



**DEFEKTY
BUDOV
2023**



Fotovoltaika na střechách z pohledu statika a znalce

Ing. Luděk Vejvara, Ph.D., FEng.

ZČU V Plzni a ČKAIT Plzeň, VEJVARA PROJEKT s.r.o



Fotovoltaika na střechách z pohledu statika a znalce



1

1.

Střechy

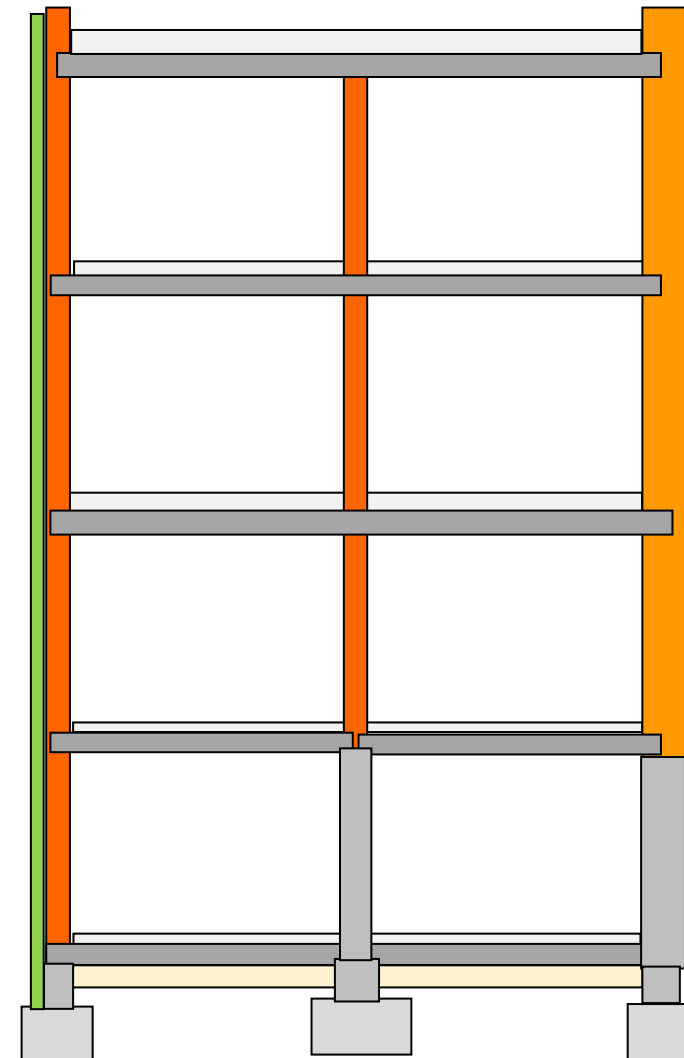
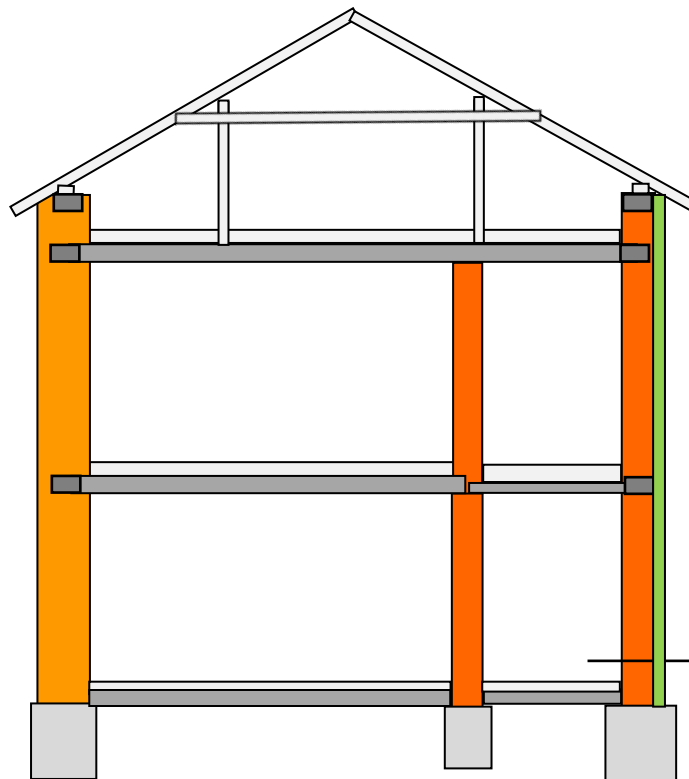
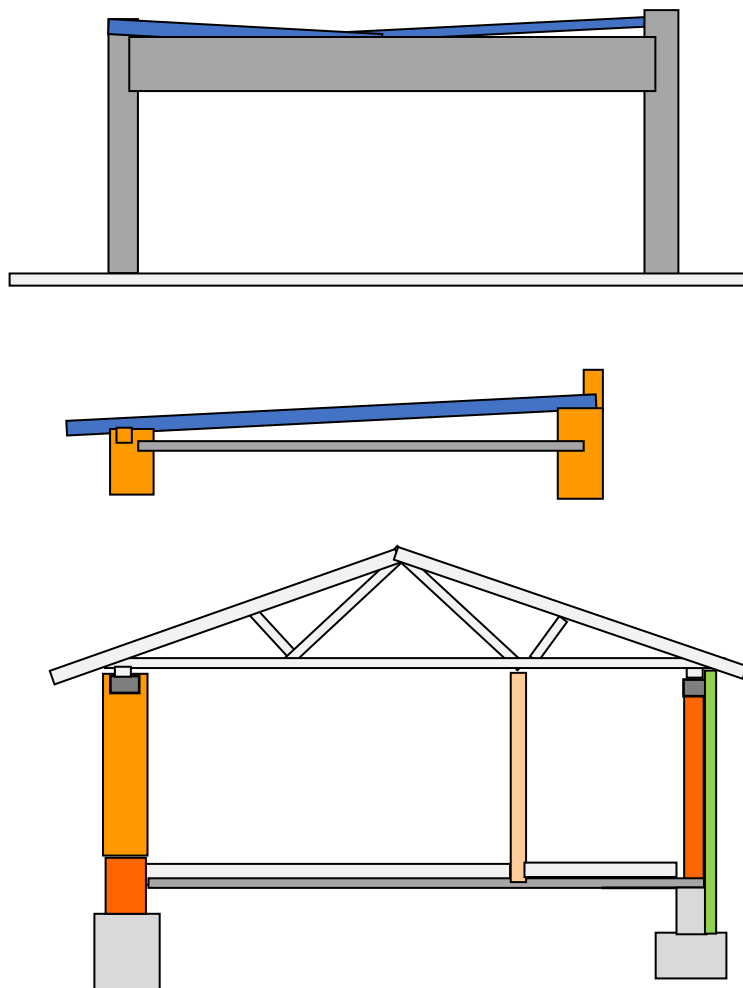
úvod do problematiky



jednopodlažní

nízkopodlažní

vícepodlažní (od 4 NP)



Samostatná konstrukce střechy

S využitím stropní konstrukce



Co drží FVE?

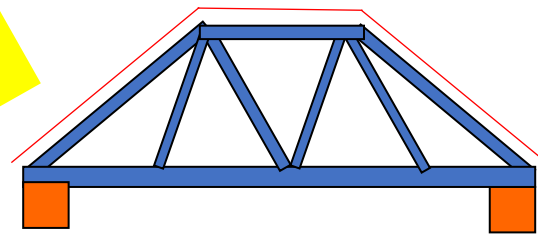
CO zajímá statika?

konstrukce pláště střechy

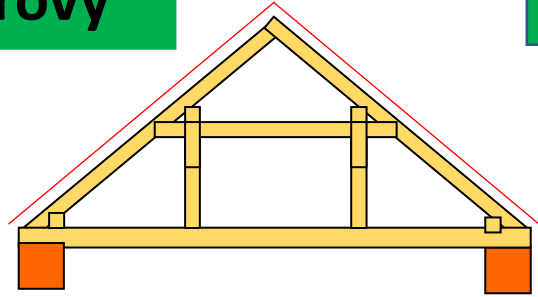
hlavní konstrukce

Nosné vazby + plášť

Vazníky



Krovy



Rámy

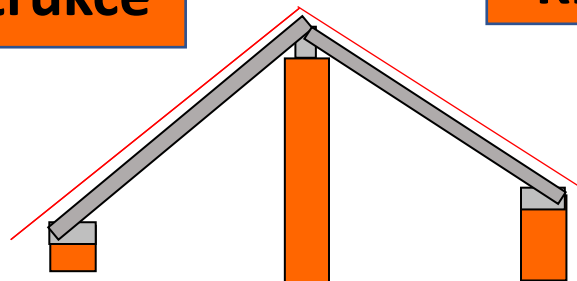


Oblouky



Plošné konstrukce

Desky



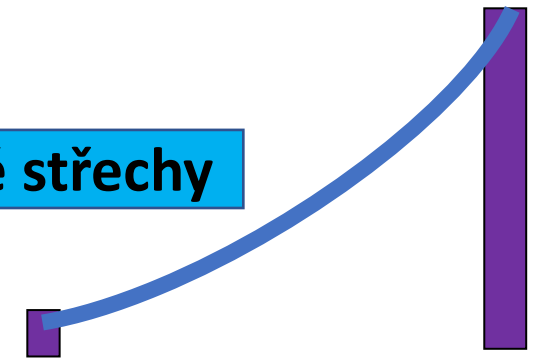
Klenby



Skořepiny



Visuté střechy



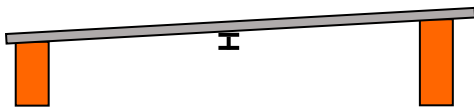


extenzivní

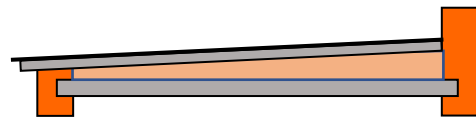
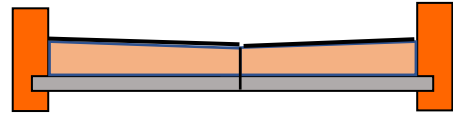


intenzivní

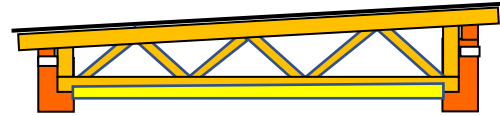
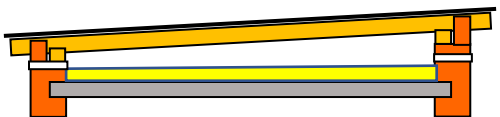
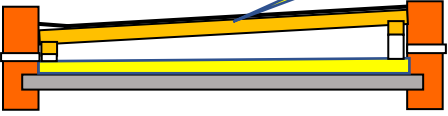
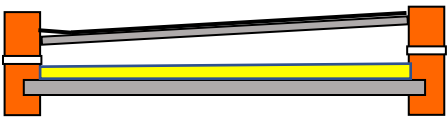
jednoduché



jednoplášťové



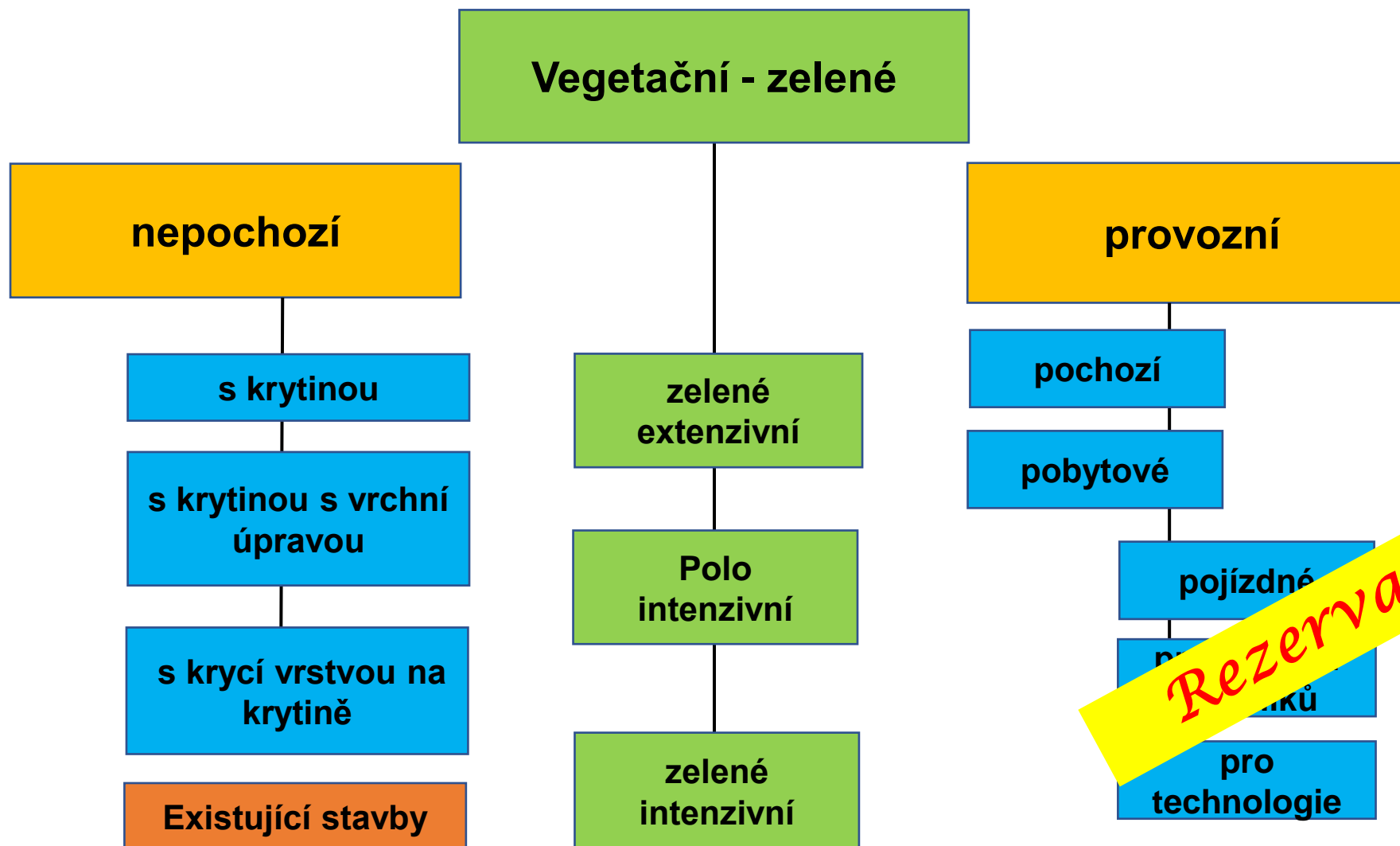
dvouplášťové



plášť

hlavní konstrukce

střešní plášť



Rezerva na FVE

Nová stavba

Na novostavbě

Návrh nové stavební a nosné
konstrukce střechy **podle**
zadání na udané zatížení
bezproblémově

Dokončená stavba

Na stávající střeše

Posouzení na změny a přetížení

- **stáří a stav konstrukce**
- **změna norem proti původním**
- **navýšení účinků od**
klimatických zatížení

2.

