POSUDEK ÚNOSNOSTI NAVRŽENÉ KONSTRUKCE STŘECHY NA NOVĚ ZADANÉ ZATÍŽENÍ OD FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY

HALA Č. 1 A 2

REKONSTRUKCE STŘECHY- ÚPRAVNA VODY

Identifikační údaje

Název stavby:	Vodárny Káraný - Sojovice
Místo:	Pozemek č. par. 2878, k.ú. Káraný
Investor:	Vodárna Káraný, a.s., Žatecká 110/2, 110 00 Praha 1 - Staré Město
Stupeň:	DPS
Číslo zakázky:	2015017
Objednatel:	ATREA spol. s r.o., Vlastislavova 11, 140 00 Praha 4
Stavebně konstrukční část:	NĚMEC POLÁK, spol. s r.o., Milady Horákové 116/109, 160 00 Praha 6
Odpovědný projektant:	Ing. Ivan Němec, Ing. Robert Bergman, NĚMEC POLÁK, spol. s r.o., Milady Horákové 116/109, 160 00 Praha 6

1 Předmět posudku

Předmětem posudku je ověření únosnosti konstrukce navržené v projektu ze srpna 2015 (hala č. 2) a z listopadu 2016 (hala č. 1) na zatížení od nově navržené konstrukce fotovoltaické elektrárny na střeše haly. Vzhledem k nižší hmotnosti a vetší ploše nově navržené elektrárny je třeba posoudit únosnost kotvení střechy na tahové síly od zatížení větrem, ověřit spolehlivost ocelových pozednic a ocelových sloupků pod konstrukcí fotovoltaické elektrárny. Nové zatížení od konstrukce elektrárny je 26 kg/m2, plocha je cca 1520 m2. Původní návrh počítal se zatížením 50 kg/m2 a plochou cca 1000 m2.

2 Popis konstrukce

Popis stávajících konstrukcí

Filtračních hala má dvě lodi s filtračními bazény připojené ke střední manipulační hale. Základní konstrukční modul filtračních hal je rozpětí 12,1m, šířka pole 4,5m. Sdružení bočních lodí se střední lodí je konstrukčně uspořádáno 12,1m+8,4m+12,1m – pole 4,5 m (obě štítová pole mají rozpětí 2,85m).

Délka haly je složena z 14 polí. Velikost celé trojlodní haly je tudíž 34,2x60,3m. Plocha cca 2058m2.

Na vetknuté železobetonové sloupy jsou uloženy železobetonové průvlaky, na nich zastropení z tenkostěnných žebírkových kazetových panelů.

Nové stavební úpravy

V rámci prováděné rekonstrukce je vyměněna stávající dřevěná konstrukce střechy, za nové dřevěné vazníky a je provedena příprava pro budoucí montáž FVE. Nad úroveň střešního pláště, cca 80cm, jsou v rámci rekonstrukci střechy vytaženy ocelové sloupky. Vlastní sekundární konstrukce pro instalaci FVE a panely FVE nebudou v rámci rekonstrukce střechy montovány, sekundární konstrukce není součástí této dokumentace. Tepelná izolace v mezistřešním prostoru je z minerálních vláken. Dřevěné vazníky jsou uloženy na ocelové „pozední“ vaznice, které přenáší reakce střechy do sloupů haly.

Vlastní statický návrh dřevěné střešní konstrukce včetně její stability je proveden firmou Kasper CZ s.r.o., Ječná 550, Trutnov 3. Střešní konstrukce se skládá ze systému dřevěných vazníků V1÷V4 s roztečí 1,125m. Vazníky jsou při horním pasu vzájemně spojeny OSB deskami, které vynášejí

střešní plášť. Každý čtvrtý vazník (V2 a V4) je přitížen ocelovými sloupky Tr∅102x4, které podpírají sekundární nosný systém fotovoltaických panelů (rozteč 4,5 m). Tyto vazníky jsou umístěny vždy u podpor (sloupů) haly. Zastřešení trojlodní haly je soustavou tří vazníků, které jsou podepřeny v ose sloupů haly.

Přenos reakcí z dřevěných vazníků je zajištěno ocelovými „pozedními“ vaznicemi. Krajní vaznice u fasády u modulových os A a E jsou navrženy ze svařeného profilu 2xUPN 160. Střední vaznice, na modulových osách B a D, jsou navrženy se scařeného profilu 2xUPN 200.

Krajní vaznice 2xUPN 160 jsou kotveny shora do stávajících železobetonových vazníků nad sloupy. Kotvení je provedeno skrz průvrty střešním pláštěm a stávajícími žebírkovými panely. Vnitřní vaznice 2xUPN 200 je kotvena přes kotevní prvek z profilu HE120B. Kotevní prvek je kotven z čela středního železobetonového vazníku a sloupu. Kotvení ocelových prvků k železobetonové konstrukci je navrženo pomocí chemických lepených kotev systému HILTI HIT-HY 200-A + HIT-V-F (8.8). Kotevní detaily a přípoje přenášejí reakce střechy do nosných konstrukcí haly.

3 Bilance tahových sil do kotvení k železobetonové konstrukci haly

Maximální tahové síly do kotvení ocelových pozednic byly určeny ze zatěžovacích obrazců dle přiložených schémat. Byla použita minimální vlastní tíha konstrukcí a maximální tahové zatížení větrem. Maximální tahové účinky na kotvení vyvozuje vítr příčně na halu ve středním poli haly. Výpočet zatížení střechy větrem byl proveden dle ČSN EN 1991-1-4. Na plášti haly jsou použity oblasti G: cp,e=-1,1 a H: cp,e=-0,5, součinitel vnitřního tlak byl použit cp,i=-0,3. Konstrukce fotovoltaické elektrárny byla zatížena jako přístřešky dle kapitoly normy 7.3. Byly použity součinitele pro oblasti A: cp,net=-0,6 a C: cp,net=-1,4.

