

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Izolační materiály mrazíren

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Vladimír Doležal, Ph.D.

Autor práce: Hugo Skok

Praha 2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hugo Skok

obor Technologická zařízení staveb

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze
čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název práce: **Izolační materiály mrazíren**

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Literární rešerše
4. Závěr
5. Seznam literatury
6. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 30 - 40 stran

Doporučené zdroje:

Daniels K.: Technika budov, Jaga group Bratislava 2003,3.vydání, 519 s.

Dvořák Z.,Fencel Z.:Chlazení a zmrazování, SNTL Praha 1985

website : www.teplovhale.cz, www.tzb-info.cz

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vladimír Doležal, Ph.D.**

Termín zadání diplomové práce: listopad 2009

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2011

.....
Vedoucí katedry



.....
Děkan

V Praze dne: 30. 11. 2009

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Vladimíra Doležala, Ph.D. a použil jen pramenů citovaných v příložené bibliografii.

.....
Hugo Skok

Děkuji vedoucímu této práce Ing. Vladimíru Doležalovi, Ph.D. za trpělivost a přínosné připomínky po celou dobu naší spolupráce. Dále děkuji zaměstnancům mrazíren Nowaco Haně Kroupové, Ladislavu Šofferovi a Ladislavu Šofferovi ml. za cenné rady a důležité informace potřebné k vypracování této práce.

Abstrakt: Cílem této bakalářské práce bylo shromáždění informací ohledně jednotlivých izolačních systémů používaných v oblasti mrazírenství a chladičství a následně jejich porovnání. V kapitole „Konzervace potravin nízkými teplotami“ je stručně nastíněn rozdíl mezi pojmy mrazírenství a chladičství. Kapitola „Vybrané tepelné děje ve stavebních konstrukcích“ pojednává o tepelných vlastnostech stavebních materiálů a obsahuje výčet nejdůležitějších tepelných dějů. Kapitola „Stavební materiály a jejich dělení“ se zabývá rozdělení materiálů podle nejrůznějších hledisek. Je zde rovněž uveden význam izolačních materiálů. Kapitola „Izolační systémy mrazíren a chladičren“ už konkrétně popisuje jednotlivé způsoby izolace objektů mrazíren a chladičren. V poslední kapitole „Porovnání izolačních systémů z hlediska tepelných parametrů“ je pomocí výpočtů provedeno porovnání jednotlivých izolačních systémů na navržené fiktivní skladbě stěny mrazírny i na stěně a podlaze mrazírny skutečné.

Klíčová slova: Mrazírny, izolace, EPS/XPS, tepelně izolační panel.

Insulating materials of cooling plants

Summary: The aim of this work was to gather information on the different insulation systems used in refrigeration and cooling, and then compare them. In the chapter "Food preservation by low temperatures is briefly outlined the difference between the concepts of freezing and refrigeration. The chapter "Selected Thermal processes in building construction" deals with the thermal properties of building materials and lists the most important thermal processes. The chapter on 'Building Materials division and is engaged classification of materials according to various criteria. There is also an important insulating materials. Chapter "Insulation Systems freezer and cold storage" is no longer specifically describes the various ways of isolation facilities and cold storage freezer. In the last chapter, "Comparison of insulation systems in terms of thermal parameters is done by comparing calculations of insulation systems designed to track imaginary wall refrigeration on the wall and floor cooling plant real.

Key words: Cooling plants, insulation, EPS/XPS, insulating panel.

Obsah

1	ÚVOD	1
2	KONZERVACE POTRAVIN NÍZKÝMI TEPLOTAMI.....	2
2.1	ROZDĚLENÍ KONZERVACÍ.....	2
2.2	CHLADÍRENSTVÍ.....	2
2.2.1	<i>Teplotní pásma chladíren a mrazíren.....</i>	<i>3</i>
2.2.2	<i>Stavební a dispoziční řešení chladíren.....</i>	<i>3</i>
2.2.3	<i>Optimální teplota uvnitř chladírny.....</i>	<i>4</i>
2.3	MRAZÍRENSTVÍ	4
2.3.1	<i>Základní požadavky při navrhování mrazíren</i>	<i>5</i>
2.3.2	<i>Navrhování tepelně izolačních a parotěsných vrstev</i>	<i>6</i>
2.3.3	<i>Vliv rychlosti na zmrazování potravin.....</i>	<i>7</i>
3	VYBRANÉ TEPELNÉ DĚJE VE STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍCH.....	8
3.1	ŠÍŘENÍ TEPLA VE STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍCH	8
3.1.1	<i>Druhy šíření tepla</i>	<i>8</i>
3.1.2	<i>Šíření tepla vedením.....</i>	<i>9</i>
3.1.3	<i>Šíření tepla prouděním.....</i>	<i>11</i>
3.1.4	<i>Šíření tepla sáláním</i>	<i>12</i>
3.2	SOUČINITEL PŘESTUPU TEPLA	12
3.3	PROSTUP TEPLA KONSTRUKCÍ	13
3.3.1	<i>Součinitel prostupu tepla.....</i>	<i>13</i>
3.4	SOUČINITEL TEPELNÉ VODIVOSTI.....	14
3.4.1	<i>Vliv vlhkosti materiálu na součinitele tepelné vodivosti.....</i>	<i>15</i>
3.5	TEPELNÝ ODPOR VRSTVY MATERIÁLU	16
3.6	HODNOCENÍ CHLADÍREN A MRAZÍREN	17
3.6.1	<i>Energetické kritérium.....</i>	<i>17</i>
3.6.2	<i>Stabilitní kritérium.....</i>	<i>18</i>
4	STAVEBNÍ MATERIÁLY A JEJICH DĚLENÍ.....	19
4.1	ROZDĚLENÍ STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ	19
4.2	VÝZNAM IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ.....	20
4.2.1	<i>Rozdělení izolačních materiálů.....</i>	<i>21</i>
5	IZOLAČNÍ SYSTÉMY MRAZÍREN A CHLADÍREN	22
5.1	MRAZÍRNY A CHLADÍRNY S TEPELNĚ IZOLAČNÍMI PANELY	22
5.1.1	<i>Výhody tepelně izolačních panelů.....</i>	<i>22</i>
5.1.2	<i>Rozdělení panelů podle jejich použití.....</i>	<i>23</i>
5.1.3	<i>Polyuretanová pěna</i>	<i>24</i>

5.1.4	<i>Výroba tepelně izolačních panelů</i>	26
5.1.5	<i>Požadavky na konstrukční řešení</i>	27
5.1.6	<i>Základní pokyny pro navrhování a provádění</i>	29
5.1.7	<i>Možnosti dalšího uplatnění tepelně izolačních panelů</i>	30
5.2	CHLADÍRNY A MRAZÍRNY S TEPELNĚ IZOLAČNÍMI OBKLADY	31
5.2.1	<i>Expandovaný polystyren (EPS)</i>	31
5.2.2	<i>Extrudovaný polystyren (XPS)</i>	33
6	POROVNÁNÍ IZOLAČNÍCH SYSTÉMŮ Z HLEDISKA TEPELNÝCH PARAMETRŮ	36
6.1	NÁVRH SKLADBY STĚNY MRAZÍRNY Z EPS/XPS.....	36
6.1.1	<i>Výsledky tepelných parametrů pro izolační systém z EPS:</i>	37
6.1.2	<i>Skladba a výsledky tepelných parametrů pro izolační systém z XPS:</i>	38
6.1.3	<i>Zhodnocení vnitřní izolace z EPS resp. EXP</i>	38
6.2	NÁVRH SKLADBY STĚNY MRAZÍRNY Z TEPELNĚ IZOLAČNÍCH PANELŮ	39
6.2.1	<i>Výsledky tepelných parametrů pro tepelně izolační panely:</i>	40
6.2.2	<i>Zhodnocení vnitřní izolace z tepelně izolačních panelů</i>	41
6.3	ZHODNOCENÍ IZOLAČNÍCH SYSTÉMŮ POUŽÍVANÝCH V PRAXI.....	42
6.3.1	<i>Výpočet tepelných parametrů skutečné mrazírny</i>	43
6.3.2	<i>Výpočet a posouzení tepelných parametrů podlahy mrazírny</i>	43
6.3.3	<i>Výpočet a posouzení tepelných parametrů stěny mrazírny</i>	45
7	ZÁVĚR	47
8	POUŽITÁ LITERATURA:	48
9	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	50

1 Úvod

Mrazírenství je dnes převážně využíváno jako pomůcky, která prodlužuje skladovatelnost surovin ještě před jejich zpracováním. Významnou roli hraje také z hlediska celkové kvality vyrobených potravin ještě před jejich následnou expedicí ke spotřebiteli. Navíc se zmrazené výrobky mohou skladovat dlouhodobě a tím sloužit k plynulému a rovnoměrnému zásobování. Vytváří se tím mezičlánek mezi výrobou potravin a jejich spotřebou. Produkce zemědělských plodin je stále závislejší na klimatických podmínkách, vytváří tak produkční nestejnomyšlnost. Mrazírenský průmysl se právě tento problém snaží minimalizovat.

Mrazírny jsou z energetického hlediska velmi náročné stavby. To s sebou přináší přísné požadavky na konstrukční řešení, především na správné izolování stávajících i nově postavených staveb. Mrazírny musí z tohoto hlediska splňovat podmínky dané normou. Protože se jedná o objekty pro skladování potravin, musí mrazírny také splňovat přísné hygienické podmínky a v neposlední řadě provozní a hlukové předpisy.

V dnešní době se mrazírny stavějí především z tepelně izolačních panelů. Jejich výhodou je zejména v jednoduchosti, rychlosti výstavby a izolačních schopnostech polyuretanové pěny. Dalším způsobem izolace mrazíren je použití obkladových tepelně izolačních materiálů, nejčastěji expandovaného a extrudovaného polystyrenu. Tyto nejčastější izolační systémy budou podrobně probrány a následně porovnány z hlediska tepelných parametrů v samostatných kapitolách.

Cílem této bakalářské práce bylo seznámení s konkrétními typy izolačních systémů mrazíren a následné posouzení a porovnání těchto systémů z hlediska tepelných parametrů.

Porovnán byl tepelný odpor a součinitel prostupu tepla, jakožto parametry nejvíce ovlivňující celkové izolační schopnosti. Jednotlivé izolační systémy byly nejprve porovnány na fiktivní navržené skladbě stěny, aby byl výsledek závislý pouze na použitém izolačním materiálu. Následně byla posouzena skladba podlahy a stěny skutečné mrazírny. Výsledky ze skutečné mrazírny byly porovnány s hodnotami uvedenými v normě ČSN 14 8102.

2 Konzervace potravin nízkými teplotami

Konzervace nízkými teplotami je metoda konzervace potravin, a to metoda nejrozšířenější z hlediska sortimentu potravin, u něhož je použitelná při záruce velmi dobré jakosti i z hlediska hospodárnosti. Předností tohoto způsobu konzervace potravin je zachování vlastností potravin, které měly před zchlazením či zmrazením. Jako další výhodu lze uvést šetrnost vůči nutričním a senzorickým hodnotám potravin. (4)

2.1 Rozdělení konzervací

Konzervaci nízkými teplotami lze rozdělit na chlazení potravin (psychroanabiózu) a na zmrazování potravin (kryoanabiózu). Chlazení potravin nelze považovat za konzervaci potravin v plném smyslu, ale spíše za zásah nebo opatření, které umožňuje dosažení krátkodobé uchovatelnosti neúdržných potravin v časovém rozsahu několika dnů či týdnů. Kombinací s jinými konzervačními zásahy lze uchovávat potraviny i několik měsíců. Naopak zmrazování potravin lze považovat za konzervační metodu v plném smyslu, neboť umožňuje uchovávat neúdržné potraviny měsíce, a pokud tomu nebrání jiné okolnosti (např. oxidační změny lipidů ve zmrazených potravinách) pak i roky. (6)

2.2 Chladírenství

Chladírenství prodlužuje údržnost (trvanlivost) potravin na kratší dobu a má značný význam pro některé zemědělské produkty, zvláště ovoce, zeleninu a maso. Bez použití chladu podléhají tyto suroviny při svém složení změnám mikrobiálním i jiným a po krátké době se znehodnocují. Chlazením se rozumí snížení teploty chlazené potraviny a následné udržení teploty potraviny nad teplotu počátku vymrzání vody. (4) Účelem chladírenské konzervace je uchování čerstvého stavu surovin během dopravy a nejnütnějšího skladování, aby spotřebitel byl stále zásobován jakostními produkty. Doba uchovatelnosti neúdržných potravin se stále prodlužuje i díky tomu, že např. obchodní řetězce u nás i ve světě požadují od výrobců stále větší uchovatelnost chlazených potravin. Toho se dosahuje mnoha zásahy, mezi kterými jsou nejpoužívanější: zvýšení teploty nebo prodlužování doby pasterace potravin, okyselováním potravin, vakuovým balením nebo balením v ochranné atmosféře, ale i zvýšenými nároky na vstupní mikrobiologickou čistotu potravinových surovin a celkové zvýšení hygieny při výrobě potravin. (6)

V průmyslové výrobě potravin je chladírenství využíváno především jako pomůcky, která

prodlužuje skladovatelnost surovin před jejich zpracováním. Další význam má také z hlediska zachování uchovatelnosti i celkové kvality vyrobených potravin ještě před jejich následnou expedicí. (6)

2.2.1 Teplotní pásma chladíren a mrazíren

Vnitřní prostorové teploty chladíren nebo mrazíren se rozlišují dle ČSN 14 8102 na teplotní pásma uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Rozdělení teplotních pásem chladíren a mrazíren (2)

Teplotní pásmo	Vnitřní prostorová teplota
A	chlazené prostory s teplotou + 11°C a vyšší
B	chladírny s teplotou +10°C až -4°C
C	mrazírny s teplotou -5°C až -17°C
D	mrazírny s teplotou -18°C až -22°C
E	mrazírny s teplotou -23°C až -27°C
F	mrazírny a zmrazovací tunely s teplotou -28°C až -40°C

2.2.2 Stavební a dispoziční řešení chladíren

Objekty chladíren bývají většinou temné, bezokenní místnosti, ve kterých musí být vyřešena problematika tepelněizolačních procesů (oteplování, prostupů tepla, kondenzace vody apod.).

