

STATICKÉ POSOUZENÍ

AKCE:
**PŘITÍŽENÍ STŘECHY FV ELEKTRÁRNOU,
OBJEKTY „CH“ A „O“ V AREÁLU NEMOCNICE TŘEBÍČ**

OBJEDNATEL:
Ing. Tomáš Blažek, Příbice 379, 691 24 Brno-venkov

INVESTOR:
Nemocnice Třebíč, příspěvková organizace. Purkyňovo nám. 133/2, 674 01 Třebíč

STRAN:	1+4+9 (14)
DATUM:	IX.2023
ZAK. ČÍSLO:	292-32-23

ZADÁNÍ:

Posoudit nosnou konstrukci střech stávajících pavilonů „CH“ (chirurgie) a „O“ (operační sály) s ohledem na navrhované přitížení FV (fotovoltaickými) panely. Objekty se nacházejí v areálu Nemocnice Třebíč.

PODKLADY:

- 1) FVE Nemocnice Třebíč – budova D.1.01 (chirurgie). Přehled technického projektu. Vypracoval Ing. Tomáš Blažek, Příbice 379, 691 24 Brno-venkov. Datum 08.2023.
- 2) FVE - Nemocnice Třebíč, budova O. Přehled technického projektu. Vypracoval Ing. Tomáš Blažek.
- 2) Ústní informace od objednatele. (Ing. Tomáš Blažek).
- 3) Nemocnice Třebíč, Pavilon chirurgických oborů. D1.2 Stavebně konstrukční řešení (PDPS). Ing. Libor Kavalec, Minoritské náměstí 11, 586 01 Jihlava. Datum 05/2015.
- 4) Nemocnice Třebíč, přístavba a rekonstrukce pavilonu operačních sálů. D1.2 Stavebně konstrukční řešení (PDPS). Ing. Libor Kavalec, Minoritské náměstí 11, 586 01 Jihlava. Datum 08/2019.

NORMY:

ČSN EN 1990 - ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ KONSTRUKCÍ

ČSN EN 1991 - ZATÍŽENÍ KONSTRUKCÍ

- ČÁST 1-1: Obecná zatížení-Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

- ČÁST 1-2: Obecná zatížení-Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru

- ČÁST 1-4: Obecná zatížení-Zatížení větrem

ČSN EN 1992 - NAVRHOVÁNÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

- ČÁST 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

- ČÁST 1-2: Obecná pravidla-Navrhování konstrukcí na účinky požáru

ČSN EN 206- BETON

- ČÁST 1 : Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

STRUČNÝ POPIS OBJEKTŮ:

FVE bude osazena na dvou vybraných objektech v areálu nemocnice Třebíč. Oba objekty „CH“ a „O“ jsou si konstrukčně blízké.

Objekt „CH“ chirurgie:

Objekt byl postaven v letech 2016-2018. Půdorysný tvar je komplikovaný, v zásadě se jedná o prstencovou úseč. Vnější poloměr kruhu úseče je 115 m. Opsané vnější půdorysné rozměry objektu jsou 84 x 35 m. Objekt má čtyři nadzemní podlaží, na menší části půdorysu je 5.NP (technická zázemí). Podzemní podlaží je taktéž na menší východní části půdorysu.

Konstrukčně se jedná o železobetonový monolitický skeletový systém s lokálně podepřenými stropními deskami. Typické rozpětí polí je 6,0 x 7,2 m.

Svislé nosné konstrukce jsou tvořeny sloupy typického rozměru 400x400 (případně průměru 400 mm) s doplněnými ztužujícími stěnami. Stropní železobetonové desky ve všech podlažích jsou jednotné tl. 280 mm. Stropní desky jsou bezprůvlakové, lokálně podepřené. Po obvodu jsou desky opatřeny ztužujícími žebry.

Založení je plošné na železobetonových patkách. Základovou spáru tvoří skalní hornina R2.

Objekt „O“ operační sály:

Objekt se skládá ze dvou základních částí. Z montovaného skeletu MSOB, postaveného v 80tých letech 20. století. V roce 2020-2022 byl objekt operačních sálů zrekonstruován a rozšířen západním a jižním směrem. Plánovaná FVE je osazována pouze na střešních rovinách nejvyššího podlaží objektu přístavby z roku 2022. Objekt MSOB z roku 1980 nebude proto popisován.

Přístavba operačních sálů z roku 2022 má dvě plnohodnotné nadzemní podlaží a třetí nadzemní podlaží je na části půdorysu. Resp. 1.NP objektů přístavby je z velké části volně průchozí. Objekty nejsou, kromě technologických kanálů, podsklepeny.

Přístavba západní je samostatný dilatační celek. Jižní přístavba (2022) je pevně spojena (bez dilatace) s původním MSOB skeletem (1980). Provozně však všechny tři části tvoří jeden celek.

Západní přístavba je obdélníková, půdorysný rozměr 25,2 x 43,2 m. Jižní přístavba je li-

choběžníkového půdorysu o vnějších rozměrech 28,95 x 13,4 m.

