

Srovnávací studie spotřeby materiálu na nosnou konstrukci haly v různých klimatických podmínkách

Hana Gattermayerová¹
Anna Gorbunova²

¹ Stavební fakulta ČVUT, katedra konstrukcí pozemních staveb, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, gatter@fsv.cvut.cz

² Stavební fakulta ČVUT, katedra konstrukcí pozemních staveb, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, ann82960114@yandex.ru

Grant: SGS11/007/OHK1/1T/11

Název grantu: Vliv klimatických zatížení na konstrukce budov

Oborové zaměření: Stavebnictví

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

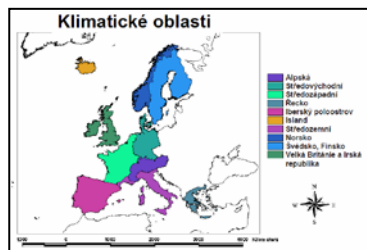
Abstrakt Zavedení nových evropských norem pro zatížení mění a zároveň sjednocuje metodiku a intenzitu zatížení sněhem a větrem na stavební konstrukce. Zatížení se projevuje na návrhu nosných i nenosných částí staveb. Optimalizace dimenzí konstrukcí umožní ekonomicky navrhovat konstrukce na účinky klimatických zatížení. V příspěvku je prezentováno porovnání spotřeby materiálu na nosnou konstrukci jednoduché haly pro vybrané klimatické oblasti v rámci EU a pro srovnání odlišné metodiky i v Ruské federaci.

Klíčová slova Zatížení sněhem, zatížení větrem, optimalizace konstrukce

1. ZATÍŽENÍ SNĚHEM

1.1 Zatížení sněhem v evropských zemích

Zatížení konstrukcí sněhem v evropských zemích, které přijaly tzv. Eurocode, je dáno normou Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads. Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi vychází ze statistického zpracování souboru ročních maxim tíhy sněhu pro pravděpodobnost překročení 0,02 (střední doba návratu 50 let), přičemž se neuvažují výjimečná zatížení sněhem. Tyto charakteristické hodnoty jsou uvedeny v EN 1991-1-3, v příloze C, kde je uvedena Evropská mapa klimatických oblastí zatížení sněhem na zemi.

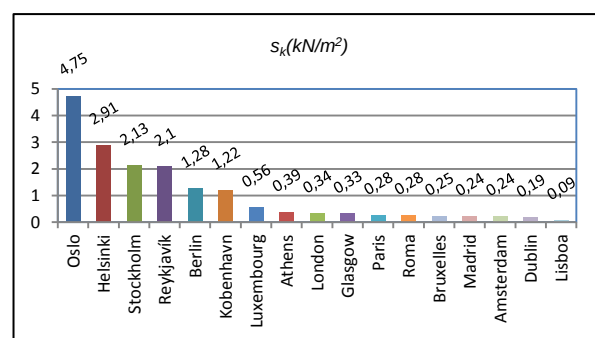


Obr. 1 - Mapa evropských sněhových klimatických oblastí dle EN 1991-1-3

Norma EN 1991-1-3, příloha C uvádí 10 evropských oblastí a jejich podrobnější mapy. Hodnota s_k (charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi) se stanovuje z příslušného vzorce v závislosti na

nadmořské výšce umístění stavby A (m) a dále číslo zóny Z (-), ve které se stavba vyskytuje na mapě.

Pro porovnání zatížení sněhem na zemi (spočteným podle EN 1991-1-3, příloha C) byla vybrána hlavní města evropských zemí a hodnoty jsou uvedeny v následujícím grafu.



Obr. 2 Srovnání charakteristických hodnot zatížení sněhem hlavních evropských měst spočtených podle EN 1991-1-3

Každý stát má však v rámci svého národního aplikačního dokumentu (NA) mapy, které udávají velikost zatížení sněhem podrobněji.

Na příkladu tří evropských hlavních měst je provedeno porovnání hodnot zatížení sněhem vypočtených podle EN 1991-1-3 a podle příslušných NA:

Tab. 1 Srovnání charakteristických hodnot zatížení sněhem podle EN 1991-1-3 a NA

Stát - město	s_k z EN 1991-1-3 (kN/m ²)	s_k z NA (kN/m ²)
Španělsko - Madrid	0,245	0,56
Itálie - Řím	0,289	1,15
UK - Londýn	0,34	0,338

Z uvedeného příkladu je patrné, že obecná evropská mapa sněhových oblastí je velmi orientační a pro určení zatížení je nutno použít příslušný národní aplikační dokument.