Vlivem různých teplot uvnitř chladicího prostoru a přilehlých místností vznikají v chladicí místnosti také rozdíly parciálních tlaků vodní páry a hrozí zde nechtěná kondenzace vody. Z tohoto hlediska se na vnější stranu obvodových konstrukcí navrhuje parotěsná zábrana. Vnitřní povrch pak musí být opatřen takovou povrchovou úpravou, odolnou proti působení kondenzátu a která zároveň umožňuje jednoduché omývání. Dnes se obvodové i vnitřní konstrukce nejčastěji navrhují z izolačních sendvičových panelů s jádrem z polyuretanu, o kterých je více psáno v kapitole 5. Veškeré navrhování chladíren, mrazíren, požadavky na konstrukční řešení i pokyny pro provádění musí být v souladu s ČSN 14 8102. Veškeré obvodové konstrukce chladíren musí mít hodnoty tepelných odporů R vyšší než hodnoty nejmenších dovolených tepelných odporů R_N , které udává (2), musí tedy platit že $R > R_N$ ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$). Hodnoty R_N jsou uvedené v tab. 2. (10)

Tab. 2 Hodnoty nejmenšího dovoleného tepelného odporu R_N ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$) (2)

Konstrukce	Stěnová		Stropní		Podlahová	
	Vnitřní	Vnější	Vnitřní	Vnější	Vnitřní	Vnější
Pásmo A	1,90	2,85	1,50	4,35	---	---
Pásmo B	4,55	5,50	4,15	7,00	2,65	0,75
Pásmo C	7,00	7,95	6,60	9,45	5,10	3,20
Pásmo D	7,95	8,90	7,55	10,40	6,05	4,15
Pásmo E	8,90	9,80	8,50	11,35	7,00	5,10
Pásmo F	11,35	12,30	10,95	13,80	9,45	7,55

Důležité je také zajištění dobrého větrání. Chladírny musí být udržovatelné ve velmi dobrém hygienickém stavu a jejich dispoziční řešení musí být uzpůsobeno pro velmi rychlé výměny zboží. Technologické zařízení chladíren bývá složeno zpravidla z výparníku chladicího stroje, chladicího solankového potrubí nebo ventilátorů pro přívod ochlazeného vzduchu. V neposlední řadě jsou chladírny vybaveny kontrolními a registračními přístroji-termografy a hydrografy. (6)

2.2.3 Optimální teplota uvnitř chladírny

Teplota se v chladírnách udržuje na hodnotách od 0°C, příp. od 1°C do 2-3°C, někdy až do 5°C. Jelikož zejména pro ovoce je důležité větrání chladírny, neměla by nikdy teplota v chladírně klesnout pod 0°C. Pokud by teplota tuto hranici překročila, hrozila by v tzv. mrtvých koutech chladírny vegetace plísní. Na druhé straně pohyb vzduchu vede k hmotnostnímu vysychání skladovaných potravin. Z tohoto hlediska se často volí větrání v určitých časových intervalech. (6)

2.3 Mrazírenství

Mrazírenství je dokonalejší forma konzervace chladem, která využívá vlivu nízkých teplot na potlačení nežádoucích změn. Proto si mnohé zmrazené potraviny uchovávají původní vlastnosti a složení v málo změněné formě. Zmrazením se rozumí snížení a následné udržení teploty potraviny, při níž se podstatná část vody v potravine přeměnila v led. (4) Mrazírenství má i značný hospodářský význam, protože produkce potravin není závislá na okamžité spotřebě. Zmrazené výrobky se mohou dlouhodobě skladovat a sloužit tak k rovnoměrnému a plynulému zásobování.

Protože je produkce mnoha zemědělských surovin sezónní nebo alespoň během roku není stejná, snaží se mrazírenský průmysl tuto produkční nestejnoměrnost vyrovnávat. Velkou řadu potravin nelze uchovat v čerstvém stavu jinak než použít konzervaci zmrazením (např. jahody, květák, drůbež, špenát a další). Při použití jiných konzervačních metod se změní složení a vlastnosti dané potraviny natolik, že je nelze považovat na čerstvé. (1)

2.3.1 Základní požadavky při navrhování mrazíren

Navrhování nových objektů mrazíren je dnes nejčastěji realizováno s použitím tepelně izolačních panelů s jádrem z polyuretanové pěny. Druhá možnost je výstavba mrazíren a chladíren s pomocí obkladových tepelně izolačních materiálů. Výstavba objektů mrazíren a chladíren se musí řídit normou ČSN 14 8102 z roku 1993.

Mezi hlavní požadavky na konstrukční řešení lze uvést:

- Pro všechna teplotní pásma musí být stěnové, stropní a podlahové konstrukce i v detailech koutů a styků obvodového pláště navrženy tak, aby v nich nedocházelo ke kondenzaci vodní páry.
- Chladírny a mrazírny musejí být účinně chráněny před zdroji tepla a proti pronikání vlhkosti.
- Všechny materiály, které budou použity pro výstavbu chladíren a mrazíren musí splňovat požadavky z hlediska odolnosti proti nízkým teplotám a vlhkosti. Tyto materiály taktéž nesmí negativně ovlivňovat skladované zboží.
- U mrazíren, kde se provozní teplota pohybuje pod teplotou 0°C musí být podloží konstrukčně zajištěno proti promrzání. Mezi nejlepší metody lze uvést použití vytápění, odvětrávání, plošnou drenáž příp. kombinace těchto metod.
- Chladírny a mrazírny musejí být po celém vnitřním povrchu izolovány. Parotěsná zábrana, jejíž použití je na stropech, stěnách a podlahách musí být jednolitá, nepřerušovaná a napojena na prostupující konstrukce stavby.
- Vnitřní povrchy musejí být z hygienicky nezávadných materiálů. To samé platí i pro celé izolační souvrství.
- Konstrukce podlahy chlazených místností musí umožňovat bezproblémové čištění a dezinfekci.
- Tepelná izolace stěn se navrhuje tak, aby při manipulaci se skladovacími dopravními prostředky nedošlo k jejímu poškození. (2)

2.3.2 Navrhování tepelně izolačních a parotěsných vrstev

Stěnové, stropní i podlahové konstrukce musí ve všech teplotních pásmech navrženy tak, aby nedocházelo ke kondenzaci vodní páry. Navržené konstrukce se dokládají tepelně technickým výpočtem.

Pro pásma A a B a v případech, kdy není ohrožena požadovaná funkce těchto konstrukcí lze považovat za vyhovující i konstrukce, ve kterých vodní pára kondenzuje. V těchto případech však množství vodní páry, která zkondenzuje ve stavební konstrukci, musí být v průběhu roku menší než množství vlhkosti, vypařené v ročním průběhu z konstrukce. Takto navrženou konstrukci nutno vždy doložit tepelně technickým výpočtem, kdy při posuzování konstrukcí chladíren a mrazíren se výpočtová teplota a relativní vlhkost vnějšího vzduchu uvádí maximální hodnotou $t_{e,max}=+35^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{e,max}=35\%$ pro horizontální konstrukce a $t_{e,max}=+25^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{e,max}=58\%$ pro vertikální konstrukce. Pro vnitřní prostory sousedící s chladírnou nebo mrazírnou s relativní vlhkostí vzduchu $\varphi_i \leq 60\%$ se ve výpočtu uvádí teplota vzduchu maximální hodnotou $t_{i,max}=+20^{\circ}\text{C}$. Pro vnitřní prostory sousedící s chladírnou nebo mrazírnou a relativní vlhkostí vzduchu $\varphi_i > 60\%$ (ale s teplotou vzduchu $t_i < +20^{\circ}\text{C}$), se ve výpočtu uvede hodnota t_i podle ČSN 06 0201. (2)

Pro všechna teplotní pásma musí platit zásada, aby parotěsná zábrana, stropní a podlahové konstrukce chladíren a mrazíren vykazovaly na všech místech (to neplatí pro oblast větracích otvorů, vrat a dveří) difúzní odpor $R_d \geq R_{dn}$. Hodnoty R_{dn} uvádí tab. 3. (2)

Tab. 3 Hodnoty nejmenšího dovoleného difúzního odporu R_{dn} ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) (2)

Konstrukce	Stěnová		Stropní		Podlahová	
	Vnitřní	Vnější	Vnitřní	Vnější	Vnitřní	Vnější
Pásma A	$10 \cdot 10^9$	$10 \cdot 10^9$	$10 \cdot 10^9$	$10 \cdot 10^9$	≥ 0	≥ 0
Pásma B	$20 \cdot 10^9$	$50 \cdot 10^9$	$15 \cdot 10^9$	$100 \cdot 10^9$	$10 \cdot 10^9$	$10 \cdot 10^9$
Pásma C	$140 \cdot 10^9$	$190 \cdot 10^9$	$120 \cdot 10^9$	$130 \cdot 10^9$	$20 \cdot 10^9$	$15 \cdot 10^9$
Pásma D	$270 \cdot 10^9$	$340 \cdot 10^9$	$220 \cdot 10^9$	$500 \cdot 10^9$	$180 \cdot 10^9$	$50 \cdot 10^9$
Pásma E	$790 \cdot 10^9$	$880 \cdot 10^9$	$760 \cdot 10^9$	$1000 \cdot 10^9$	$710 \cdot 10^9$	$640 \cdot 10^9$
Pásma F	$820 \cdot 10^9$	$950 \cdot 10^9$	$910 \cdot 10^9$	$1250 \cdot 10^9$	$750 \cdot 10^9$	$650 \cdot 10^9$

2.3.3 Vliv rychlosti na zmrazování potravin

Při zmrazování má zcela zásadní význam jeho rychlost, kterou se rozumí rychlost postupu ledové fronty tj. rozhraní mezi ledem a dosud nezmrazenou částí (viz. tab. 4). Je známo, že při přeměně kapaliny v tuhou fázi mají krystalky, pokud vznikají, tím větší rozměr, čím pomalejší je jejich vytváření. To znamená, čím bude pomalejší odvod tepla. Budou-li se při zmrazování potravin tvořit velké krystaly ledu v buňkách, potrhají se buněčné stěny a potravina se znehodnocuje, což se projeví zejména únikem šťáv při rozmrazování. Je proto v zájmu jakosti, aby se vytvořily krystalky malých rozměrů, což vyžaduje, aby pochod zmrazování byl rychlý. Ponechali se potravina v klidném nebo jen mírně proudícím vzduchu teploty nižší, než je teplota pásma maximální tvorby krystalů, dojde k málo intenzivnímu odvodu tepla a vytváření velkých krystalů s dříve popsány mi důsledky. Takové potravine se říká *zmrzlá* na rozdíl od potravin *zmrazených* rychlostmi vyššími. (4)

Tab. 4 Rozdělení zmrazování podle rychlosti postupu ledové fronty (4)

Rychlost postupu ledové fronty	Zmrazování
do 5mm . hod ⁻¹	pomalé zmrazování, mrznutí
od 5 do 50 mm . hod ⁻¹	středně rychlé zmrazování
od 50 do 100 mm . hod ⁻¹	rychlé zmrazování
nad 100 mm . hod ⁻¹	velmi rychlé (šokové) zmrazování

3 Vybrané tepelné děje ve stavebních konstrukcích

Každý stavební materiál se vyznačuje určitými specifickými vlastnostmi. Mezi hlavní patří vlastnosti fyzikální, mechanické, vlhkostní a difuzní, tepelné, sálavé, akustické apod. Při návrhu mrazíren, chladíren a dalších staveb, které jsou zhotoveny z materiálů a konstrukcí oddělující prostředí s rozdílnými teplotními, vlhkostními a tlakovými parametry je kladen důraz zejména na vlastnosti vlhkostní a difuzní, sálavé a obzvláště tepelné. Tepelné vlastnosti stavebních materiálů rozdělujeme na tepelně - fyzikální, do kterých patří především měrná tepelná vodivost a tepelná kapacita, a na tepelně - technické, kam patří zejména tepelná jímavost, součinitel teplotní vodivosti a tepelný odpor vrstvy materiálu. (8)

Při podcenění významu tepelně - fyzikálních vlastností materiálů dochází v nesprávně navržených nebo provedených konstrukcích ke kondenzaci vlhkosti, a to zejména v místech s nižším tepelným odporem, označovaných jako tepelné mosty. Kondenzovaná voda nejen dále zhoršuje tepelně - technické vlastnosti konstrukce, ale vytváří také prostředí pro růst škodlivých plísní. Ve vlhku probíhá i řada korozních jevů, které mohou vést ke snížení životnosti konstrukce. (8)

3.1 Šíření tepla ve stavebních konstrukcích

Základním předpokladem pro šíření tepla prostředím jsou rozdílné teploty na odlišných místech téhož prostředí. Teplo potom podle druhého hlavního zákona termodynamiky nemůže samovolně přecházet z tělesa chladnějšího na těleso teplejší. Proto postupuje z míst s vyšší teplotou do míst s teplotou nižší, přičemž dochází k postupnému vyrovnávání teplot. (5)

3.1.1 Druhy šíření tepla

Teplo se šíří třemi způsoby: vedením (kondukcí), prouděním (konvekcí) nebo sáláním (radiací). Šíření tepla vedením se uskutečňuje zejména v pevných látkách. Proudění nastává především u kapalin a plynů. Sálání je energetická výměna mezi plochami o různé teplotě, která probíhá prostřednictvím elektromagnetického záření. Zastoupení jednotlivých druhů přenosu tepla je závislé především na pórovitosti (velikosti pórů), objemové hmotnosti, struktuře, teplotě a v neposlední řadě na typu materiálu. (10)

Šíření tepla obvykle neprobíhá jen jedním ze způsobů, ale reálná výměna tepla je realizována převážně jejich kombinací. (10)

3.1.2 Šíření tepla vedením

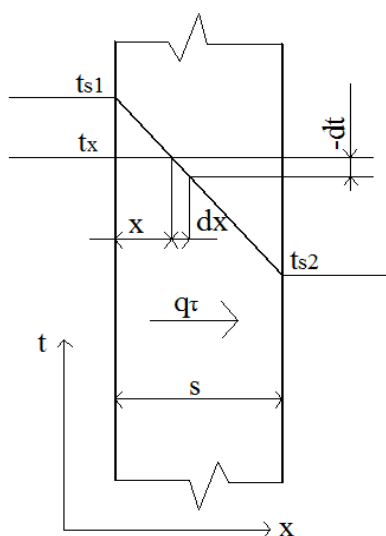
Přenos tepla vedením v pevných látkách je transportem tepelné energie ve směru klesající teploty. Je tomu tak proto, že teplejší, rychleji kmitající molekuly, předávají svou kinetickou energii sousedním, pomaleji kmitajícím molekulám. Přenos tepla vedením se uskutečňuje mezi bezprostředně sousedícími částicemi tělesa, jestliže v něm vzniká rozdíl teplot, nebo se dotýkají dvě tělesa různé teploty. (10)

Vedení tepla lze rozdělit na ustálené (stacionární) vedení a neustálené (nestacionární) vedení. Ustálené vedení tepla je charakterizováno tím, že se teplotní rozdíl mezi jednotlivými částmi tělesa v čase nemění, tj. $dt/d\tau = 0$. Neustálené vedení tepla nastává za předpokladu, že teplotní rozdíly mezi jednotlivými částmi tělesa, mezi kterými se teplo přenáší, se postupně vyrovnávají, tj. teplota je funkcí času $\tau = f(t)$, poté platí, že $dt/d\tau \neq 0$. (10)

V technické praxi se rozděluje šíření tepla vedením na vedení vlákny a vedení vzduchem. U vedení vlákny teplo přechází z teplejšího místa na místo chladnější pomocí bezprostředního styku hmotných částic-vláken. Vedení vzduchem lze popsat např. u minerální vlny, kde velmi malé dutiny mezi vlákny obsahují téměř nehybný vzduch. Tento nehybný a suchý vzduch nejvíce snižuje hodnotu tepelné vodivosti λ , tudíž snižuje schopnost látky vést teplo, protože jak už bylo popsáno součinitel tepelné vodivosti suchého vzduchu v klidu $\lambda = 0,00258 \text{ W}\cdot\text{m}\cdot\text{K}^{-1}$. (10)

3.1.2.1 Vedení tepla rovinnou stěnou

Vedení tepla rovinnou stěnou (viz. obr. 1) o tloušťce s , pro kterou platí, že $\lambda = \text{konst.}$, teplota $t_{s1} > t_{s2}$, povrchové teploty t_{s1} a t_{s2} jsou konstantní po celé ploše stěny. (7)



Obr. 1 Vedení tepla rovinnou stěnou (7)

Výpočet měrného tepelného toku:

$$q_{\tau} = \lambda \frac{t_{s1} - t_{s2}}{s} \quad (\text{W.m}^{-2}) \quad [1]$$

Kde λsoučinitel tepelné vodivosti ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)

stloušťka stěny (m)

t_{s1}, t_{s2}povrchové teploty stěny ($^{\circ}\text{C}, \text{K}$)

Celkové množství tepla Q , které se sdílí vedením plochou S za čas τ stěnou o tloušťce s :

$$Q = q_{\tau} \cdot S \cdot \tau \quad (\text{J}) \quad [2]$$

3.1.2.2 Vedení tepla složenou rovinnou stěnou

Pokud je stěna složena ze dvou vrstev, musí při tepelně ustáleném stavu platit, že $q_{\tau1}=q_{\tau2}=q_{\tau}$ (W.m^{-2}). (7) Vedení tepla složenou rovinnou stěnou je znázorněno na obr. 2.

