

## Energetická náročnost průmyslových budov

### *Průmyslové budovy*

Průmyslové budovy se na celkové potřebě NH podílí 49%. Spotřeba energie na jednotku plochy v průmyslových budovách je odlišná v závislosti na odvětvích, typologii budov, plošném podílu, druhu paliva a využití. Většina oborů prochází výraznými změnami jak v oblasti technologie, tak v oblasti výrobního sortimentu, což vede k zásadním změnám výrobních provozů.

V současnosti se hlediska energetické hospodárnosti řeší především u novostaveb, u stávajících objektů jsou možnosti zlepšení tepelně-technických parametrů obalových konstrukcí limitovány finančními možnostmi majitelů budov. Většina stávajících objektů má obalové konstrukce částečně, nebo zcela nevyhovující jak z hlediska energetického, tak z hlediska tepelné pohody v letním a zimním období. Mnoho závad stávajících obalových konstrukcí průmyslových staveb má svůj původ již v době přípravy a realizaci staveb jak vinou projektanta, tak vinou dostupných materiálů, technologie i vlivem užívání objektu.

Problematika obalových konstrukcí ve vztahu na snižování energetické náročnosti průmyslových staveb se týká především objektů realizovaných v období předcházejícím výraznému zpřísnění tepelně-technických norem. Do této doby bylo legislativní podchycení energetické náročnosti průmyslových budov zanedbáváno. Předpokládalo se vybudování zdrojů produkujících elektrickou energii tak levně, že by náklady na výstavbu a údržbu tepelně-izolovaných obalových konstrukcí výrazně převýšily náklady na vytápění. Tyto úvahy se s dobou ukázaly jako nereálné.

### **Obvodové pláště**

#### *Silikátové*

V minulosti byly používány pro provozní nosné systémy obalové konstrukce převážně na silikátové bázi (vyzděné na tl. 300 mm, někdy i méně, z cihel, nebo škvárobetonových tvárnic), které se vyznačují velkou fyzickou životností, relativně nízkými náklady na údržbu, ale na druhé straně malou konstrukční variabilitou a zmenšenými možnostmi z hlediska komplexní modernizace, nevyhovujícími stavebně-fyzikálními vlastnostmi. Nevýhodou je rovněž nesnadná demontáž, popř. demolice a nákladná recyklace materiálů.

Obvodové pláště jsou ve většině případů nedostatečně tepelně izolovány, ve většině případů tato izolace zcela chybí. Vlivem vlhkosti a nedostatečné izolovanosti dochází u tradičních zděných konstrukcí k narušení a následnému odpadávání omítky zejména v místě tepelných mostů.

V důsledku absence, nebo nefunkčnosti stávající hydroizolace dochází ke vzlínání vlhkosti ze základových konstrukcí do nadzemní části. Tím dochází ke zvýšení

součinitele tepelné vodivosti (zhoršení tepelně-technických vlastností) i k následnému narušení zdiva zamrzající vlhkostí v pórech.

#### *Prefabrikované*

Jedná se o jedno a vícevrstvé pláště z pórobetonu, nebo z cihelných tvarovek s tepelnou izolací (pěnový polystyren) vloženou do prvku. V případě cihelných tvarovek je nosná konstrukce tvořena železobetonovými žebry. Tyto žebra tvoří tepelné mosty, spáry nedostatečně vyplněné maltou zvyšují infiltraci.



#### *Metalicko-plastické*

Jedná se o pláště prefabrikované (KORD, FEAL), nebo o pláště skládané (SIDALVAR, FOS, HARD). Prefabrikované pláště mají z dnešního pohledu nevyhovující tepelně-technické vlastnosti, probíhající nosná konstrukce od vnitřního povrchu k vnějšímu tvoří tepelné mosty. Velkým problémem zůstává těsnost spar. Skládané pláště mají obvykle nízký tepelný odpor a vykazují nedostatky v souvislosti s montáží na stavbě. Použití jiného druhu tepelné izolace než projektované vede k závažným poruchám pláště.