Došlo k nárůstu tahových sil v kotvení ocelových pozednic o cca 50%. Pro posudek byla rozhodující síla v kotvení u kraje haly K1, kde jsou chemické kotvy namáhány tahově. Navržené kotvení je zde po upřesnění projektu elektrárny využito na 92%.

4 Ověření konstrukčních prvků

Ocelové vaznice:

Rozhodující zatěžovací stav pro vaznice je maximální svislé zatížení působící směrem dolů, novým návrhem elektrárny dojde k jeho snížení. Vaznice proto vyhoví. Zvýšené zatížení od větru směrem nahoru není rozhodující pro návrh vaznic.

Sloupky pod konstrukcí elektrárny:

Změnou plochy fve elektrárny dojde ke zvýšení tlakového zatížení sloupku pod elektrárnou z 9,3kN na 11,4kN. Únosnost přípoje sloupků k vazníkům je 18,2 kN. Přípoj sloupků tedy vyhoví. Samotné sloupky TR102x4 jsou využity minimálně a vyhoví.

5 Závěr

Námi navržené konstrukce střechy vyhoví pro navrženou fotovoltaickou elektrárnu bez úprav. Kotvení střechy k betonové konstrukci haly vyhoví bez úprav. Celkové tahové síly od větru nejsou větší než vlastní tíha konstrukce střechy haly. Vlastní konstrukci dřevěných vazníků je třeba posoudit jejím projektantem.

Ing. Jakub Zubatý

NĚMEC POLÁK, spol. s r.o.
Milady Horákové 116/109, 160 00 Praha 6
T +420 266 090 777
F +420 266 090 778
E zubaty@nemecpolak.cz
W www.nemecpolak.cz

Přílohy

- výpočet zatížení větrem
- půdorysné schéma zatěžovací oblasti na kotvení jednoho pole
- schéma rozmístění fve panelů v projektu
- schéma rozmístění fve panelů - nový návrh
- znázornění zatížení střechy větrem v řezu
- výpočet zatížení kotvení
- posudek kotvení programem Hilti profis anchor 2.6.0
- síly do sloupku pod fve panely

Zatížení větrem : na sedlovou střechu

Dle ČSN EN 1991-1-4

Lokalita : ---

Oblast dle mapy větrných oblastí : I.

Kategorie terénu : III.

Rozměry : b = 60,3 m … rozměr kolmý na směr větru (θ = 0°)

d = 33,7 m

h = 12,5 m … výška hřebene střechy nad terénem

Základní rychlost větru : v_b = 22,5 ms^{-1}

Referenční výška pro vnější tlak : h ≤ b z_e = 12,5 m

Součinitel expozice : $c_{e(z)}$ = 1,86

Měrná hmotnost vzduchu ρ = 1,25 kgm^{-3}

Základní dynamický tlak větru q_b = 0,32 kNm^{-2}

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1{,}25 \cdot 22{,}5^2 = 0{,}32 \ kNm^{-2}$$

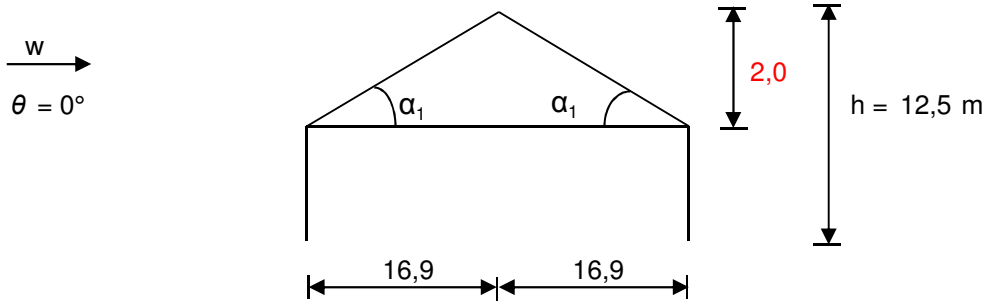
$$w_e = q_p(z).c_{pe} = c_e(z).\ q_b.\ c_{pe} = 1{,}86 \cdot 0{,}32 \cdot c_{pe} = 0{,}59 \cdot c_{pe}$$

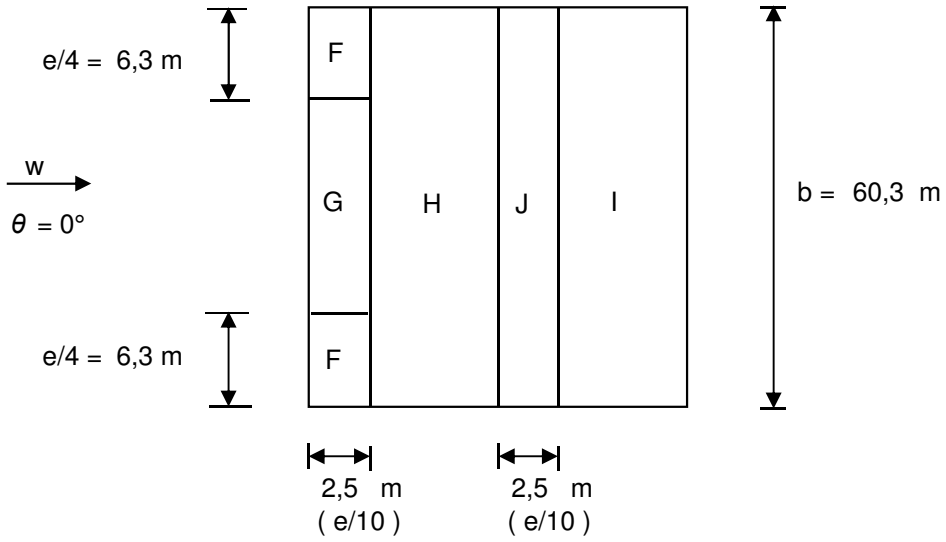
Schéma :