Měrný tepelný tok vedením první vrstvou $q_{\tau1}$:

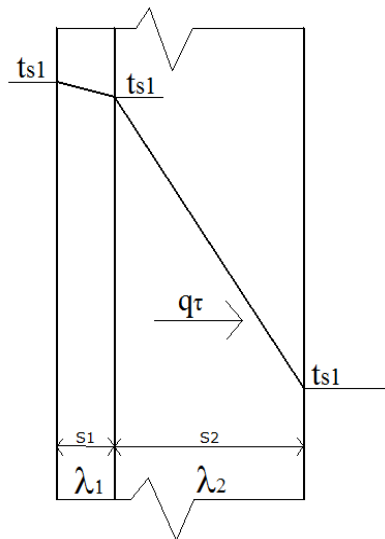
$$q_{\tau1} = \frac{\lambda_1}{s_1} (t_{s1} - t_{s2}) \quad (\text{W.m}^{-2}) \quad [3]$$

Měrný tepelný tok vedením druhou vrstvou $q_{\tau2}$:

$$q_{\tau2} = \frac{\lambda_2}{s_2} (t_{s2} - t_{s3}) \quad (\text{W.m}^{-2}) \quad [4]$$

Po upravení obou dvou rovnic vychází celkový tepelný tok:

$$q_{\tau2} = \frac{\lambda_2}{s_2} (t_{s2} - t_{s3}) \quad (\text{W.m}^{-2}) \quad [5]$$



Obr. 2 Vedení tepla složenou rovinnou stěnou (7)

3.1.3 Šíření tepla prouděním

Prouděním se šíří teplo jen v kapalných a plynných látkách, a to tak že se částice látek pohybují a přenášejí přitom teplo. Místní (lokální) ohřátí a ochlazení plynu nebo kapaliny vyvolává přemísťování částic, čímž se přirozeným, volným prouděním vyrovnává teplota látek. Dochází tak k přirozenému proudění teplotonosné látky, jejíž rychlost je ohraničená, a proto i intenzita výměny tepla prouděním za předpokladu jejího přirozeného toku je poměrně malá. Pro zvýšení intenzity výměny tepla je potřebné použít nuceného proudění, které vytvoříme pomocí různých technických zařízení-čerpadel a ventilátorů. (10)

Jak přirozené, tak i nucené proudění rozlišujeme dle charakteru na proudění laminární a turbulentní. Pro výpočet šíření tepla prouděním se používá Newtonův vztah:

$$Q_{\tau} = \alpha \cdot S \cdot (t_1 - t_2) \quad (\text{W}) \quad [6]$$

Kde Q_{τ}tepelný tok (W)

αsoučinitel přestupu tepla ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)

Splocha povrchu (m^2)

t_1, t_2rozdíl teploty povrchu stěny a teploty média (nebo naopak) ($^{\circ}\text{C}$ nebo K)

3.1.4 Šíření tepla sáláním

Sálání je nutno chápat jako část elektromagnetického záření, která umožňuje přenos tepla mezi tělesy nezávisle na tom, zda jsou oddělena vakuem nebo látkovým prostředím. Interval, ve kterém se považuje elektromagnetické záření za tepelné sálání, spadá do vlnových délek od 0,1 μm do 100 μm . Každý materiál nebo konstrukce svým povrchem jednak vyzařuje elektromagnetické záření včetně tepelného sálání a současně toto záření vyzářené okolními materiály nebo konstrukcemi svým povrchem pohlcuje a mění v teplo. (10)

Šíření tepla sáláním se realizuje převážně infračerveným (tepelným) zářením, zčásti světlem a zářením ultrafialovým. Intervaly elektromagnetického záření dle ČSN EN ISO 9288 jsou uvedeny v tab. 5.

Tab. 5 Intervaly elektromagnetického záření (10)

Elektromagnetické záření	Označení	Vlnová délka
Infračervené	Infra Red, (IR)	<1000 μm - 0,7 μm >
Viditelné	Visible, (VIS)	<0,7 μm - 0,4 μm >
Ultrafialové	Ultra Violet, UV)	<0,01 μm - 0,4 μm >
Tepelné	Heat Radiation	<100 μm - 0,1 μm >
Sluneční	Radiation of Sun	<3 μm - 0,1 μm >

3.2 Součinitel přestupu tepla

Součinitel přestupu tepla je vyjádřen jako podíl hustoty tepelného toku a rozdílu teplot mezi povrchem stěny a okolním prostředím. Udává tepelný tok nebo výkon, sdělený za 1s povrchem 1 m^2 při rozdílu 1K mezi teplotou stěny a teplotou okolního prostředí. (10)

$$\alpha = \frac{q}{(t_1 - t_2)} \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}) \quad [7]$$

Kde qhustota tepelného toku ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)

t_1, t_2rozdíl teplot mezi povrchem stěny a okolním prostředím (K)

Součinitel přestupu tepla je různý v různých prostředích. Tab. 6. udává hodnoty součinitele přestupu tepla pro vybraná prostředí.

Tab. 6 Součinitel přestupu tepla v různých prostředích (10)

Prostředí	Součinitel přestupu tepla ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
Klidný vzduch	3,5 až 12
Proudící vzduch	12 až 580
Proudící kapalina	230 až 5800
Vroucí kapalina	4600 až 7000
Kondenzující vodní páry	8100 až 14000

3.3 Prostup tepla konstrukcí

Prostupem tepla se rozumí výměna tepla mezi povrchem určité konstrukce a okolním vzduchem. K tomuto ději ovšem nedochází, pokud jsou teploty vzduchu a stěny stejné (vyrovnané), tedy pokud je rozdíl teplot mezi povrchem konstrukce a okolním prostředím roven nule ($\Delta t = 0$). (10)

Při přestupu a přechodu tepla při šíření tepelného toku rovinnou stěnou mezi dvěma rovnoběžnými plochami, se uvažuje jednorozměrné teplotní ustálené pole. Na přechodu tepla na vnitřní straně konstrukce se podílí proudění vzduchu-vlivem rozdílu teplot ve vzduchových vrstvách-a sálání jako důsledek výměny tepla mezi danou stěnou a ostatními konstrukcemi uvnitř místnosti. Výměnu tepla mezi povrchem konstrukce a okolním vzduchem charakterizuje součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, který je dán součtem součinitele přestupu tepla při proudění a součinitelem přestupu tepla při sálání všech konstrukcí v místnosti. (10)

Hodnoty součinitele přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce jsou proměnlivé hodnoty, které se mění především v závislosti na teplotě vzduchu, teplotě konstrukce, drsnosti povrchu, rychlosti a směru proudění vzduchu apod. (10)

3.3.1 Součinitel prostupu tepla

Ustálený tepelný tok, který prostupuje celou konstrukcí (a to včetně menších konstrukčních dílů, prvků a vlivu tepelných mostů u nestejnorodých konstrukcí), se stanovuje pomocí součinitele prostupu tepla k . Tato veličina se vypočte z tepelného odporu konstrukce nebo jejího charakteristického výseku a při přestupu tepla jak na vnitřní, tak i na vnější straně konstrukce.(10)

Pro výpočty se používají následující vztahy:

$$k = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}}, \quad (\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}) \quad [8]$$

$$R_{si} = \frac{1}{\alpha_{si}}, \quad R = \frac{s}{\lambda}, \quad R_{se} = \frac{1}{\alpha_{se}} \quad (\text{m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}) \quad [9]$$

Kde: ksoučinitel prostupu tepla konstrukcí ($\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$)

R_Todpor konstrukce při prostupu tepla ($\text{m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$)

R_{si}odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce ($\text{m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$)

R_{se}odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce ($\text{m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$)

Rtepelný odpor konstrukce nebo jejího charakteristického výseku ($\text{m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$)

α_{si}součinitel přestupu tepla na vnitřní straně ($\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$)

α_{se}součinitel přestupu tepla na vnější straně ($\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$)

λsoučinitel tepelné vodivosti ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)

stloušťka vrstvy (m)

Při navrhování pláštěů mrazíren je nezbytné srovnání součinitele prostupu tepla k s hodnotou stanovenou v závislosti na rozdílu teplot na vnitřní a vnější straně pláště dané mrazírny. Tab. 7 udává nejvyšší přípustné hodnoty součinitele prostupu tepla ($\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$) pro jednotlivá teplotní pásma v závislosti na rozdílu teplot Δt . (2)

Tab. 7 Hodnoty souč. prostupu tepla ($\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$) pro jednotlivá teplotní pásma. (2)

Pásma	A	B	C	D	E	F
Δt do 10 K	0,925	0,625	0,360	0,330	0,300	0,240
Δt do 20 K	0,625	0,480	0,300	0,270	0,240	0,220
Δt do 30 K	0,48	0,360	0,240	0,230	0,220	0,180
Δt do 40 K		0,300	0,220	0,200	0,180	0,160
Δt do 50 K			0,180	0,170	0,165	0,150
Δt do 60 K				0,160	0,150	0,145
Δt do 70 K					0,140	0,120

3.4 Součinitel tepelné vodivosti

Nejdůležitějším parametrem izolačních materiálů z hlediska tepelné ochrany je součinitel tepelné vodivosti λ ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$). Charakterizuje schopnost homogenního izotropního materiálu vést teplo. Je dán tepelným tokem (W), který projde materiálem o ploše 1m^2 a délky 1 m, při

teplotním rozdílu 1 K. (8)

Velikost součinitele tepelné vodivosti materiálu závisí především na vlhkosti, pórovitosti (objemové hmotnosti), struktuře (izotropie-anizotropie) a teplotě. Tabulkové hodnoty součinitele tepelné vodivosti pro konkrétní materiály jsou uvedeny v normách (např. ČSN 73 0540 a ČSN EN 12524) (8)

Tepelně izolační materiály podle velikosti součinitele tepelné vodivosti dělíme na:

- vysoce tepelně izolační materiály s tepelnou vodivostí od cca 0,03 do 0,10 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
- materiály s dobrými izolačními vlastnostmi s tepelnou vodivostí od 0,10 do 0,3 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
- materiály se středními izolačními vlastnostmi s tepelnou vodivostí od 0,3 do 0,6 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
- materiály s běžnými izolačními vlastnostmi s tepelnou vodivostí od 0,6 do 1,25 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
- velmi hutné anorganické materiály a tepelnou vodivostí od 1,25 do 3,50 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
- ostatní velmi hutné izotropní materiály s tep. vodivostí vyšší než 3,50 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
- kovy s velikostí tepelné vodivosti větší než 50 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. [čvut]

Tepelně izolační hmoty a materiály určené k realizaci chladíren a mrazíren musí mít dle ČSN 14 8102 hodnotu součinitele tepelné vodivosti nižší než 0,06 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ (2)

3.4.1 Vliv vlhkosti materiálu na součinitele tepelné vodivosti

Vlhkost materiálu má velký vliv na velikost jeho součinitele tepelné vodivosti. Zvyšováním vlhkosti materiálu dochází k růstu velikosti součinitele tepelné vodivosti a tudíž k poklesu tepelněizolačních vlastností materiálu. Je to způsobeno jednak tím, že součinitel tepelné vodivosti vody za klidu ($0,58 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) je cca 25 x větší než vzduchu ($0,00258 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) a také tím, že v pórech dochází k přemísťování vlhkosti ve směru tepelného spádu a k šíření tepla prouděním. (8)

Pro návrh tepelných izolací je nutné počítat s velikostí součinitele tepelné vodivosti odpovídající praktické vlhkosti materiálu, a nikoli vlhkosti materiálu, který byl dokonale laboratorně vysušen. (8)

3.5 Tepelný odpor vrstvy materiálu

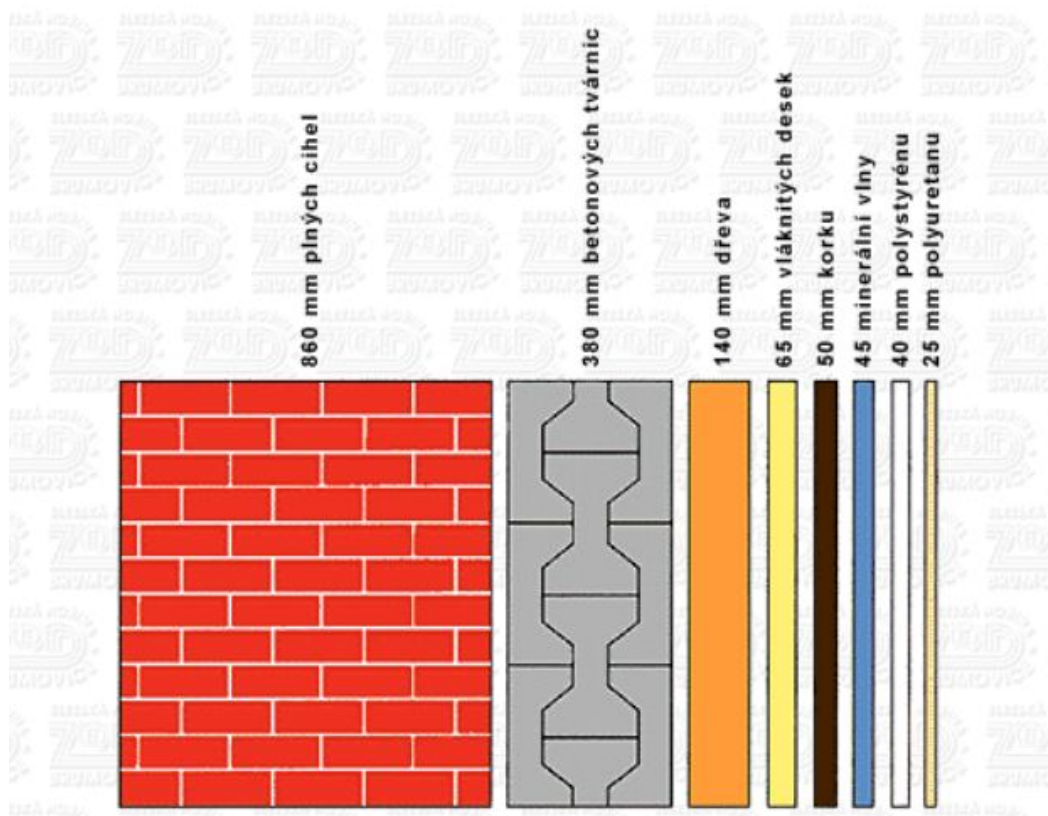
Tepelný odpor charakterizuje tepelně izolační vlastnost určité konkrétní tloušťky materiálu. Čím vyšší je tepelný odpor vrstvy materiálu, tím je vyšší tepelně izolační schopnost. Vysokých hodnot tepelného odporu se dosahuje použitím materiálů s nízkou hodnotou součinitele tepelné vodivosti λ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$). K získání uspokojivých hodnot tepelného odporu (který je pro mrazírny a chladírny dán normou) pak stačí relativně slabá tloušťka (viz obr. 3). Příkladem může být izolace mrazíren s použitím extrudovaného polystyrenu, jehož součinitel tepelné vodivosti činí 0,025 ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) (dle objemové hmotnosti). (8)

Tepelný odpor vrstvy materiálu se vypočítá pomocí vztahu:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}) \quad [10]$$

kde: dtloušťka vrstvy materiálu kolmá na směr tepelného toku (m)

λ součinitel tepelné vodivosti materiálu ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$).