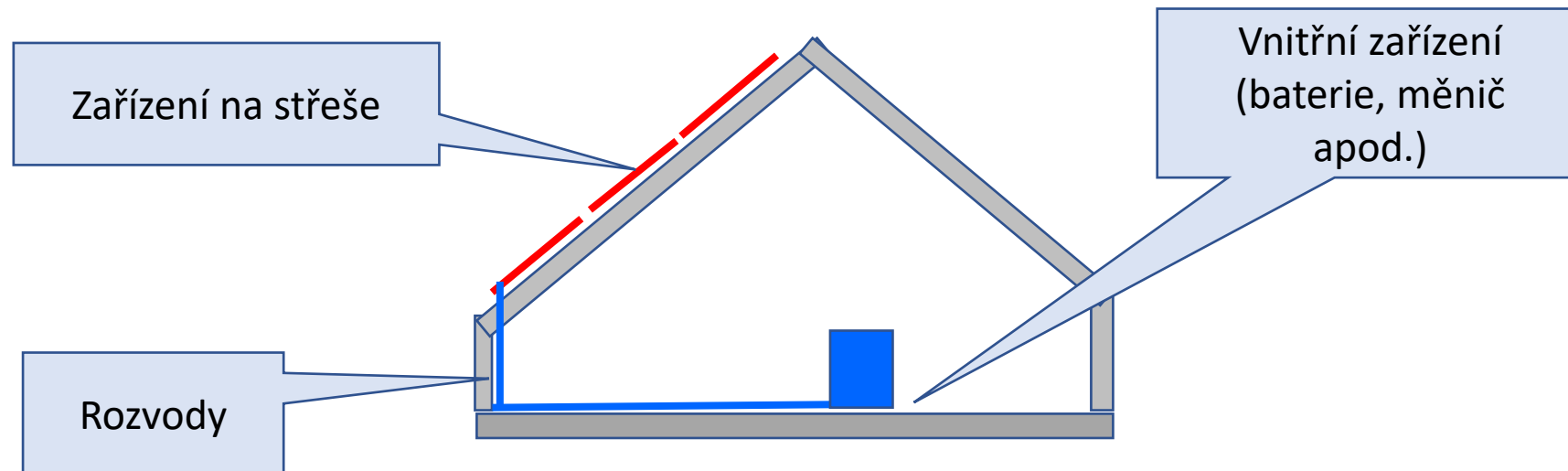
Fotovoltaická a jiná zařízení na střeše

2



- Osazení fotovoltaických zařízení na střechách
 - dnes rozvoj
 - v budoucnu běžným požadavkem
- Vyrobí až 70 % vaší spotřeby energie. Záruka až 25 let na výkon solárních panelů.
Energetická soběstačnost až 7 měsíců v roce.

Vstoupila v platnost novela zákona (Lex OZE 1), která umožňuje provozovat fotovoltaiku s výkonem do 50 kW bez licence. Ta začala platit **24. ledna 2023**.



Podmínky stavební úpravy:

- Nezasahují do nosných konstrukcí stavby
- Nemění způsob užívání stavby
- Nevyžadují posouzení vlivu na životní prostředí
- Jsou splněny podmínky požární bezpečnosti podle prováděcího právního předpisu
- Stavba není kulturní památkou

Fotovoltaika do 50 kW jako součást stavby

Splnění všech podmínek

Nesplnění některé z podmínek

Územní rozhodnutí nebo územní souhlas

NE

NE

Stavební povolení nebo ohlášení

NE

ANO

Kolaudace

NE

ANO

(Zdroj: Ministerstvo pro místní rozvoj)

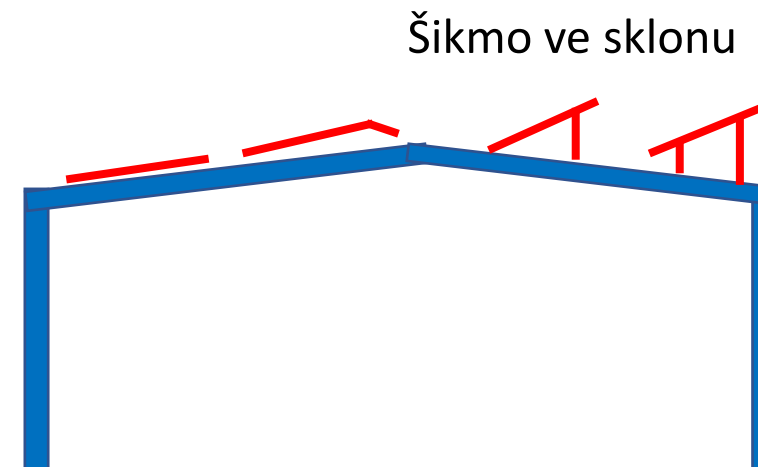
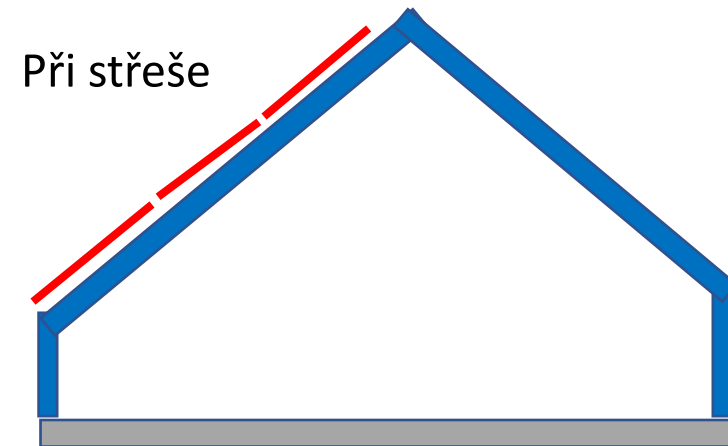
3. Stavební řešení na střechách

1. NA ŠIKMÉ STŘECHY

- Panely na střechy
- s krovem (20 - 45 st.)
- s vazníky - ocelovými, dřevěnými a betonovými (5 - 20 st.)
- Solární tašky
- Pásy

2. NA PLOCHÉ STŘECHY (pod 5 st.)

- Folie a panely položením na střechu
- Panely ve sklonu při střeše
- Panely na konstrukci při střeše
- na konstrukci nad střechou



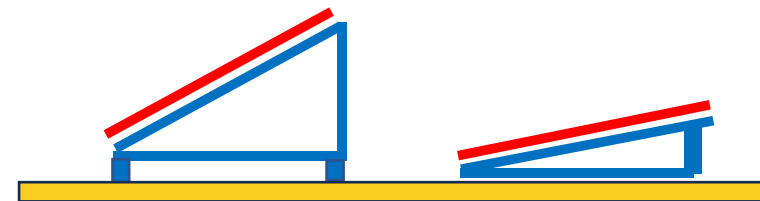
1.1 - Zatížení

- vlastní tíha stavby
- užitné zatížení na střechách
- klimatická zatížení (sníh, vítr, teplota)
- **FVE**

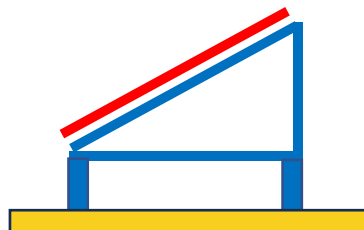
je krytinou
leží na krytině



je na rámu nad krytinou
je na roštu nad krytinou



je na samostatné
konstrukci nad krytinou







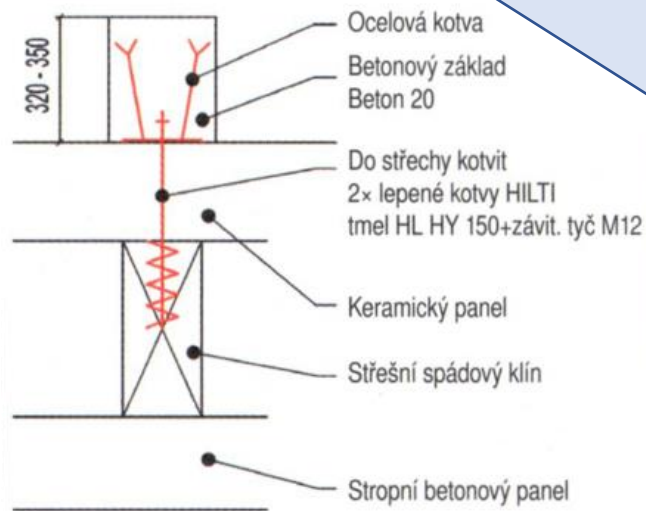
Zapuštění do násypu





Osazení na vysunutě ocelové stojky
Zřízené nově nebo projektované

Betonový blok dodatečně





3.

Stavební a statické parametry na střechách

3





Základní požadavky na stavby podle paragrafu 145 (nového) stavebního zákona (SZ)

- Stavba musí být **navržena a provedena** tak, aby byla **vhodná pro určené využití** a **po celou dobu trvání plnila** při běžné údržbě a působení běžně předvídatelných vlivů **základní požadavky na stavby**, kterými jsou
 - **a) mechanická odolnost a stabilita,**
 - **b) požární bezpečnost,**
 - **c) ochrana zdraví,**
 - **d) ochrana životního prostředí,**
 - **e) bezpečnost při užívání, provozu a údržbě,**
 - **f) úspora energie, úspora energie,**
 - **g) udržitelné využívání přírodních zdrojů.**
- **§ 8 Základní požadavky vyhl. 268/2009**
- **(1)** Stavba musí být navržena a provedena tak, aby byla při respektování hospodárnosti vhodná pro určené využití a aby současně splnila základní požadavky, kterými jsou
 - **a) mechanická odolnost a stabilita,**
 - **b) požární bezpečnost,**
 - **c) ochrana zdraví osob a zvířat, zdravých životních podmínek a životního prostředí,**
 - **d) ochrana proti hluku,**
 - **e) bezpečnost při užívání,**
 - **f) úspora energie a tepelná ochrana.**

mechanická odolnost a stabilita

Nezasahují do nosných konstrukcí stavby x **zasahují**

Původní zatížení na střeše

- Vlastní tíha střešní konstrukce
- Tíha střešního pláště a krytiny
- Vítr
- Sníh
- Obsluha (ploché střechy)

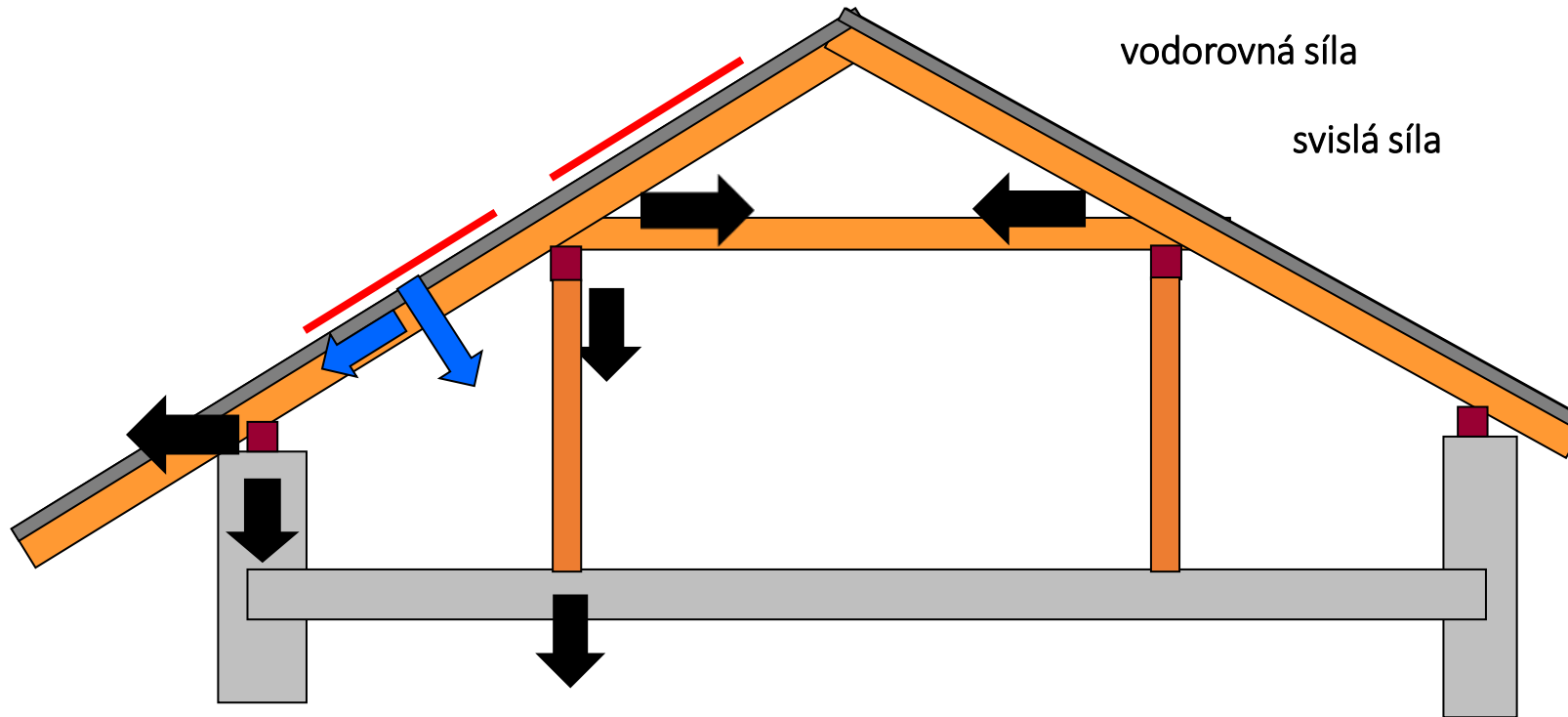
Na nové na střeše navíc

- Vlastní zařízení – panely FVE
- Přetížení deskami, záspem nebo nosná ev. podpůrná konstrukce
- Změny klimatických účinků