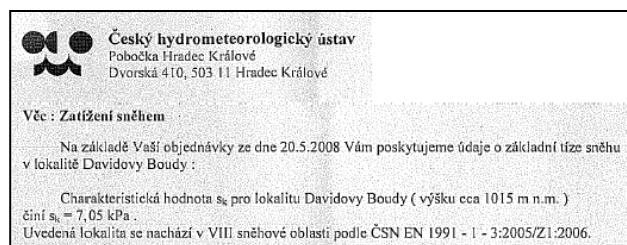
1.2 Zatížení sněhem v České republice

Určení velikosti zatížení sněhem pro stavby umístěné na území České republiky byly v rámci norem EN dosud vydány tyto změny a opravy včetně NA:

- ČSN EN 1991-1-3 ZMĚNA Z1; říjen 2006
- ČSN EN 1991-1-3 ZMĚNA Z1 ed.A; prosinec 2006
- ČSN EN 1991-1-3 ZMĚNA Z2; únor 2010
- ČSN EN 1991-1-3 OPRAVA 1; únor 2010
- ČSN EN 1991-1-3 ZMĚNA Z3; březen 2010.

Původní mapa sněhových oblastí, která tvořila přílohu ČSN 730035 Zatížení stavebních konstrukcí, byla aktualizována již v roce 2006, kdy dosud výše uvedená norma platila souběžně s normou evropskou a byla zrušena až v 04/2010.

V České republice je definováno 7 základních sněhových oblastí. V oblasti VIII, která zahrnuje horské pohraniční území republiky, je pro konkrétní stavbu nutné požádat místní hydrometeorologický ústav o sdělení (placená služba) charakteristické hodnoty s_k . Příklad poskytnuté informace pro lokalitu v Krkonoších je uveden na obr. 3



Obr. 3 Příklad individuální informace o zatížení sněhem v VIII sněhové oblasti

1.3 Zatížení sněhem v Ruské federaci

V rámci výzkumného úkolu [1] byl zjišťován stav norem a způsob výpočtu zatížení sněhem v Ruské federaci. Hodnoty zatížení v jednotlivých oblastech odpovídají kategoriím dle původní ČSN 73 00 35 před revizí.

Na rozdíl od revidované mapy sněhových oblastí ČR, kde je charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi určena jako 98% kvantil ročních maxim s průměrnou dobou návratu 50 let, uvažuje ruská norma s dobou návratu 10 let.

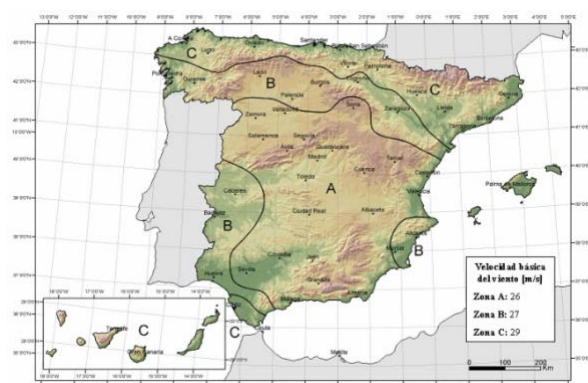
2. ZATÍŽENÍ VĚTREM

2.1 Zatížení větrem v evropských zemích a v České republice

Pro zatížení větrem je v rámci norem EN jednotná metodika výpočtu. Základním pojmem je výchozí hodnota základní rychlosti větru $v_{b,0}$ (m/s), což je desetiminutová střední rychlost větru s roční pravděpodobností překročení 0,02 (odpovídá střední době návratu 50 let), nezávisle na směru větru a ročním období, ve výšce 10 m nad plochým terénem bez překážek s nízkou vegetací, vzdálenými od sebe nejméně 20 násobek výšky překážek.

Tyto charakteristické hodnoty jsou uvedeny pouze v příslušných NA k EN 1991-1-4 pro daný stát. Výsledný maximální dynamický tlak větru (kPa) je nutno spočítat na základě vzorců uvedených v základní společné části Eurokódů a závisí na mnoha proměnných, jako je např. roční období, směr větru, drsnost terénu, ortografie, turbulence. Tyto parametry mohou být doporučené v příslušných NA. V neposlední řadě závisí výsledný tlak větru na výšce nad terénem. Pro zjednodušení výpočtu je možno použít grafu uvedeného v normě pro odečtení velikosti součinitele výšky $c_{e(z)}$. Výsledný tlak větru působící na povrch konstrukcí je dán vzorcem $w = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$, kde tvar konstrukce je zohledněn ve výrazu c_{pe} , který je pro různé tvary a povrchy konstrukcí tabelován v normě.

Jako příklad větrové mapy je uvedena španělská národní příloha.