Obr. 3 Porovnání potřebné tloušťky stavebních materiálů k dosažení stejné tepelné izolace (14)

3.6 Hodnocení chladíren a mrazíren

Mezi hlavní kritéria při hodnocení chladíren a mrazíren, které se řeší jak při návrhu, tak i provozu jsou:

- a, energetické kritérium,
- b, stabilitní kritérium. (2)

3.6.1 Energetické kritérium

Díky energetickému kritériu je možné sledovat měrné tepelné zisky dané mrazírny, které jsou dané podílem celkových tepelných zisků hodnoceného prostoru k celkovému objemu v závislosti na rozdílu teplot. (2) Je dáno vztahem:

$$q = \frac{Q_{celk}}{V_{celk} \cdot (t_e - t_i)} \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}) \quad [11]$$

Kde: q.....měrný tepelný zisk ($\text{W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$)

Q_{celk}celkový tepelný zisk hodnoceného prostoru (W)

V_{celk}celkový objem (m^3)

t_evnější teplota ($^{\circ}\text{C}$)

t_ivnitřní teplota ($^{\circ}\text{C}$)

Maximální dovolené měrné tepelné zisky zahrnují i tepelné zisky postupem stěnami, stropem, podlahou a tepelné zisky vzniklé provozem. Tyto tepelné zisky mohou dosahovat nanejvýše 20% celkových tepelných zisků hodnoceného prostoru. Hodnoty maximálních dovolených měrných tepelných zisků jsou uvedeny v tab. 8. (2)

Tab. 8 Hodnoty max. dovolených měrných tepelných zisků (2)

Objem V (m^3)		100	200	500	1000	2000	5000 a více
Měrný tepelný zisk	pásmo A	0,680	0,535	0,395	0,315	0,250	0,185
	pásmo B	0,430	0,345	0,250	0,200	0,160	0,141
	pásmo C	0,330	0,260	0,190	0,150	0,120	0,090
	pásmo D	0,310	0,250	0,180	0,145	0,115	0,085
	pásmo E	0,300	0,240	0,160	0,140	0,110	0,080
	pásmo F	0,255	0,200	0,150	0,120	0,090	0,070

3.6.2 Stabilitní kritérium

Stabilitní kritérium zajišťuje tepelnou stabilitu prostředí i při výpadku dodávky elektrického proudu. (2) Určuje se ze vztahu:

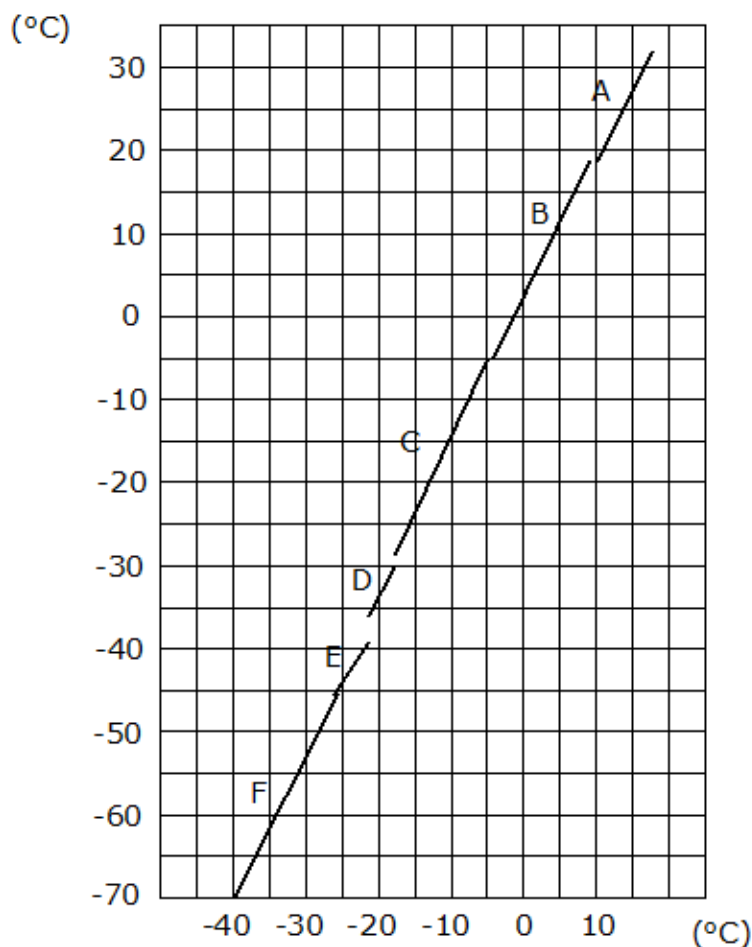
$$t_{M(t)} = t_{t(t)} + t_{p(t)} \quad [12]$$

kde: $t_{M(t)}$součtová teplota po časovém intervalu „(t)“ (maximální dovolený vzestup součtové teploty po časovém intervalu $t=8$ hod.) (K)

$t_{t(t)}$teplota interiéru po časovém intervalu „(t)“ (K)

$t_{p(t)}$průměrná povrchová teplota všech povrchů v hodnoceném prostoru (K)

Maximálně přípustné hodnoty součtových teplot t_M v hodnoceném prostoru se podle teplotního pásma odečtou z grafu na obr. 4. Na vodorovné ose se vyhledá provozní teplota mrazírny či chladírny a na svislé se odečte hledaná součtová teplota. (2)



Obr. 4 Graf pro stanovení součtové teploty t_M podle teploty interiéru (2)

4 Stavební materiály a jejich dělení

Dnešní nabídka stavebních materiálů je velmi široká jak do množství druhů i možností jejich použití. Pro lepší orientace je možné stavební materiály rozdělit do určitých skupin podle různých hledisek.

4.1 Rozdělení stavebních materiálů

Stavební materiály lze dělit podle nejrůznějších hledisek a kritérií. Zde je výčet těch nejdůležitějších, podle kterých lze stavební materiály dělit.

Podle původu lze stavební materiály rozdělit na:

- stavební materiály přírodní
 - anorganické (kámen, hlína, jíl apod.),
 - organické (dřevo, ovčí vlna, rákos apod.),
- stavební materiály umělé
 - z anorganických surovin (vápno, cement, keramika, sklo apod.),
 - z organických surovin (plasty, bitumeny, nátěrové materiály apod.),
 - vzniklé kombinací anorganických a organických surovin (dřevocementové desky, pilinobeton apod.). (3)

Podle materiálové podstaty a technologie výroby lze stavební materiály rozdělit na:

- kamenné výrobky,
- keramické materiály,
- výrobky ze skla,
- vápenické výrobky,
- cementářské produkty,
- autoklávované výrobky,
- kovové výrobky,
- živičné hmoty,
- plasty,

- výrobky ze dřeva a celulosy,
- ostatní. (8)

Podle funkce při tvorbě složitějších struktur se materiály dělí na:

- pojiva,
- plniva,
- vyztužující látky,
- pomocné látky,
- kusová staviva. (8)

Podle použití se stavební materiály dělí na:

- konstrukční materiály, tvoří nosnou (vodorovnou, svislou) konstrukci stavby a jsou pro ně důležité zejména mechanické vlastnosti (pevnost v tahu, tlaku apod.),
- výplňové materiály, tvoří výplň nosných svislých konstrukcí a mohou zčásti plnit i funkci izolační (tepelnou, akustickou apod.),
- izolační materiály, tvoří ochranu stavby proti působení nežádoucích vlivů,
- dekorační materiály, tvoří povrchové úpravy exteriérových či interiérových povrchů a plní estetickou funkci,
- ostatní materiály. (8)

4.2 Význam izolačních materiálů

Izolační materiály a systémy chrání stavební dílo, jeho konstrukce či jeho části i uživatele stavebního díla proti nežádoucím účinkům vody a vlhkosti, zabraňují ztrátám tepla či pronikání chladu (promrzání) a odstraňují rušivé účinky hluku a otřesů. Ve speciálních případech se používá izolačních materiálů též na úpravu akustiky v prostorech a na ochranu před účinky kapalných nebo plyných chemických látek. (3)

Izolační systémy na jedné straně sice zvyšují náklady na stavbu, na druhé straně ovšem prodlužují životnost a zvyšují provozuschopnost určité stavební konstrukce či celého stavebního díla. Správný návrh a použití izolačních systémů je nezbytné pro správné fungování dané mrazírny. Např. špatným provedením vodotěsné izolace může dojít k zaplavení objektu nebo jeho části, špatnou tepelně izolační konstrukcí dochází k tvorbě tepelných mostů a nežádoucím prostupům

tepla dovnitř mrazírny. Při nevhodném použití izolací v chlazeném prostoru bude provoz chladících zařízení nevhodný, protože cena jednotky "chladu" (jednotky tepla odváděné chladícím zařízením) je průměrně 20x až 40x vyšší, než cena jednotky tepla (např. v ústředním topení). (5)

4.2.1 Rozdělení izolačních materiálů

Podle hlavní funkce izolačního systému dělíme izolační materiály na:

- izolační materiály proti vodě a vlhku (vodotěsné izolace – hydroizolace),
- izolační materiály proti ztrátám tepla a pronikání chladu (tepelné izolace),
- izolační materiály proti hluku a otřesům (akustické izolace),
- izolační materiály proti agresivním látkám (chemické izolace). (3)

Veškeré izolační materiály lze poté rozdělit na:

- vláknité:
 - výrobky z minerální vlny,
 - výrobky ze skleněné vlny,
 - výrobky z čedičové vlny,
- tvarované:
 - výrobky z křemeliny (segmenty, desky),
 - výrobky z korku (bez pojiva, s pojivem),
 - výrobky lehčené (pěnový beton, pěnové sklo, lehčené plasty),
 - výrobky z organických vláken (dřevocementové),
 - výrobky z asfaltového papíru (desky, segmenty),
- sypké:
 - křemelina, expandovaný perlit, korek. (3)

Z hlediska mezní teploty rozlišujeme tyto izolace:

- mrazírenské izolace pro teploty -3 až -60 °C,
- chladírenské izolace pro teploty $+5$ až -3 °C,
- stavební izolace pro teploty -25 až $+35$ °C,
- topenářské izolace pro nízké teploty do 200 °C,
- teplárenské izolace pro střední teploty od 200 do 900 °C,
- žárotechnické izolace pro vysoké teploty nad 900 °C. (3)

5 Izolační systémy mrazíren a chladiřen

5.1 Mrazírny a chladiřny s tepelně izolačními panely

Jedná se o velmi progresivní prvky izolace pláště mrazíren. Panely se označují jako sendvičové, jelikož se skládají z několika vrstev (jádro + vnější plášť panelu). Právě volba materiálu pro jádro panelu ovlivňuje jeho budoucí použití, které je velmi rozmanité. Používají se nejen v oblasti mrazírenství a chladiřenství, kde se jedná o prostředí s řízenou atmosférou, ale i jako zateplovací systém všech typů objektů. Panely je možno také použít na WC kabinky a sanitární přepážky, pro hygienická zařízení např. v hotelích či restauracích a dále ve farmaceutickém průmyslu, při skladování a dalších aplikacích, kde je vyžadována hygienická nezávadnost. (8)

V dnešní době se jako jádro tepelně izolačních panelů používá zejména polyuretanová pěna, v menší míře pak extrudovaný či expandovaný polystyren a minerální vlna.

Právě použití polyuretanových pěn jako jádra pro tepelně izolační panely získává v oblasti izolace mrazíren velký význam. Velmi dobré výsledky poskytuje použití polyuretanových pěn i při výrobě kusových staviv a prefabrikovaných kompozitních dílců. Výhoda spočívá v lepších možnostech dávkování surovin a řízení celého procesu. Takto vyrobené dílce či kusová staviva z PUR pěny jsou kvalitnější než pěny ze sprejů a mobilních stříkacích zařízení. (8)

Vedoucí postavení na trhu výrobců tepelně izolačních panelů má mezinárodní firma Kingspan Group Plc. Kingspan a.s. sídlí v České Republice, a to v Hradci Králové, kde vyrábí střešní a stěnové izolační panely.

5.1.1 Výhody tepelně izolačních panelů

Jelikož panely vykazují prvotřídní dlouhodobé vlastnosti izolačních zateplovacích povrchů, ve srovnání s vícedílnými vestavěnými obkladovými systémy montovanými na staveništi, jsou nyní obecně uznávány investory staveb a konstruktéry a lze říci, že jsou konstrukcemi budoucnosti. (11) Důsledkem je podstatný nárůst tohoto typu stavebního systému v následujících letech. Mezi hlavní přednosti panelů s jádrem z PUR pěny lze uvést:

- Zajištění spolehlivých řešení z hlediska tepelně-izolačního, konstrukčního, hygienického a v neposlední řadě z hlediska požární bezpečnosti.
- Izolační panely z PUR pěny jsou testovány autorizovanými zkušebnami.

- Jsou vhodné pro použití s různými druhy nosných konstrukcí-ocelové, betonové a pro renovace stávajících objektů.
- Plně vyhovují platným normám, zákonům a předpisům.
- Díky metodě spojování panelů je omezen či zcela vyloučen vznik tepelných mostů a kondenzování par.
- Panely se vyznačují dlouhou životností (až 40 let).
- Panely umožňují rychlou a dostatečně bezpečnou instalaci.
- Povrchy panelů jsou hygienicky bezpečné, omyvatelné a jsou schváleny pro skladování potravin.
- Panely nepoškozují životní prostředí, protože neobsahují CFC a HCFC. Během své životnosti neuvolňují do ovzduší zdraví škodlivé nebo znečišťující látky
- Izolační panely zajišťují vysokou úroveň pevnosti v tlaku a ve smyku.
- Panely se vyznačují velmi malou propustností vodních par, díky uzavřené buněčné struktuře. Propustnost je dále redukována kovovým povrchem panelu, jenž působí jako bariéra proti vlhkosti. (11)

5.1.2 Rozdělení panelů podle jejich použití

Podle základního stavebního provedení se sendvičové panely rozdělují na střešní a stěnové izolační panely. Pro oblast mrazírenství se vyrábí speciální izolační systémy pro řízenou atmosféru, které se vyrábějí v tloušťkách 45, 60, 80, 100, 120, 140, 170 nebo 200 mm. Tyto panely jsou opláštěvané pozinkovaným plechem s povrchovou úpravou polyesterovými laky nebo nerezovými plechy. (8) V dnešní době je k dispozici mnoho stavebních řešení a systémů, která spolehlivě zajistí tepelnou izolaci i hygienickou nezávadnost. Tato řešení lze v zásadě rozdělit na:

- Vnitřní izolační systém-uplatňuje se zde stěnový a podhledový systém (obr. 5),
- Vnější izolační systém-uplatňuje se zde stěnový a střešní systém,
- Komponenty chladírenského boxu. (11)

Systémy z izolačních panelů pro prostředí s řízenou teplotou lze použít při stavbě kterékoliv z výše uvedených aplikací. Každá z nich by měla být začleněna jako součást celé stavby a nikoliv jako samostatný prvek. To zahrnuje integraci základů, základových desek, podpodlažního vytápění, hlavní konstrukce, systémů chlazení a mrazení, samočinných hasících zařízení, úložných systémů, nakládacích plošin a materiálů pláště stavby. (11)



Obr. 5 Vnitřní izolační systém mrazírny (26)

5.1.3 Polyuretanová pěna

Polyuretany patří k relativně novým typům reaktoplastů a jejich použití rok od roku roste. Nespornou výhodou je fakt, že proces vytvrzování polyuretanů probíhá jako proces polyadice, tedy že při jejich vytvrzování nedochází k odštěpování vody nebo jiného nízkomolekulárního produktu. Izolace z tuhého polyuretanu se vyznačuje jednou z nejnižších vodivostí ze všech izolantů. Součinitel tepelné vodivosti pěnového polyuretanu, který se používá při výrobě sendvičových desek, se pohybuje od $0,02 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ do $0,03 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, a tato hodnota je stálá po řadu let. Díky této hodnotě součinitele tepelné vodivosti se řadí polyuretan do kategorie vysoce tepelněizolačních materiálů. Polyuretanová pěna navíc obsahuje více jak 90% uzavřených buněk a i tento fakt ovlivňuje její vynikající tepelné vlastnosti. Díky tomu, že je polyuretan vynikající tepelný izolant, usnadňuje efektivitu udržování prostředí s řízenou teplotou, jako jsou mrazírny a chladírny. (8)