Řešení

- Položením a přetížením
- Ukotvením k plášti střechy
- Na samostatné konstrukci

Účinky sil od současných krovů



LOKÁLNÍ ÚČINKY – střešní plášť, krokve

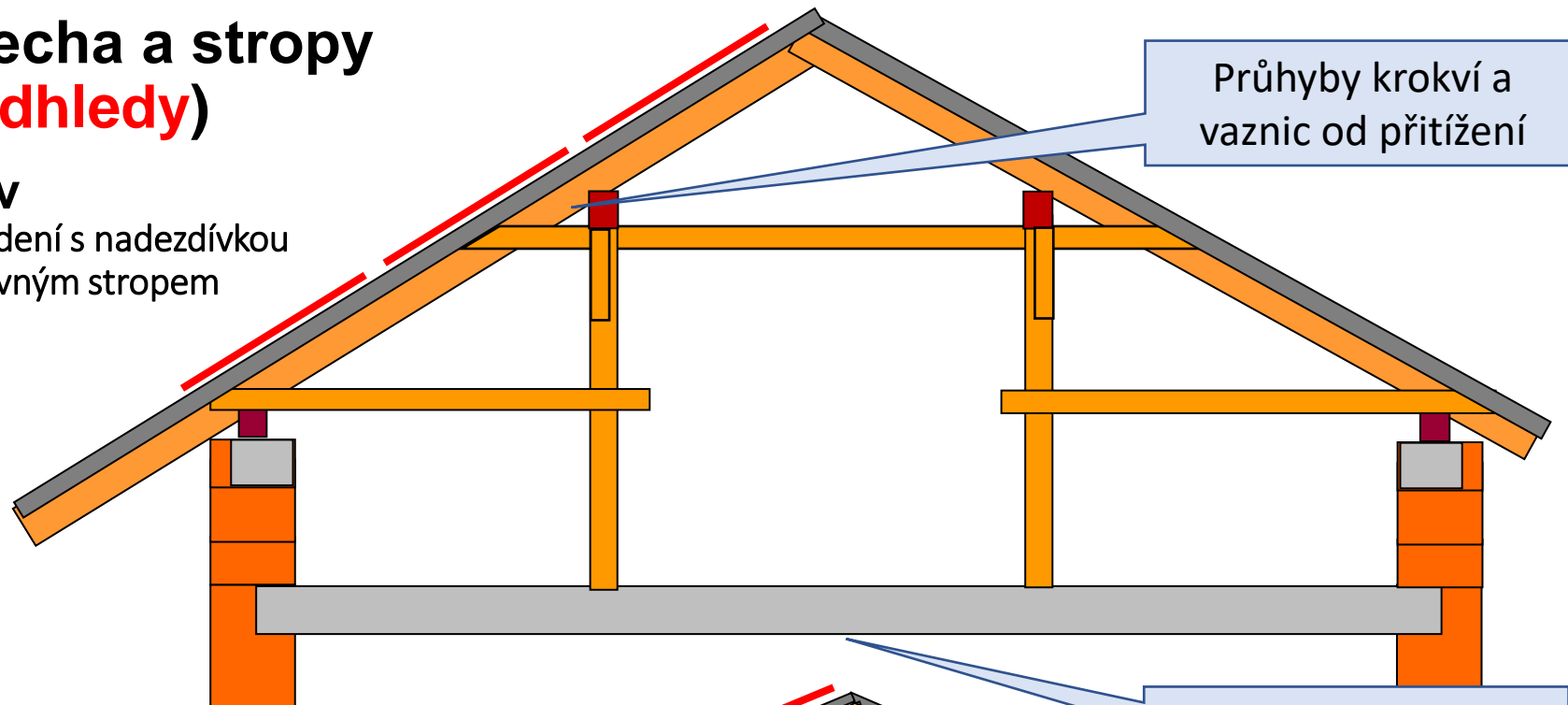
LOKÁLNÍ ÚČINKY – krov

GLOBÁLNÍ ÚČINKY – zbytek stavby

Střecha a stropy (podhledy)

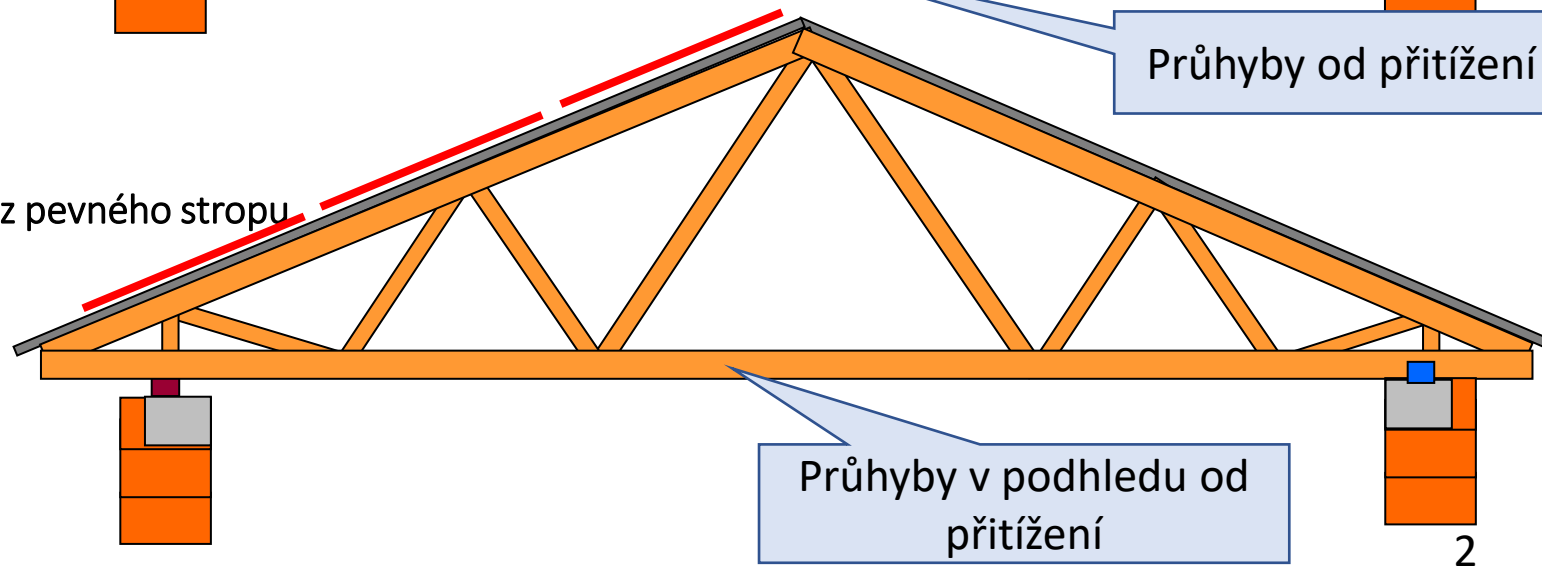
Krov

provedení s nadezdívkou
a s pevným stropem



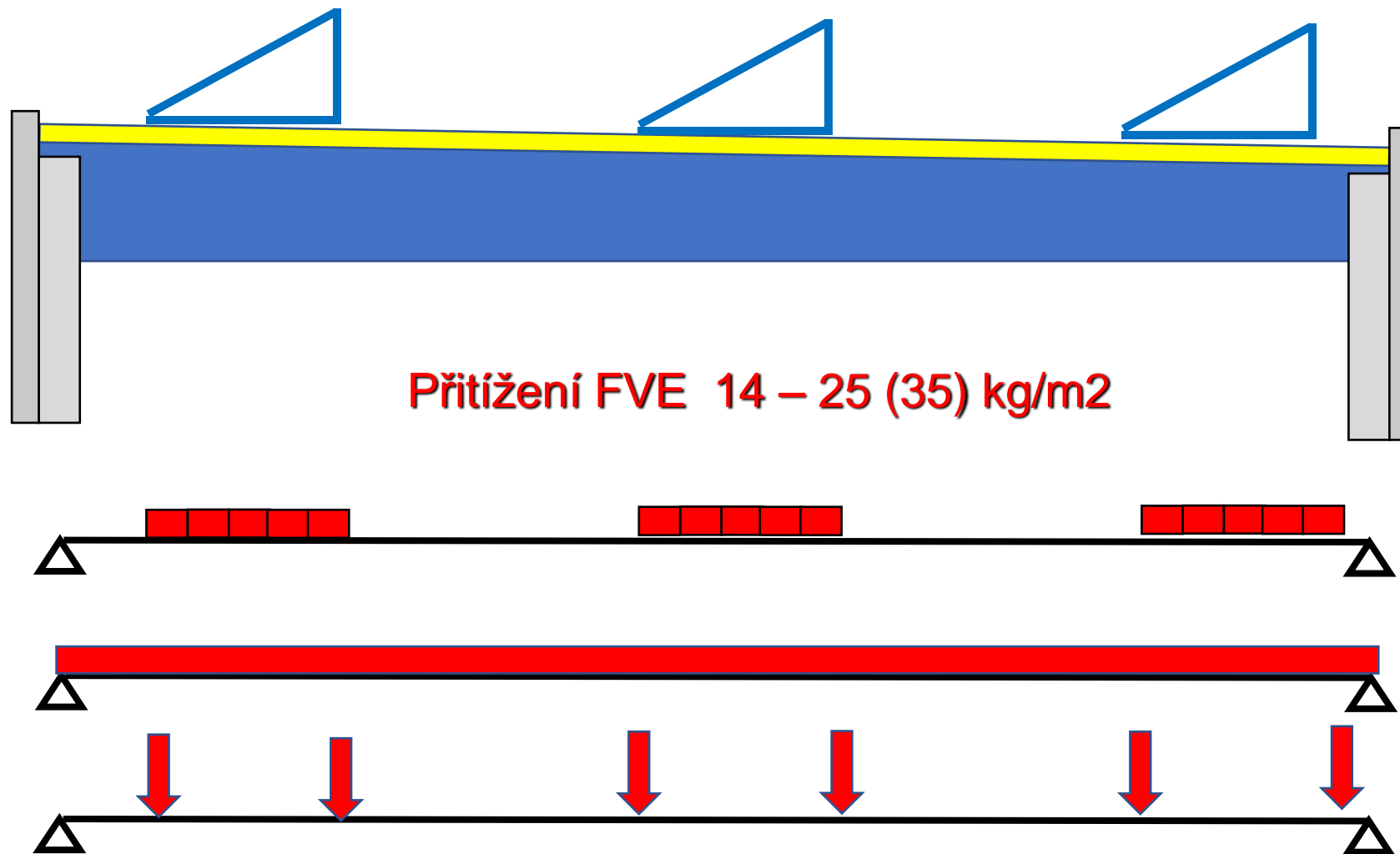
Vazník

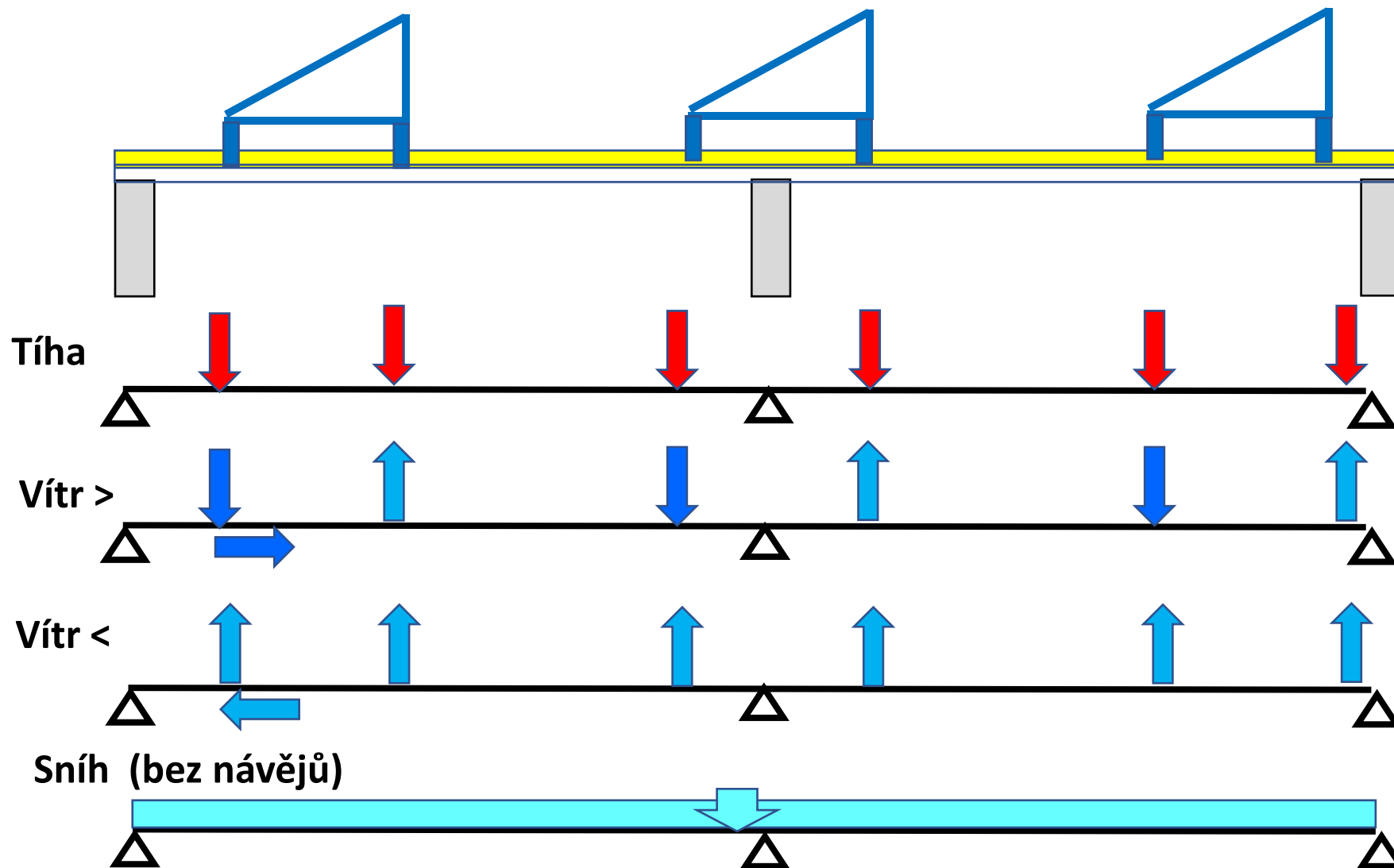
provedení bez pevného stropu





Koncentrace účinků





1.1 - Zatížení

- vlastní tíha stavby
- užité zatížení na střeších
- klimatická zatížení (sníh, vítr, teplota)
- FVE

1.2 – Kombinace nejúčinněji působících zatížení

1.3 – Stanovení vnitřních sil v konstrukci

2.1 - Údaje o konstrukci

- geometrické rozměry konstrukce
- pevnosti materiálu
- výpočtový postup podle EC

2.3 – Výpočtový postup dle normy

2.3 – Výpočet únosnosti a stability výpočet deformací

3. Porovnáme účinků zatížení a únosnosti

Pro statiku

EUROKÓDY

Zásady navrhování - Stanovení zatížení staveb a jeho kombinace

Návrhové normy - navrhování a posuzování nosných konstrukcí
– beton, ocel, ocelobeton, dřevo, založení, hliník,

ČSN EN

Česká norma – český text evropské normy EN

Národní příloha

Upravují celoevropský text pro použití v ČR
národně stanovené parametry mají pro stavby umístěné na území České republiky normativní charakter.

Evropské normy – EN

Cílem evropských norem pro navrhování nosných konstrukcí je

- harmonizace /sladění/ předpisů pro návrh těchto konstrukcí ve všech evropských státech
- harmonizace navrhování konstrukcí z jednotlivých konstrukčních materiálů





Evropské normy pro nosné konstrukce stavby



Normy zatížení

EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí 03 2004

EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí

EN 1992 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí 11 2006

EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí 12 2006

EN 1994 Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobeton. konstrukcí 12 2006

Normy návrhové

EN 1995 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí 12 2006

EN 1996 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí 05 2007

EN 1997 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí 09 2006

EN 1998 Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení

EN 1999 Eurokód 9: Navrhování konstrukcí z hliníkových slitin

Druhá generace norem r. 2027

Běžné zatížení střechy

- Vlastní tíha střešní konstrukce
- Tíha střešního pláště a krytiny
- Tíha vegetačních úprav
- Vítr
- Sníh
- Obsluha
- Užité u pochozí střechy

Nově s FVE na střeše

- Vlastní tíha střešní konstrukce
- Tíha střešního pláště a krytiny
- Tíha vegetačních úprav
- Vlastní zařízení – panely FVE
- Nosná nebo podpůrná konstrukce
- Vítr (včetně účinků od FVE)
- Sníh (včetně zvýšení u FVE)
- Obsluha
- Užité u pochozí střechy

1. Přetížení od FVE navíc činí 3 až 35 kg/m²
Obvykle bez konstrukce 12 - 20 kg/m²
2. Velikost **zatížení sněhem** na střeše před r. 2010 **je nižší než dnes**
3. Výpočet **zatížení sněhem** dává **vyšší hodnotu**
4. Velikost **zatížení sněhem a větrem při FVE** dává **vyšší hodnotu**
5. Účinky **zatížení** ovlivňuje **tvar, sklon, rozměry a výška střechy**

Mapa sněhových oblastí

Jak postupuje stavební inženýr?