Obrázek 1 – Detail ocelo-plechového obvodového pláště výrobní haly V17 Škoda a.s. M. Boleslav

Ve většině případů jsou chybně vyřešeny detaily napojení ostění průsvitných konstrukcí na obvodový plášť, čímž je umožněn průnik vlhkosti do konstrukce. Tento jev současně s kondenzováním vodní páry v konstrukci vede zvláště u ocelo-plechových konstrukcí k narušení a následné degradaci tepelné izolace. Tato bývá v mnoha případech provlhlá (s rostoucí vlhkostí roste součinitel tepelné vodivosti), po výšce sesutá do spodních částí obvodového pláště a tak je z hlediska tepelné ochrany částečně, nebo zcela nefunkční.

Pro zajištění stále náročnějších tepelně-technických požadavků na obalové konstrukce budov lze doplňovat stávající i nové stěnové konstrukce zateplovacími systémy. Z konstrukčního hlediska se jedná o jedno či dvouplášťové systémy (s možností vytvoření provětrávané vzduchové vrstvy mezi tepelnou izolací a pohledovou krycí vrstvou v závislosti na druhu provozu), případně o tepelně-izolační panely. Jako tepelně-izolační vrstvy se zpravidla používá pěnový polystyren, pěnový polyuretan, desky z minerálních vláken, případně tepelně-izolační lehčené omítky.

Pro vytvoření krycí pohledové vrstvy se zpravidla s výhodou používají pro celistvé povrchy polymerové omítky vyztužené sítí ze skleněných vláken, silikátové omítky vyztužené sítí ze skleněných vláken, stříkané štukové vrstvy jako ochrana tepelně-izolačních omítek, fasádní barvy. Pro skládané povrchy lze použít tvrdé desky na bázi eternitu, keramické tvarovky, kamenné desky, dřevo v nejrůznější podobě, plastové profily a desky s různou povrchovou úpravou, různě tvarovaný plech s různou povrchovou úpravou, bitumenové šindele.



Obrázek 2 – Detail obvodového pláště

### ***Střešní pláště***

Střešní pláště patří k nejexponovanějším částem objektu vůbec. Problém vhodné volby konstrukce ploché střechy je nejen věcí správného stavebně-konstrukčního řešení, ale i problém stavebně-fyzikálních účinků tepla, vlhkosti, materiálového a chemického.

Konstrukce střešního pláště může být realizována jako jednoplášťová bez tepelné izolace, jednoplášťová tepelnou izolací, jednoplášťová z předvyrobených dílců, případně dvouplášťová v pochozí a nepochozí variantě, jako pojízdná konstrukce, ve speciálním případě i jako zelená střešní konstrukce.

#### ***Jednoplášťové***

##### ***Silikátové***

Střešní plášť je tvořen železobetonovými předepjatými prvky (dutinové, TT, U panely) prnutými mezi vazníky. Na tyto je zpravidla uložena tepelná izolace, spádová a roznášení vrstva s hydroizolací. V těchto střešních konstrukcích obvykle dochází ke kondenzaci vodních par, jednotlivé vrstvy jsou obvykle narušeny.

##### ***Metallcko plastické***

Nosná část střešního pláště je tvořena ocelovými, různě tvarovanými plechy, které zároveň tvoří střešní krytinu (v případě nezatepleného pláště), nebo před distanční prvky jsou připevněny další ocelové plechy s hydroizolační funkcí s vloženou tepelnou izolací (distanční prvky tvoří tepelné mosty ⇒ povrchová kondenzace, kondenzát může odkapávat do prostoru haly). Kvalita pláště je dána kvalitou tepelné izolace (tloušťka, správný druh), ohýbané detaily pláště vytváří řadu složitých detailů, kde je obtížné zajistit těsnost pláště. Povrchová úprava se liší podle způsobu expozice.

#### ***Dvouplášťové***

jedná se o střešní konstrukce (na bázi dřeva, silikátů, metaloplastické) používané od 80 tých let. Dolní část pláště má funkci nosnou, horní část pláště funkci hydroizolační.

Pro ploché střešní konstrukce byly používány hydroizolační systémy na bázi živočišných krytín. Mezi nejčastější vady těchto pláštů se dají považovat kromě nevhodně aplikované a provedené technologie řešení prostupujících konstrukcí též nesprávně provedené klempířské konstrukce. Vady jsou zjistitelné jak vizuální kontrolou, tak vyhodnocením provedených kontrolních sond i termovizního snímkování. Jednotlivé vrstvy asfaltových hydroizolačních pásů bývají mezi sebou nedostatečně spojeny, mezi jednotlivými pásy se vyskytují vzduchové dutiny, ve skladbě je použit nedostatečný počet pásů, nedostatečné zajištění stability vrstev střešního pláště proti účinkům větru, nesprávně provedené napojení hydroizolačních pásů na svislý povrch, netěsné napojení krytiny na klempířské prvky a střešní vtoky, nedodržení tloušťky i materiálů pro sklonové vrstvy.