Složení polyuretanové pěny

Přestože se jedná o hmotu prakticky nenasákavou a tudíž hydroizolační, má schopnost difúze vodních par. Výchozí stav je složen ze dvou tekutých složek, jejichž smísením za určených podmínek vznikne hmota s mikroskopickou buněčnou strukturou. (14)

Složka A (polyol-barvu má bledou nebo žlutohnědou) je homogenizovaná směs, která obsahuje:

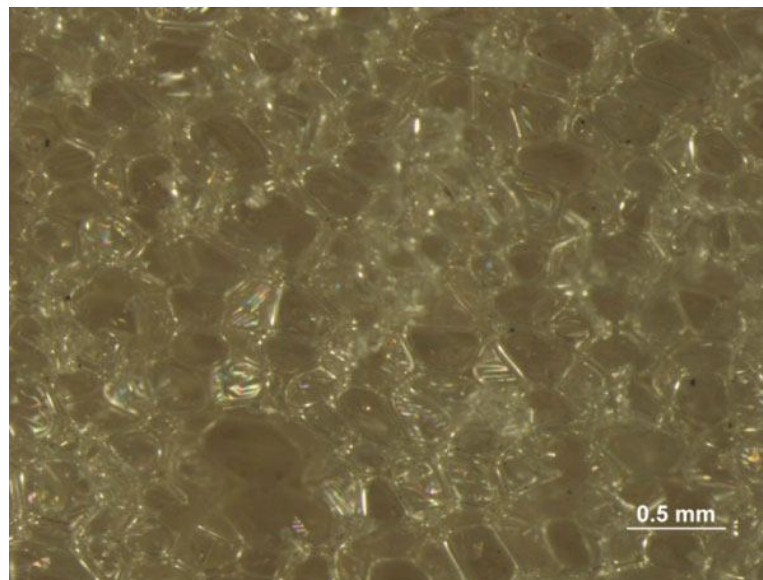
- Polyol (může být i směs polyolů)
- Nadouvadlo nebo směs nadouvaděl

- Stabilizátor pění
- Aktivátor (katalyzátor) pění a síťování
- Aditiva (retardéry hoření, antioxidanty, pigmenty apod.) (16)

Složka B (izokyanát-barvu má tmavě hnědou) je homogenizovaná směs, která obsahuje:

- Izokyanáty nebo směs izokyanátu (16)

Působením teploty chemické reakce a tvořícího se CO₂ se vznikající polyuretanová hmota napěňuje. Navíc vytváří uzavřenou mikroskopickou buněčnou strukturu (viz. obr. 6), díky které má polyuretanová pěna tak výborné tepelně izolační vlastnosti. (16)



Obr. 6 Struktura polyuretanové pěny (17)

Takto vzniklá hmota je odolná proti agresivnímu prostředí, zředěným kyselinám, alkáliím, rozpouštědlům i minerálním olejům. Navíc jí nenapadají nechtění hlodavci ani ostatní fauna, navíc nepodporuje růst plísní, které by jinak mohly způsobit ohrožení zdraví, což je podstatné v potravinářském průmyslu. Polyuretanová pěna je tvarově a rozměrově stálá, jak už bylo řečeno, nesublimesuje a její tepelná odolnost se pohybuje od -200°C až do +140°C. (14) Polyuretanová pěna není vhodná pouze k výrobě sendvičových panelů, ale rovněž k výrobě tvarových dílů. Výroba tvarových dílů je realizována především vstřikováním polyuretanové směsi do forem a technologií řezání na CNC pilách (obr. 7). (18)



Obr. 7 Řezání panelů (18)

5.1.4 Výroba tepelně izolačních panelů

Panely s jádrem z polyuretanové pěny se vyrábějí spojením pevných vnějších plášťů na vnitřní pěnové jádro. Panely lze vyrábět zalepením vnitřního jádra nebo nastříkáním vnitřního jádra mezi krycí prvky panelů.

Technologie vstřikování polyuretanové pěny do předem připravených vnějších plášťů se hodí zejména pro panely menších rozměrů (např. 2x3m). Takto vyrobené panely jsou používány především ve stavebnictví a tam, kde na panely není kladen důraz z hlediska vysoké pevnosti. (18)

Technologie lepení je realizována pomocí vakuových lisů. Tato technologie je finančně náročnější. Panely vyrobené touto technologií se vyznačují podstatně lepšími mechanickými vlastnostmi. Využívají se zejména při výrobě automobilových nástaveb. (18)

Obě technologie lze použít pro výrobu panelů s velkou škálou potahových materiálů a složení. Tyto panely se využívají jednak na zateplování budov (fasádní panely) nebo z nich lze sestavit chladicí či mrazicí boxy (obr. 8), které lze namontovat i do stávajících prostor. (18) U obou technologií je důležité, aby byla splněna podmínka dokonalé adheze mezi potahovaným materiálem a polyuretanovou pěnou. (14)

Jako vnější pláště se nejvíce používají ocelové pozinkované plechy, hliníkové plechy a polyesterové sklolamináty. Plechové pláště jsou nejčastěji zhotoveny z ocelových žárově pokovených plechů, které jsou oboustranně opatřeny základním povlakem a z vnější strany další vrstvou konečného organického materiálu. Podle použití se vyrábí plechy s různou kovovou a organickou úpravou. (5)



Obr. 8 Mrazicí box (19)

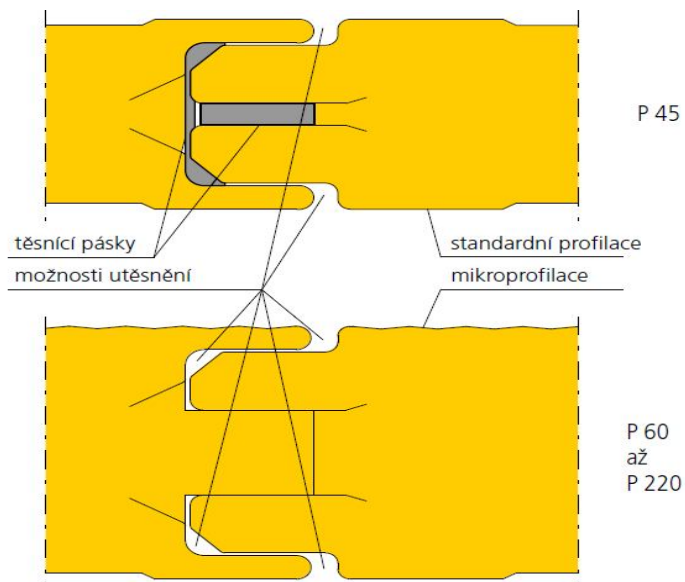
5.1.5 Požadavky na konstrukční řešení

Při zhotovování podélných spojů musí být splněny požadavky na vzduchotěsnost, parotěsnost a vyřešen problém tepelných mostů. Pokud jsou zvýšeny nároky na splnění vzduchotěsnosti, parotěsnosti a požárních předpisů, přidává se do podélného spoje přídatné těsnění. U panelů použitých do exteriérů se do podélného spoje buď během instalace, nebo během výroby aplikuje antikondenzační páska. (11)

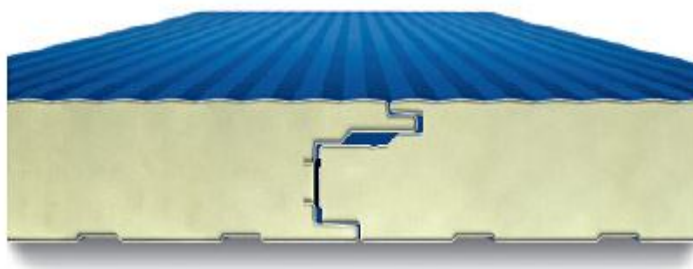
Tepelně izolační panely musí být konstrukčně uspořádány takovým způsobem, aby jejich se jejich použitelnost stahovala jak na vytvořená stěnového, tak i střešního pláště. Speciálně upravené panely se smí použít i pro podlahové konstrukce. Panely pro výstavbu chlazených prostorů musí představovat samonosné prvky, které v sobě obsahují jak funkci tepelně izolační vrstvy, tak i funkci parotěsné zábrany s jednostrannou nebo oboustrannou povrchovou úpravou. (2)

Tepelně izolační panely se spojují pomocí zámků. Ty tvoří na jedné straně panelu pero a na druhé straně drážka. Detail spojení je zřejmý z obr. 9. Tvar zámků ovšem není u všech typů panelů stejný. Jiný tvar zámků mají stěnové a stropní panely, které se používají běžně k zateplování ve stavebnictví a jiný mají panely pro použití u mrazíren a chladiřen. Na obr. 9 a 10 jsou znázorněny tvary zámků a spojení panelů pro mrazírenské účely.

Zámky a uzávěry mezi jednotlivými panely musí vykazovat nejméně 90% tepelně technické kvality, jako má běžný panel. (2)

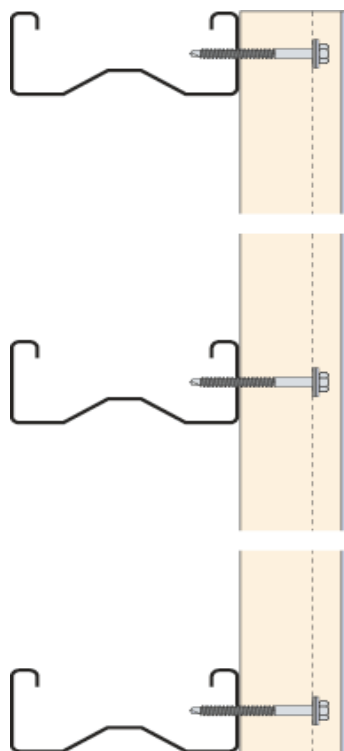


Obr. 9 Příklad spojení panelů (13)



Obr. 10 Další příklad tvaru a spojení zámků tepelně izolačních panelů pro mrazírenské účely (22)

Tepelně izolační panely se zpravidla připevňují na pomocnou ocelovou konstrukci, která musí umožňovat bezproblémový přístup pro kontrolu závěsného systému (viz. obr. 11). Při použití panelů v uzavřených místnostech (např. u rekonstrukcí), musí být zajištěno dostatečné odvětrání vzduchových mezer mezi silikátovou konstrukcí a pláštěm z panelů. (2)



Obr. 11 Připevnění panelů na ocelovou konstrukci (20)

5.1.6 Základní pokyny pro navrhování a provádění

- Při navrhování stěnových a stropních pláštů je nezbytné stanovit hodnotu součinitele prostupu „ k “ tepla podle ČSN 73 0542 a ČSN 73 0548 a následné srovnání této hodnoty s hodnotou stanovenou v závislosti na rozdílu vnitřní a vnější teploty Δt podle tab 7.
- Vytvoření chladíren a mrazíren z tepelně izolačních panelů je přípustné, jestliže bude hodnota součinitele prostupu tepla nižší, než je hodnota stanovená podle Δt v tab. 7, tj. musí platit: $k < k_N$.
- Pokud budou ve stavebním objektu mrazíren nebo chladíren použity tepelně izolační panely, musí být tento objekt zastřešen a zajištěn proti pronikání vlhkosti.
- Pomocná ocelová konstrukce, na kterou se připevňují, panely musí být smontována v předstihu a opatřena hygienicky nezávadným antikoročním nátěrem, popř. jinými úpravami, které zaručují hygienickou nezávadnost.
- V prostorech, které vznikly mezi stěnovou, stropní či střešní konstrukcí mrazírny a pláštěm z tepelně izolačních panelů musí být vyloučena kondenzace vodní páry.
- U chladírenských komor, ve kterých je atmosféra řízená, musí být zabudovaný pojistný

ventil nebo jiná pojistka seřízená na takovou hodnotu otevíracího přetlaku a podtlaku, která se stanovuje v závislosti na dovoleném namáhání použitých stavebních prvků v dané konstrukci. Toto zařízení se doporučuje zabudovat i do ostatních chladírenských a mrazírenských komor, které jsou zhotoveny z tepelně izolačních panelů. (2)

5.1.7 Možnosti dalšího uplatnění tepelně izolačních panelů

Tepelně izolační panely z polyuretanové pěny se používají nejen jako stěnové či střešní izolační prvky, ale jejich uplatnění je velmi široké. Jak už bylo zmíněno, v oblasti mrazírenství jsou používány pro výrobu mrazírenských boxů i jejich komponent a v neposlední řadě pro výrobu mrazírenských dveří.

Důležitost mrazírenských dveří je velmi vysoká, neboť musí zamezovat zvýšeným tepelným ztrátám (únikům) z chlazeného prostoru do okolí. Musí rovněž splňovat bezpečnostní a hygienické požadavky. Mezi nejčastější provedení mrazírenských dveří patří dveře kyvné, otočné či posuvné. Vyrábějí se v různých velikostech, tloušťkách a barevných provedeních. Příklad posuvných dveří je znázorněn na obr. 12.



Obr. 12 Posuvné mrazírenské dveře (21)

5.2 Chladírny a mrazírny s tepelně izolačními obklady

Další možností izolace chladíren či mrazíren, je použití tepelně izolačních obkladů. Mezi nejpoužívanější patří tepelně izolační desky z pěnových materiálů, a to především z expandovaného a extrudovaného polystyrenu.

5.2.1 Expandovaný polystyren (EPS)

Expandovaný polystyren je v dnešní době nejběžnější hmotou pěnového charakteru používanou v současném stavebnictví. S ohledem na hodnotu součinitele tepelné vodivosti, která se pohybuje okolo hodnoty $0,04 \text{ (W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$, je používán zejména jako tepelně izolační materiál. Využívá se i pro jeho poměrně nízkou objemovou hmotnost (ta se pohybuje v rozmezí od 5 do $100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$). Mezi jeho další přednosti patří především mimořádně snadné dělení desek a vyřezávání i složitých tvarů. (8)

Výroba expandovaného polystyrenu

Výroba expandovaného polystyrenu spočívá v suspenzní polymeraci směsi styrenu a pentanu, kterou nejprve připravuje zpěňovatelný polystyrenový granulát. Tento granulát má podobu tvrdých, zhruba milimetrových perliček polystyrenu obsahujících 6-7% pentanu. Vyrobený perličkový granulát se předpěňuje při teplotě cca 100°C , čímž se vytvoří částečně napěněné kuličky o průměru zhruba trojnásobném. Objem kuliček vzrůstá dvacetkrát až padesátkrát. Předpěněné kuličky se nechají odležet a po několika dnech se ve vhodných formách dalším ohřevem dokončuje expanze spojená se vzájemným slepením expandujících kuliček do celistvého bloku. Vyrobené bloky se pak krájí na desky i složitější tvary. (8)

Vlastnosti a použití expandovaného polystyrenu v mrazírenství

Základní charakteristikou EPS je jeho objemová hmotnost. Jak už bylo řečeno, je expandovaný polystyren vyráběn v rozmezí objemové hmotnosti od 5 do $100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, v praxi jsou však nejčastější hodnoty 20, 25 a $35 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. (8)

Na základě objemové hmotnosti lze stanovit hodnotu součinitele tepelné vodivosti. Pro tuto hodnotu se využívá následující vztah uvedený v ČSN EN 13163:

$$\lambda_p = 0,02714 + 5,1743 \cdot 10^{-5} \cdot \rho_v + (0,173606 / \rho_v) \quad [13]$$

Kde λ_p předpovídaná hodnota součinitele tepelné vodivosti ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)

ρ_v objemová hmotnost ($kg \cdot m^{-3}$)

Na základě tohoto vztahu je zřejmé, že součinitel tepelné vodivosti klesá se zvyšující se objemovou hmotností expandovaného polystyrenu. Vybrané vlastnosti EPS uvádí tab. 9.