Obr. 4 Příklad mapy větrových oblastí, Španělsko, NA

2.2. Zatížení větrem v Ruské federaci

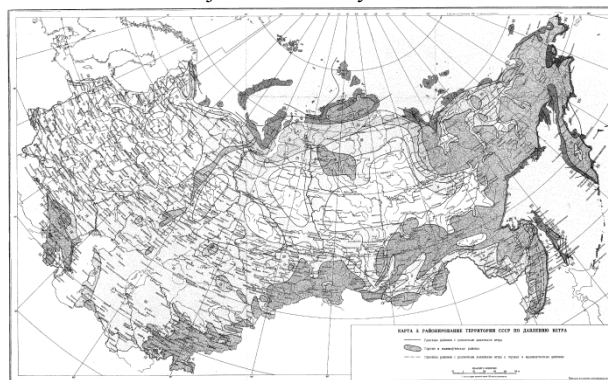
Obdobně jako u zatížení sněhem je i metodika určení zatížení větrem obdobná dřívější ČSN 7300035.

Podobnost ruské normy SNiP 2.01.07-85* a ČSN 73 0035 je daná jejich dřívější koordinací v rámci RVHP. Ruská federace je rozdělena na sedm větrových oblastí, z nichž každá má tabelovanou normovou hodnotu tlaku větru w_0 (kPa).

Tab. 2 Zatížení větrem podle SNIP

Větrné oblasti	Ia	I	II	III	IV	V	VI	VII
w_0 (kPa)	0,17	0,23	0,3	0,38	0,48	0,6	0,73	0,85

Většina území Ruské federace s výjimkou Dálného východu, pobřežních území, Uralu, Kavkazu a jihovýchodní horské hranice má kontinentální podnebí spadající do kategorie Ia nebo I, kde zatížení větrem dosahuje relativně malých hodnot.

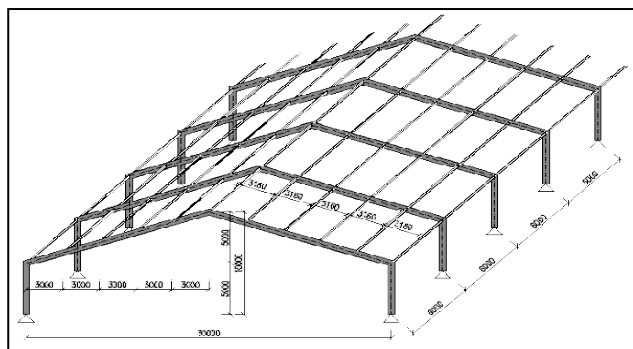


Obr. 5 Větrová mapa Ruska

3. SROVNÁVACÍ STUDIE OCELOVÉ HALY V RŮZNÝCH GEOGRAFICKÝCH PODMÍNKÁCH

3.1 Srovnání v rámci Evropy podle EN

Pro porovnání vlivu klimatických podmínek na spotřebu materiálu na jednotku nosné konstrukce byl zvolen modelový případ jednoduché rámové haly z válcovaných ocelových profilů [2]. Rámová hala byla zvolena proto, že pro porovnání účinků zatížení sněhem a větrem je dostatečně vypovídající i rovinný model konstrukce. Rámová konstrukce v rovině rámu je schopná přenášet účinky svislých i vodorovných zatížení. Příčné tužení je realizováno přímo příčnou vazbou. Podélné tužení není tedy nutno pro srovnání řešit a úloha může být zpracována ve 2D.



Obr. 6 Geometrie rámové haly použitá pro srovnávací studii ve 2D

Hala postupně „putovala“ vybranými evropskými městy. Kromě stálého zatížení (vlastní váha, střešní plášť, vaznice) byla zatížena sněhem a větrem. Kombinační klíč byl podle vzorce 6.10.a) a 6.10.b) podle ČSN EN 1990, pro dimenzování konstrukce byly použity obálky ze spočtených kombinací. Dimenzování konstrukce bylo podle ČSN EN 1993, tak aby vyhověla na limitní požadavky I. i II. mezního stavu. Pro takto nadimenzovanou příčnou vazbu haly byla vyčíslena spotřeba oceli. Pro porovnání byla jako referenční hala zvolena konstrukce v Praze. Z výsledků vyplývá, že pro tuto geometrii haly rozhoduje zatížení sněhem. Cenový rozdíl mezi jednotlivými umístěními konstrukce byl vyčíslen pro cenu válcované oceli (bez dopravy a montáže) 26 Kč/kg. Rozdíl v ceně materiálu o deseti příčných vazbách mezi halou s nejmenším zatížením a s největším zatížením) tak činí skoro 400 000 Kč, viz tab. 3.

