



Vliv aplikace revize normy pro zatížení sněhem při návrhu nových plochých střech

Zima 2005/2006 byla v porovnání s předchozím obdobím extrémní z hlediska množství napadaného sněhu na většině území naší republiky. V některých oblastech hodnoty zatížení sněhem překročily normou stanovené míry. Pod tíhou sněhu se zřítlo několik desítek střech i celých konstrukcí nejen u nás, ale i v zahraničí. Úkolem tohoto článku není rozbor příčin těchto havárií. Je však pravda, že havárií byly postiženy většinou buď nové konstrukce s vážnými statickými nebo konstrukčními závadami, nebo naopak starší konstrukce se zcela zanedbanou údržbou. Pro obě skupiny bylo extrémní zatížení iniciátorem projevu vrozených nebo získaných vad.

Přímým důsledkem loňské extrémní zimy je revize všech platných předpisů pro zatížení stavebních konstrukcí sněhem, která vedla ke zvýšení hodnot zatížení. Bohužel přijímání revize proběhlo za určitého nezájmu zejména projektantské veřejnosti diskutovat o problému, a tak se na mnohá praktická úskalí přichází až při prvním „ostřem“ používání předpisu (týká se především ČSN 73 0035, protože evropské normy pro zatížení se pro svou větší pracnost příliš nepoužívaly).

PLATNÉ PŘEDPISY PRO ZATÍŽENÍ A NAVRHOVÁNÍ

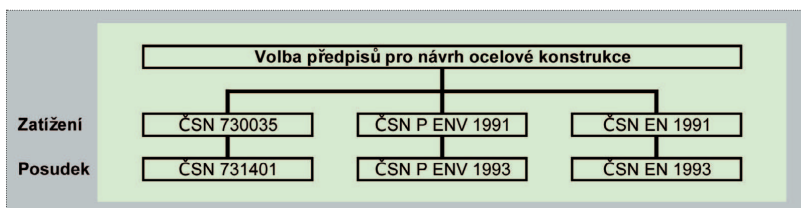
V současné době u nás platí tři paralelní předpisy pro stanovení zatížení a navrhování ocelových konstrukcí (obdobná je situace i v případě dřevěných, betonových a zděných konstrukcí). Jedná se o několikaleté přechodné období, než budou platit pouze EN. Nynější cesty návrhu jsou patrné z obr. 1.

Normy pro navrhování jsou svou filozofií téměř shodné, liší se pouze v hodnotách některých dílčích součinitelů. Jiná je ale situace v případě norem pro zatížení, kde je mezi českou normou a normami evropskými rozdíl nejen v jednotlivých hodnotách, ale v mnoha případech i v samotné filozofii získání těchto hodnot. Proto je nutné při projektování zvolit na samotném začátku jednu ze tří cest a té se držet až do konce návrhu.

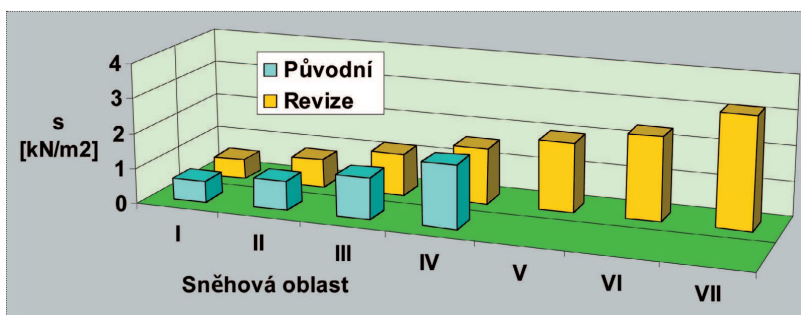
REVIZE NOREM PRO ZATÍŽENÍ SNĚHEM

U všech tří platných norem pro zatížení byla provedena revize zatížení sněhem platná od listopadu 2006. Tato revize sjednotila postup stanovení charakteristických hodnot zatížení a zavedla novou jednotnou mapu sněhových oblastí. Vzájemně se normy liší pouze hodnotou součinitele zatížení γ . Při uplatnění nové sněhové mapy došlo jednak ke zvýšení počtu oblastí z pěti na osm, ale především došlo k přesunu mnoha regionů do vyšších sněhových oblastí. V následujících schématech a grafech je zatížení sněhem platné před revizí normy uvažováno včetně součinitele $\kappa = 1,2$ pro lehké střechy.