Konstrukčně se jedná o železobetonový monolitický skeletový systém. Typické rozpětí polí je 6,0 x 7,2 m.

Svislé nosné konstrukce jsou tvořeny sloupy typického rozměru 400x400 (případně průměr 400 mm) s doplněnými ztužujícími stěnami. Stropní železobetonové desky ve všech podlažích jsou jednotné tl. 280 mm. Stropní desky jsou bezprůvlakové, lokálně podepřené. Po obvodu jsou desky opatřeny ztužujícími žebry.

Založení je plošné na železobetonových patkách. Základovou spáru tvoří skalní hornina R2.

NAVRHOVANÁ FVE:

Moduly FVE budou osazeny na vybrané oblasti střešní plochy tak, jak je znázorněno v grafické části tohoto posouzení. Při změně rozložení FV panelů nebo při změně tíhy zátěžových bloků, musí být zpracovatelem tohoto posouzení změna odsouhlasena.

FV panely jsou osazovány na střešní rovině pavilonu „O“ 3.NP (168ks), pavilonu „CH“ 4.NP (148ks) a pavilonu „CH“ 5.NP (64ks).

Na všech střeších je použit stejný typ panelů:

hmotnost 21,8kg/panel. Podrobnější parametry – viz příloha 1.

Uvedené FV panely jsou na bočních střeších 5.NP pavilonu „CH“-chirurgie osazeny v orientaci jih (Viz příloha 2, celkem 24ks). V příloze 5 a 6 jsou tyto pozice označeny jako CH-L a CH-P.

Na všech ostatních střeších („CH“ i „O“) jsou panely osazeny v orientaci východ-západ (viz příloha 3, celkem 356 ks). Konkrétně se jedná o tyto pozice:

- Pavilon „O“ operační sály, střecha 3.NP (celkem 168 ks). Viz příloha 8.
- Pavilon „CH“ chirurgie, střecha střed 5.NP (celkem 40 ks). Viz příloha 7.
- Pavilon „CH“ chirurgie, střecha 4.NP (celkem 148 ks). Viz přílohy 5 a 6.

Maximální přípustná výška (nadvýšení) kce FV panelů nad rovinou střešním pláštěm je 0,37 m. Jedná se o omezení kvůli zamezení vzniku zvýšeného zatížení navátým sněhem.

FV panely jsou podepřeny do požadovaného sklonu lehkou podkonstrukcí z hliníkových profilů. Dle velikosti zatížení jsou zpracovatelem FVE navrženy rovnoběžně s kratším rozměrem panelu dvě, případně tři vodorovné lišty. Uložení podkonstrukce na střešní plášť je navrhováno přes diskrétní kontaktní body na vodorovných hliníkových lištách. Návrh kontaktních bodů na střešní plášť je proveden dodavatelem FVE.

ZATÍŽENÍ:

Podrobněji je zatížení řešeno v příloze 9 tohoto statického posouzení. Charakteristické hodnoty zatížení jsou násobeny součinitelem třídy následků $k_{FI} = 1,1$, neboť se jedná o objekt nemocnice (třída následků RC3).

Skutečné zatížení, které se v současné době nachází na předmětných střešních konstrukcích je porovnáváno se zatížením uvažovaným v původní projektové dokumentaci. Zatížení uvažované v PD se může lišit od skutečného provedení.

Stálé zatížení (ČSN EN 1991-1-1):

Střecha pavilonu CH-chirurgie

-Stření pláště, skutečné provedení...

$$q_k = 1,65 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 2,23 \text{ kNm}^{-2}$$

-Podhled, včetně instalací...

$$q_k = 0,55 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 0,74 \text{ kNm}^{-2}$$

Celkem stálé zatížení bez vlastní tíhy ŽB stropu (2023):

$$q_k = 2,20 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 2,97 \text{ kNm}^{-2}$$

Zatížení uvažované v PD z roku 2015:...

$$q_k = 3,41 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 4,60 \text{ kNm}^{-2}$$

Střecha pavilonu O-operační sály

-Stření pláště, skutečné provedení...

$$q_k = 1,65 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 2,23 \text{ kNm}^{-2}$$

-Podhled, včetně instalací...

$$q_k = 0,33 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 0,45 \text{ kNm}^{-2}$$

Celkem stálé zatížení bez vlastní tíhy ŽB stropu (2023):

$$q_k = 1,98 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 2,97 \text{ kNm}^{-2}$$

Zatížení uvažované v PD z roku 2019:...

$$q_k = 0,99 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 1,34 \text{ kNm}^{-2}$$

Užitné zatížení (ČSN EN 1991-1-1):

FV panely včetně hliníkové konstrukce a zátěžových (stabilizačních) prvků. Při stanovení návrhové hodnoty je uvažováno s kombinačním pravidlem dle rovnice 6.10 ČSN EN 1990 (bez snížení hodnot kombinačními součiniteli).