Tab. 9 Vybrané technické vlastnosti EPS (8)

Vlastnost EPS	Jednotka	Hodnota (dle objemové hmotnosti)		
Objemová hmotnost jmenovitá	$Kg \cdot m^{-3}$	15	20	25
Součinitel tepelné vodivosti	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	0,039	0,037	0,035
Nasákavost 7 dnů	obj. %	3	2,3	2
Pevnost v ohybu (průměrná)	Mpa	0,18	0,28	0,46
Pevnost v tlaku (při stlačení o 10%)	Mpa	0,07	0,14	0,22
Součinitel difuze	s	0,0028.10-9		
Měrná tepelná kapacita	$K \cdot Kg^{-1} \cdot K^{-1}$	1500		
Součinitel teplotní roztažnosti	K^{-1}	50.10-6 - 70.10-6		
Hořlavost DIN 4102		B1	B1	B1

Běžně vyráběný deskový polystyren má poměrně vysokou nasákavost (okolo 5% objemu), a proto nemůže zajistit tepelně izolační funkci v dlouhodobě vlhkém prostředí. Povrch desek není příliš soudržný ani mechanicky odolný. Desky se proto již ve výrobě opatřují povrchovou úpravou. Jeho tepelný odpor v takovém případě klesá zhruba na třetinu původní hodnoty. Hodnota tepelného odporu závisí také na tloušťce polystyrenu, ale zpravidla nepřesahuje hodnotu $4 \text{ m}^2 \cdot K \cdot W^{-1}$. (8)

Jelikož musí stěnové, stropní i podlahové konstrukce chladíren a mrazíren vykazovat dle ČSN 14 8102 na všech místech tepelný odpor $R \geq R_N$ (viz. tab. 2), je jeho uplatnění možné pouze pro pásmo A, tedy pro prostory chlazené s teplotou $+11^\circ C$ a vyšší. (2)

Jednou z mála možností, jak zvýšit tepelný odpor izolované konstrukce je použití desek z expandovaného polystyrenu doplněné parotěsnou zábranou a sádkartonovou deskou tloušťky 9-12,5 mm. Takto vyrobené desky jsou určeny pro vnitřní zateplovací systémy obvodových stěn. Tepelný odpor konstrukce tvořené z takto zhotovených desek poté činí až $6 \text{ m}^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ a uplatnění těchto desek jako tepelně izolačního materiálu mrazíren je vyšší. (8)

Budoucnost expandovaného polystyrenu

Zatím nejnovějším typem EPS je tzv. šedý polystyren NEOPOR od firmy BASF. Jde o novou generaci EPS, která se od běžného expandovaného polystyrenu liší nejen vzhledem, ale především tepelně-izolačními vlastnostmi. Šedý pěnový polystyrén s objemovou hmotností $15 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ má součinitel tepelné vodivosti $0,032 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Při srovnatelné tloušťce má o 15–20 % lepší izolační účinek. (24) Tato hodnota u klasické varianty EPS by byla dosažena při objemové hmotnosti alespoň $32 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Výborných vlastností bylo dosaženo přidávkem uhlíkových nanočástic do polystyrenu před vypěněním, které způsobily šedé zbarvení, ale hlavně omezily sálavou složku šíření tepla pěnou a tím vedly k lepší hodnotě součinitele tepelné vodivosti. (24)

Jeho použití ve výstavbě je ale prozatím neekonomické, vzhledem k více než dvojnásobné ceně za materiál oproti běžnému EPS. (25)

5.2.2 Extrudovaný polystyren (XPS)

Extrudovaný polystyren odstraňuje omezení v podobě otevřené pórovité struktury u expandovaného polystyrenu. XPS je nenasákavý a lze ho použít i ve vlhkém prostředí, kde působí jako tepelná izolace, a také jako účinná součást hydroizolace. (24) První pěna z extrudovaného polystyrenu byla vyrobena už v roce 1940 firmou The Dow Chemical Company. Její vynikající tepelné vlastnosti vedly ke vzniku dodnes vyráběných modrých desek STYROFOAM™.

Výroba extrudovaného polystyrenu

Extrudovaný polystyren se vyrábí vstřikováním nadouvadla do taveniny polystyrenu vytlačované šnekem extruzního stroje. Po vychladnutí a ztvrdnutí je formátován včetně konečné úpravy hran desek. Touto technologií výroby se získá výrobek s homogenní strukturou s uzavřenými buňkami. Celá technologie je poměrně složitá a výrazně dražší než výroba EPS. Jako nadouvací plyny se původně používaly plně chlorfluorované uhlovodíky (CFC), známější pod názvem freony. V souvislosti s nutností omezit výrobu látek narušující ozonovou vrstvu atmosféry byla výroba CFC zastavena. V současné době se vyrábí XPS nadouvaný oxidem uhličitým. Takto vyrobený extrudovaný polystyren plní uspokojivě požadavky na ochranu životního prostředí, ale nutno dodat, že XPS vyráběný klasickým způsobem má o něco lepší hodnoty součinitele tepelné vodivosti. (8)

Vlastnosti extrudovaného polystyrenu

Extrudovaný polystyren je velmi málo nasákavý (má uzavřenou pórovitou strukturu) a má rovněž vyšší pevnost v tlaku oproti EPS. Díky vysoké pevnosti v tlaku zaručuje ochranu proti mechanickému poškození a zajišťuje stabilní podklad pro aplikaci hygienických keramických obkladů nebo jiných povrchových úprav. Desky z XPS lze dle potřeby řezat, aby k sobě přesně lícovaly. Velmi příznivou vlastností extrudovaného polystyrenu je jeho odpor proti pronikání vodních par. Tato vlastnost se uplatňuje právě při izolaci mrazíren a chladíren, kdy díky vysokému rozdílu mezi vnitřní a vnější teplotou je nezbytné použití parotěsných zábran. Při použití izolace z extrudovaného polystyrenu lze počet vrstev parotěsných zábran minimalizovat. Vyznačuje se rovněž dlouhou životností a také menší hodnotou součinitele tepelné vodivosti než EPS. (23)

Tab. 10 uvádí další vybrané charakteristické technické parametry XPS

Tab. 10 Vybrané technické vlastnosti XPS (8)

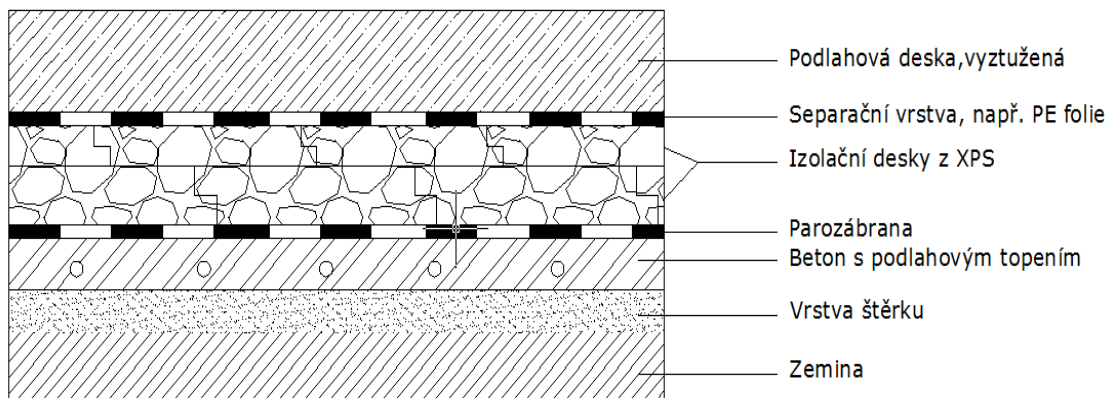
Vlastnost XPS	Jednotka	Hodnota (dle objemové hmotnosti)		
Objemová hmotnost jmenovitá	Kg.m ⁻³	25	40	45
Součinitel tepelné vodivosti	W.m ⁻¹ .K ⁻¹	0,028	0,025	0,024
Nasákavost 28 dní	obj. %	0,2		
Dlouhodobá nasákavost	obj. %	15		
Součinitel teplotní roztažnosti	K ⁻¹	70.10 ⁻⁶		
Hořlavost DIN 4102		B1	B1	B1
Pevnost v tlaku (při stlačení o 10%)	Mpa	0,22	0,5	0,7

Použití extrudovaného polystyrenu v mrazírenství a chladírenství

Možnost použití extrudovaného polystyrenu v oblasti mrazírenství a chladírenství je daleko širší než u běžného expandovaného. Díky svým tepelně izolačním schopnostem také uzavřené buněčné struktúře je možné použít XPS jako vnější i vnitřní izolace mrazíren a chladíren. Desky jsou použitelné jako podlahové, stěnové i stropní izolace. Detail skladby podlahy mrazírny a celkový vnitřní izolační systém je znázorněn na obr. 13 a 14.

Vysoká účinnost tepelné izolace je základní nutnou podmínkou nejen pro účely úspory energie, ale také pro udržení provozní teploty mrazírny. Požadovaná tloušťka izolace závisí na požadované provozní teplotě mrazírny či chladírny, stejně jako na povoleném tepelném toku, určeném projektantem, při uvážení hospodárneho provozu chladicího zařízení. Na základě maximální hodnoty povoleného tepelného toku lze vypočítat hodnotu tepelného odporu podlahové

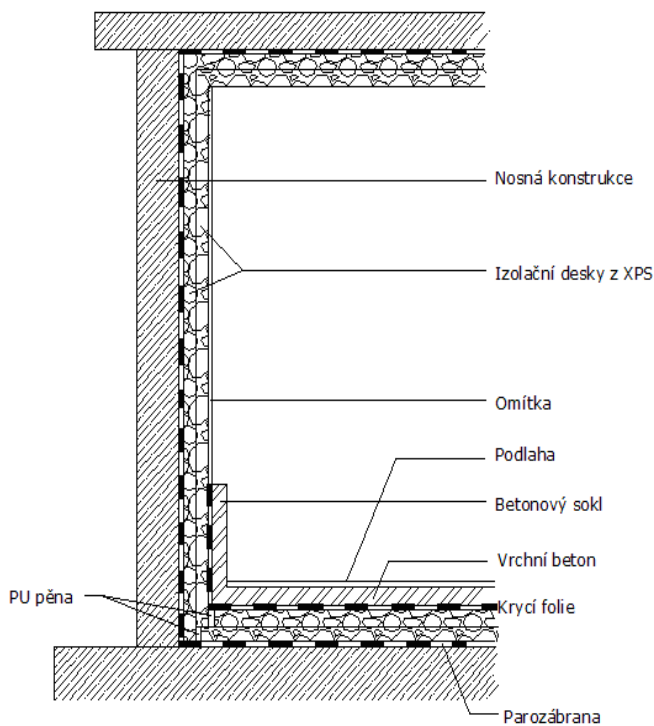
konstrukce a následně tloušťku izolační vrstvy. (23)



Obr. 13 Skladba podlahy mrazírny (23)

Tepelně izolační práce v mrazírnách vyžadují speciální zkušenosti a znalosti, a proto musí být prováděny pouze odbornými firmami. Jako příklad jsou uvedeny následující zásady pro kladení:

- u dvou vrstev jsou izolační desky kladeny s vystřídáním spár, a
- podklad musí být dostatečně rovný a čistý,
- desky z XPS lze lepit vhodnými asfaltovými nebo polyuretanovými lepidly. (23)



Obr. 14 Vnitřní izolace z XPS (23)

6 Porovnání izolačních systémů z hlediska tepelných parametrů

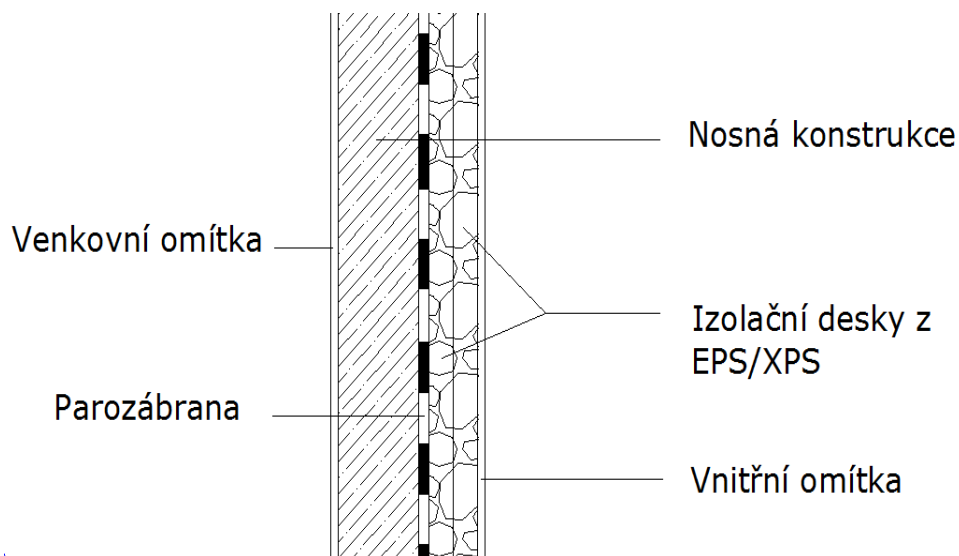
Porovnán byl izolační systém z expandovaného polystyrenu EPS (varianta A), tepelná izolace z extrudovaného polystyrenu XPS (varianta B) a vnitřní izolační systém z tepelně izolačních panelů (varianty C a D). U všech typů izolačních systémů byla skladba stěny mrazírny navržena stejně. Tloušťka izolačního systému byla rovněž zvolena stejná, aby vyhodnocené výsledky byly závislé pouze na konkrétním izolačním systému a ne v rozdílné skladbě stěny. Porovnávané parametry byly součinitel prostupu tepla a tepelný odpor vrstvou konstrukce, protože z hlediska navrhování, provádění a rekonstrukce mrazíren mají nejdůležitější význam a musí být v souladu s normou ČSN 14 8102. Porovnání bylo provedeno s použitím vztahů a rovnic z kapitoly 3 a následně zkontrolovány pomocí výpočtového programu Teplo 2007.

V praxi se nejběžněji provádí tepelná izolace z XPS a EPS ve dvou vrstvách. Každá z těchto vrstev byla zvolena na 100 mm. Tloušťka tepelně izolačního panelu byla rovněž v prvním případě stanovena na 100 mm. Další vrstvy skladby byly zvoleny v závislosti na jejich použití v oblasti mrazírenství. Součinitel tepelné vodivosti, který je nezbytný pro celkové výpočty byl u každé vrstvy zjištěn v předem definovaném programu Teplo 2007.

