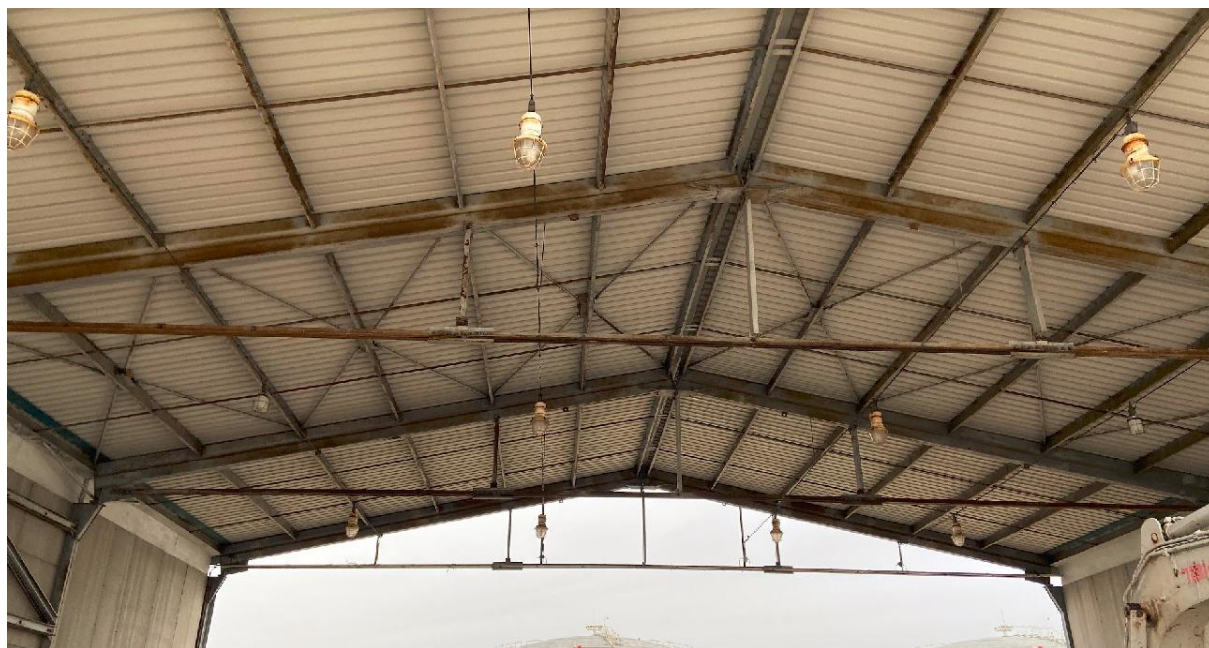
Jedná se o ocelovou třílodní halu se sklonem sedlové střechy cca 15°. Ocelová hala je typová konstrukce soustavy HARD P 18-5,7 – III-PP-A RD Jeseník. Osový modul haly 6,0 m. Rozpon hlavních vazníků je 18,0 m. Krytinu tvoří trapézový plech. Tato typová hala je dle dostupných informací použitelná do I. až III. sněhové oblasti. Vzhledem k tomu, že hala je umístěna ve II. sněhové oblasti představuje tento fakt dostatečnou rezervu pro instalaci FVE na střechu objektu.

Závěr:

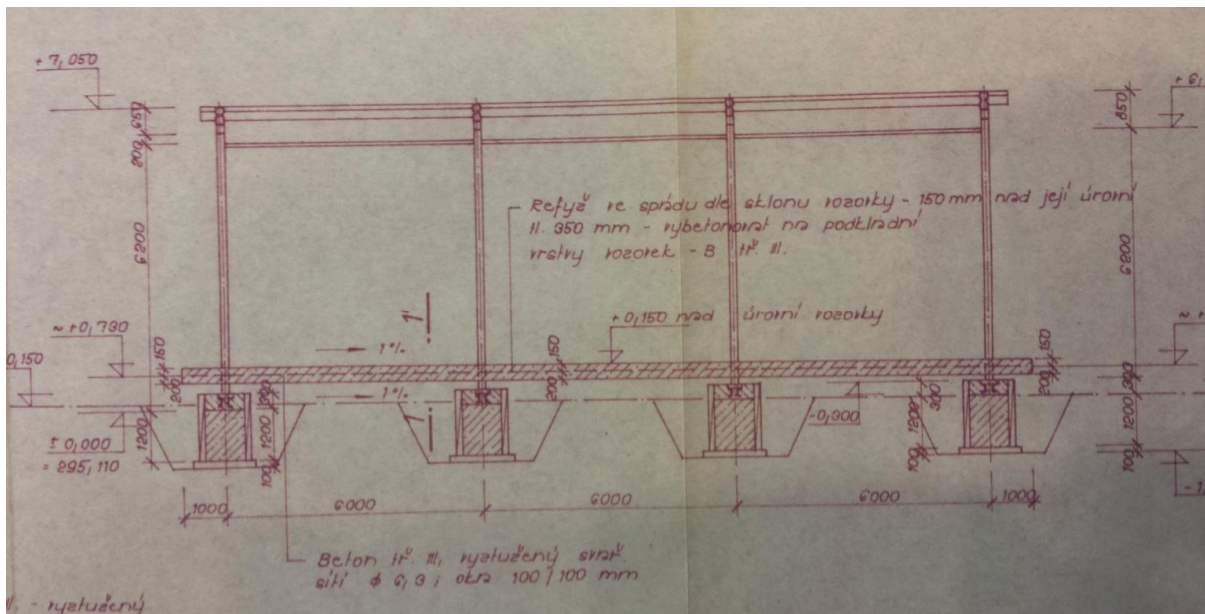
Konstrukce typové haly byla dimenzovaná s dostatečnou rezervou na přitížení od kotvené FVE jejíž hmotnost nepřekračuje 25 kg/m². FVE je možné umístit na střechu objektu.



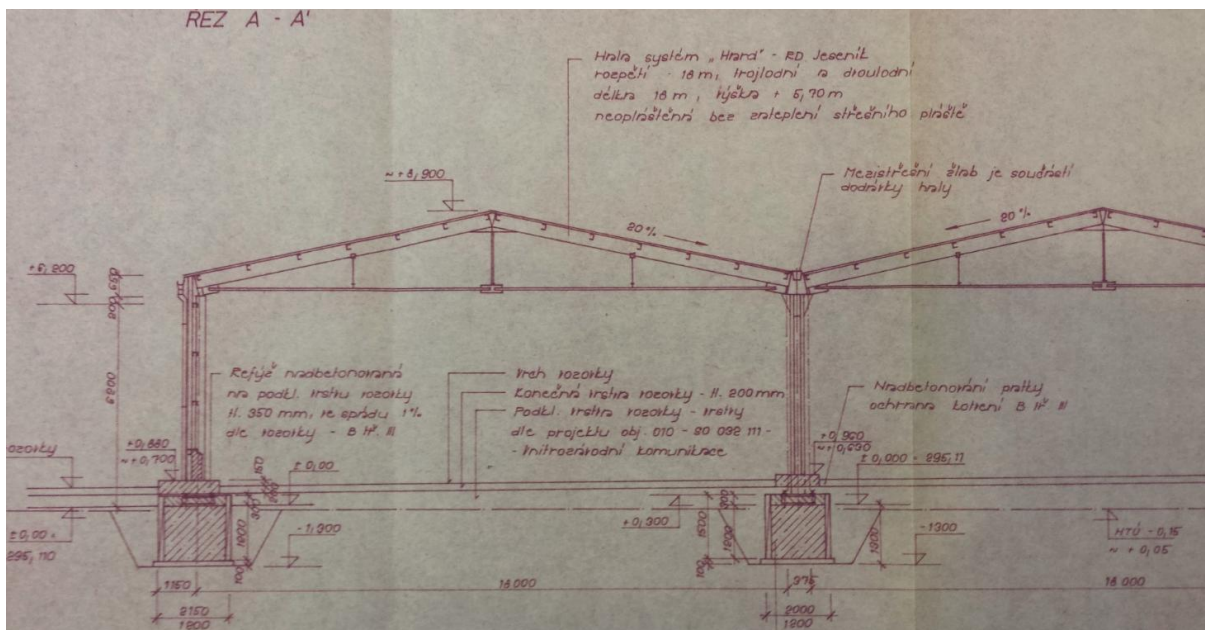
pohled na objekt typové haly



pohled na střešní konstrukci typové haly



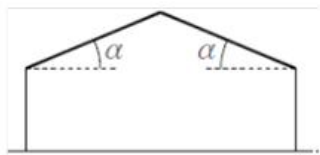



schematický podélný řez – archivní dokumentace



schematický příčný řez – archivní dokumentace

Zatížení stálé (dle ČSN EN 1991-1)					
Popis	tl.	ρ	Charakterist.	γ_f	Návrhové
	[mm]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	--	[kN/m ²]