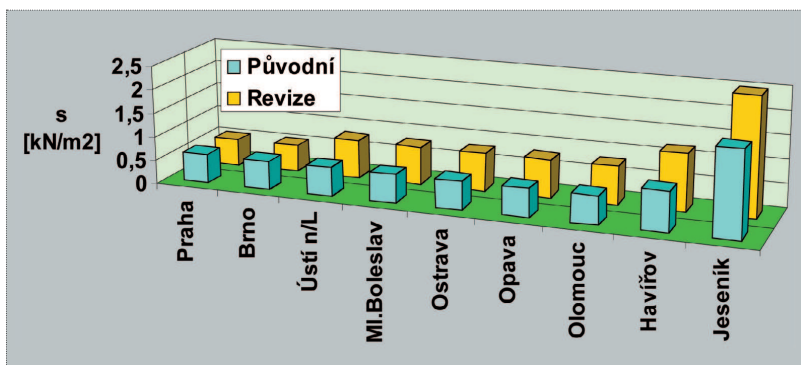
Druhou změnou je nový přístup k zatěžovacím schémátům pro vícelodní objekty s úžlabími. V původní ČSN se uvažovalo lokální zvýšení zatížení o 40 % pro část střechy při současném snížení o 40 % na další části střechy od III. sněhové oblasti a při



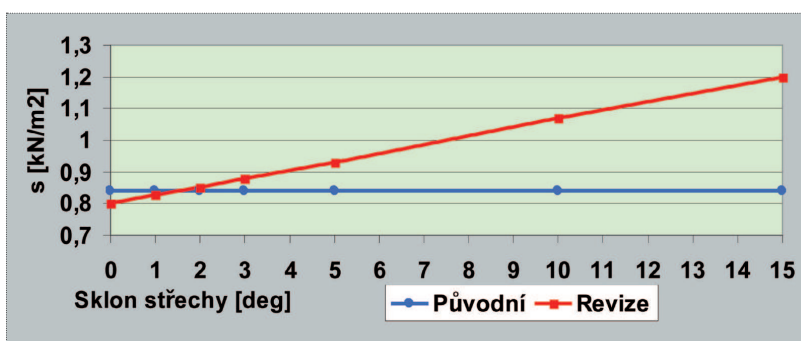
Obr. 1 – Schéma užití předpisů pro návrh konstrukce



Obr. 2 – Základní zatížení sněhem před a po revizi ČSN 73 0035



Obr. 3 – Srovnání základního zatížení sněhem pro vybraná místa



Obr. 4 – Zatížení sněhem – hodnota v úžlabí pro II. sněhovou oblast v závislosti na sklonu

► sklonu střechy nad 15° (v globálním řešení se celková suma zatížení neměnila). Podle revize se vliv útlabí uplatní ve všech sněhových oblastech a pro všechny sklony s tím, že celková suma zatížení sněhem na střeše roste (zatěžovací obrazec je lichoběžník s maximem v útlabí a základní hodnotou v hřebeni střech).