Tab. 3 Srovnání zatížení, vnitřních sil, spotřeby oceli a ceny pro vybranou halu v různých evropských městech

Město	s_k kN/m ²	$v_{b,0}$ m/s	M_{max} kNm	Ocel/ vazbu (t)	Ratio	Cen. rozdíl na vazbu (Kč)	Cen. rozdíl na halu (Kč)
Gibraltar	0,20	29,0	505	4,3	0,88	-15 288	-152 880
London	0,34	21,5	516	4,3	0,88	-15 288	-152 880
Glasgow	0,44	25,5	562	4,3	0,88	-15 288	-152 880
Norwich	0,48	22,5	571	4,5	0,9	-11 414	-114 140
Madrid	0,56	26,0	606	4,5	0,9	-11 414	-114 140
Barcelona	0,50	29,0	625	4,5	0,9	-11 414	-114 140
Praha	0,70	25,0	651	4,9	1	0	0
Roma	1,15	27,0	838	5,5	1,118	15 184	151 840
Milano	1,60	25,0	986	6,1	1,23	30 576	305 760
Trieste	1,60	31,0	1016	6,2	1,26	33 566	335 660

3.2 Srovnávací studie ocelové haly v různých geografických podmínkách v ČR a Rusku

Srovnání konstrukce není v případě Ruska jednoznačné jako v případě států EU. Porovnávají se nejen rozdílné zatěžovací účinky, jejichž intenzita vychází z různých předpokladů, ale i rozdílné dimenzační postupy.

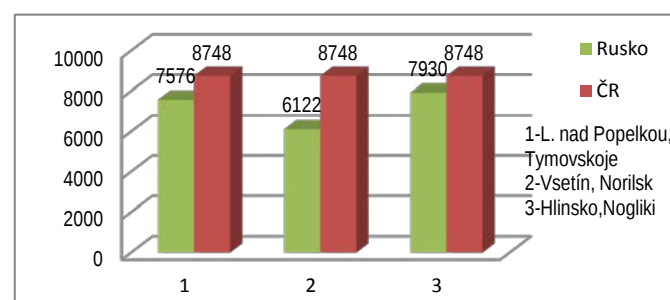
Pro zatížení větrem byla vybrána místa v České republice, která odpovídají větrovým oblastem v Rusku. Přepočet tlaku větru z rychlosti byl proveden dle ČSN EN 1991-1-4 a dimenzování konstrukce v Rusku bylo provedeno programem SCAD. Srovnání vstupních údajů je v tab. 4

Tab. 4 Vstupní údaje pro výpočet haly v ČR a v Rusku

ČR	sníh (kN/m ²)	vítr	RUSKO	sníh (kN/m ²)	vítr (kN/m ²)
Lomnice nad Popelkou	2,5 (V)	27,5 m/s (III) 0,47 kN/m ²	Tymovsko- koje	2,5 (VI)	0,48 (IV)
Vsetín	2,0 (IV)	25 m/s (II) 0,39 kN/m ²	Norilsk	2,0 (V)	0,38 (III)
Hlinsko	2,5 (V)	30 m/s (IV) 0,56 kN/m ²	Nogliki	2,5 (VI)	0,60 (V)

Vzhledem k rozdílným postupům při optimalizaci průřezu podle EN a SNIP nelze porovnávat dílčí postupy (rozdílné součinitele zatížení, materiálu, kombinace, tvarové součinitele pro klimatické zatížení atd.). Výsledky je možno porovnat ve spotřebě materiálu, kdy oba výpočetní postupy optimalizují konstrukci jiným způsobem. Obecně při výpočtu podle SNIP vychází konstrukce méně hmotná než podle EC.

Tab. 5 Srovnání spotřeby oceli v kg na jednu vazbu haly



Obdobně tedy jako v případě různého „putování“ haly po evropských zemích, i pro Ruskou federaci platí závěr, že halu je nutno navrhovat na konkrétní lokalitu. V případě exportu konstrukce do Ruska je navíc nutno respektovat místní normy. Návrh do Ruska pro obdobné klimatické podmínky jako v Čechách, ale podle ruských norem, umožní výraznou spotřebu oceli.

4. ZÁVĚR

V rámci volného pohybu zboží (a realizace stavebních konstrukcí) i pracovních sil (projekční činnost) v Evropě je nutno bedlivě respektovat místní podmínky. Jejich znalost je nutná pro bezpečné navrhování konstrukcí i pro tvorbu cen při účasti tuzemských firem na zahraničních kontraktech. Typizace halových konstrukcí může být realizována pouze pro stejné klimatické poměry, kdy je možné konstrukci navrhnout ekonomicky. Její pouhé přemístění do jiných lokalit může způsobit materiální škody i havárie, může však vést i k nemalým úsporám.

Zdroje

- Gattermayerová, H., Gorbunova, A.: Long-span buildings (roofs) loaded with snow in selected regions of Czech Republic and Russia - load bearing structure optimisation, výstup z grantového úkolu SGS10/010/OHK1/1T/11, Czech Technical University in Prague, WORKSHOP 2011
- Koutný, M.: Vliv zatížení sněhem a větrem na návrh velkorozponové halové konstrukce, diplomová práce ČVUT Stavební fakulta Praha, 2011, vedoucí diplomové práce doc. Ing. H. Gattermayerová, CSc