a) θ = 0°

e = min(b ; 2.h) = min(60,3 ; 25,0) = 25,0 m

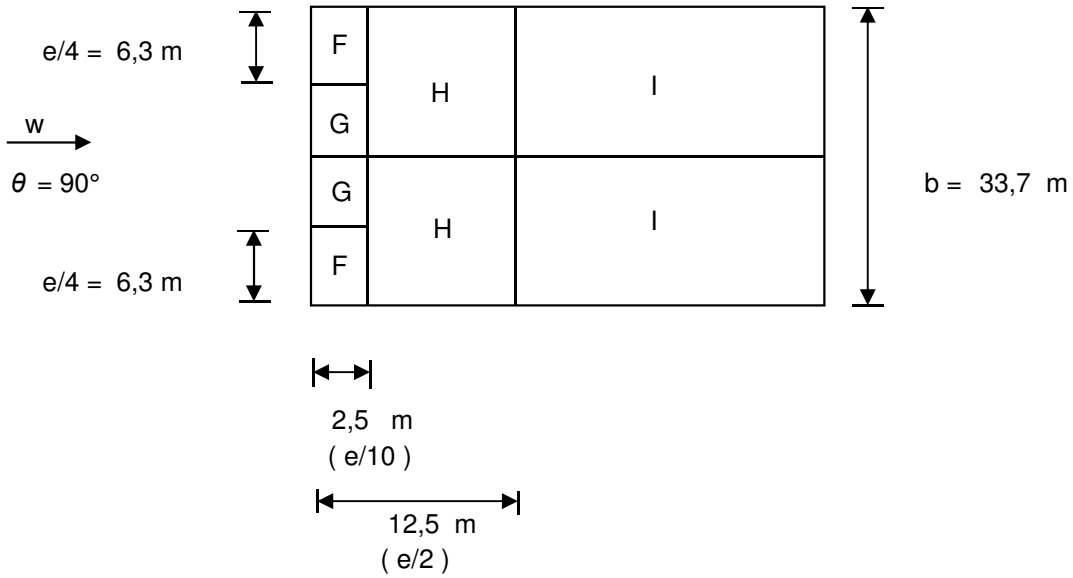
α_1 = 6,77°





b) θ = 90°

e = min(b ; 2.h) = min(33,7 ; 25,0) = 25,0 m



Zatížení na plochy :

$w_e = 0{,}59 \cdot c_{pe}$

a) θ = 0°

	sání		tlak	
Plocha	$c_{pe,10}$	w_e [kNm^{-2}]	$c_{pe,10}$	w_e [kNm^{-2}]
F	-1,6	-0,92	0,0	0,02
G	-1,1	-0,66	0,0	0,02
H	-0,5	-0,32	0,0	0,02
I	-0,6	-0,33	-0,5	-0,29
J	0,0	-0,01	-0,5	-0,29

b) θ = 90°

	sání	
Plocha	$c_{pe,10}$	w_e [kNm^{-2}]
F	-1,5	-0,91
G	-1,3	-0,76
H	-0,7	-0,40
I	-0,6	-0,34