Skladba střechy objektu 111 - přístřešky pro AC					
Fotovoltaické panely kotvené			0,250	1,35	0,338
trapézový plech			0,150	1,35	0,203
Stálé celkem			0,400		0,540

Zatížení sněhem: Sedlová střecha											
Podle normy: ČSN EN 1991-1-3:2006/Z1:2006		Datum:									
Prvek: Střecha objektu		Vypracoval:									
Údaje o stavbě:		Lokalita: Cerekevce nad Bystřicí									
Sněhová oblast: II	Sklon střechy: $\alpha = 15,0^\circ$										
Topografie: normální											
Zatížení:	$s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$	$C_e = 1,0$	$C_t = 1,0$ $\mu_1 = 0,80$								
$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,80 \text{ kN/m}^2$		<table border="1"> <thead> <tr> <th>α</th> <th>$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$</th> <th>$30^\circ < \alpha < 60^\circ$</th> <th>$\alpha \geq 60^\circ$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>μ_1</td> <td>0,8</td> <td>$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$</td> <td>0,0</td> </tr> </tbody> </table>		α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$	μ_1	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0
α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$								
μ_1	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0								
Zatěžovací stavy:											
SN1:	$0,5 \cdot s = 0,40 \text{ kN/m}^2$		$s = 0,80 \text{ kN/m}^2$								
SN2:	$s = 0,80 \text{ kN/m}^2$		$s = 0,80 \text{ kN/m}^2$								
											

12. Použité normy a literatura

Projektová dokumentace statické části byla zpracována dle následujících platných norem, předpisů a literatury:

- ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991: Zatížení konstrukcí
- ČSN EN 1992: Navrhování betonových konstrukcí
- ČSN EN 1993: Navrhování ocelových konstrukcí
- ČSN EN 1995: Navrhování dřevěných konstrukcí
- ČSN EN 1996: Navrhování zděných konstrukcí
- ČSN EN 206-1 Beton - Část 1 - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- ČSN EN 13670 – Provádění betonových konstrukcí
- ČSN ISO 13822 - Zásady navrhování konstrukcí - hodnocení existujících konstrukcí
- ČSN EN ISO 17660-1: Svařování – Svařování betonářské oceli – Část 1: Nosné svarové spoje

S přihlédnutím k ČSN řady 73 xxxx (převážně zrušeným nebo tzv. zbytkovým), z nichž především:

- ČSN 73 0035 - Zatížení stavebních konstrukcí
- ČSN 73 1101 - Navrhování zděných konstrukcí
- ČSN 73 1201 - Navrhování betonových konstrukcí
- ČSN 73 1401 - Navrhování ocelových konstrukcí
- ČSN 73 1701 - Navrhování dřevěných konstrukcí
- ČSN 73 1001 – Základová půda pod plošnými základy
- ČSN 73 0031 – Spolehlivost základových konstrukcí a základových půd

13. Závěr

Přetížení od FVE nepřekračuje $40,0 \text{ kg/m}^2$ u zátěžové konstrukce a $25,0 \text{ kg/m}^2$ u kotvené konstrukce. Konstrukce posuzovaných střech byla dimenzována s dostatečnou rezervou, výpočtem byla ověřena únosnost jednotlivých konstrukcí, které zatížení od instalace FVE přenesou.

Za výše uvedených předpokladů lze doporučit instalaci FVE na vybrané objekty společnosti Čepro a.s. v rozsahu viz přílohy. Střešní konstrukce jejímu přetížení vyhoví. Zpracovatel si vyhrazuje právo na korekce a doplnění závěrů, pokud budou zjištěny další podstatné skutečnosti, které mu nebyly známy v době zpracování této projektové dokumentace. Návrh byl zpracován s využitím běžně dostupných tradičních materiálů a technologií. Dokumentace nenahrazuje dokumentaci prováděcí, dílenskou nebo dodavatelskou.

V Praze 01/2020

Ing. Tomáš Čtvrtečka