Fólie jako hydroizolační krytiny se v našich podmínkách používají asi od roku 1987. K jejich závadám patří vytrhávání kotevnic prvků (osazením menšího počtu kotevnic prvků v ploše střechy), zvrásněním fólie, netěsností v napojení na střešní vtok.

Stávající střešní konstrukce lze dodatečně tepelně izolovat jak pěnovým polystyrenem, pěnovým polyuretanem tak minerální vlnou, případě extrudovaným polystyrénem u obrácených střeš. Pro povlakovou krytinu lze s výhodou využít souvrství z asfaltových modifikovaných pásů, nebo plastové fólie. Krytinu lze kotvit k podkladu lepením, nebo mechanickými kotvami.



Obrázek 3 – Detail zateplení spodního líce střešní konstrukce horního líce stropní kce

### **Průsvitné konstrukce**

Průsvitné konstrukce v budovách výrobního charakteru jsou tvořeny okenními konstrukcemi v obvodovém plášti, vraty a světlíky.

#### **Světlíky**

V případě světlíků se jedná většinou o zastaralé systémy na metalické bázi – ocel, hliník, jde o poměrně subtilní konstrukce sedlového, obloukovitého, nebo pultového tvaru. Zasklení je tvořeno jednoduchým obyčejným sklem ( $k = 6\div 6,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), nebo drátosklem, izolačním dvojsklem (jedno zasklení je obyčejně z drátoskla ( $k = 2,1\div 4,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), nebo umělohmotným zasklením (plexisklo, polykarbonátové dutinové sklo). Součinitel prostupu tepla obyčejně neodpovídá současným nárokům. Zasklení je často poškozené, některé plochy skla zcela chybí. Vzhledem k netěsnosti spár se dá velmi těžko odhadnout tepelná ztráta infiltrací. V mnoha případech byly původní konstrukce



nahrazeny nekvalitním polykarbonátem, který vlivem střídání teplot, náročností interního mikroklimatu, špatnou manipulací a osazením změnil své původní vlastnosti, popraskal, zčernal a o jeho funkčnosti se jak ze světelně-technického hlediska, tak z hlediska bezpečnosti již nedá hovořit.

Světlíky představují svou plochou a podílem na prostupu tepla důležitou položku při výpočtu tepelných ztrát a je jim proto třeba věnovat značná pozornost. Navržením efektivnějšího způsobu osvětlení s redukcí současného plošného podílu těchto konstrukcí, ale při zachování optimálních světelně-technických parametrů, lze jejich vliv výrazně eliminovat. V mnoha případech jsou tyto prosklené plochy z důvodu vysoké tepelné zátěže sluneční radiací v letním období barevně upravovány a ztrácí tedy z hlediska denního osvětlení svoji funkci. V případě rekonstrukce stávajících konstrukcí lze volit z mnoha variant moderních osvětlovacích systémů se širokou škálou hodnot součinitelů prostupu tepla v závislosti na druhu výplňového materiálu.

#### *Okenní konstrukce*

V průmyslových budovách nebyla dřevěná okna používána tak často jako v ostatní výstavbě, ovšem vykazují obdobné nedostatky (ztrouchnivělá, nebo zkroucená okenní křídla, netěsnosti se zvýšenou infiltrací. Vyjíměčně byla používána okna silikátová s rámem se železobetonovými žebírky do pravoúhlé sítě s pevnou výplní jednoduchými skleněnými tabulkami. V některých objektech jsou používány výplně na skleněné bázi – skleněné tvárnice Copilit.

Nejrozšířenější jsou metalické konstrukce, u starších objektů s jednoduchým zasklením a s rámem bez přerušení tepelných mostů, částečně otevíravá ( $k = 6\div 6,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

#### *Dveře a vrata*

V průmyslových budovách se jedná nejčastěji o ocelová jednoduchá vrata s nosným rámem z Jaklových profilů a s pláštěm z ocelového plechu ( $k = 6\div 6,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), u novějších objektů se jedná o zateplená vrata s tepelnou izolací tl. 3÷4 cm ( $k = 3\div 5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Tepelné mosty tvoří zpravidla nosný rám a výztuhy, povrch vrat může v důsledku povrchové kondenzace namrzat. Rámy křidel jsou obvykle bez těsnění, v důsledku provozu jsou často zdeformovaná.