Podrobněji je zatížení FV panelů řešeno v příloze 9 tohoto statického posouzení.

Střecha pavilonu CH-chirurgie

-Maximální rozpočtené plošné zatížení FV panely včetně podkonstrukce, spojovacích prostředků a tíhy zátěžových bloků... $q_k = 0,633 \text{ kNm}^{-2}$, $q_d = 0,949 \text{ kNm}^{-2}$

Zatížení uvažované v PD z roku 2015 (rezerva pro možnou technologii na střeše):...

$$q_k = 1,65 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 2,48 \text{ kNm}^{-2}$$

Střecha pavilonu O-operační sály

-Maximální rozpočtené plošné zatížení FV panely včetně podkonstrukce, spojovacích prostředků a tíhy zátěžových bloků... $q_k = 0,391 \text{ kNm}^{-2}$, $q_d = 0,586 \text{ kNm}^{-2}$

Zatížení uvažované v PD z roku 2019 (rezerva pro možnou technologii na střeše):...

$$q_k = 1,65 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 2,48 \text{ kNm}^{-2}$$

Klimatické zatížení sněhem (ČSN EN 1991-1-3):

Sněhová oblast: Třebíč: charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi dle www.snehovamapa.cz (CHMI) pro místo staveniště (49.2127N,15.8896E) $s_k=0,93 \text{ kNm}^{-2}$, typ krajiny normální $C_e=1,0$, střecha s nízkou propustností $C_t=1,0$.

Tvarový součinitel bez vlivu navátým sněhem (bez vlivu překážek na střeše) $m_y=0,8$ (střecha o sklonu do 30°)

Při osazení FV panely s hliníkovou podkonstrukcí musí být ověřeno, že nedochází ke změně tvarového součinitele navátým sněhem. Postup ověření dle ČSN EN 1991-1-3, bod 6.2 místní účinky (výstupky a překážky):

h_p – maximální výška překážky. Maximální výška konstrukce FV panelů nad střešním pláštěm může být max 370 mm (0,37 m) nad úrovní střechy.

R_{sn} - objemová tíha sněhu pro výpočet místních účinků je $2,00 \text{ kNm}^{-3}$.

$$m_{y2} = h_p \cdot R_{sn} / s_k = 0,37 \cdot 2,00 / 0,93 = 0,79 < m_{y1} = 0,8.$$

Závěr: Konstrukce FV elektrárny nezpůsobuje svojí geometrií zvýšené zatížení navátým sněhem. Při posouzení střešní konstrukce bude uvažováno se základním tvarovým součinitelem $m_{y1} = 0,8$.

Střecha pavilonu CH-chirurgie (2023):

-Sníh na střeše, $s_k=0,93 \text{ kNm}^{-2}$, $m_y=0,80$...

$$q_k = 0,82 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 1,23 \text{ kNm}^{-2}$$

Zatížení sněhem uvažované v PD z roku 2015:...

$$q_k = 0,88 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 1,32 \text{ kNm}^{-2}$$

Střecha pavilonu O-operační sály (2019):

-Sníh na střeše, $s_k=0,93 \text{ kNm}^{-2}$, $m_y=0,80$...

$$q_k = 0,82 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 1,23 \text{ kNm}^{-2}$$

Zatížení sněhem uvažované v PD z roku 2019:...

$$q_k = 0,82 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 1,23 \text{ kNm}^{-2}$$

Klimatické zatížení větrem (ČSN EN 1991-1-4):

Pro posouzení střešní konstrukce není zatížení větrem podstatné. Nutné přetížení zátěžovými bloky je navrženo dodavatelem konstrukce FV panelů.

POSOUZENÍ PŘETÍŽENÍ OD FVE:

Na všech střešních rovinách, na kterých je navrženo osazení FVE panelů, bylo v původní projektové dokumentaci uvažováno s rezervou pro osazení technologie na střešní plášť. Tato skutečnost platí jak pro pavilon „CH“ chirurgie (projekt 2015), tak pro pavilon „O“ operační sály (projekt 2019).

V příloze 9 je podrobně zhodnoceno zatížení na střešní plášť dle projektu a zatížení na střešní plášť dle skutečného stavu a umístění FVE. Nově navrhované zatížení je obecně označeno rokem 2023.

Objekt je zatříděn na kategorie RC3 (nemocnice), tj. $k_{FI} = 1,1$. Všechna zatížení jsou proto porovnávána s charakteristikými hodnotami zatížení vynásobenými součinitelem k_{FI} .