Třetí změnou je způsob řešení vlivu rozdílu výšek sousedních střech. Podle revize se tento vliv uplatňuje ve všech sněhových oblastech. Minimální délka závěje se zvětšila na 5 m (maximální zůstala 15 m). Do stanovení velikosti zatížení u stěny vyššího objektu je nově započten vliv větru (který při velkých výškových rozdílech sousedních objektů působí příznivě). Naopak maximální hodnota součinitele násobku základního zatížení sněhem u stěny vyššího objektu se zvýšila pro nižší sněhové oblasti. Z grafu na obr. 5 je patrné, že extrémní hodnoty sněhové závěje jsou podle oblasti pro výškový rozdíl střech od 3 do 6 m. Z grafu na obr. 6 je patrný nárůst absolutního maxima hodnoty zatížení sněhem v závěji oproti hodnotám v původní ČSN 73 0035.

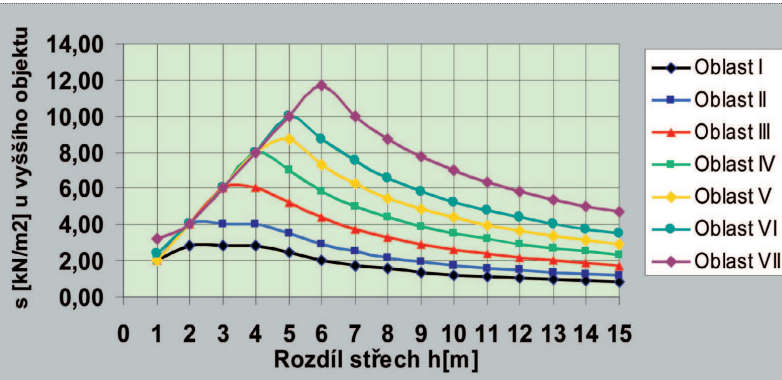
Čtvrtou změnou je způsob řešení návějí za lokálními překážkami na střeše. Původní ČSN řešila návěje za světlíky, nástavbami a atikami pouze pro IV. a V. sněhovou oblast (maximální délka návěje byla 150 % výšky překážky a zatížení 140 % tíhy sněhu na střeše mimo návěj – rovnoměrné po celou délku návěje). Podle revize je vliv návěje uvažován mnohem přísněji. Návěj je řešena ve všech sněhových oblastech. Délka návěje je 200 % výšky překážky (minimálně však 5 m a maximálně 15 m). Maximální tíha sněhu u překážky je 250 % tíhy sněhu na střeše mimo překážku (zatěžovací schéma je lichoběžníkové).

Vliv návějí se uplatní u všech plochých střech se světlíky, nástavbami a atikami vyššími než minimální hodnoty podle tabulky na obr. 7. Na obr. 8 je graf průběhu zatížení sněhem v závislosti na výšce překážky pro II. sněhovou oblast a na obr. 9 pro IV. sněhovou oblast.

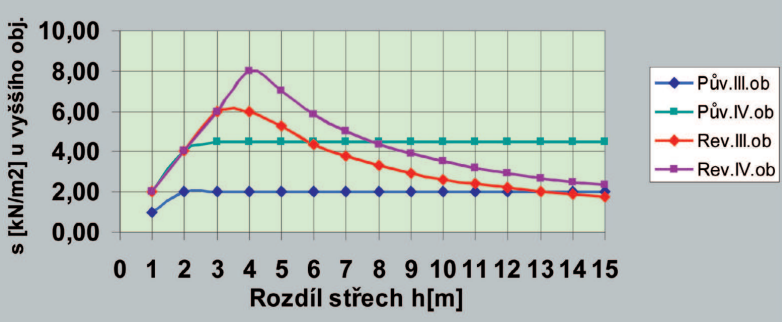
Nutné uplatnění výše popsaných zásadních změn ve stanovení zatížení sněhem vede ke zvýšené pracnosti návrhu nosných konstrukcí střech, protože dříve „jednotlivá“ plocha se nyní rozděljuje na soustavu lichoběžníkově zatížených ploch kolem překážek.