PRŮMYSLOVÉ BUDOVY



Obrázek 4–Výrobní hala  
Dačice



Obrázek 5–Výrobní hala  
Škoda M. Boleslav



Obrázek 6–Výrobní hala  
Škoda M. Boleslav

### Podlahové konstrukce

Podlahové konstrukce v průmyslových objektech jsou navrženy téměř ve všech případech zcela bez, nebo s nedostatečnou tepelnou izolací. Ve většině provozů těžkého charakteru jsou podlahy tvořeny pouze betonem bez povrchového ošetření, vykazují nízkou povrchovou odolnost, čímž následně způsobují prašnost. Vlivem provozu jsou často narušeny trhlinami, nebo výtlukami takového charakteru, že se stávají nebezpečnými pro samotný provoz v průmyslových objektech.



Obrázek 7 – Detail poškozené stropní konstrukce

U všech průmyslových podlah je třeba kromě vzduchové a kročejové neprůzvučnosti (ve speciálním případě) posuzovat tepelně-technické vlastnosti, hydroizolační vlastnosti, odolnost proti teplotním změnám, odolnost proti vodě a vlhkosti, průhyb, odolnost proti nárazu, soudržnost, stlačitelnost, součinitel odrazu světla, čistitelnost, obrusnost, nasákavost, mrazuvzdornost, odolnost proti ohni, přilnavost k podkladu, životnost, smršťování, odolnost proti chemickým vlivům, pružnost, chování v elektrostatickém poli, elektrovodivost, stálobarevnost. Podlahovou konstrukci je třeba posuzovat v souvislosti s podkladem.

Z tepelně-technického hlediska musí podlahy ve vnitřních prostorech vykazovat vnitřní povrchovou teplotu nad teplotou rosného bodu. Není-li možné tento požadavek splnit, je nutné zajistit bezchybnou funkci konstrukce při povrchové kondenzaci. Podlaha musí být navržena tak, aby ke kondenzaci nedocházelo v části s organickými, nebo nasákavými materiály. U budov s mokřými provozu se doporučuje na nášlapnou vrstvu používat nenasákavé materiály, které snášejí kondenzaci vodní páry.

## *Vytápění a větrání*

Ve většině průmyslových objektů před i poválečné éry bylo základním problémem zabezpečení jejich vytápění, větrání a klimatizace, včetně odsávání škodlivin a zabezpečení pracovního prostředí. Vytápění průmyslových objektů bylo odvozeno od zdrojů tepla založených na spalování tuhých paliv, později pak topných olejů a zemního plynu. Většina zdrojů tepla byla založena na parní bázi, tzn. byla vyráběna přehřátá, sytá a nízkotlaká pára bez výroby elektrické energie, eventuelně kogenerace a bez možnosti regulace.

Základním problémem většiny výtopen byla nízká účinnost výroby tepla, špatná úroveň čistících a odlučovacích systémů a zbytečná výroba vysokých stavů páry, která prodražovala cenu kotelen a celého zařízení. Ekonomie výroby tepla se pohybovala na velmi nízké úrovni. Účinnost výroby se pohybovala kolem hodnoty 60%, což v některých případech platí až do současnosti. Využívání méně kvalitních paliv, hnědouhelných hruboprachů s velkým podílem síry, popelnatosti, a značným množstvím vody mělo za následek zhoršení životního prostředí, ovzduší, skládky popela, enormní ztráty při výrobě, distribuci a spotřebě energie v objektech.

Proti současným zdrojům na ušlechtilá paliva, která jsou nesrovnatelná svou ekologií, lze odhadovat potenciál úspor při výrobě tepla na 15%, v některých případech až na 20 - 30%. Zavedení výroby elektrické energie ve zdrojích tepla parní turbínou, plynovou turbínou, nebo plynovými motory je výsoce efektivní všude tam, kde je rovnoměrné využití zdrojů tepla a zejména tam, kde lze okamžitě a průběžně dodávat vyráběnou elektrickou energii v celém rozsahu do vlastních průmyslových objektů. Použití parních systémů se v současné době jeví jako nemoderní bez možnosti dokonalé regulace a přizpůsobení se klimatickým podmínkám vně výrobních objektů i podmínkám pracovního prostředí.