Dle přílohy 9 jsou výsledné hodnoty přetížení (+), resp. odlehčení (-) následující:

Pavilon „CH“ chirurgie (platí pro střechy 4.NP i 5.NP):

-Zatížení střešní desky celkem, PD z roku 2015...

$$q_k = 5,94 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 8,23 \text{ kNm}^{-2}$$

-Zatížení střešní desky celkem, FVE 2023...

$$q_k = 3,65 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 5,15 \text{ kNm}^{-2}$$

Přetížení (+), odlehčení (-):

$$q_k = -2,29 \text{ kNm}^{-2}, q_d = -3,25 \text{ kNm}^{-2}$$

Pavilon „O“ Operační sály (platí pro celou střechu 3.NP):

-Zatížení střešní desky celkem, PD z roku 2019...

$$q_k = 3,46 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 5,04 \text{ kNm}^{-2}$$

-Zatížení střešní desky celkem, FVE 2023...

$$q_k = 3,19 \text{ kNm}^{-2}, q_d = 4,48 \text{ kNm}^{-2}$$

Přetížení (+), odlehčení (-):

$$q_k = -0,27 \text{ kNm}^{-2}, q_d = -0,55 \text{ kNm}^{-2}$$

V případě objektu „CH“ chirurgie i objektu „O“ operační sály nedochází k přetížení nosné konstrukce nad rámec zatížení uvažované projektovou dokumentací pro provedení stavby.

Střešní desky obou objektů („CH“ chirurgie a „O“ operační sály) byla navržena s možností budoucího osazení technologie. **Projektová rezerva v zatížení není po osazení FVE vyčerpána. Nosná konstrukce obou objektu po přetížení FVE VYHOVUJE.**

UPOZORNĚNÍ:

- **Navrhovaná FVE elektrárna bude instalována na střechy objektu „CH“ chirurgie a objektu „O“ operační sály v rozsahu a geometrii dle předaných podkladů. V případě změn FVE toto posouzení pozbývá platnosti.** Podle rozsahu případných změn bude vypracován posudek nový, případně bude doplněno o vyjádření projektanta k provedeným změnám.
- Uložení hliníkové podkonstrukce na střešní plášť není v rámci tohoto posouzení řešeno. Povrch střešního pláště je ve všech osazovaných pozicích kačírek (prané valounky). Způsob přenosu soustředěného zatížení na povrch střešního pláště je obsažen v rámci dodávky FVE.
- Toto posouzení neplní účely prováděcího projektu ani výrobní dokumentace.

ZÁVĚR:

Navrhovanou FV elektrárnu lze v daném rozsahu a geometrii osadit bez nutnosti zesílení nosných konstrukcí.

PŘÍLOHY:

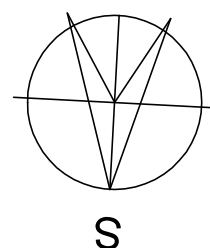
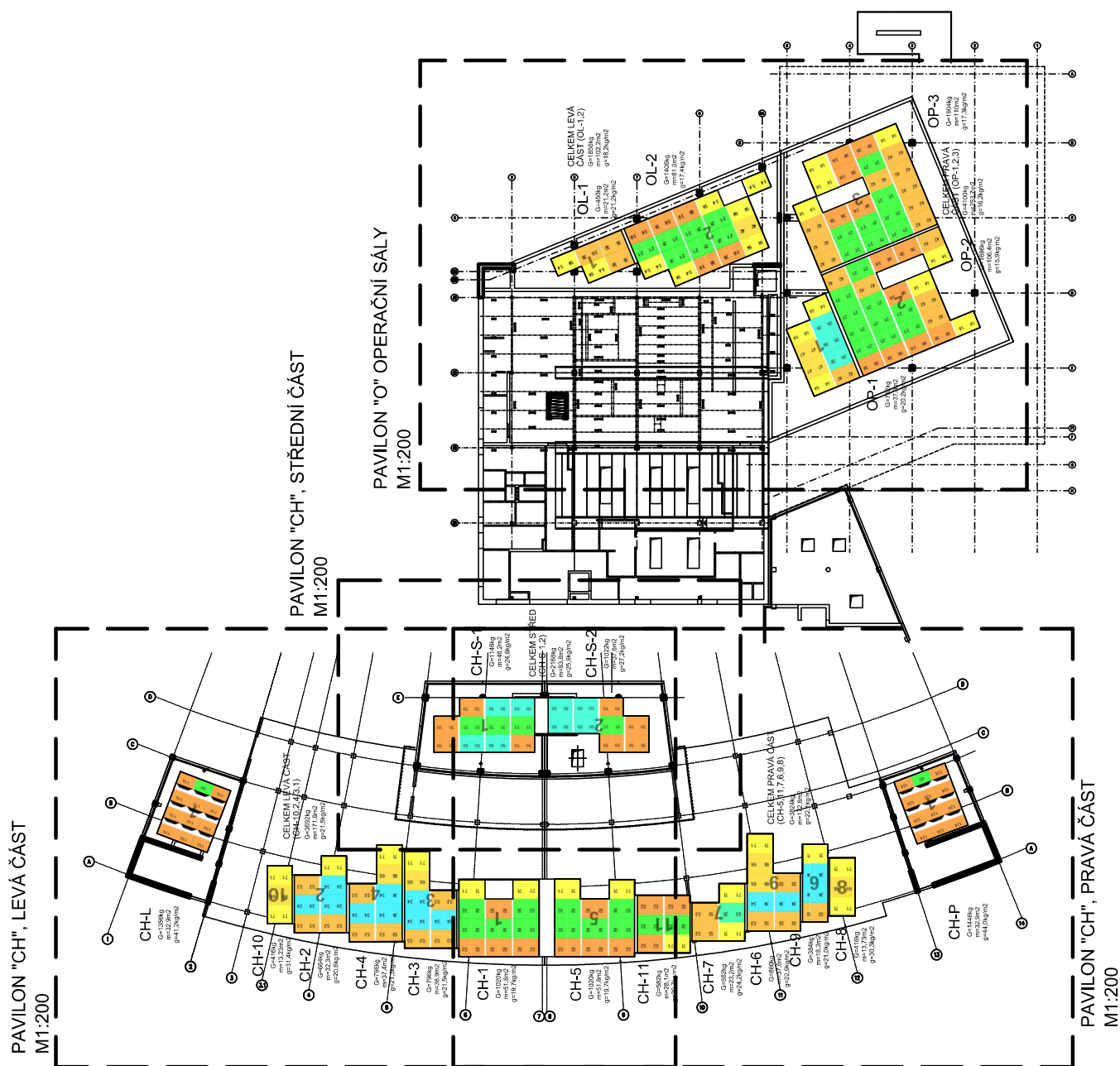
- Příloha č. 1: FV panel – technický list
- Příloha č. 2: FV panel – typ osazení jih
- Příloha č. 3: FV panel – typ osazení východ-západ
- Příloha č. 4: Přehledná situace – rozmístění FV panelů
- Příloha č. 5: Pavilon „CH“, levá část: tíha zátěžových bloků
- Příloha č. 6: Pavilon „CH“, pravá část: tíha zátěžových bloků
- Příloha č. 7: Pavilon „CH“, střední část: tíha zátěžových bloků
- Příloha č. 8: Pavilon „O“ operační sály: tíha zátěžových bloků
- Příloha č. 9: Výpočet zatížení na střechách s FVE