PROBLEMATIKA URČENÍ PŘÍTÍŽENÍ ZÁVĚJEMI A NÁVĚJEMI V DOBĚ NÁVRHU NOSNÝCH KONSTRUKCÍ STŘECHY

Velké průmyslové haly a občanské stavby (např. nákupní střediska hypermarketů) se dnes prakticky výhradně zastřešují plochými jednoplašťovými střechami, kde nosnou část krytiny tvoří trapézové plechy na velké rozpětí. Vlastní nosná konstrukce objektu je buď celobetonový skelet, nebo naopak ocelová konstrukce, příp. se kombinují železobetonové sloupy a ocelová nosná konstrukce střechy.



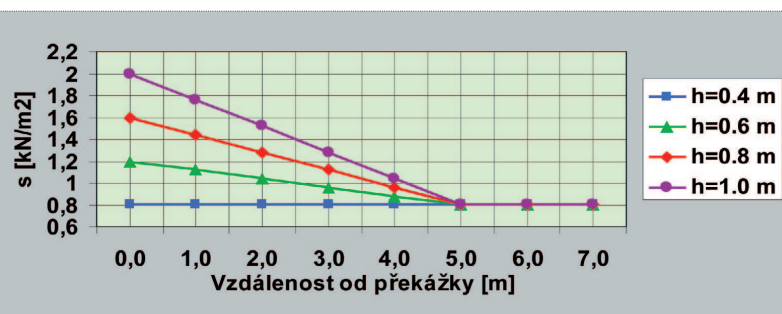
Obr. 5 – Zatížení sněhem u stěny vyššího objektu podle revize



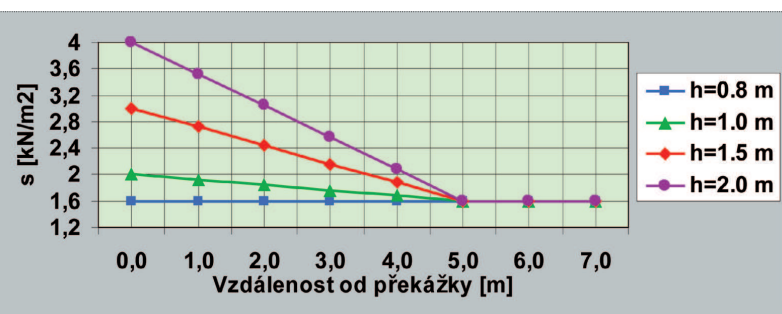
Obr. 6 – Srovnání zatížení u stěny vyššího objektu pro III. a IV. oblast

Sněhová oblast	I	II	III	IV	V	VI	VII
Min. výška překážky h [m]	0,28	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,60

Obr. 7 – Minimální výška překážky pro návěj podle sněhových oblastí



Obr. 8 – Průběh návěje v závislosti na výšce překážky pro II. sněhovou oblast



Obr. 9 – Průběh návěje v závislosti na výšce překážky pro IV. sněhovou oblast



Modulová osnova sloupů začíná na rozměrech 10 × 10 m, ale mnohem častěji se dostává na hodnoty 12 × 8, 20 × 20 až 12 × 24 m. V těchto modulech potom nosnou konstrukci trapézových plechů tvoří vaznice se vzdáleností 4,0, 5,0, 6,0, příp. až 7,5, výjimečně i 8,0 m.

Vzhledem k tomu, že jde často o průmyslové výrobní závody s rozmanitou technologií, je potřeba často vnitřní plochu i nepravidelně prosvětlit systémem bodových nebo pásových světlíků, doplnit soustavou požárních klapek, příp. na střeše umístit různá technologická zařízení jako ventilátory, velké klimatické jednotky, agregáty vytápění apod.