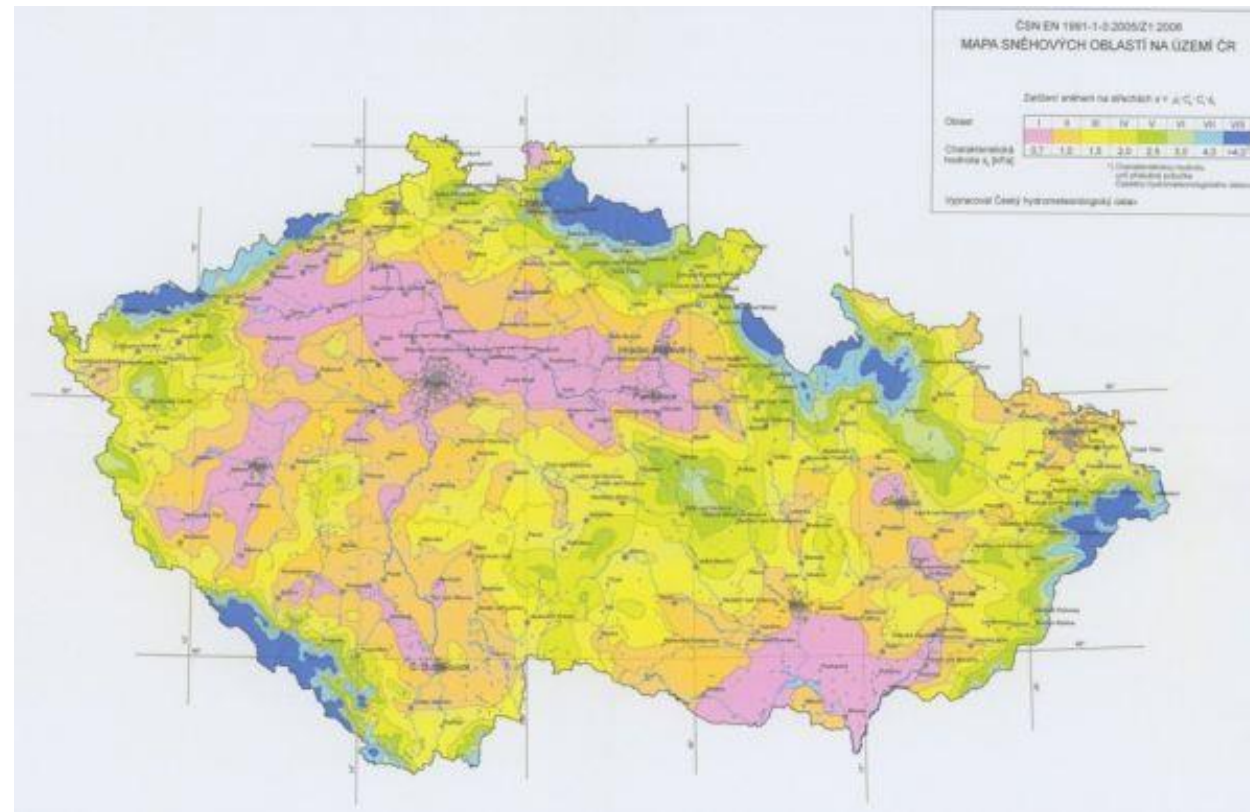
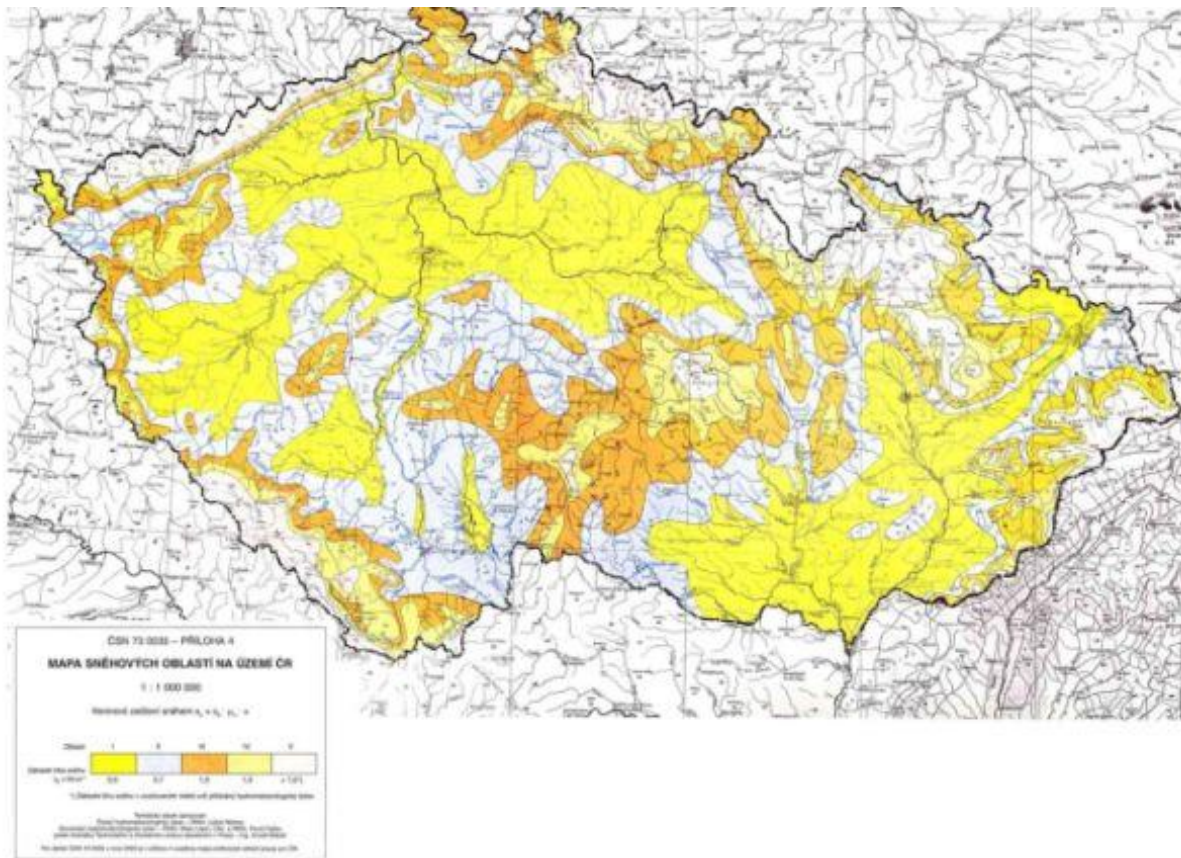


Základní tíha sněhu
ČSN EN 1991-1-3
Hodnoty v kN/m²

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
0,7 (0,56)	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	Nad 4,0

$$S_d = \mu * S_k * \gamma_f$$





Charakteristická hodnota

Tvar střechy

$$s_k = s * \mu * (C_e * C_t)$$

Z mapy v normě, z digitální mapy

Návrhová hodnota

Součinitel kombinace

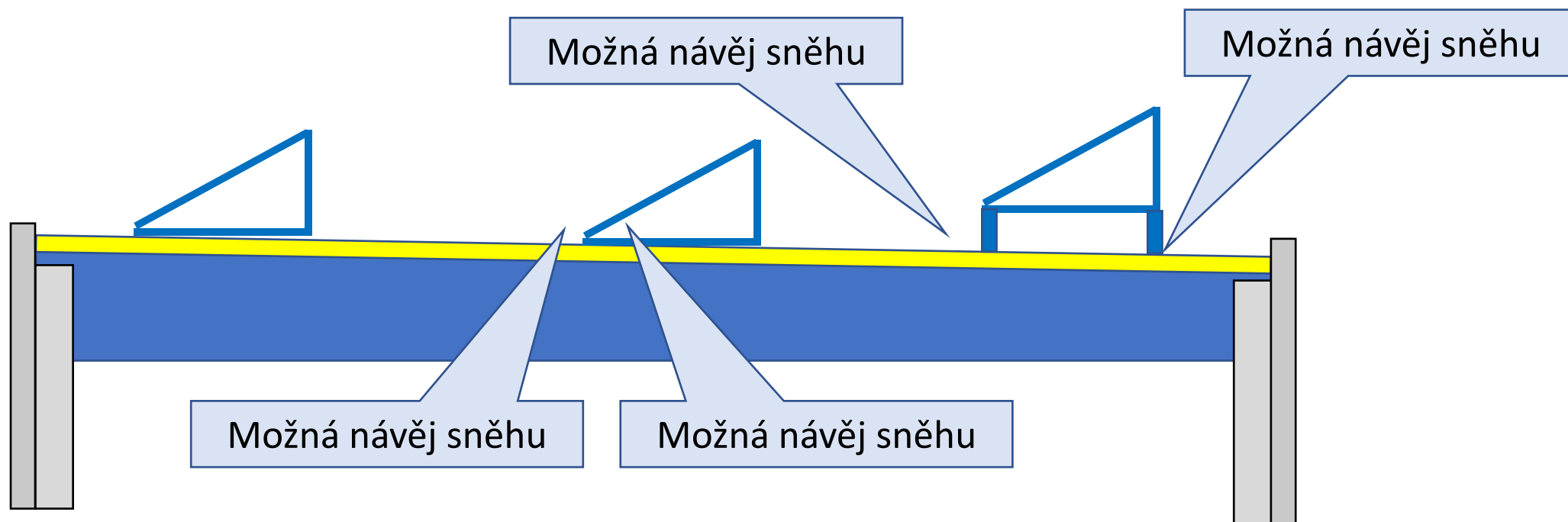
$$s = s_k * \gamma_m * \psi_{i,j}$$

Součinitel zatížení 1,5



Sněhová oblast	Sníh pův. do r. 2010 (kN/m ²)	Souč. zat. pův	Původní návrh. hodnota	Sníh od r. 2010 ČSN EN (kN/m ²)	Zvýšení Základní hodnota	Redukce m=0,8 na střeše (kN/m ²)	Souč. zat. dnes	Dnešní návrh. hodnota (kN/m ²)	Zvýšení
I	0,5	1,4	0,7	0,7	14 %	0,56	1,5	0,84	20%
II	0,7	1,4	0,98	1,0	14,3 %	0,8	1,5	1,2	22,4%
III	1,0	1,4	1,4	1,5	50 %	1,2	1,5	1,8	28,6%
IV	1,5	1,2	1,8	2,0	25%	1,6	1,5	2,4	33,3%
obsluha	0,75	1,4	1,05						12%
1953	0,75		0,75						12%

ZATÍŽENÍ je dnes vyšší



Návěje na výstupky a překážky

Překážky na střeše vytvářejí oblasti aerodynamického stínu, kde se hromadí sněh.

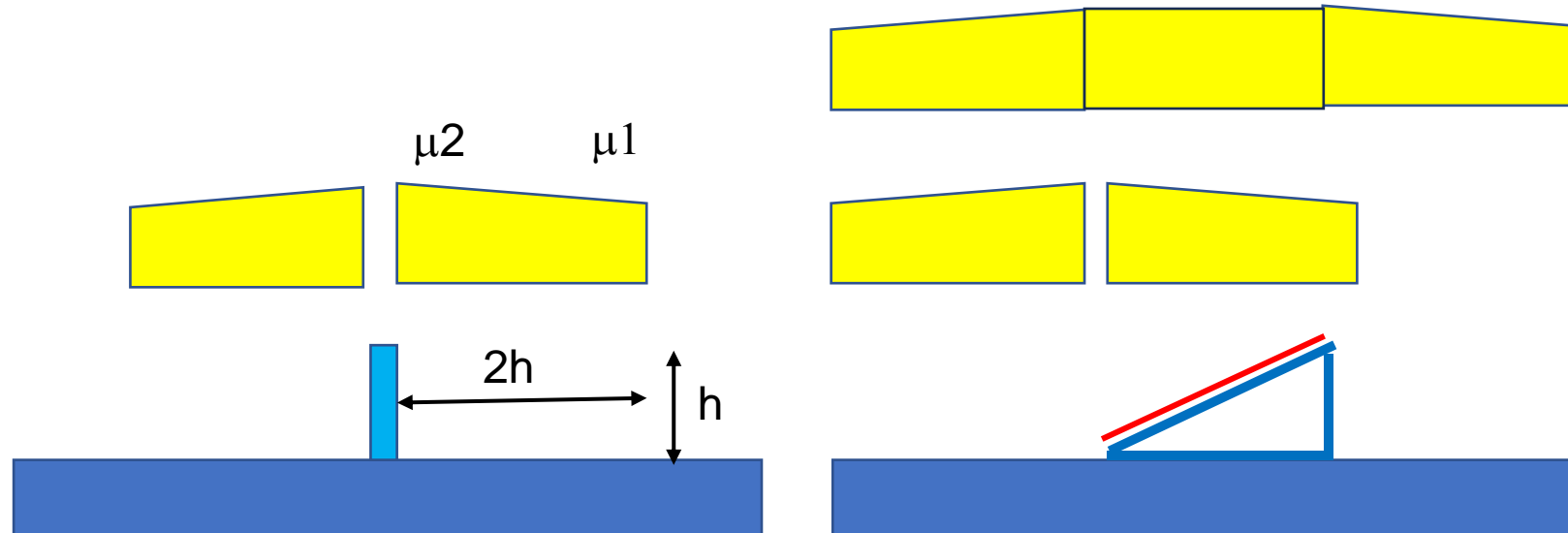
Tvarové součinitele zatížení sněhem a délka návějí se stanoví podle obrázku a vzorců, kde

$$\mu_1 = 0,8$$

$$\mu_2 = \gamma h / s_k \quad \text{hodnota je omezena } 0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0$$