PŮDORYSNÉ SCHÉMA ZATĚŽOVACÍ OBLASTI NA KOTVENÍ JEDNOHO POLE

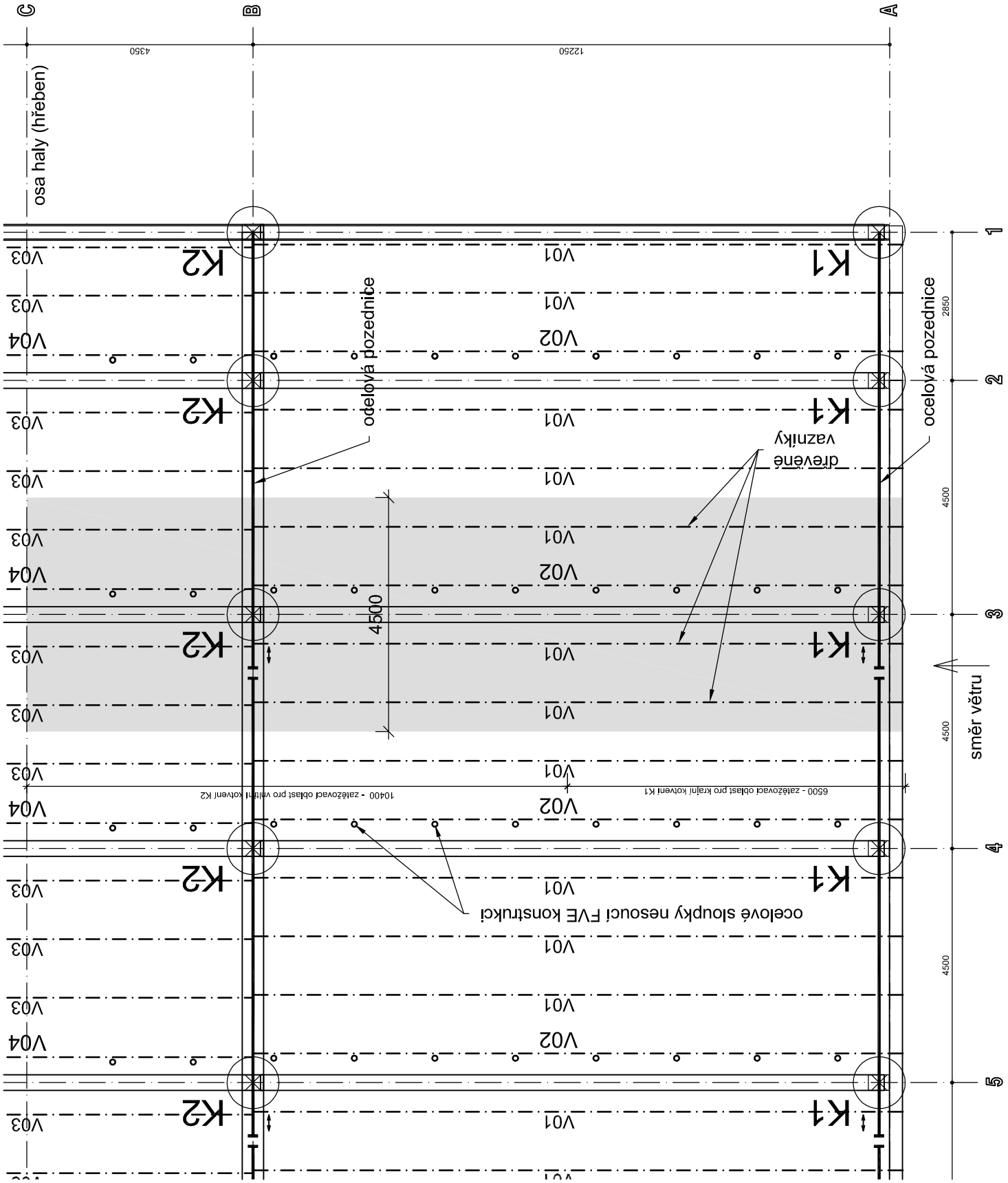


SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ FVE PANELŮ V PROJEKTU

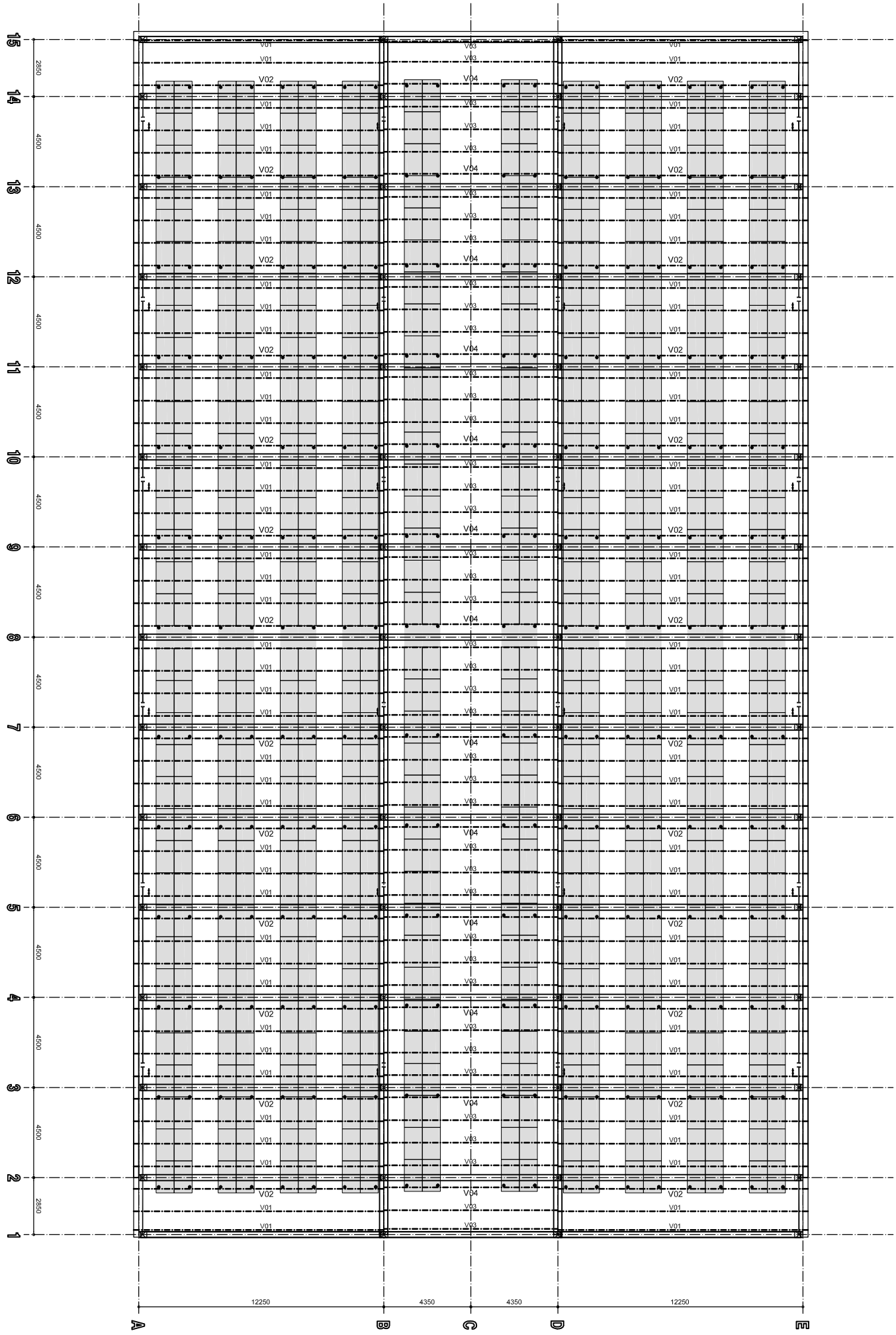
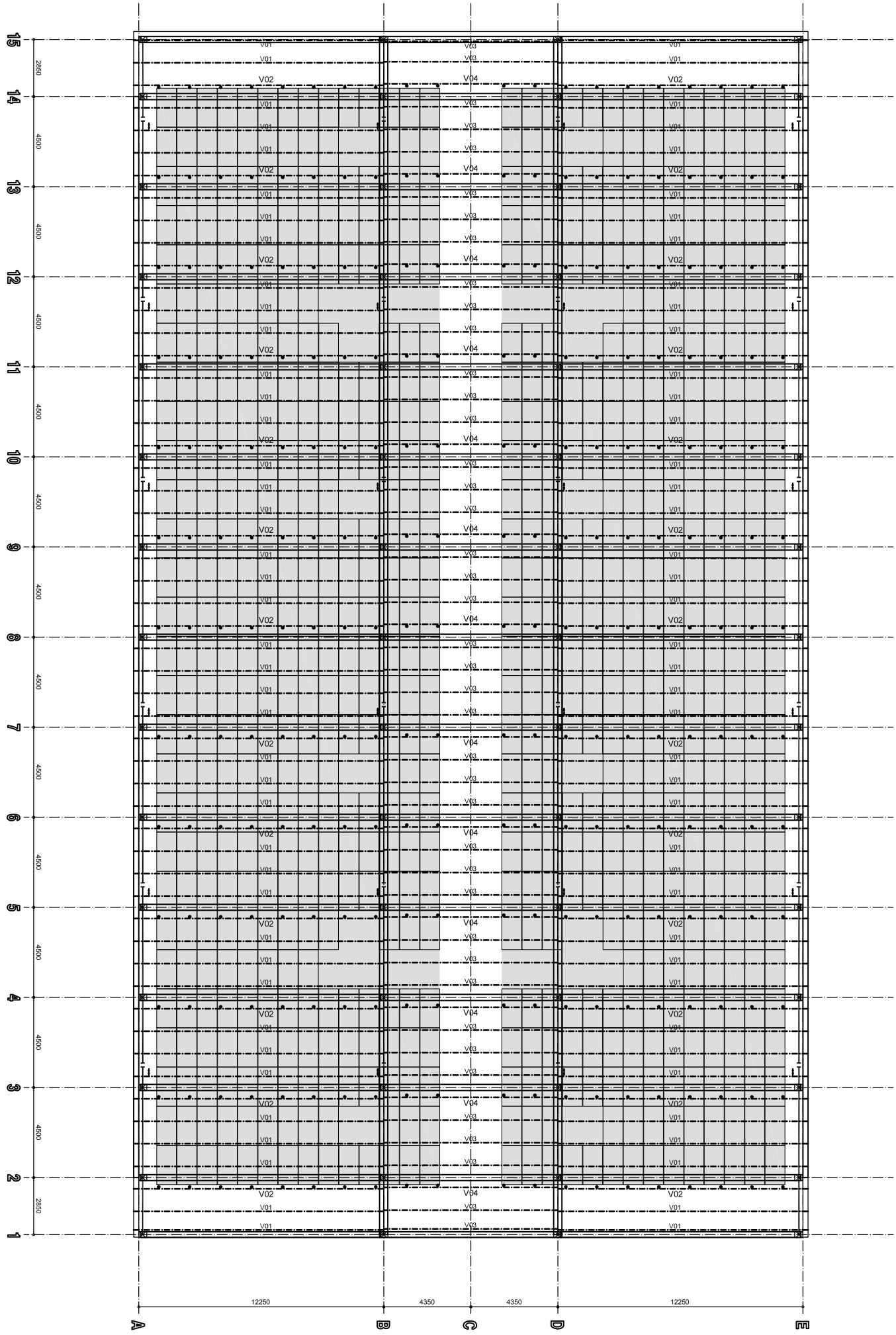
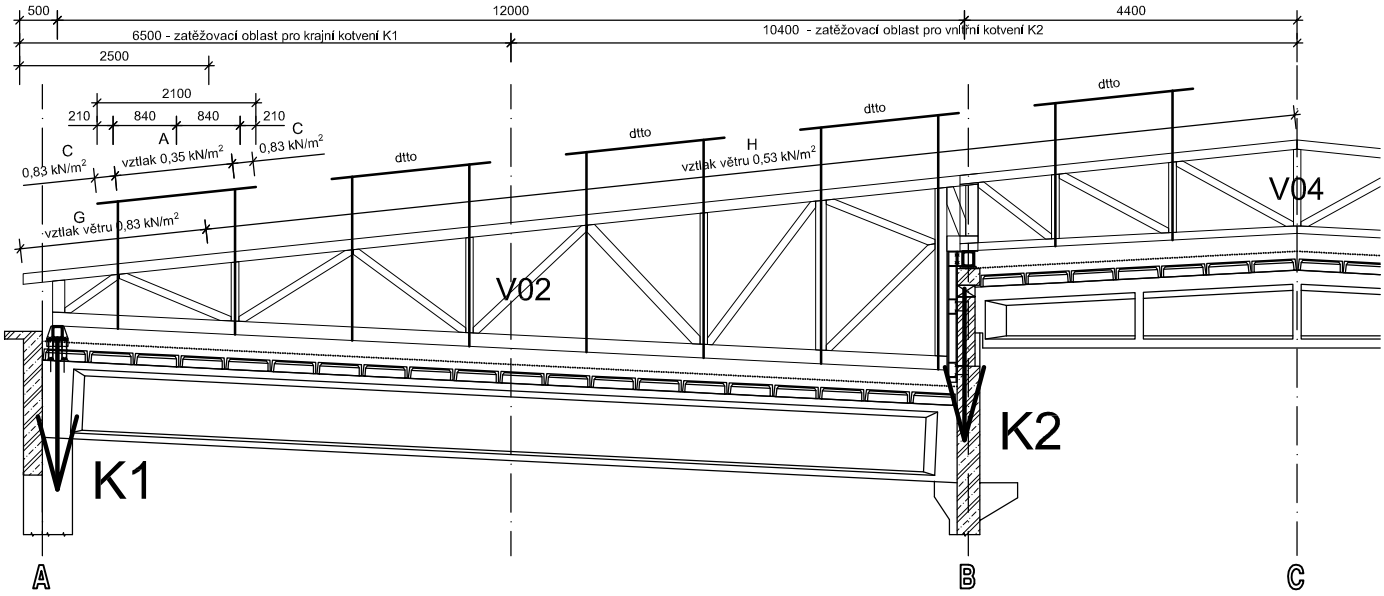


SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ FVE PANELŮ - NOVÝ NÁVRH

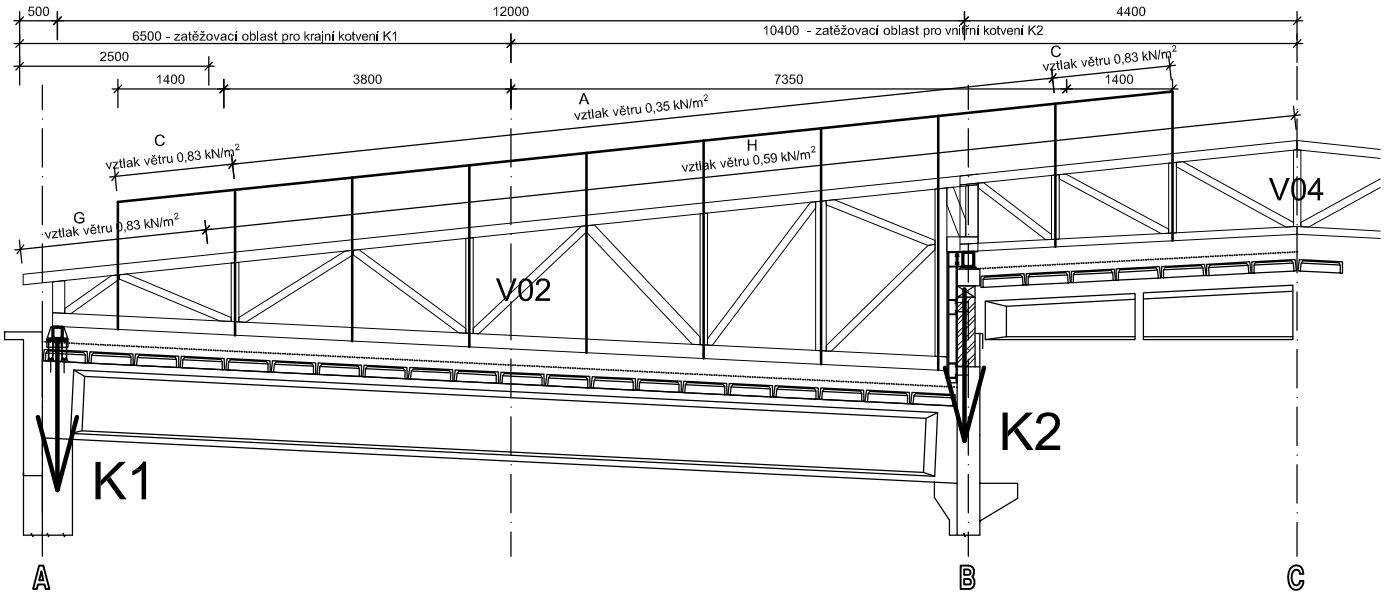


ZNÁZORNĚNÍ ZATÍŽENÍ STŘECHY VĚTREM V ŘEZU

PŮVODNÍ NÁVRH



NÁVRH PRO NOVÉ ROZMÍSTĚNÍ PANELŮ



Maximální tah v kotvícím bodu ocelové pozednice - původní návrh

vlastní tíha střechy

	Hmotnost	Tloušťka	q_k	γ_G	q_d
	[kg]	[mm]	[kN/m^2]		[kN/m^2]
Folie 4kg/m2	4		0,04	1	0,04
OSB 25mm	690	25	0,17	1	0,17
vl. tíha dřevěných vazníků			0,20	1	0,20
celkem			**0,41**		**0,41**
zatěžovací šířka [m]			**4,50**		
liniové zatížení [kN/m']			**1,86**		**1,86**

vlastní tíha fve panelů a jejich podpůné kce

hliníková konstrukce	26		0,50	1	0,50
celkem			**0,50**		**0,50**
zatěžovací šířka [m]			**4,50**		
liniové zatížení [kN/m']			**2,25**		**2,25**

vztlak větru na kraji pláště

na m^2			**-0,83**	**1,5**	**-1,25**
zatěžovací šířka [m]			**4,50**		
liniové zatížení [kN/m']			**-3,74**		**-5,60**

vztlak větru na zbytku pláště

na m^2			**-0,53**	**1,5**	**-0,80**
zatěžovací šířka [m]			**4,50**		
liniové zatížení [kN/m']			**-2,39**		**-3,58**

vztlak větru na fve panely

na m^2			**-0,35**	**1,5**	**-0,53**
zatěžovací šířka [m]			**4,50**		
liniové zatížení [kN/m']			**-1,58**		**-2,36**

vztlak větru na fve panely - okraj

na m^2			**-0,83**	**1,5**	**-1,25**
zatěžovací šířka [m]			**4,50**		
liniové zatížení [kN/m']			**-3,74**		**-5,60**

Rozměry v řezu:	**K1**		**K2**	
zatížená délka pláště:	6,5	m	10,4	m
z toho tatíženější okraj:	2,5	m	0	m
délka fve panelů	4,2	m	6,3	m
z toho tatíženější okraj:	0,84	m	1,26	m
Celkový tah:				
síla od pláště:	12,1	kN	19,3	kN
síla od fve konstrukce:	9,5	kN	14,2	kN
vztlaková síla od pláště:	-28,3	kN	-37,2	kN
vztlaková síla od fve kce:	-12,6	kN	-19,0	kN
celková vztlaková síla:	**-19,4**	**kN**	**-22,7**	**kN**