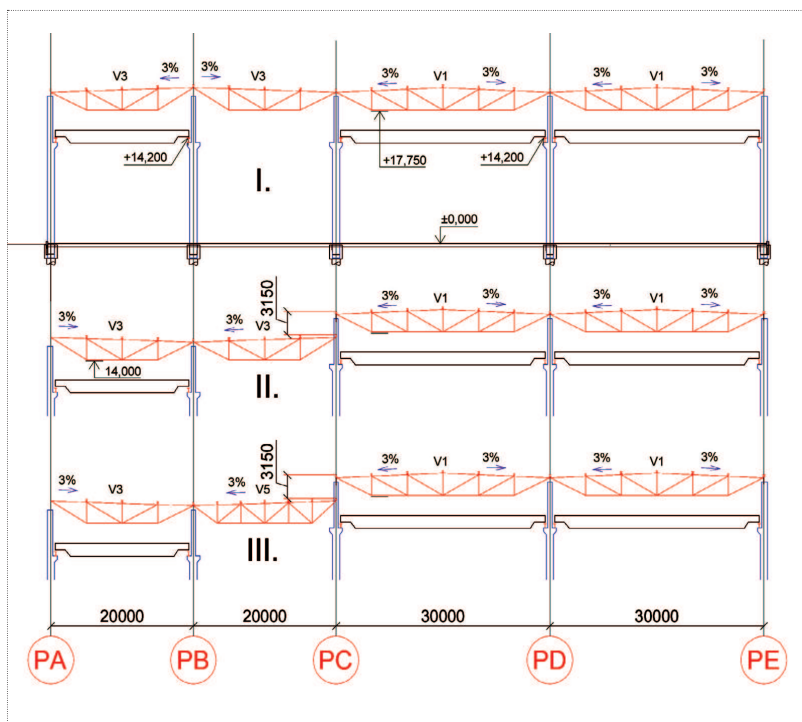
Jak to bývá u takových velkých projektů, dispoziční údaje o nosných konstrukcích se upřesňují prakticky souběžně s požadavky na definování nosných plechů krytiny, často se ještě mění a doplňují. Totéž bohužel platí i o technologickém zatížení střešy, rozmístění střešních nástaveb, světlíků nebo změně výšek částí střech.

Dosavadní praxe návrhu nosných konstrukcí střeš objektů znamenala pro projektanta nosných konstrukcí – oceli nebo betonu – v zásadě jen respektovat optimální vzdálenosti podpor pro zamýšlenou nosnou krytinu z trapézového plechu (obvykle 5,0–7,5 m) a ve zvoleném systému provést rovnoměrné rozdělení vaznic/vazníků.

Pokud se na střeše vyskytovaly velké technologické nástavby, uvažovalo se pro dřívější I.–III. sněhovou oblast pouze vhodné zesílení nosné konstrukce pod nimi k přenesení jejich zatížení do vazníků nebo průvlaků a vznikem návějí se nebylo třeba zabývat. V době návrhu nosné konstrukce střešy často asi ani nebylo známo přesné rozmístění světlíků, požárních klapek, příp. technologických zařízení jako vzduchotechnických jednotek, ventilátorů apod. S oblibou se využívá výhod vysokých trapézových plechů, do jejichž vln se až při montáži vkládají tenkostěnné výztuhy, které lze na tato titížení nadimenzovat.

Právě v době zavádění revidované normy pro zatížení sněhem do praxe – na podzim 2006 – jsme začali řešit návrh střešních trapézových plechů sedmi velkými halami automobilky Hyundai v Nošovicích o celkové výměře 250 000 m². Proto jsme se rozhodli právě na tomto konkrétním, ale pro celou ekonomiku ČR zajímavém projektu prezentovat úskalí nově vzniklé situace a poukázat na nutnost součinnosti všech zúčastněných projektantů.