γ je objemová tíha sněhu ($\gamma = 2 \text{ kN.m}^{-3}$)

$$l_s = 2h \text{ doporučené omezení } 5 \text{ m} \leq l_s \leq 15 \text{ m}$$



Návěje

$$\mu_1 = 0,8$$

$$\mu_2 = \gamma h / s_k = 2 * 0,6 / 0,7 = 1,714$$

$$l_s = 2h = 2 * 0,6 = 1,2 \text{ m}$$

Běžné zatížení sněhem 0,7 kN/m²

$$S = 0,8 * 0,7 = 0,56 * 1,5 = 0,84$$

$$S = 0,7 * 0,8 * 1,5 = 0,84$$

$$S = 0,7 * 0,8 * 1,714 * 1,5 = 1,44$$

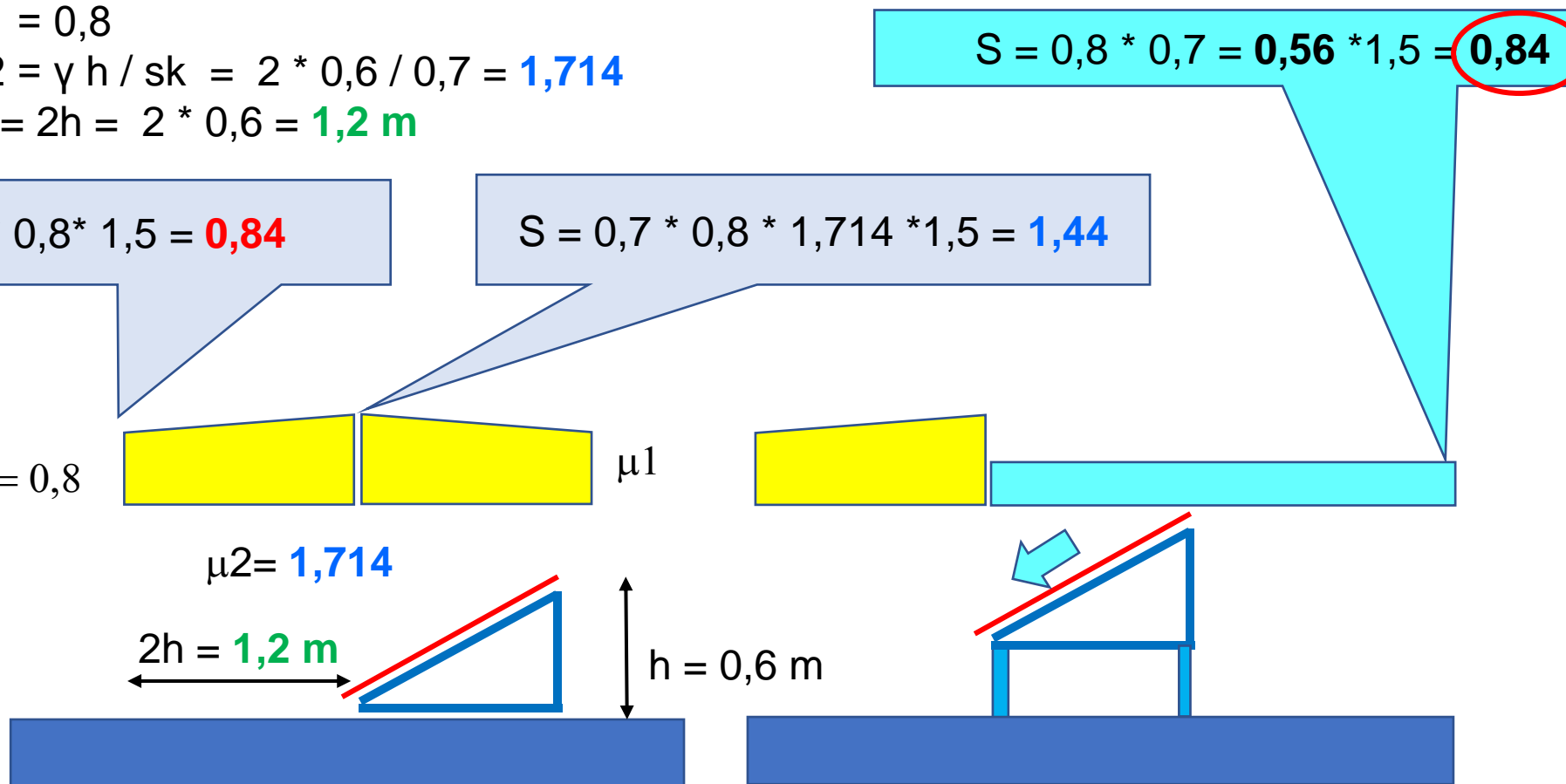
$$\mu_1 = 0,8$$

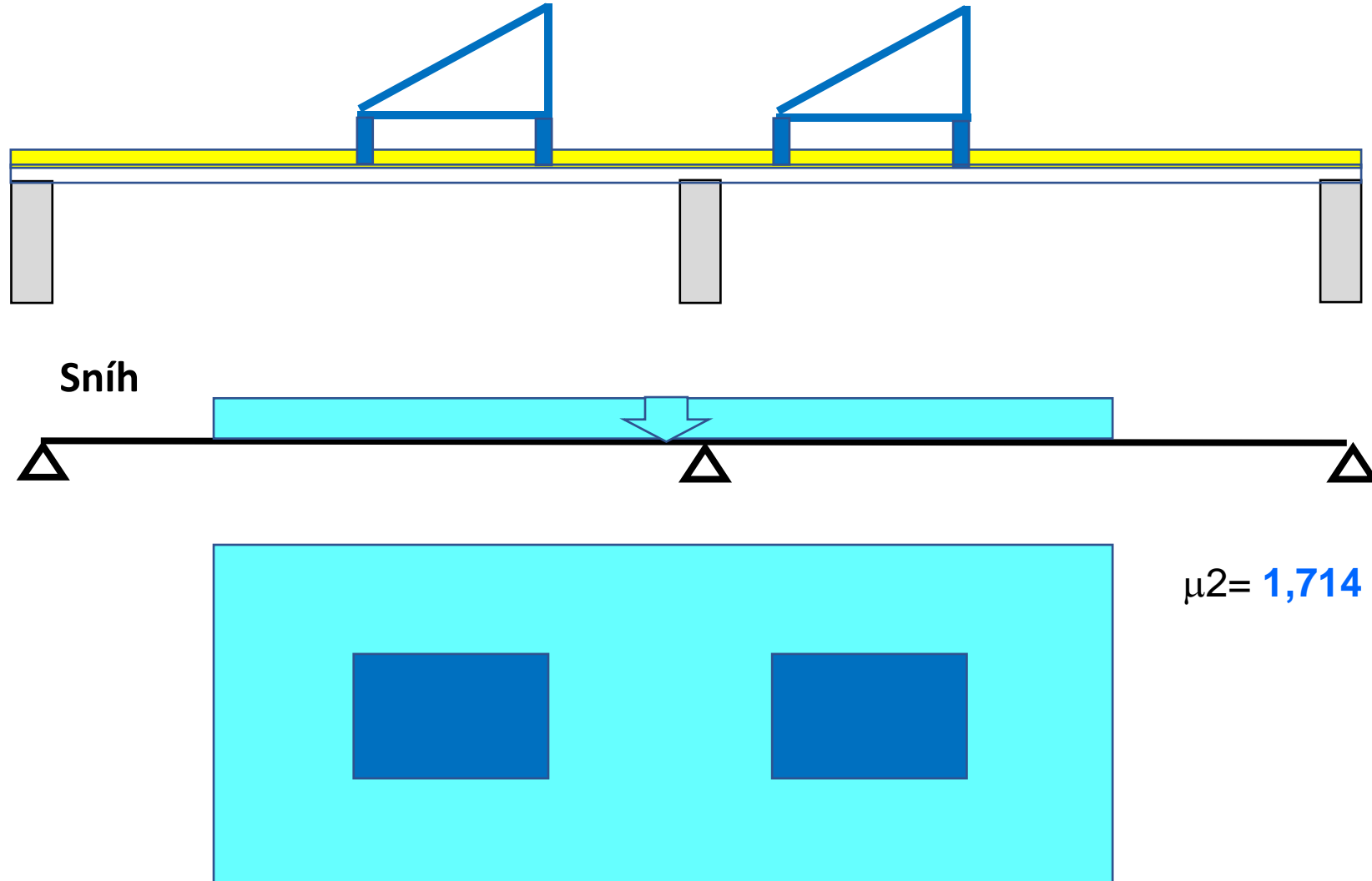
$$\mu_1$$

$$\mu_2 = 1,714$$

$$2h = 1,2 \text{ m}$$

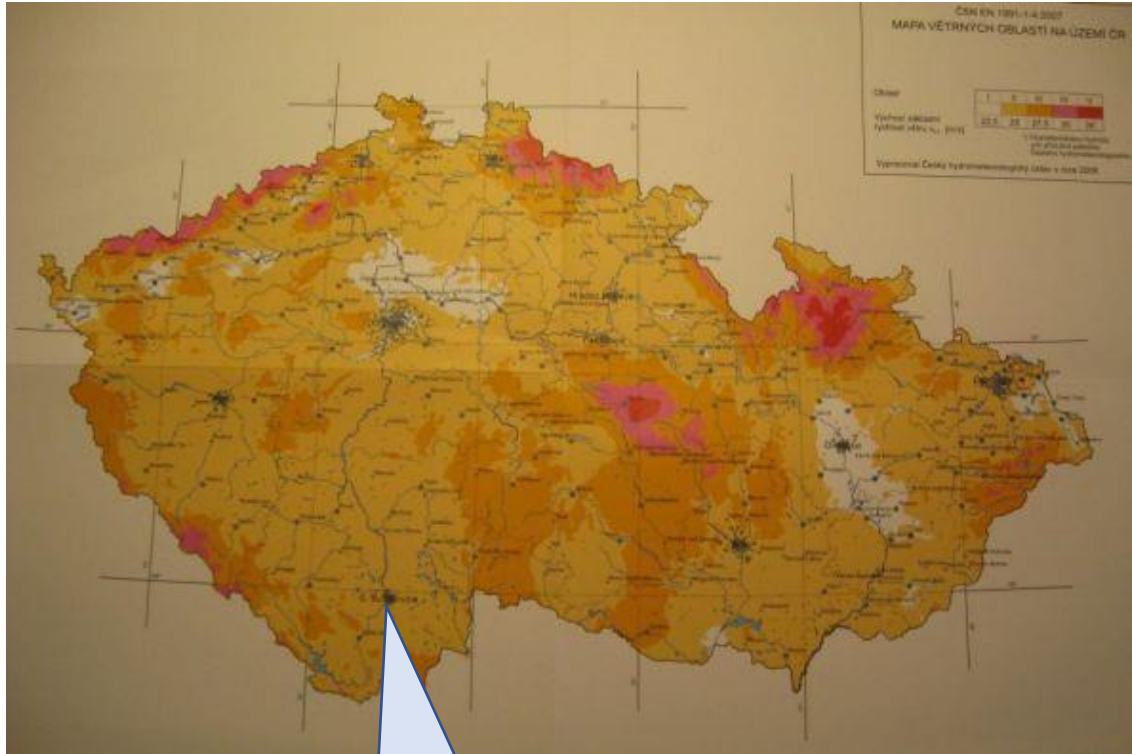
$$h = 0,6 \text{ m}$$





Mapa větrových oblastí

zjistíme základní rychlost větru v m/s



Norma umožňuje stanovit **zatížení v tlaku a od sání větru**

Velikost působícího zatížení větrem je ovlivněna

- místo stavby
- nadmořská výška
- místní vlivy
- okolní terén, porost a zástavba
- výška střechy nad terénem

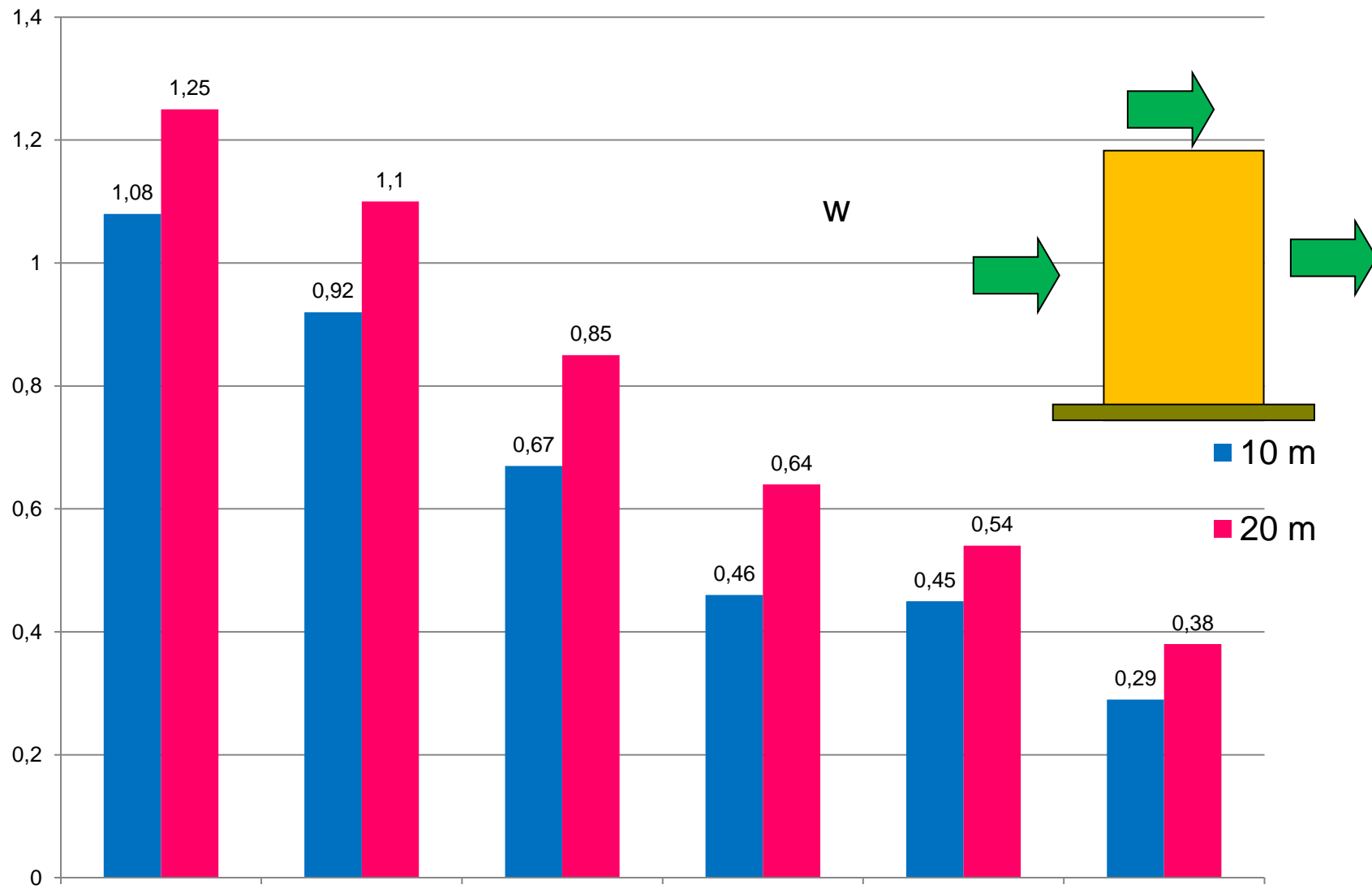
25 m/s – oblast II

Větrové oblasti	I	II	III	IV	V	
rychlost větru	22,5	25	27,5	30	36	m/s

	Kategorie terénu ČSN EN 1991-1-4 příloha A1	Dyn. tlak q_b	tlak větru q_p ve výšce /m/					
			5	10	20	30	40	
0	Moře a přímořské oblasti	Pa	kPa					
I	Jezera a oblasti bez překážek a se zanedbatelnou vegetací	391	0,92	1,08	1,25	1,35	1,43	
II	Oblasti s nízkou vegetací, jako je tráva a izolované překážky, tj. např. stromy a budovy, vzdálené od sebe min. 20 násobek výšky překážek – izolované překážky	391	0,75	0,92	1,10	1,21	1,29	
III	Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami, jejich vzdálenost je nejvýše 20násobek výšky překážek vesnice, předměstský terén, les	391	0,50	0,67	0,86	0,97	1,06	
IV	Oblasti, kde min. 15% povrchu je pokryto budovami o průměrné výšce větší než 15 metrů - města	391	0,46	0,46	0,65	0,75	0,85	