Třebíč 09.2023

Vypracoval: Ing. Jan Göth

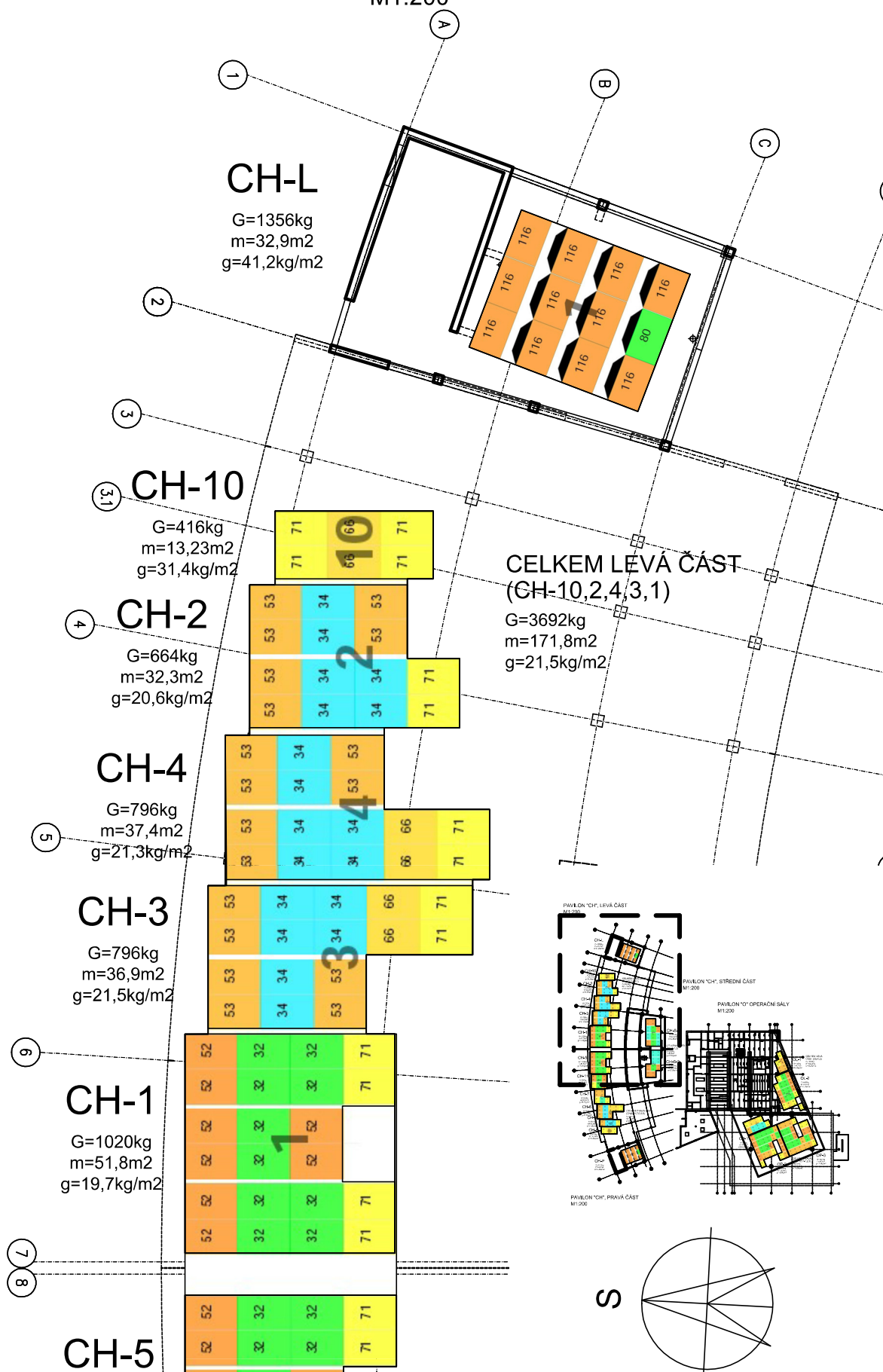
PŘEHLEDNÁ SITUACE - ROZMÍSTĚNÍ FV PANELŮ