Maximální tah v kotvícím bodu ocelové pozednice - nové řešení FVE

vlastní tíha střechy

	Hmotnost [kg]	Tloušťka [mm]	q_k [kN/m^2]	γ_G	q_d [kN/m^2]
Folie 4kg/m2	4		0,04	1	0,04
OSB 25mm	690	25	0,17	1	0,17
vl. tíha dřevěných vazníků			0,20	1	0,20
celkem			**0,41**		**0,41**
zatěžovací šířka [m]			**4,50**		
liniové zatížení [kN/m']			**1,86**		**1,86**

vlastní tíha fve panelů a jejich podpůné kce

hliníková konstrukce	26		0,26	1	0,26
celkem			**0,26**		**0,26**
zatěžovací šířka [m]			**4,50**		
liniové zatížení [kN/m']			**1,17**		**1,17**

vztlak větru na kraji pláště

na m^2			**-0,83**	**1,5**	**-1,25**
zatěžovací šířka [m]			**4,50**		
liniové zatížení [kN/m']			**-3,74**		**-5,60**

vztlak větru na zbytku pláště

na m^2			**-0,53**	**1,5**	**-0,80**
zatěžovací šířka [m]			**4,50**		
liniové zatížení [kN/m']			**-2,39**		**-3,58**

vztlak větru na fve panely

na m^2			**-0,35**	**1,5**	**-0,53**
zatěžovací šířka [m]			**4,50**		
liniové zatížení [kN/m']			**-1,58**		**-2,36**

vztlak větru na fve panely - okraj

na m^2			**-0,83**	**1,5**	**-1,25**
zatěžovací šířka [m]			**4,50**		
liniové zatížení [kN/m']			**-3,74**		**-5,60**

Rozměry v řezu:	**K1**		**K2**	
zatížená délka pláště:	6,5	m	10,4	m
z toho tatíženější okraj:	2,5	m	0	m
délka fve panelů	5,2	m	8,75	m
z toho tatíženější okraj:	1,4	m	1,4	m
Celkový tah:				
síla od pláště:	12,1	kN	19,3	kN
síla od fve konstrukce:	6,1	kN	10,2	kN
vztlaková síla od pláště:	-28,3	kN	-37,2	kN
vztlaková síla od fve kce:	-16,8	kN	-25,2	kN
celková vztlaková síla:	**-27,0**	**kN**	**-32,9**	**kN**

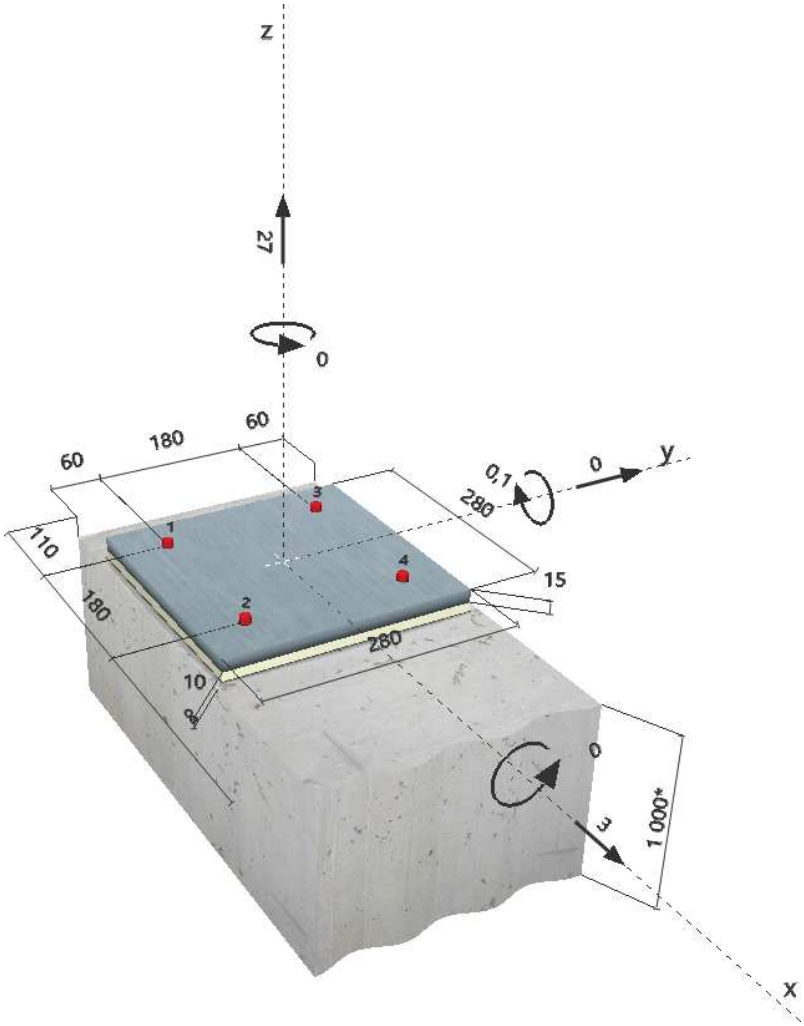
Společnost:		Strana:	1
Projektant:		Projekt:	Káraný DPS
Adresa:		Dílčí projekt / pozice č.:	Uložení vazníku krajní
Telefon I fax:	|	Datum:	12. 12. 2016
E-mail:			

Komentář uživatele:

1 Vstupní data

Typ a velikost kotvy:	**HIT-HY 200-A + HIT-V-F (8.8) M12**
Efektivní kotvení hloubka:	$h_{ef,act}$ = 200 mm ($h_{ef,limit}$ = - mm)
Materiál:	8.8
Certifikát č.:	ETA 11/0493
Vydaný I Platný:	15. 4. 2015 | 15. 4. 2020
Posouzení:	návrhová metoda ETAG BOND (EOTA TR 029)
Distanční montáž:	bez upnutí (kotva); stupeň zadržení (kotevní deska): 2,00; e_b = 10 mm; t = 15 mm
	Hilti malta: CB-G EG, epoxidová, $f_{c,Grout}$ = 120,00 N/mm^2
Kotevní deska:	l_x x l_y x t = 280 mm x 280 mm x 15 mm; (Doporučená tloušťka kotevní desky: nepočítána
Profil:	žádný profil
Základní materiál:	s trhlinami beton, C25/30, f_{cc} = 30,00 N/mm^2; h = 1000 mm, Teplota krátkodobá/dlouhodobá: 40/24 °C
Montáž:	kotevní otvor vrtaný příklepem, montážní podmínky: suchý
Výztuž:	Rozteč výztuže < 150 mm (jakýkoliv Ø) nebo < 100 mm (Ø <= 10 mm)
	s podélnou výztuží okraje d >= 12 + uzavřená síť (třmínky, háky) s <=
	Je přítomna výztuž bránící rozštěpení betonu podle EOTA TR 029, odstavec 5.2.2.6.