6.1 Návrh skladby stěny mrazírny z EPS/XPS

Navržená skladba stěny mrazírny s použitím EPS/XPS (viz. obr. 15):

1. **Venkovní omítka:** Porotherm Universal tloušťky 20 mm, $\lambda=0,800 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
2. **Nosná konstrukce:** Porotherm 40 na maltu lehkou tloušťky 400 mm, $\lambda=0,160 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
3. **Hydroizolace** (parozábrana): Foalbit R tloušťky 1,8 mm, $\lambda=0,210 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
4. **Tepelná izolace :** EPS/XPS tloušťky 100 mm, $\lambda=0,038 / 0,034 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
5. **Tepelná izolace:** EPS/XPS tloušťky 100 mm, $\lambda=0,038 / 0,034 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
6. **Vnitřní omítka:** JUB tepelně izolační omítka tloušťky 20 mm, $\lambda=0,14 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$



Obr. 15 Navržená skladba stěny mrazírny

6.1.1 Výsledky tepelných parametrů pro izolační systém z EPS:

S použitím vztahu [10] byly stanoveny dílčí tepelné odpory pro variantu A:

Pro první vrstvu stěny (brána od exteriéru) platí:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0,02}{0,8} = 0,025 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad [13]$$

Obdobně pro další vrstvy:

$$R_2 = 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad [14]$$

$$R_3 = 0,00857 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad [15]$$

$$R_4 = 2,63 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad [16]$$

$$R_5 = 2,63 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad [17]$$

$$R_6 = 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad [18]$$

Po sečtení jednotlivých odporů vychází celkový tepelný odpor navrženou skladbou stěny:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 \quad [19]$$

$$\underline{R = 7,934 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}} \quad [20]$$

Obrácená hodnota tepelného odporu vyjadřuje hodnotu součinitele prostupu tepla, neboli

$$k = \frac{1}{R} = \frac{1}{7,934} \quad [21]$$

$$\underline{k=0,126 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}} \quad [22]$$

6.1.2 Skladba a výsledky tepelných parametrů pro izolační systém z XPS:

Składba izolované stěny z extrudovaného polystyrenu je totožná se skladbou s použitím expandovaného polystyrenu, platí obr. 6.1. Protože jsou vzorce a výpočty stejné jako u varianty A, jsou zde uvedeny pouze konečné výsledky.

Jednotlivé dílčí tepelné odpory pro variantu B:

$$R_1=0,025 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1} \quad [23]$$

$$R_2=2,5 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1} \quad [24]$$

$$R_3=0,00857 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1} \quad [25]$$

$$R_4=2,94 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1} \quad [26]$$

$$R_5=2,94 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1} \quad [27]$$

$$R_6=0,14 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1} \quad [28]$$

Po sečtení jednotlivých odporů vychází celkový tepelný odpor zadanou skladbou stěny:

$$\underline{R=8,554 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}} \quad [29]$$

Pro variantu B vychází součinitel prostupu tepla:

$$\underline{k=0,117 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}} \quad [30]$$

6.1.3 Zhodnocení vnitřní izolace z EPS resp. EXP

Je tedy zřejmé, že použitím izolačních desek z extrudovaného polystyrenu se zvýší tepelný odpor konstrukce a tím se zmenší součinitel prostupu tepla. Potvrdilo se, že součinitel tepelné vodivosti, který má XPS menší než EPS ovlivňuje a do jisté míry omezuje použití expandovaného polystyrenu v oblasti mrazírenství. Vzhledem k vypočtenému tepelnému odporu lze podle normy

ČSN 81 1402 použít navrženou skladbu stěny s použitím EPS do mrazírenských pásem A, B a C. Použitím izolačních desek z extrudovaného polystyrenu nám zvyšuje pole působnosti i na pásmo D. Stejným způsobem by se postupovalo při výpočtu tepelného odporu a součinitele prostupu tepla u stropních a podlahových konstrukcí. Na obr. 16 je kontrola výpočtů programem Teplo 2007. Červeně ohraničené jsou výsledky programu v případě použití XPS. Nepatrné rozdíly ve výsledcích jsou nejspíše dány rozdílným zaokrouhlováním.

Ubečné údaje:

Konstrukce: Skladba stěny mrazírny s EXP Zakázka: Datum: 13.3.2011
 Zpracovatel: TT 2007 Typ konstrukce: Stěna (teplný tok vodorovně)
 Korekce souč. prostupu tepla na vliv systematických tep. mostů DeltaU: 0,000 W/m2K při výpočtu uvažovat redistribuci vlhkosti

Základní parametry konstrukce | Doplnující parametry

Skladba konstrukce (od interiéru):

Vrstva	Název	D [m]	Lambda	M.teplo	M.hmotnost	M _{i,w}	M _{i,s}
1	tep. izol. omítka	0,0200	0,14	850	540	14	
2	ivnaný polystyren	0,1000	0,034	2060	30	100	
3	ivnaný polystyren	0,1000	0,034	2060	30	100	
4	Foalbit R	0,0018	0,21	1470	1225	26900	
5	na maltu lehkou	0,4000	0,16	960	800	7	
6	Porotherm Universal	0,02	0,8	840	1450	14	
7		0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0	
8		0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0	
9		0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0	
10		0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0	

Schéma skladby: exteriér
 0,71 m
 6
 5
 4
 3
 2
 1
 interiéř

Otočit skladbu

Parametry zadané skladby:
 0,6418 m
 368,0 kg/m2
 0,11 W/m2K
 8,56 m2K/W

Obr. 16 Kontrola výpočtu programem Teplo 2007 varianty B (Teplo 2007)

6.2 Návrh skladby stěny mrazírny z tepelně izolačních panelů

1. Navržení skladby stěny mrazírny s tepelně izolačních PUR panelů tloušťky 100 mm:

Exteriéřová strana zůstává zachována, vnitřní izolace je zde řešena místo dvojité izolace z EPS/XPS pomocí tepelně izolačního panelu s jádrem z polyuretanové pěny o celkové tloušťce 100 mm.

1. **Venkovní omítka:** Porotherm Universal tloušťky 20 mm, $\lambda=0,800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
2. **Nosná konstrukce:** Porotherm 40 na maltu lehkou tloušťky 400 mm, $\lambda=0,160 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
3. **Hydroizolace (parozábrana):** Foalbit R tloušťky 1,8 mm, $\lambda=0,210 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
4. **Tepelně izolační panel:** tloušťka 100 mm, $\lambda=0,025 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

6.2.1 Výsledky tepelných parametrů pro tepelně izolační panely:

Jednotlivé dílčí tepelné odpory pro variantu C:

$$R_1=0,025 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad [31]$$

$$R_4=4 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad [32]$$

$$R_3=0,00857 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad [33]$$

$$R_4=4 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad [34]$$

Po sečtení jednotlivých odporů vychází celkový tepelný odpor zadanou skladbou stěny:

$$\underline{R=6,534 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}} \quad [35]$$

Pro variantu C vychází součinitel prostupu tepla:

$$\underline{k=0,153 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}} \quad [36]$$

2. Navržení skladby stěny mrazírny s tepelně izolačních PUR panelů tloušťky 160 mm:

Vzhledem k relativně malé hodnotě tepelného odporu byla změněna tloušťka izolačního panelu ze 100 mm na 160 mm.

1. **Venkovní omítka:** Porotherm Universal tloušťky 20 mm, $\lambda=0,800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
2. **Nosná konstrukce:** Porotherm 40 na maltu lehkou tloušťky 400 mm, $\lambda=0,160 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
3. **Hydroizolace** (parozábrana): Foalbit R tloušťky 1,8 mm, $\lambda=0,210 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
4. **Tepelně izolační panel:** tloušťka 160 mm, $\lambda=0,025 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Jednotlivé dílčí tepelné odpory pro variantu D:

$$R_1=0,025 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad [37]$$

$$R_2=2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad [38]$$

$$R_3=0,00857 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad [39]$$

$$R_4=6,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad [40]$$

Po sečtení jednotlivých odporů vychází celkový tepelný odpor zadanou skladbou stěny:

$$\underline{R=8,934 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}} \quad [41]$$

Pro variantu D vychází součinitel prostupu tepla:

$$\underline{k=0,112 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}} \quad [42]$$

6.2.2 Zhodnocení vnitřní izolace z tepelně izolačních panelů

Při použité tloušťce tepelně izolačního panelu 100 mm a navržené skladbě stěny vychází tepelný odpor konstrukce poměrně malý. V tomto případě je to dané nejspíše nedostačující tloušťkou panelu. Z tohoto důvodu byl proveden ještě jeden výpočet, tentokrát při tloušťce izolačního panelu 160 mm.

Po zvětšení tloušťky o 60 mm byl výrazně zvětšen i tepelný odpor a naopak pozitivně zmenšen součinitel prostupu tepla. V tomto případě by byla vnitřní stěnová izolace z tepelně izolačních panelů vhodná do mrazírenských pásem A až E. Navržení izolačního systému z tepelně izolačních panelů je tedy podstatně závislé na použité tloušťce panelů, ale samozřejmě i na stávajícím uspořádáním skladby stěny. Obr. 17 ukazuje správnost výpočtu v programu Teplo 2007.

Ubece udaje:

Konstrukce: Skladba stěny z tepelně izolačních pane Zakázka:

Zpracovatel: TT 2007 Datum: 13.3.2011

Typ konstrukce: Stěna (tepelný tok vodorovně)

Korekce souč. prostupu tepla na vliv systematických tep. mostů DeltaU: 0,000 W/m2K při výpočtu uvažovat redistribuci vlhkosti

Základní parametry konstrukce | Doplnující parametry

Skladba konstrukce (od interiéru):

Vrstva	Název	D [m]	Lambda	M.teplo	M.hmotnost	M _{i,w}	M _{i,s}
1	rovnaný plechem	0,1600	0,025	1510	35	220	
2	Foalbit R	0,0018	0,21	1470	1225	26900	
3	na maltu lehkou	0,4000	0,16	960	800	7	
4	pterm Universal	0,0200	0,8	840	1450	14	
5		0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0	
6		0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0	
7		0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0	
8		0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0	
9		0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0	
10		0,0000	0,000	0,0	0,0	0,0	

Schéma skladby: exteriér

0,64 m

interiér

Otočit skladbu

Parametry zadané skladby:

0,5818 m
356,8 kg/m²
0,11 W/m²K
8,93 m²K/W

Obr. 17 Kontrola výpočtů programem Teplo 2007 varianty D (Teplo 2007)

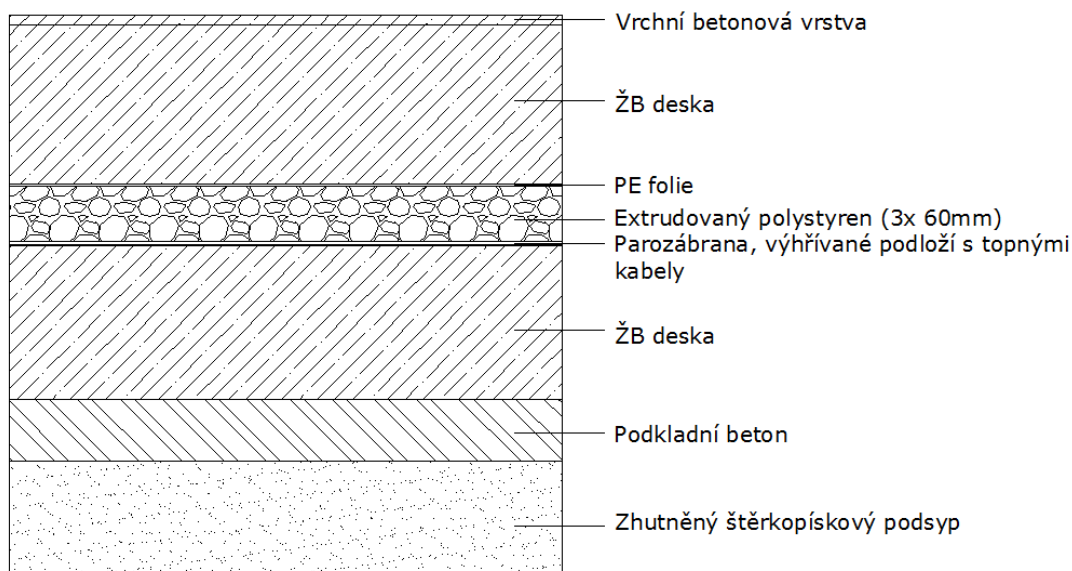
6.3 Zhodnocení izolačních systémů používaných v praxi

V praxi se dnes rekonstrukce i novostavby objektů mrazíren a chladíren řeší zejména pomocí tepelně izolačních panelů. Zhotovení celých plášťů mrazíren je velice snadné a časově nenáročné. Panely se připevňují na nosnou konstrukci, tvořenou většinou ocelovými profily, jejichž vzdálenost se pohybuje okolo 6 metrů. Nosná konstrukce je výškově příčně vyztužena pomocnými profily a ve střední části křížově zavětrována. Panely jsou připevňovány na vnitřní stranu nosných konstrukcí, tudíž budoucí interiérová strana panelů je zcela hladká, rovná a bez vybočujících částí konstrukce. Na obr. 18 je ukázka novostavby mrazíren Nowaco s použitím tepelně izolačních panelů.



Obr. 18 Mrazírny Nowaco

Po konzultaci v mrazírnách Nowaco vyšlo najevo, že nejdůležitější částí mrazíren z hlediska tepelné izolace je podlaha. Vlivem velmi nízkých teplot je zde velké riziko prostoupení chladu přes jednotlivé vrstvy podlahy až do podlaží mrazírny, kde hrozí rozrušení podloží, které se může projevit popraskáním povrchu podlahy. Proto se dnes konstrukce podlah mrazíren řeší s vyhříváním podloží. To zajistí, aby chlad neprostoupil k podkladním vrstvám mrazírny. Skladba vytápěné podlahy mrazírny je na obr. 19.



Obr. 19 Skladba podlahy s vyhříváním podložím

6.3.1 Výpočet tepelných parametrů skutečné mrazírny

Byl proveden výpočet tepelných parametrů (opět tepelný odpor a součinitel prostupu tepla) skutečné mrazírny Nowaco, Kralupy nad Vltavou. Na rozdíl od fiktivního porovnání izolačních systémů, které bylo provedeno pouze na skladbě stěny, byl zde proveden výpočet i na skladbě podlahy a následně porovnán s hodnotami uvedenými v ČSN 14 812. Součinitele tepelné vodivosti pro konkrétní materiály jsou určeny opět z programu Teplo 2007.

Teplotní pásmo mrazírny bylo zjištěno pro teplotu $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ dle tab. 2.1 jako pásmo D. Skladba podlahy je znázorněna na obr. 19. Stěny jsou složeny pouze z tepelně izolačních panelů tloušťky 200 mm.

6.3.2 Výpočet a posouzení tepelných parametrů podlahy mrazírny

Skladba podlahy:

1. **Vrchní bet. vrstva:** tloušťka 15 mm, $\lambda=1,15\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
2. **ŽB deska:** tloušťka 250 mm, $\lambda=1,25\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
3. **PE folie:** tloušťka 0,1 mm, $\lambda=0,35\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
4. **3 x extrudovaný polystyren:** tloušťka 3 x 60 mm, $\lambda=0,03\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

5. **Parozábrana:** Foalbit R tloušťky 1,8 mm, $\lambda=0,210 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
6. **ŽB deska:** tloušťka 250 mm, $\lambda=1,25 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
7. **Podkladní beton:** tloušťka 150 mm, $\lambda=1,15 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
8. **Štěrkopískový podsyp:** tloušťka 200 mm, $\lambda=0,65 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Stanovení jednotlivých tepelných odporů pro podlahu mrazírny:

Podle vztahu [10] byly stanoveny následující dílčí tepelné odpory skladbou podlahy:

$$R_1=0,013 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1} \quad [43]$$

$$R_2=0,2 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1} \quad [44]$$

$$R_3=0,000286 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1} \quad [45]$$

$$R_4=6 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1} \quad [46]$$

$$R_5=0,000857 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1} \quad [47]$$

$$R_6=0,2 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1} \quad [48]$$

$$R_7=0,13 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1} \quad [49]$$

$$R_8=0,31 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1} \quad [50]$$

Celkový tepelný odpor skladbou podlahy mrazírny:

$$\underline{R=6,854 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}} \quad [51]$$

Podle (2) musí podlahová konstrukce vykazovat tepelný odpor $R \geq R_N$. Z tab. 2 vychází pro teplotní pásmo D tepelný odpor podlahové konstrukce $R_N = 6,05 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$. Je tedy zřejmé, že skutečná podlaha mrazírny z tohoto pohledu vyhovuje, neboli $6,854 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1} \geq 6,05 \text{ m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1}$.