Účinky větru

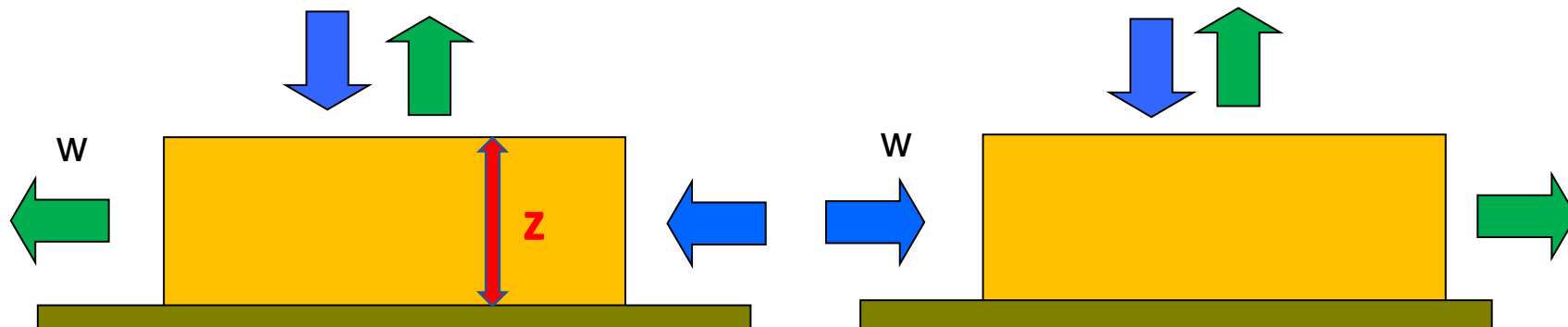
charakteristické hodnoty - 25m/s v 10 a 20 m



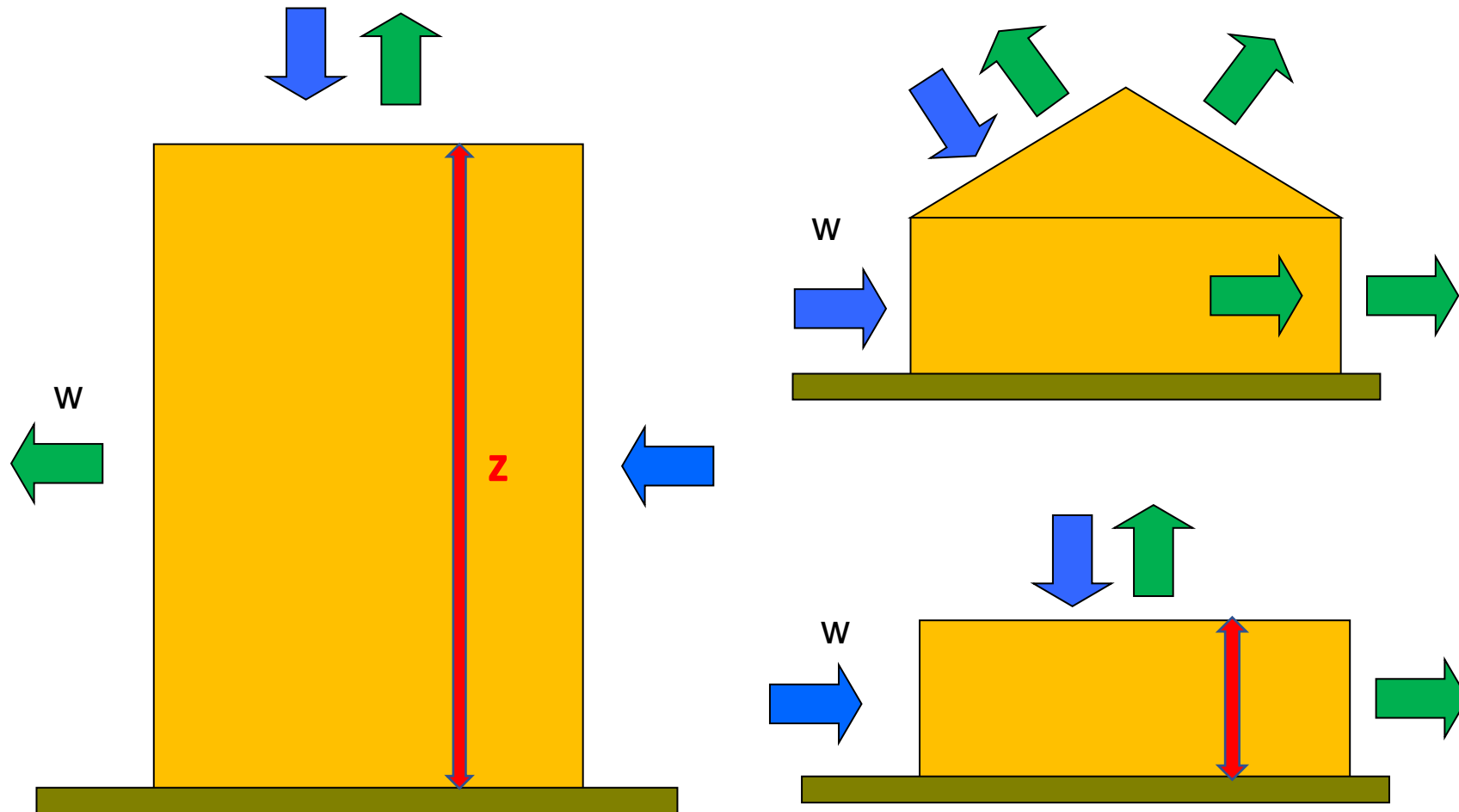
Tlak větru (tlak a sání) na budovy

Závisí na

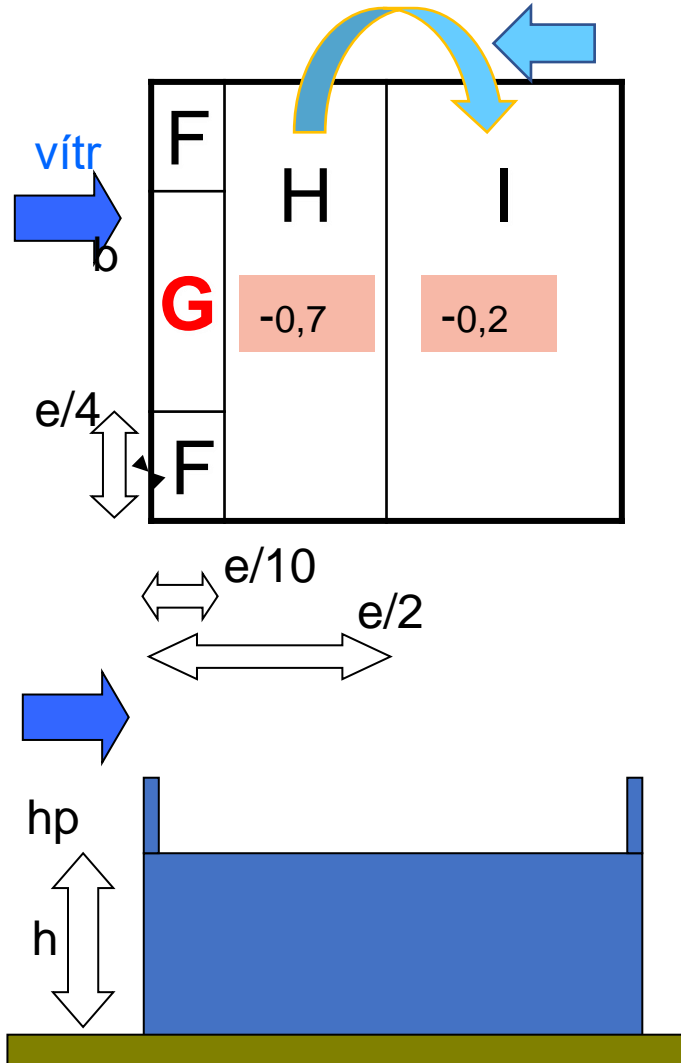
- Umístění stavby – mapa větrových oblastí I až V
- Výška stavby nad terénem (z)
- Typ okolí a terénu (kategorie terénu I-IV)
- Místo na střeše (budově)
- Nezáleží na směru větru (vítr působí v ČR ze všech směrů)



Tlak větru (sání) na budovy



Půdorysné schéma



Tlak větru na vnější povrchy

$$w_e = q_p * C_{pe}$$

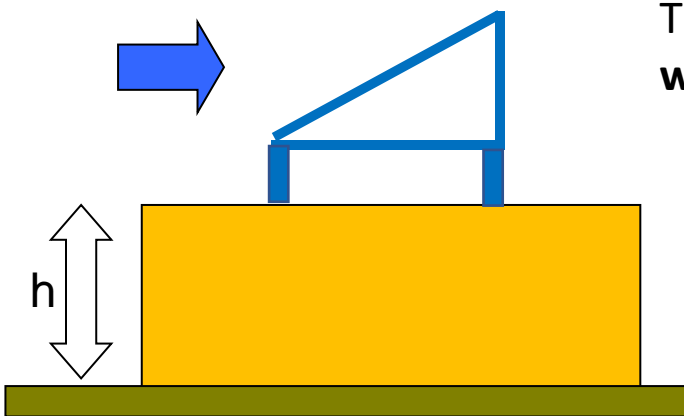
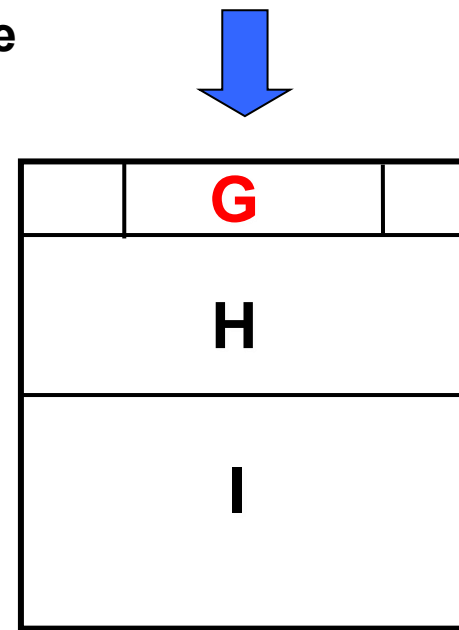
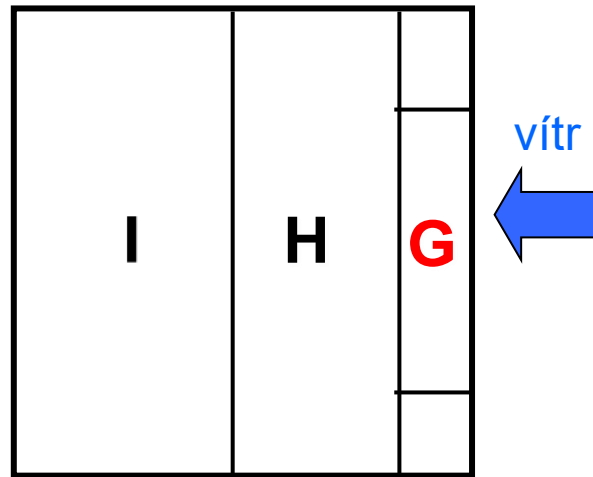
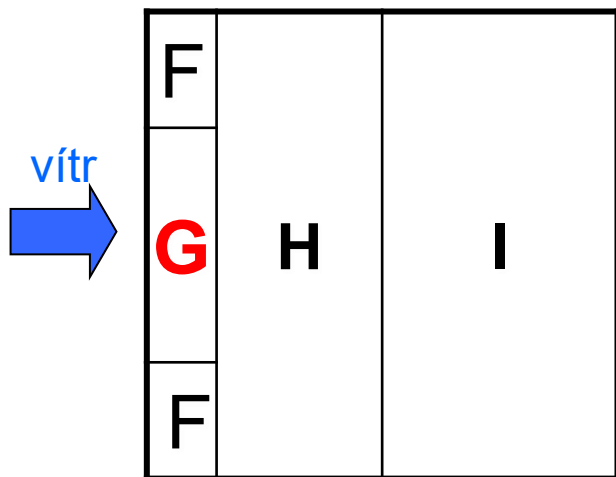
Součinitele vnějšího tlaku C_{pe}

		oblast							
		F		G		H		I	
		10	1	10	1	10	1	10, 1	
Ostré hrany		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
Atika pro hp/h	0,025	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	0,05	-1,4	-2,0	-0,9	-1,8	-0,7	-1,2	-0,2	+0,2
	0,1								
zakřiv		-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4	-0,4	-0,2	+0,2