Geometrie [mm] & Zatížení [kN, kNm]



PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti je registrovaná obchodní značka společnosti Hilti AG, Schaan

Společnost:		Strana:	2
Projektant:		Projekt:	Káraný DPS
Adresa:		Dílčí projekt / pozice č.:	Uložení vazníku krajní
Telefon I fax:	|	Datum:	12. 12. 2016
E-mail:			

2 Posouzení I Využití (Rozhodující stavy)

		Výpočtové hodnoty [kN]		Využití	
Zatížení	**Posouzení**	**Zatížení**	**Únosnost**	**β_N / β_V [%]**	**Stav**
Tah	Porušení vytržením betonového kuželu	27,000	29,641	92 / -	OK
Smyk	Porušení oceli (s distanční montáží)	0,750	6,024	- / 13	OK

Zatížení	**β_N**	**β_V**	**α**	**Využití $\beta_{N,V}$ [%]**	**Stav**
Kombinace zatížení tah/smyk	0,911	0,124	1,0	87	OK

3 Upozornění

- Prosím berte v úvahu všechny detaily a připomínky/varování uvedené v podrobném protokolu!

Upevnění je bezpečné!

4 Poznámka; Váše kooperační služba

- Veškeré informace a data obsažená v Softwaru se týkají výhradně použití výrobků Hilti a vycházejí ze zásad, předpisů a bezpečnostních nařízení v souladu s technickými směrnicemi a provozními, montážními a instalačními pokyny společnosti Hilti, jimiž se uživatel musí striktně řídit. Veškerá čísla obsažená v Softwaru představují průměrné hodnoty, a proto je před použitím příslušného výrobku Hilti nutno provést testy pro jeho konkrétní použití. Výsledky výpočtů provedených pomocí Softwaru vycházejí především z vámi zadaných dat. Nesete proto výhradní odpovědnost za bezchybnost, úplnost a relevantnost zadávaných dat. Mimoto nesete výhradní odpovědnost za kontrolu výsledků vzešlých z výpočtů a za to, že si tyto výsledky před jejich použitím pro konkrétní zařízení necháte ověřit a schválit od odborníka, zejména co se týče souladu s příslušnými normami a povoleními. Software slouží pouze jako pomůcka pro interpretaci norem a povolení bez jakékoli záruky ohledně bezchybnosti, přesnosti a relevantnosti výsledků nebo vhodnosti pro konkrétní použití.
- Abyste předešli škodám, které by Software mohl způsobit, nebo omezili jejich rozsah, musíte přijmout veškerá nutná a přiměřená opatření. Obzvláště je třeba pravidelně zálohovat programy a data a v případě potřeby provádět aktualizace Softwaru, které společnost Hilti pravidelně nabízí. Nepoužíváte-li funkci AutoUpdate, která je součástí Softwaru, je nutné zajistit aktuálnost vámi používané verze Softwaru ručními aktualizacemi prostřednictvím internetových stránek společnosti Hilti. Společnost Hilti nenese žádnou zodpovědnost za důsledky vzešlé z vámi zaviněného porušení povinností, jako je například nutnost obnovy ztracených či poškozených dat nebo programů.

PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti je registrovaná obchodní značka společnosti Hilti AG, Schaan

Zatížení FVE panely - síla do sloupku pod FVE panely

		Hmotnost [kg]		Tloušťka [mm]	q_k [kN/m^2]	γ_G	q_d [kN/m^2]
2	**FVE**						
	hmotnost FVE konstrukce	26			0,26	1,35	0,35
	celkem				0,26		0,35
	zatěžovací plocha				6,98		
	zatížení na sloupek [kN]				1,81		2,45
3	**sníh**						
	sníh oblast I. 0,70 kN/m^2, μ_1=0,8				0,56	1,5	0,84
	celkem (rozhodující zatížení)				0,56		0,84
	zatěžovací plocha				6,98		
	zatížení na sloupek [kN]				3,91		5,86
4	**vítr**		**q_p=**	**0,59**	**kN/m^2**		
4.1	**vítr příčný sání**						
	vítr na FVE panelech		c_{net}=	-0,6	-0,35	1,5	-0,53
	celkem				-0,35		-0,53
	zatěžovací plocha				6,98		
	zatížení na sloupek [kN]				-2,47		-3,71
4.2	**vítr příčný tlak**						
	vítr na FVE panelech		c_{net}=	0,5	0,30	1,5	0,44
	celkem				0,30		0,44
	zatěžovací plocha				6,98		
	zatížení na sloupek [kN]				2,06		3,09
4.3	**vítr podélný**						
	vítr na FVE panelech		c_{net}=	-0,6	-0,35	1,5	-0,53
	celkem				-0,35		-0,53
	zatěžovací plocha				6,98		
	zatížení na sloupek [kN]				-2,47		-3,71
4.4	**vítr tření - vodorovné zatížení příčné**						
	FVE panely		c_{fr}=	0,04	0,02	1,5	0,04
	celkem				0,02		0,04
	zatěžovací plocha				6,98		
	zatížení na sloupek [kN]				0,16		0,25
4.5	**vítr tření - vodorovné zatížení podélné**						
	FVE panely		c_{fr}=	0,04	0,02	1,5	0,04
	celkem				0,02		0,04
	zatěžovací plocha				6,98		
	zatížení na sloupek [kN]				0,16		0,25