Součinitel prostupu tepla podlahy mrazírny:

$$\underline{k=0,146 \text{ W}.\text{m}^{-2}.\text{K}^{-1}} \quad [52]$$

Podle (2) musí podlahová konstrukce vykazovat hodnotu součinitele prostupu tepla k menší než k_N uvedenou v tab. 7. I z tohoto hlediska podlaha vyhovuje, hodnota $0,146 \text{ W}.\text{m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ není v žádném pásmu rozdílů teplot Δt překročena. Obr. 20 zobrazuje správnost výsledků programem Teplo 2007.

Skladba konstrukce | Okrajové podmínky výpočtu | Doplňující parametry výpočtu

Obecné údaje:

Konstrukce: Podlaha Nowaco Kralupy nad Vltavou Zakázka:

Zpracovatel: TT 2007 Datum: 19.3.2011

Typ konstrukce: Stěna (tepelný tok vodorovně)

Korekce souč. prostupu tepla na vliv systematických tep. mostů DeltaU: 0,000 W/m2K při výpočtu uvažovat redistribuci vlhkosti

Základní parametry konstrukce | Doplňující parametry

Skladba konstrukce (od interiéru):

Vrstva	Název	D [m]	Lambda	M.teplo	M.hmotnost	M _{i,w}	M _{i,s}
1	Beton hutný 1	0,0150	1,150	1020	2100	17	
2	Železobeton 1	0,2500	1,250	1020	2300	23	
3	PE folie	0,0001	0,35	1470	900	144000	
4	ivaný polystyren	0,0600	0,030	2060	30	100	
5	ivaný polystyren	0,0600	0,030	2060	30	100	
6	ivaný polystyren	0,0600	0,030	2060	30	100	
7	Foalbit R	0,0018	0,21	1470	1225	26900	
8	Železobeton 1	0,2500	1,250	1020	2300	23	
9	Beton hutný 1	0,1500	1,150	1020	2100	17	
10	Štěrka	0,2000	0,65	800	1650	15	

Schéma skladby: interiéru 1,15 m, exteriéru

Otáčít skladbu

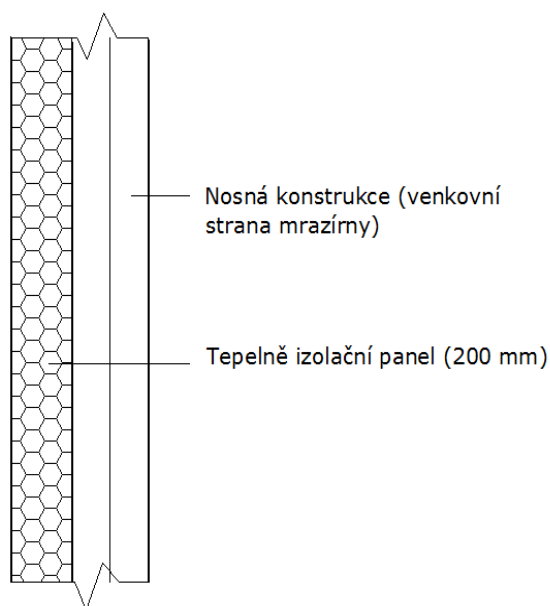
Parametry zadané skladby:

1,0469 m
1834,2 kg/m²
0,14 W/m²K
6,86 m²K/W

Obr. 20 Kontrola výsledků pro skladbu podlahy mrazírny (Teplo 2007)

6.3.3 Výpočet a posouzení tepelných parametrů stěny mrazírny

Jelikož jsou venkovní i vnitřní stěny mrazírny tvořeny pouze jednou vrstvou tepelně izolačních panelů tloušťky 200 mm, bude výpočet velice snadný. Po konzultaci s pracovníky mrazírny a následném vyhledání technických parametrů použitých tepelně izolačních panelů, byla zjištěna hodnota součinitele tepelné vodivosti panelů $\lambda=0,022 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Řez stěnou mrazírny je zřejmý z obr. 21.



Obr. 21 Řez stěnou mrazírny

Celkový tepelný odpor skladbou stěny mrazírny dle vztahu [10] :

$$\underline{R=9,091 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}} \quad [53]$$

Podle (2) musí stěnová konstrukce vykazovat tepelný odpor $R \geq R_N$. Z tab. 2 vychází pro teplotní pásmo D tepelný odpor stěnové venkovní konstrukce $R_N = 8,90 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ a stěnové vnitřní konstrukce $7,95 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$. Stěna mrazírny z tohoto pohledu vyhovuje jak pro vnitřní tak pro venkovní konstrukce, neboli $9,091 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \geq 7,95 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ resp. $9,091 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \geq 8,90 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

Součinitel prostupu tepla podlahy mrazírny:

$$\underline{k=0,109 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}} \quad [54]$$

Podle (2) musí stěnová konstrukce vykazovat hodnotu součinitele prostupu tepla k menší než k_N uvedenou v tab. 7. I z tohoto hlediska stěny mrazírny vyhovují, hodnota $0,109 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ není v žádném pásmu rozdílů teplot Δt překročena.

7 Závěr

Hlavním cílem této práce bylo seznámením se současnými izolačními systémy, které se používají v oblasti mrazírenství a jejich vzájemné porovnání z hlediska tepelných parametrů. Správný návrh a použití izolačního systému je nezbytné pro správný provoz mrazírny. Vhodné navržení izolace má vliv i na ekonomiku provozu, neboť při špatném použití izolace bude provoz mrazírny kvůli prostupům tepla a únikům chladu neekonomický. To je také jeden z důvodů, proč bylo provedeno toto porovnání.

U výpočtů tepelných parametrů se vycházelo především z hodnot součinitele tepelné vodivosti jednotlivých materiálů. Pomocí těchto hodnot byly stanoveny tepelné odpory a součinitele prostupu tepla fiktivní skladbou stěny mrazírny. Skladba stěny byla (kromě použitého izolačního materiálu) ve všech případech stejná, aby byl výsledek závislý pouze na použitém materiálu. Stejným způsobem byly vypočteny tepelné parametry u skutečné mrazírny společnosti Nowaco v Kralupech nad Vltavou. V tomto případě byly tyto parametry porovnány s hodnotami uvedenými v normě a následně posouzeny. Všechny vypočtené hodnoty byly následně zkontrolovány programem Teplo 2007.

Při porovnávání jednotlivých materiálů na navržené fiktivní stěně mrazírny byla u tepelné izolace z expandovaného polystyrenu při tloušťce 200 mm zjištěna hodnota tepelného odporu $7,934 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ a hodnota součinitele prostupu tepla $0,126 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Při stejné tloušťce izolace a s použitím extrudovaného polystyrenu vyšla hodnota tepelného odporu $8,554 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ a hodnota součinitele prostupu tepla $0,117 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Potvrdilo se, že součinitel tepelné vodivosti, který má XPS menší než EPS, ovlivňuje a částečně omezuje použití expandovaného polystyrenu v oblasti mrazírenství. Obdobně se postupovalo při výpočtu stejných tepelných parametrů u tepelně izolačních panelů, kde u tloušťky panelu 160 mm vyšla hodnota tepelného odporu $8,934 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ a součinitel prostupu tepla $0,112 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

Z hlediska porovnávaných tepelných parametrů pro posuzované izolační materiály tedy vychází nejlépe izolování mrazíren tepelně izolačními panely. Při své relativně slabé tloušťce se vyznačují výtečnými tepelnými vlastnostmi, kterými by se dosáhlo u expandovaného, resp. extrudovaného polystyrenu pouze použitím izolačních desek s velkou objemovou hmotností a zároveň silnou tloušťkou. Z ekonomického hlediska jsou sice nejnákladnější, ale s jistotou dlouhé životnosti a možností částečného vrácení investic. Návrh vhodného izolačního systému ovšem záleží na velikosti konkrétní mrazírny, jejímu dispozičnímu řešení, teplotním pásmu a v neposlední řadě na finančních možnostech.

8 Použitá literatura:

- (1) BALAŠTÍK, J. *Konzervář*. 1. vydání. Praha: SNTL, 1977. 248 s. ISBN 04-815-77
- (2) ČSN 14 8102 *Tepelné izolace chladíren a mrazíren*
- (3) DĚDEK, M-VOŠICKÝ, F. *Stavební materiály*. 5. vydání. Praha: SOBOTÁLES, 2006. 244 s. ISBN 80-86817-17-2
- (4) DVOŘÁK, Z-FENCL, Z. *Chlazení a zmrazování*. 1. vydání. Praha: SNTL, 1985. 144 s. ISBN 04-206-85
- (5) GOLIÁŠ, J. *Skladování a zpracování I*. 2. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1996. 158 s. ISBN 80-7157-229-2
- (6) INGR, I. *Základy konzervace potravin*. 3. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007. 137 s. ISBN 978-80-7375-110-4
- (7) NEUBERGER, P-ADAMOVSKEJ, D-ADAMOVSKEJ, R. *Termomechanika*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007. 250 s. ISBN 978-80-213-16348-8
- (8) SVOBODA, L. a kolektiv. *Stavební hmoty*. 1. vydání. Bratislava: JAGA, 2005. 471 s. ISBN 80-8076-007-1
- (9) TOBOLKA, Z. *Nové izolační materiály ve stavebnictví*. 1. vydání. Praha: ÚSI, 1991. 61 s. ISBN 80-85380-17-X
- (10) VAVERKA, J. a kolektiv. *Stavební tepelná technika a energetika budov*. 1. vydání. Brno: VUTIUM, 2006. 648 s. ISBN 80-214-2910-0.

Firemní podklady:

- (11) *Chladírenské systémy Kingspan: Pro stavební aplikace s řízenou teplotou a hygienicky bezpečné*. Hradec Králové: KINGSPAN, a.s. 2005. 42 s.
- (12) *Katalog:Izolační panely*. Borek: FRIGOMONT, a.s. 2009. 27 s.
- (13) *PUR panely:technické listy*. Praha: SMOLA KONSTRUKCE, s.r.o. 2006. 8 s.

Internetové stránky:

- (14) *Výrobky z tvrdé polyuretanové pěny* [online]. [cit. 2011-02-16]. Dostupné z: <http://www.zod-brum.cz/vyrobkytpp.html>
- (15) *Vedení tepla* [online]. Editováno 23.1.2011 [cit. 2011-01-25]. Dostupné z:

http://cs.wikipedia.org/wiki/Veden%C3%AD_templa

(16) *PUR pěny – obecně* [online]. [cit. 2011-02-16]. Dostupné z: <http://tvi-pur.cz/prodej/pur-peny/pur-peny-obecne>

(17) Václavík, Vojtěch. *Plnivo na bázi polyuretanové pěny do izolačních malt a lehkých betonů* [online]. 2007 [cit. 2011-02-23]. Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/plnivo-na-bazi-polyuretanove-peny-do-izolacnich-malt-a-lehkych-betonu_N3774

(18) Chocholouš, Vladimír. *PSP – sendvičové panely a tvarové díly z polyuretanu a minerální vaty* [online]. Publikováno 12.12.2008 [cit. 2011-03-02]. Dostupné z:

<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/psp-sendvicove-panely-a-tvarove-dily-z-polyuretanu/>

(19) *Mrazicí boxy - PUR 100* [online]. [cit. 2011-03-02]. Dostupné z:

<http://www.frigomont.cz/chladici-boxy/mrazici-boxy-pur100.html>

(20) *Zámek a kotvení stěnového izolačního panelu* [online]. [cit. 2011-03-02]. Dostupné z:

<http://panely.kingspan.cz/Detaily-izolacnich-stenovych-systemu-2006.html>

(21) *Posuvné* [online]. [cit. 2011-03-02]. Dostupné z : <http://www.frola.cz/>

(22) *PUR panely:Giesse* [online]. 2009[cit. 2011-03-02]. Dostupné z:

<http://www.purpanely.cz/stenove-panely/giesse/>

(23) *Izolace chladíren* [online]. [cit. 2011-03-07]. Dostupné z:

<http://building.dow.com/europe/cz/app/chlad.htm>

(24) Daňková D., Hana, Hejhálek, Jiří. *Tepelné izolace-přehled, materiály, druhy, způsoby použití* [online]. Aktualizováno 21.2.2011 [cit. 2011-03-07]. Dostupné z:

<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelne-izolace-prehled-materialy-druhy-zpusoby-po/>

(25) Hejhálek, Jiří. *NEOPOR - tepelná izolace nové generace použití* [online]. Publikováno 6.10.2005 [cit. 2011-03-08]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/neopor-nova-generace-tepelne-izolace/>

(26) *Nabídka výrobků* [online]. [cit. 2011-03-08]. Dostupné z: <http://panely.kingspan.cz/izolacni-panely-pro-prostredi-s-rizenou-atmosferou-nabidka-vyrobku-1890.html>

(27) Cigánek, Jindřich. *Vakuované tepelně izolační materiály používané ve stavebnictví – VIP, VIS* [online]. Aktualizováno 16.10.2009 [cit. 2011-03-12]. Dostupné z:

<http://www.konstrukce.cz/clanek/vakuovane-tepelne-izolacni-materialy-pouzivane-ve-stavebnictvi-vip-vis/>

9 Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků:

- Obr. 1 Vedení tepla rovinnou stěnou (7)
- Obr. 2 Vedení tepla složenou rovinnou stěnou (7)
- Obr. 3 Porovnání potřebné tloušťky stavebních materiálů k dosažení stejné tepelné izolace (14)
- Obr. 4 Graf pro stanovení součtové teploty t_M podle teploty interiéru (2)
- Obr. 5 Vnitřní izolační systém mrazírny (26)
- Obr. 6 Struktura polyuretanové pěny (17)
- Obr. 7 Řezání panelů (18)
- Obr. 8 Mrazicí box (19)
- Obr. 9 Příklad spojení panelů (13)
- Obr. 10 Další příklad tvaru a spojení zámků tepelně izolačních panelů pro mrazírenské účely (22)
- Obr. 11 Připevnění panelů na ocelovou konstrukci (20)
- Obr. 12 Posuvné mrazírenské dveře (21)
- Obr. 13 Skladba podlahy mrazírny (23)
- Obr. 14 Vnitřní izolace z XPS (23)
- Obr. 15 Navržená skladba stěny mrazírny
- Obr. 16 Kontrola výpočtu programem Teplo 2007 varianty B (Teplo 2007)
- Obr. 17 Kontrola výpočtů programem Teplo 2007 varianty D (Teplo 2007)
- Obr. 18 Mrazírny Nowaco
- Obr. 19 Skladba podlahy s vyhříváním podložím
- Obr. 20 Kontrola výsledků pro skladbu podlahy mrazírny (Teplo 2007)
- Obr. 21 Řez stěnou mrazírny

Seznam tabulek:

- Tab. 1 Rozdělení teplotních pásem chladiřen a mrazíren (2)
- Tab. 2 Hodnoty nejmenšího dovoleného tepelného odporu R_N ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$) (2)
- Tab. 3 Hodnoty nejmenšího dovoleného difúzního odporu R_{dn} ($m \cdot s^{-1}$) (2)
- Tab. 4 Rozdělení zmrazování podle rychlosti postupu ledové fronty (4)
- Tab. 5 Intervaly elektromagnetického záření (10)
- Tab. 6 Součinitel přestupu tepla v různých prostředích (10)
- Tab. 7 Hodnoty souč. prostupu tepla ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) pro jednotlivá teplotní pásma. (2)
- Tab. 8 Hodnoty max. dovolených měrných tepelných zisků (2)
- Tab. 9 Vybrané technické vlastnosti EPS (8)
- Tab. 10 Vybrané technické vlastnosti XPS (8)