M1:600

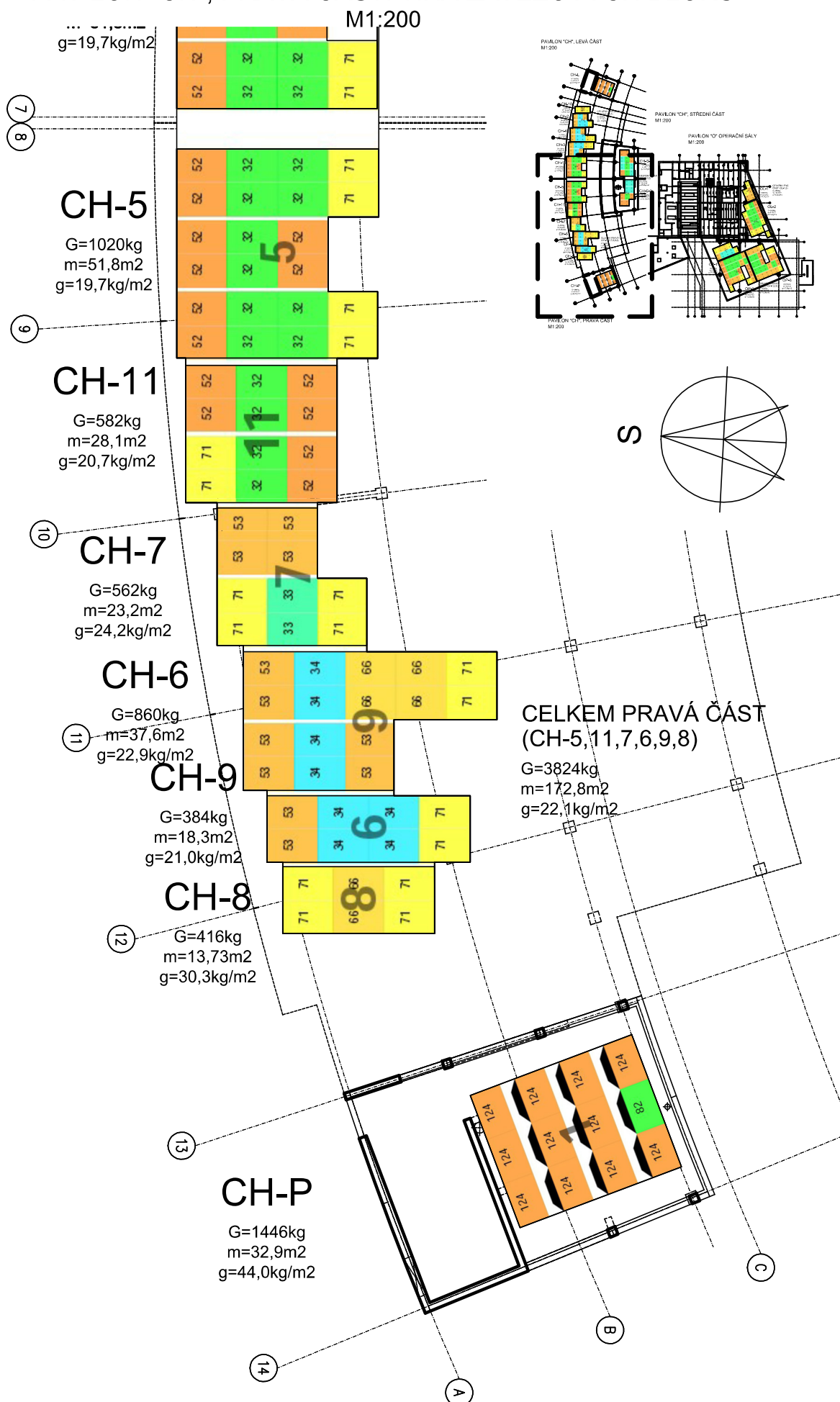


PAVILON "CH", LEVÁ ČÁST: TÍHA ZÁTĚŽOVÝCH BLOKŮ