Na obr. 10 je příčný řez čtyřlodi halou lisovny Hyundai. Původní návrh nosné konstrukce (nahore I.) uvažoval stejnou výškovou úroveň všech střech. Modulové šířky lodí – 20 m, resp. 30 m – předurčily optimální vzdálenost vaznic, a tedy podpor pro trapézový plech – 5,0 m. Na toto zadání byly navrženy plechy a s ohledem na další nástavby na střeše se provedl návrh lokálního zesílení plechů pro návěje v okolí nástaveb. V průběhu návrhu vnitřní technologie se však došlo k závěru, že haly PA-PB-PC ne-



Obr. 10 – I. – původní příčný řez lisovnou Hyundai Nošovice, II. – snížení střech dvou lodí PA-PB-PC o 3,15 m, III. – změna vazníku v poli PB-PC – vzdálenost vaznic z 5,0 m na 3,33 m

musejí být tak vysoké, proto se jejich střešná snížila o 3,15 m (obr. 10 – II.).

Tím samozřejmě na nižší střeše vzniká sněhová závěj a bylo třeba plechy v pásu 10 m u osy PC zesílit z původní tloušťky 0,75 mm na 1,25 mm. Znamenalo to tedy přerozdělení tlouštěk plechu. U takto velkých projektů se musí s předstihem propočítávat i spotřeba odpovídajících svitků na lakování a profilování v daném termínu, a tak se toto přerozdělení objevilo v souhrnných propočtech materiálu.

Následně při podrobnějším dimenzování ocelových vaznic bylo pod touto závějí shledáno optimálnější dělení 20 m pole z původních 4 × 5,0 m na 6 × 3,33 m (obr. 10 – III.). Pokud chceme zachovat ekonomický návrh trapézového plechu na hustších podporách, vychází zde při zachování stejné výšky vlny 150 mm optimální tloušťka plechu 0,88 mm. To tedy vedlo k již druhé změně plechu na části střešy, a tedy k dalšímu přerozdělení všech svitků.

Obr. 11 znázorňuje stejný objekt lisovny Hyundai, tentokrát v půdorysu střešy. Jedná se o rozměry 192 × 100 m s malým rozšířením o 10 m vpravo dole. Zde budeme dokumentovat vliv změn umístění technologických nástaveb nad střešou na celkový návrh a dimenzování trapézového plechu. V levé části obrázku je původní návrh, kde velké klimatické jednotky nad střešou byly umístěny v pásu za sebou ve 3., 6., 9. atd. poli haly.