Pro velikost oblastí určíme e
e volíme jako menší z hodnot **b** nebo **2h**

Půdorysné schéma

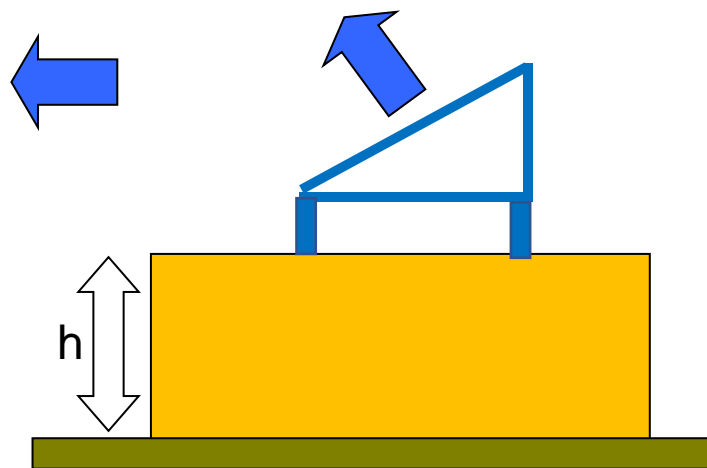
Součinitele vnějšího tlaku C_{pe}



Tlak větru na vnější povrchy

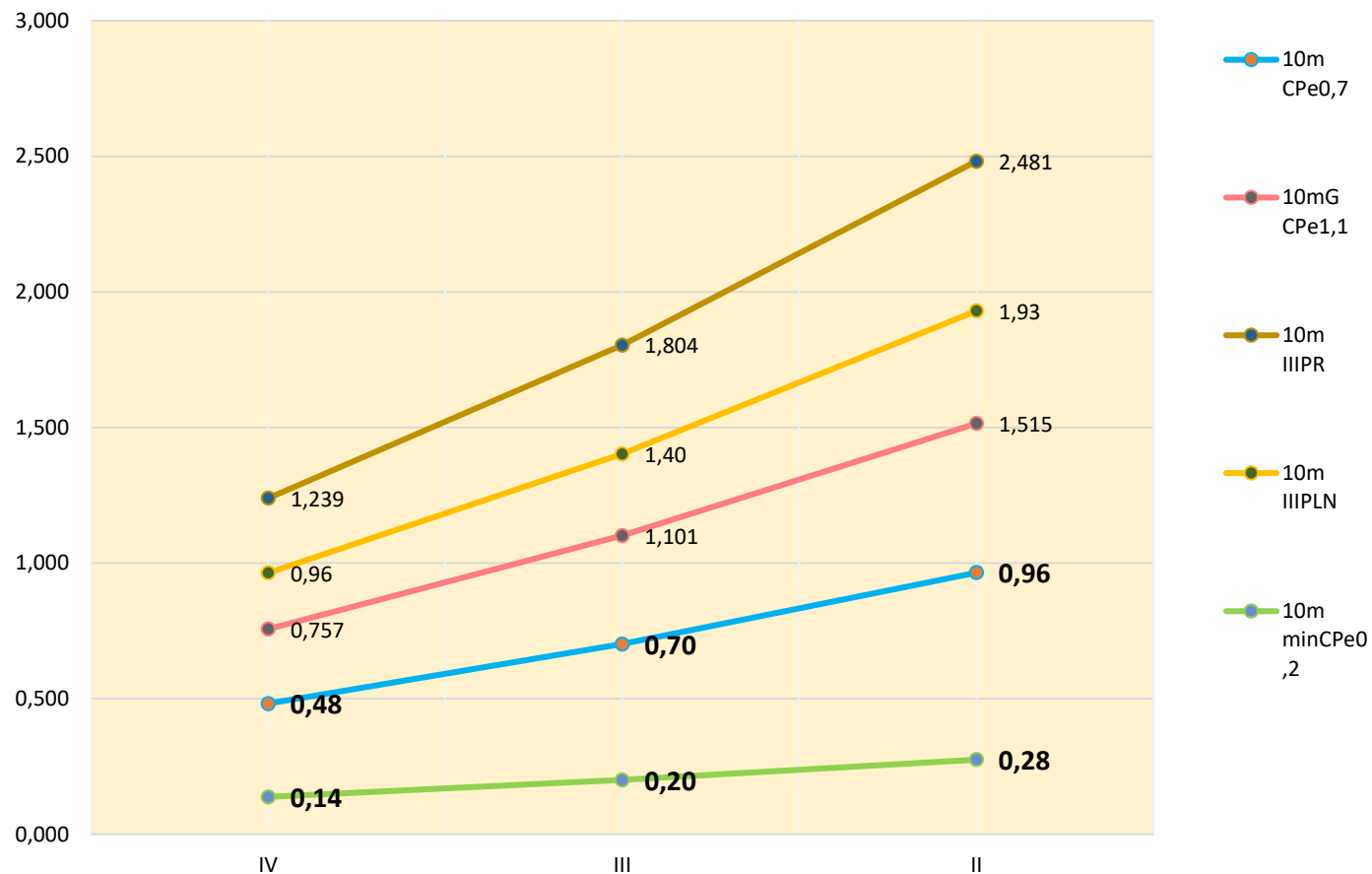
$$w_e = q_p * C_{pe}$$

Ploché střechy sání větru na 1 m² v 10 metrech, kategorie terénu II-IV

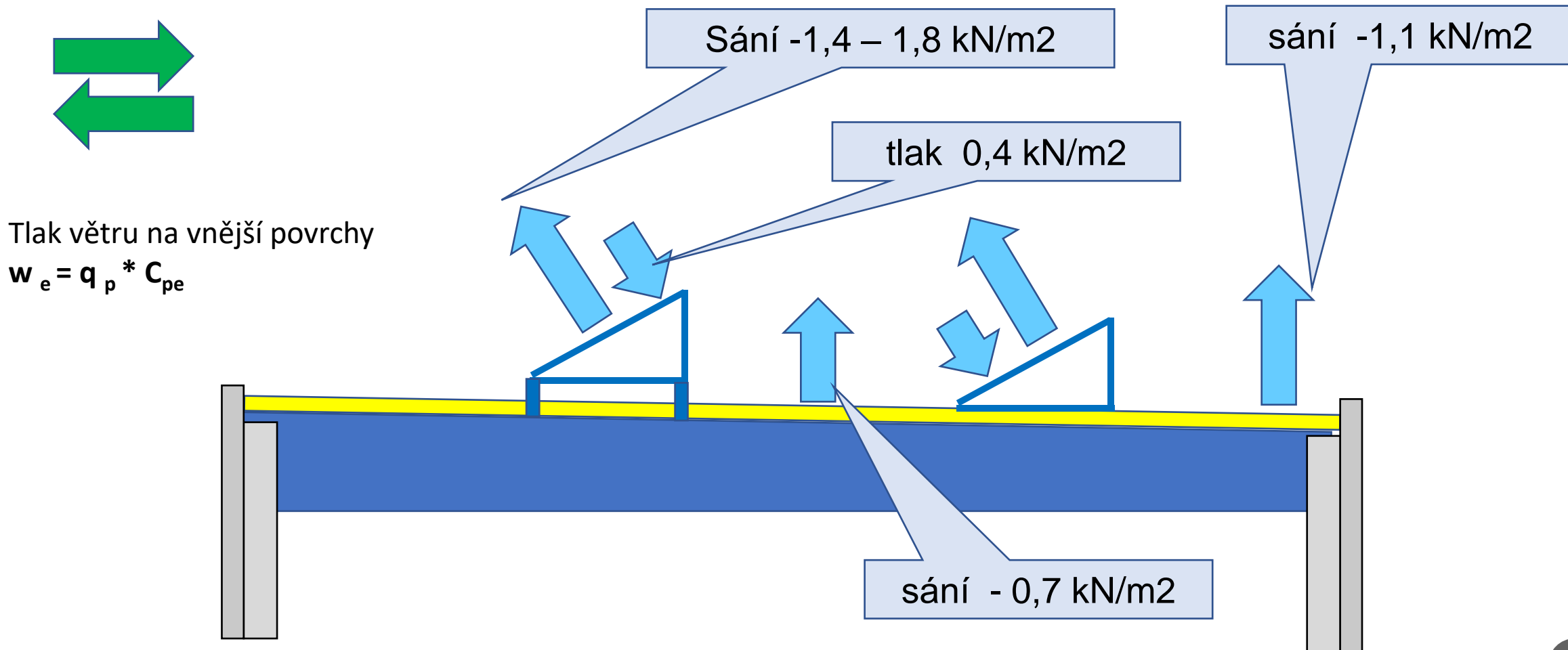


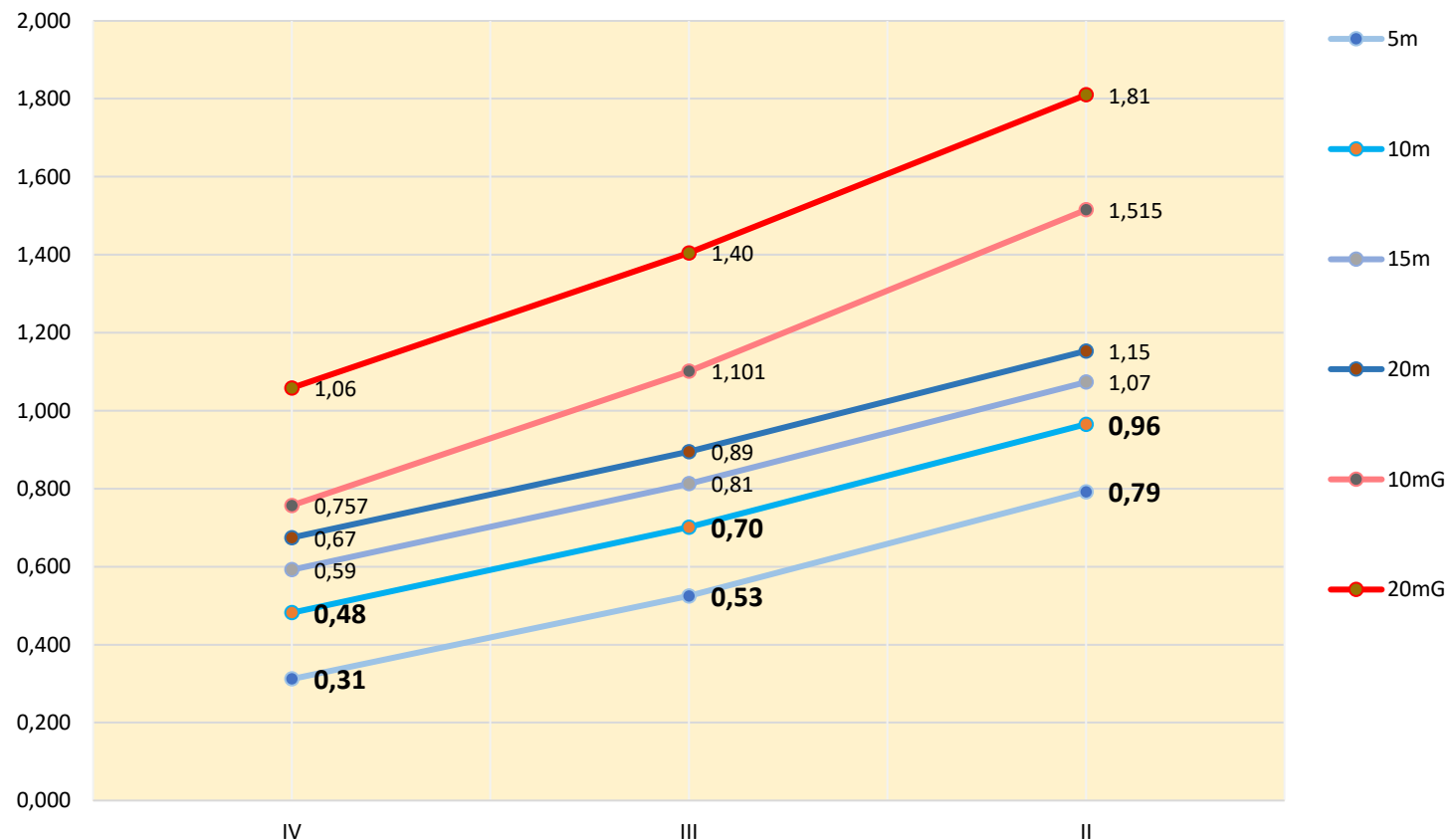
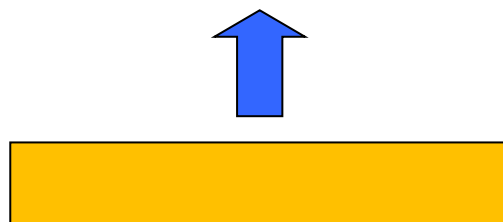
Tíha betonové dlaždice
500x500x50 mm
29,5 kg = 0,295 kN
2 dlaždice: 0,59 kN

Velikost sání větru na 1 m² ve výšce 10 m na ploché střeše (kN/m²)

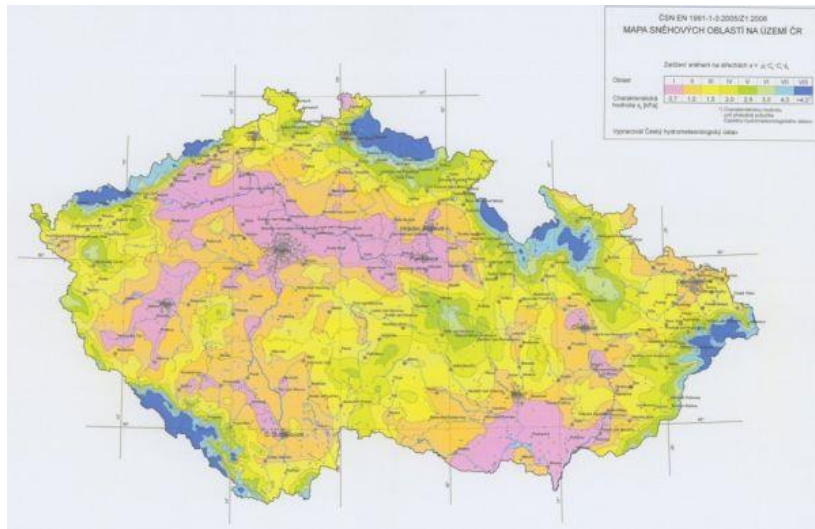


Příklad zatěžovacího stavu



Velikost sání větru na 1 m² na ploché střeše (kN/m²)

Dlaždice 50x50x5 cm	Tíha v kg	Panel a konstrukce kg / m ²	Celkem kg	Zatížení sněhem – návrhové hodnoty						Větrová oblast II – 25 m/s				
				Sníh 1953	Sníh I do 2010	Sníh II do 2010	Sníh I od 2010	Sníh II od 2010	obsluha	Vítr IV ter. 10 m	Vítr IV 20 m	Vítr III 5 m	Vítr III 10 m	Vítr III 20 m
1 dlaždice	29,5	14 - 18	43,5-47,5	50	70	98	84	120	105/112	-48	-59	-53	-70	-89
1,5	44,2	14 - 18	58,2-62,2											
2	58	14 - 18	72-76											
2,5	73,7	14 - 18	87,7-91,7											



- Základní rychlost větru z mapy (I, II, III – V)
- Kategorie terénu (0 – I – III, IV)
- Výška stavby h
- Výpočet tlaku větru – dynamický tlak větru
- Rozdílná velikost sání větru na různých místech střechy – plochy I, H, F, G,
- Směr větru (4 základní směry) stejný
- **Návrhová hodnota účinku větru**

Posuzujeme

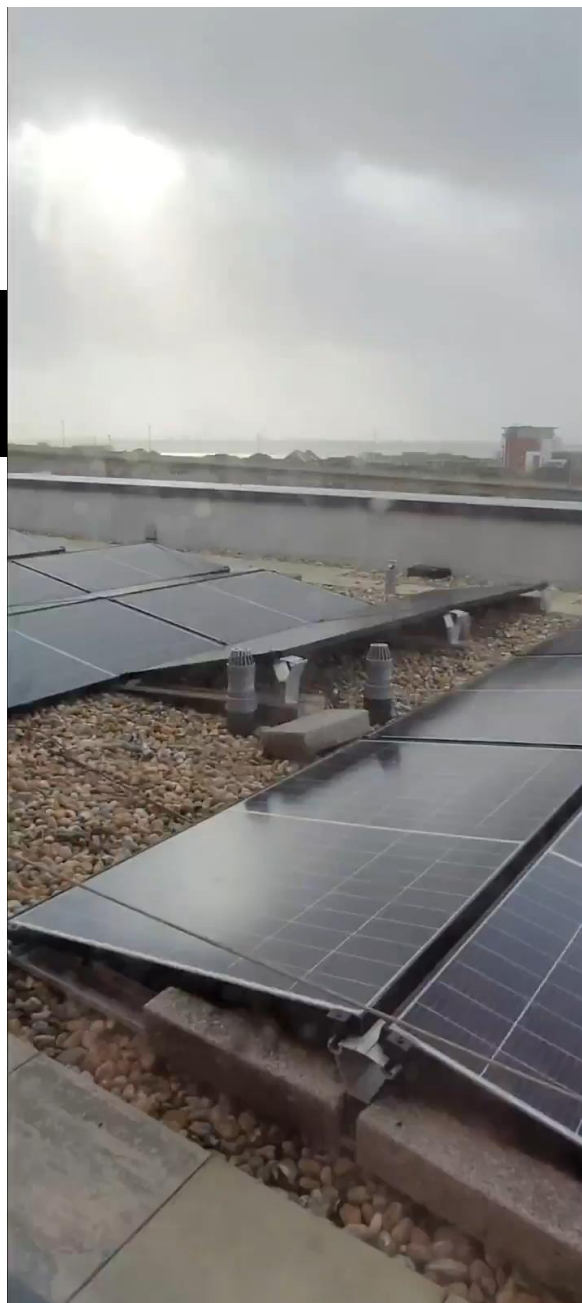
- Celkové účinky od FVE na střechu (plášť)
- Účinky na primární konstrukci (např. krov)
- Vyšší lokální účinky v kotvení na sekundární konstrukci (plášť, latě)
- Způsob kotvení – na přitížení a na sání
- Přitížení proti sání větru (betonové desky?)

Nenavrhujeme

u rohů a okrajů střechy do 2 m

Nelze-li střechu přitížit

Navrhujeme ocelovou konstrukci přenášející zatížení nad vazníky, stěny nebo sloupy



4

4.