M1:200

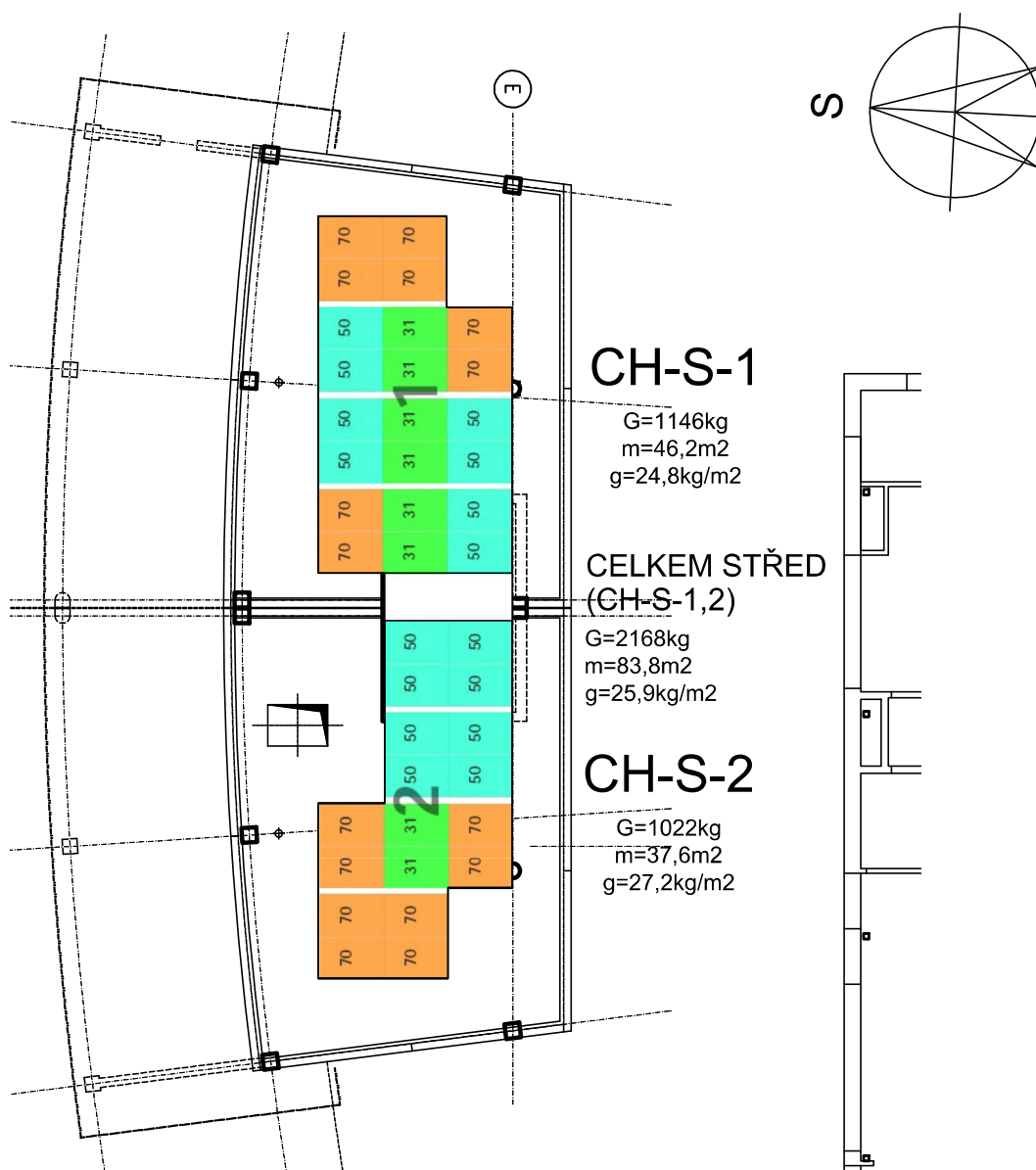
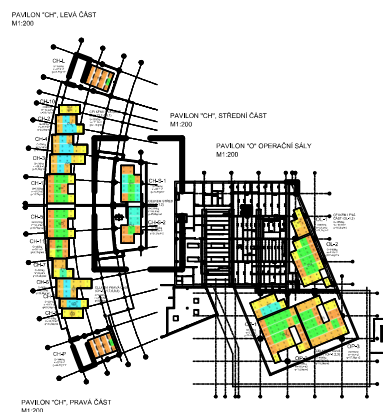