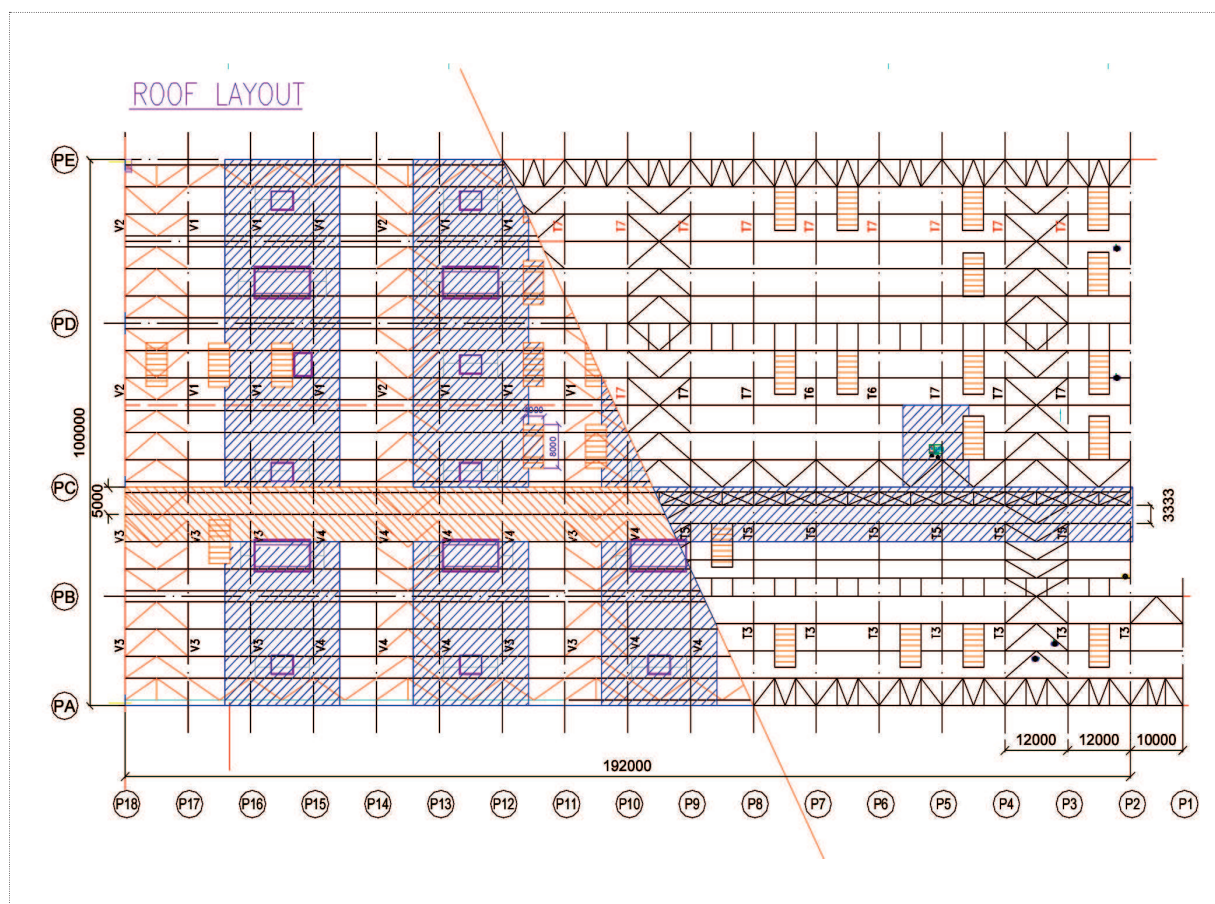
Zatímco pro běžné zatížení sněhem zde vyhovuje plech TR 150/0,75, v celých pásu kolem nástaveb bylo nutné jeho zesílení na 0,88 mm – značeno modrým šrafo-

váním. Oranžové šrafování v opačném směru zde znamená ještě oblast se zesílením plechu na 1,25 mm pod výškovou změnou, při původní vzdálenosti vaznic 5,0 m.

Pravá polovina obrázku představuje konečnou podobu, kdy došlo k zásadnímu přebudování návrhu technologie a na střeše zůstaly jen dvě klimatizační nástavby; v této části střešy viditelná jedna – modře šrafovaný obdélník. Pod výškovou změnou je již změněná rozeť vaznic na 3,33 m a tím optimální tloušťka plechu 0,88 mm – opět modře. Na celé ostatní ploše vyhovuje plech 0,75 mm. Z toho je vidět, jak je provázána volba dispozice, výškových změn a střešních nástaveb s konečnou podobou optimálního návrhu trapézového plechu.

Znění článků o zatížení sněhem, resp. přetížení sněhovou závějí a návějí v revidované normě přinutí projektanta nosné ocelové konstrukce bez ohledu na sněhovou oblast nyní mnohem častěji se zamýšlet i nad otázkou, zda všechny jeho vodorovné nosné prvky budou zatíženy stejně. Především v blízkosti náhlé výškové změny střech a kolem nástaveb a vyšších světlíků atd. to platit nebude.

Několikanásobné zvýšení zatížení sněhem v oblasti závěje proti ostatní ploše střešy bude znamenat buď významné zvýšení dimenze nosného prvku (vaznice, vazníku), nebo v daném úseku jejich zahuštění. Naše praxe z uplynulých měsíců, kdy se setkáváme s již hotovými projekty nosných ocelových konstrukcí střech jiných staveb k opláštění trapézovým plechem, bohužel ukazuje, že ještě ne všichni si to plně uvědomují.