Většina průmyslových výrobních hal je v současnosti postavena nejen před rekonstrukcí zdrojů výroby tepla z důvodů plnění emisních limitů na ochranu ovzduší, ale též před základní rekonstrukcí rozvodu tepla celého vytápěcího systému, systému větrání (eventuelně klimatizace) ve vztahu na nově zaváděné výrobní programy.

Rozhodující pro systém zásobování průmyslových objektů je podíl spotřeby tepla na vytápění a podíl spotřeby tepla na technologický odběr. V některých případech je výhodnější decentralizovat parní výrobu tepla přímo ke spotřebiči (umístění zdroje tepla u spotřebiče). Stejně zásady platí pro ohřev teplé užitkové vody pro sociální i průmyslové objekty. V některých případech centrální ohřev TUV je zdrojem značných energetických ztrát a může činit až 50% spotřeby tepla v průmyslovém objektu. Předávací stanice (tlakově závislé, tlakově nezávislé) v místě spotřeby umožní racionální využití topné energie pro ohřev TUV.

Dřívější ruční ovládání a regulaci vytápěcího systému dnes nahrazují počítačové řídicí systémy, které zamezují přetápění pracovního prostředí a snižují nežádoucí energetické ztráty. Rozvody tepla - teplovodní, horkovodní, vykazují nižší celkové tepelné ztráty cca 6%, u parních systémů lze prokázat v letním období tepelné ztráty rozvodů až 30%, v zimním období 15 i více %. Potenciál úspor tepla v rozvodech tepla u průmyslových objektů lze odhadnout na 10 až 20%, v některých případech i více.

Použití novějších progresivních typů topných těles, teplovzdušných soustav, sálavých panelů, plynových zářičů, klimatizace rovněž zefektivňuje vytápěcí systém, kde

**PRŮMYSLOVÉ BUDOVY**

je možné selektivní vytápění jednotlivých částí průmyslových hal a daleko jednoznačnější zabezpečení jednotlivých podmínek správného pracovního prostředí.

Vhodným systémem větrání a místní likvidací škodlivin vznikajících v pracovním prostředí lze dosáhnout minimalizace odsátého množství tepla a snížení ztrát tepla z titulu mnohonásobných výměn vzduchu v pracovním prostředí. Správnou instalací vratových clon v průmyslových halách a řádnou manipulací lze dosáhnout rovněž značných úspor tepla. Zásadní otázkou zůstává zachycení škodlivin v místě vzniku (produkce) a jejich likvidace přes odlučovací zařízení do exteriéru. Při rozptýlení škodlivin do prostoru je nutné odsávat celý objem vzduchu, což je energeticky neúnosné. U všech průmyslových objektů je nutné uvažovat s rekuperací tepla z větracích systémů i spotřebičů tepla. Zásadním nástrojem úspor v průmyslových objektech je využití regulace vytápěcích systémů.

Tabulka 2 – Spotřeba energie v typických provozech\*

druh provozu	počet směn	spotřeba energie ve vztahu k budově			procesní energie [kWh/m <sup>2</sup> ,rok]	celková spotřeba [kWh/m <sup>2</sup> ,rok]
		[kWh/m <sup>2</sup> ,rok]				
		vytápění	ostatní	celkem		
laboratoře	1,5	870	540	1 410	350	1 760
chemické provozy	3,0	700	90	790	3 590	4 380
zpracovatelský průmysl	2,3	430	80	510	500	1 010
papíry	3,0	390	90	480	2 640	3 120
elektrotechnický průmysl	2,5	390	70	460	340	800
textilní průmysl	2,5	400	40	440	480	920
výroba plastů	2,3	370	50	420	540	960
gumárny	2,6	300	90	390	970	1 360
lehký průmysl	1,7	370	40	410	80	490
strojírenství	1,7	330	50	380	90	470
potravinářské výroby vařená jídla	1,8	220	120	340	800	1 140
potravinářské výroby studená jídla	2,5	100	90	190	1 250	1 440
slévárny	2,1	320	30	350	1 010	1 360
chemické provozy zpracovatelská chemie	2,4	320	30	350	350	700
distribuce	1,0	210	40	250	0	250