Užitná zatížení střech

A - Obytné plochy

stropní konstrukce

schodiště

balkóny

B - Kancelářské plochy

C - Plochy, kde dochází ke shromažď.lidí

C1 - plochy se stoly, ve školách, v restauracích

C2 - plochy se zabudovanými sedadly

C3 - plochy bez překážek pro pohyb osob

C4 - plochy určené k pohybovým aktivitám, tělocvičny

C5 - plochy, kde může dojít k vysoké koncentraci lidí – tribuny sportovní haly, nástupiště

I – **Střechy nepřístupné** s výjimkou údržby zatížení se uvažuje na ploše 10 m²

EN	NA	ČSN
1,5 -2	1,5	1,5
2 - 4	3,0	3,0
2,5 -4	3,0	4,0
2 - 3	2,5	2,0
2 - 3	3,0	3,0
3 - 4	4,0	4,0
3 - 5	5,0	4,0
4,5-5	5,0	5,0
5-7,5	5,0	5,0
	0,75	

5.

Posuzování a úpravy střech u dokončených staveb

5



Nová stavba

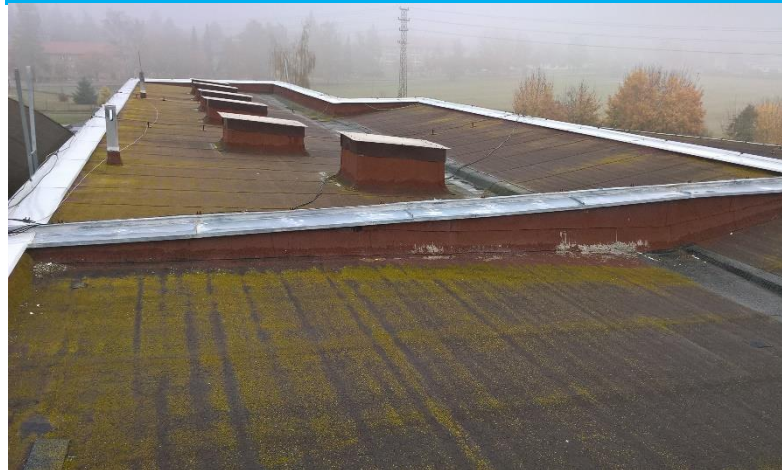
Řešení střechy v projektu

Původní dokumentace

Zjištění technického stavu

Návrh stavebních úprav

Posouzení

Dokončená stavba

Starší typy konstrukce

Stáří konstrukce - degradace

Platí současné předpisy

Projekt úpravy (projektant)

*Sondy, když neznáme
výkresy a vyztužení betonu*

vrstvy střechy





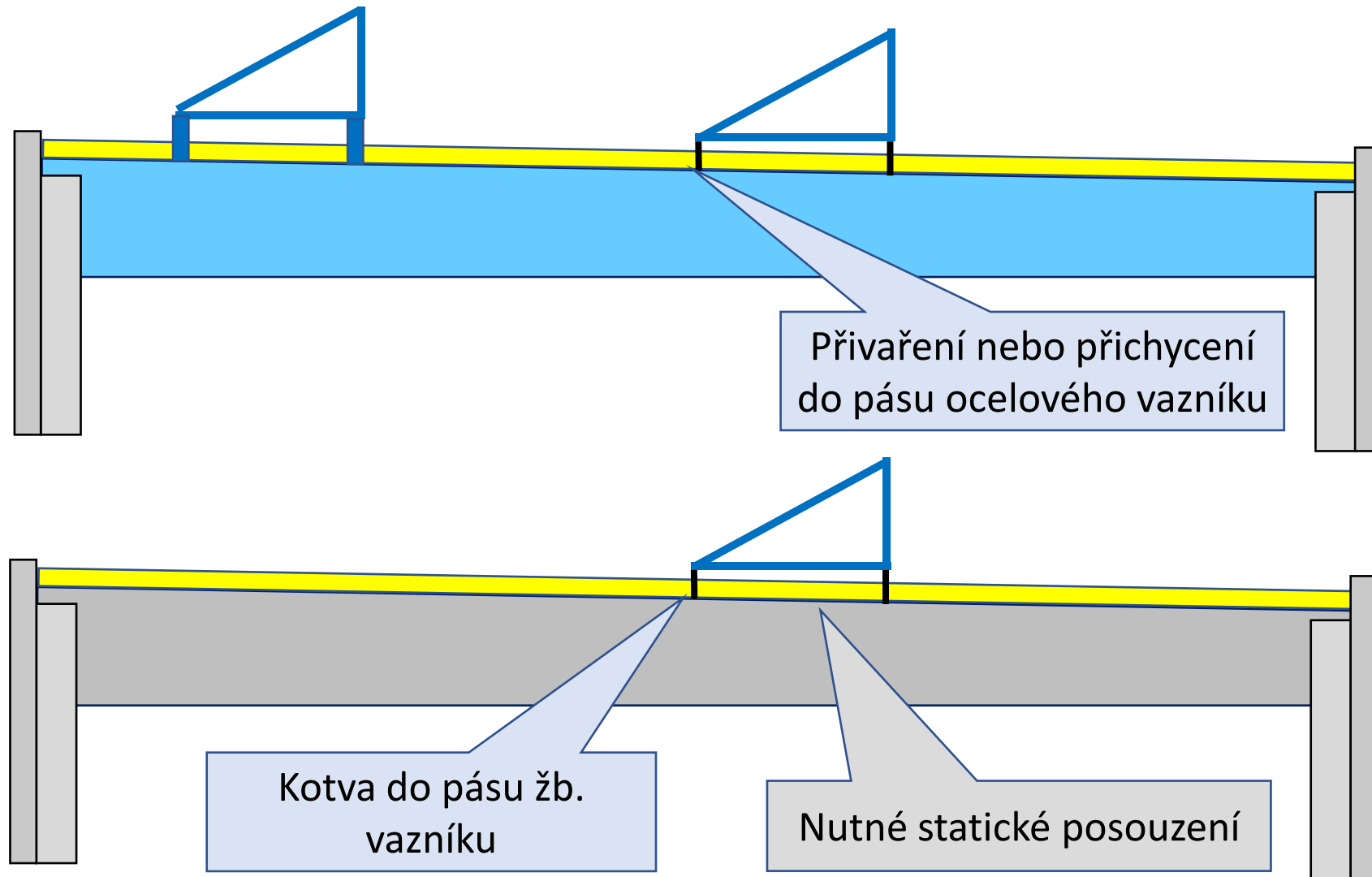


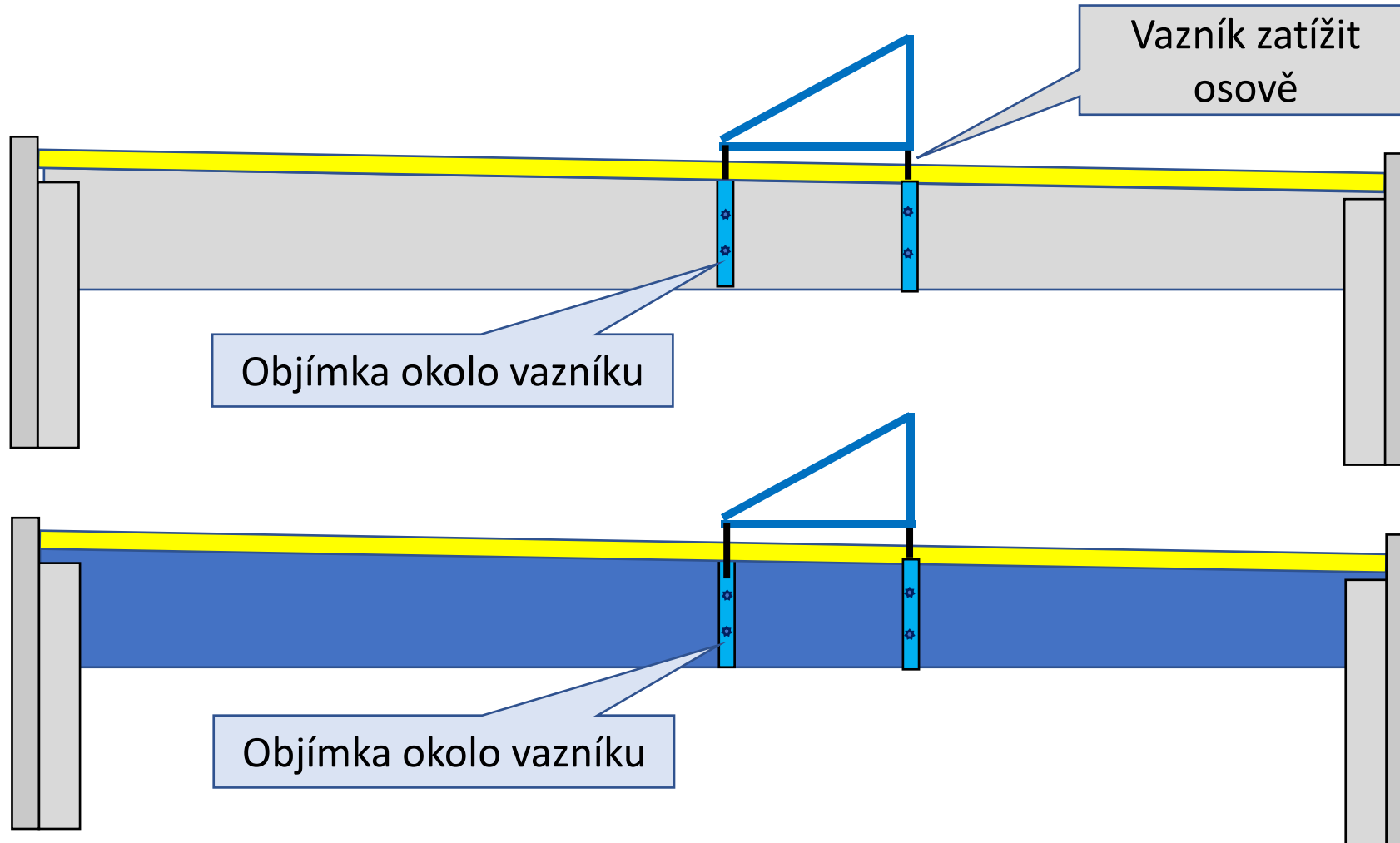
Překlenout prostor mezi
vazníky

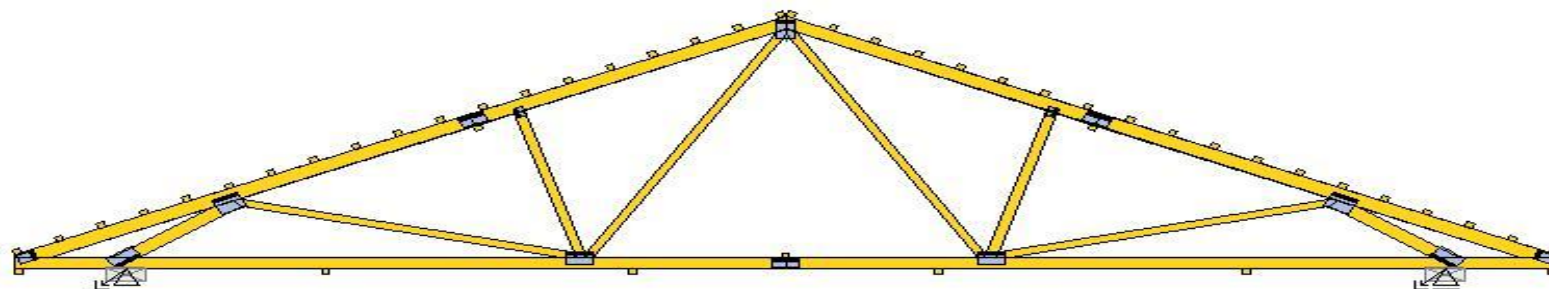
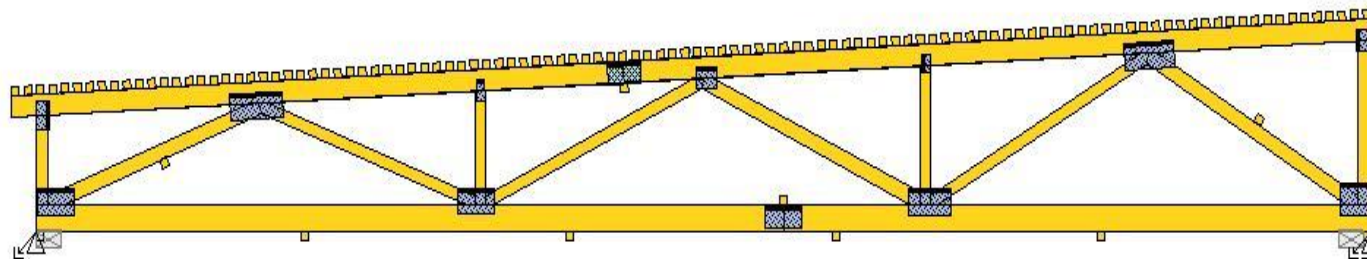


Lehká ocelová konstrukce a prostor mezi vazníky s plechy

Ocelové, betonové vazníky







- Podcenění úprav, řešení bez celkového projektu, ne jen FVE
- Řešení bez konzultace se stavebními odborníky, bez ověření stavby
- **Není dokumentace – nelze hned posoudit střechu na FVE**
- **Malá únosnost stávajících střech (dříve jen sníh 0,5 nebo 0,7, 1,0 kN/m²)**
- **Posouzení podle současných norem, které mají vyšší účinky než původní**
- **Složitost diagnostiky konstrukce střechy (sondy, zkoušky)**
- **Technická složitost zesilování konstrukce střechy**
- Nutnost nové konstrukce pro FVE – vysoké náklady a úpravy střechy
- Spojení s pobytem osob a údržbou (zatížení)
- **Dodatečné změny při řešení FVE a úpravy střechy**
- Certifikace systému pro FVE panely
- Lokální přetížení a stlačení pláště střechy s krytinou



Projektové technické řešení

AO ČKAIT

Nová stavba

Specifikace umístění FVE
(mimo kraje střechy 2 m)

Návrh na zvýšené hodnoty
zatížení

Vhodný tvar a typ střechy

- Přetížení střechy
- Jiné účinky sněhu a větru
- Ukotvení
- Zatížení osobami

Dokončená stavba

Údaje o konstrukci střechy

Specifikace zatížení a umístění FVE

Statické posuzování konstrukce pláště a
hlavní konstrukce střechy

Rozhodování o řešení

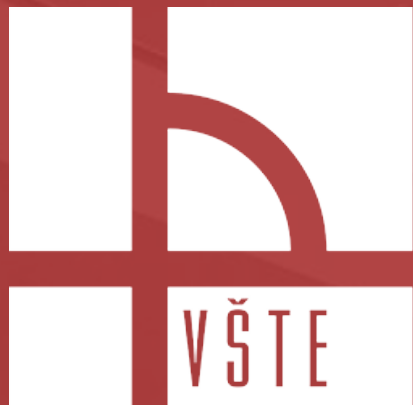
Úpravy

- ukotvení
- zesílení
- roznášecí konstrukce

jen střechy?

Děkuji za pozornost

FVE a úpravy střech ano, ale pro stavbu bezpečně



Thank you for your attention!
Děkuji za pozornost!

Luděk Vejvara

vejvara@vejvara.cz

ČKAIT



**Sdružení výrobců pro
ploché střechy**



**DEFEKTY
BUDOV
2023**

DEFEKTY BUDOV 2023 | 23. 11. 2023 | VŠTE v ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH | ČESKÁ REPUBLIKA



Thank you for your attention!
Děkuji za pozornost!



**Sdružení výrobců pro
ploché střechy**



**DEFEKTY
BUDOV
2023**