Obr. 11 – Půdorys střechy lisovny Hyundai: vlevo – před zrušením klimatizačních jednotek a úpravou vaznic pod změnou výšek, vpravo – konečná úprava klima jednotek, změna vzdálenosti vaznic u osy PC na 3 333 mm

► ZVÝŠENÍ ODPOVĚDNOSTI A PRACNOSTI NÁVRHU VLIVEM NEROVNOMĚRNOSTÍ ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Zvýšení odpovědnosti se promítne především do činnosti generálního projektanta stavby. On musí dokázat skloubit včas všechna hlediska pro návrh střešní konstrukce objektu. Již při volbě modulové soustavy se musí respektovat všechna výše zmíněná místa a úskalí pro vznik sněhových závějí. Bude to znamenat vyšší tlak především na investora a projektanty technologií než doposud, protože jejich vazby do střešní konstrukce musejí být známy již projektantům – statikům ocelové nebo betonové konstrukce. Situace nemusí být tak příznivá, jako na uvedeném příkladu lisovny Hyundai. Zde nakonec došlo k situaci, že se původně navržené zesílené plechy mohly v určitých oblastech zredukovat. Běžná praxe je často totiž zcela opačná – na vyprojektovanou střechu včetně nosné krytiny se dodatečně „přidávají“ různé nástavby, technologické jednotky a potom původně navržené (často již vyrobené) nosné prvky nemusejí v některých oblastech staticky vyhovět.

Statici zabývající se hlavními nosnými konstrukcemi by také měli více než doposud spolupracovat s projektantem nosné trapé-

zové krytiny. Je totiž třeba se rozhodnout, ve kterém úseku přetížení sněhem je výhodnější zachovat stejné vzdálenosti vaznic a řešit pouze jejich zesílení a stejně tak zvýšit dimenzi plechu změnou tloušťky. U těch největších sněhových závějí se naopak musí volit optimálně způsob zahuštění vodorovných nosných prvků. Toto vše pochopitelně vede k podstatnému zvýšení pracnosti celého návrhu, protože na větších střeších se obvykle vyskytuje několik typů zvýšeného zatížení sněhem, rozhoduje také orientace nosných prvků a trapézového plechu k měnícímu se zatížení.

U trapézových plechů dnes již statikovi nepostačí běžné tabulky únosnosti plechů s hodnotami rovnoměrného zatížení u spojitých nosníků, které neumožní ani hrubé přiblížení výpočtu – odstupňovat měnící se zatížení sněhem třeba jen schodovitým

rovnoměrným zatížením. K optimalizaci návrhu trapézových plechů je nutné používat speciální dimenzační programy, které jsou schopné řešit statickou analýzu trapézových plechů pro lichoběžníková zatížení, dokáží zohlednit pole o různých délkách a velmi efektivně ve výpočtu měnit dimenze plechů podle požadavků konkrétní situace.

Závěrem je nutné konstatovat, že uvedené poznatky nepředstavují nic zcela nového, co by projektantská veřejnost se znalostí posledních změn norem neměla znát. Chtěli jsme však zdůraznit nutnost komplexního přístupu k projektu a potřebu zapracování všech vzájemných souvislostí.

Jaroslav Vácha,
Excon, a. s.,
Miloš Lebr,
Kovové profily, spol. s r. o.

The winter of 2005/2006 was extreme compared to the previous period with regard to the amount of the fallen snow on the majority of the territory of our Republic. The snow loading values exceeded values set by standards in some places. Several tens of roofs and whole structures collapsed under the weight of snow not only here, but also abroad. The purpose of this article is not to analyze the causes of these accidents. But it is true that accidents mostly affected either new buildings with serious static or structural defects, or vice versa, older structures with completely neglected maintenance. The extreme load initiated the effect of the initial or gained defects in both the groups.