PAVILON "CH", PRAVÁ ČÁST: TÍHA ZÁTĚŽOVÝCH BLOKŮ



PAVILON "CH", STŘEDNÍ ČÁST: TÍHA ZÁTĚŽOVÝCH BLOKŮ

M1:200



PAVILON "O" OPERAČNÍ SÁLY: TÍHA ZÁTĚŽOVÝCH BLOKŮ

M1:200

PAVILON "O", LEVÁ ČÁST
M1:200

Pavilon PCHO - střecha 4.NP a 5.NP

Zatížení dle PDPS (2015)			kNm ⁻²	k _{fi}	kNm ⁻²	gamma	kNm ⁻²
Střešní plášť celkem (bez upřesnění skladby)			2,600	1,100	2,860	1,35	3,861
Podhled			0,500	1,100	0,550	1,35	0,743
Užitné na střeše			1,500	1,100	1,650	1,50	2,475
Sníh na střeše, sk=1,0 kNm-2, mý=0,80			0,800	1,100	0,880	1,50	1,320
Celkem			5,400		5,940		8,399
Navrhované zatížení včetně navrhované FVE (2023)			kNm ⁻²	k _{fi}	kNm ⁻²	gamma	kNm ⁻²
Střešní plášť celkem			1,500	1,100	1,650	1,35	2,228
proprané valouny, v ploše 50 mm; 0,05*16	0,800	kNm-2					
geotextilie vysoce zatížitelná	0,040	kNm-2					
filtrační a ochranná geotextilie	0,005	kNm-2					
modifikovaný TOP SBS pás	0,070	kNm-2					
Modifikovaný SBS pás	0,060	kNm-2					
Tepelná izolace 2x80 mm; ro=150kg/m3	0,240	kNm-2					
Spádové vrstvy z TI 20-300 mm; ro=150kg/m3	0,225	kNm-2					
Modifikovaný SBS pás	0,060	kNm-2					
Podhled včetně instalací			0,500	1,100	0,550	1,35	0,743
FVE panely na střeše			0,575	1,100	0,633	1,50	0,949
tíha spojovacích prostředků	0,030	kNm-2					
(max. hodnota dle podkladů 3 kg/m2)							
tíha FV panelů	0,105	kNm-2					
(max. rozpočtená hodnota včetně podkonstrukce dle podkladů je 10,5kg/m2)							
tíha zátěžových bloků:	0,440	kNm-2					
(max. rozpočtená plošná hmotnost zátěžových je dle podkladů 44kg/m2 pole CH-L)							
Sníh na střeše, sk=0,93 kNm-2, mý=0,80			0,744	1,100	0,818	1,50	1,228
Celkem			3,319		3,651		5,146
Přetížení (+), odlehčení (-)			-2,081		-2,289		-3,252

Pavilon OS - střecha 3.NP

Zatížení dle PDPS (2019)			kNm ⁻²	k _{fi}	kNm ⁻²	gamma	kNm ⁻²
Střešní plášť celkem (bez upřesnění skladby)			0,600	1,100	0,660	1,35	0,891
Podhled			0,300	1,100	0,330	1,35	0,446
Užitné na střeše			1,500	1,100	1,650	1,50	2,475
Sníh na střeše, sk=0,93 kNm-2, mý=0,8			0,744	1,100	0,818	1,50	1,228
Celkem			3,144		3,458		5,039
Navrhované zatížení včetně navrhované FVE (2023)			kNm ⁻²	k _{fi}	kNm ⁻²	gamma	kNm ⁻²
Střešní plášť (celkem)			1,500	1,100	1,650	1,35	2,228
proprané valouny, v ploše 50 mm; 0,05*16	0,800	kNm-2					
geotextilie vysoce zatížitelná	0,040	kNm-2					
filtrační a ochranná geotextilie	0,005	kNm-2					
modifikovaný TOP SBS pás	0,070	kNm-2					
Modifikovaný SBS pás	0,060	kNm-2					
Tepelná izolace 2x80 mm; ro=150kg/m3	0,240	kNm-2					
Spádové vrstvy z TI 20-300 mm; ro=150kg/m3	0,225	kNm-2					
Modifikovaný SBS pás	0,060	kNm-2					
Podhled včetně instalací			0,300	1,100	0,330	1,35	0,446
FVE panely na střeše (celkem)			0,355	1,100	0,391	1,50	0,586
tíha spojovacích prostředků	0,030	kNm-2					
(max. hodnota dle podkladů 3 kg/m2)							
tíha FV panelů	0,105	kNm-2					
(max. rozpočtená hodnota včetně podkonstrukce dle podkladů je 10,5kg/m2)							
tíha zátěžových bloků:	0,220	kNm-2					
(max. rozpočtená plošná hmotnost zátěžových je dle podkladů 22kg/m2 - pole OL-1)							
Sníh na střeše, sk=0,93 kNm-2, mý=0,8			0,744	1,100	0,818	1,50	1,228
Celkem			2,899		3,189		4,486
Přetížení (+), odlehčení (-)			-0,245		-0,270		-0,553