

CENTRUM STAVEBNÍHO INŽENÝRSTVÍ, A. S.
PRAHA – HOSTIVAŘ, PRAŽSKÁ UL. 16

Divize stavební tepelné techniky

Podklady pro tvorbu informačního systému EKIS

**Zpracování metodiky pro diagnostiku stavebních objektů
– rodinných domků z hlediska minimalizace spotřeby
energie na vytápění.**

PUBLIKACE SE SKLÁDÁ Z 11 SOUVISEJÍCÍCH ČÁSTÍ:

- 1 – část:** – Přehled činitelů ovlivňujících spotřebu energie na vytápění
- 2 – část:** – Volba místa pro výstavbu
- 3 – část:** – Požadované podmínky z hlediska tepelné pohody
- 4 – část:** – Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a geometrické podmínky
- 5 – část:** – Volba otopné soustavy
- 6 – část:** – Režim vytápění a jeho regulace
- 7 – část:** – Pasivní využití sluneční energie
- 8 – část:** – Typy rodinných domků a jejich tepelné ztráty
- 9 – část:** – Tepelné ztráty a jejich vliv na náklady na palivo (energii) spotřebované při vytápění
- 10 – část:** – Náklady na tepelnou izolaci
- 11 – část:** – Efektivnost prostředků vynaložených na opatření ke zmenšení spotřeby energie na vytápění

4 – ČÁST:

Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a geometrické podmínky

OBSAH:

- 1. Přehled činitelů ovlivňujících spotřebu energie na vytápění**
- 2. Opatření ke zmenšení tepelných ztrát a spotřeby energie na vytápění RD**
 - 2.1. Volba místa pro výstavbu**
 - 2.1.1. Teplota vnějšího vzduchu
 - 2.1.2. Vlhkost vzduchu
 - 2.1.3. Rychlost a směr větru
 - 2.1.4. Sluneční záření
 - 2.2. Požadované podmínky z hlediska tepelné pohody**
 - 2.2.1. Teplota vnitřního vzduchu a vnitřní povrchové teploty stavebních konstrukcí
 - 2.2.2. Relativní vlhkost vnitřního vzduchu
 - 2.2.3. Rychlost proudění vzduchu
 - 2.3. Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí**
 - 2.3.1. Požadované hodnoty
 - 2.3.1.1. *Požadované hodnoty tepelného odporu*
 - 2.3.1.2. *Součinitel prostupu tepla oken a dveří*
 - 2.3.1.3. *Tepelná jímavost podlahových konstrukcí*
 - 2.3.1.4. *Tepelná stabilita místností z hlediska zimního období*
 - 2.3.1.5. *Tepelná stabilita místností z hlediska letního období*
 - 2.3.1.6. *Kondenzace vodní páry uvnitř stavebních konstrukcí*
 - 2.3.1.7. *Vzduchová propustnost stavebních konstrukcí*
 - 2.3.1.8. *Spotřeba energie na vytápění*
 - 2.3.2. Jednotlivé tepelně technické veličiny a jejich vliv na tepelné ztráty a spotřebu tepla na vytápění
 - 2.3.2.1. *Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla*
 - 2.3.2.2. *Tepelní útlum*
 - 2.3.2.3. *Tepelná jímavost podlahových konstrukcí*
 - 2.3.2.4. *Kondenzace vodní páry*
 - 2.3.2.5. *Tepelná stabilita místností*
 - 2.3.2.6. *Vzduchová propustnost stavebních konstrukcí, spár a styků*
 - 2.3.2.7. *Tepelné izolace a zateplovací systémy*
 - 2.4. Geometrické podmínky**
- 3. Opatření ke zlepšení účinnosti otopné soustavy ve vztahu k tepelně technickým vlastnostem RD**
 - 3.1. Volba otopné soustavy**

- 3.1.1. Místní vytápění
 - 3.1.1.1. *Topidla na tuhá paliva*
 - 3.1.1.2. *Topidla na kapalná paliva*
 - 3.1.1.3. *Topidla na plynná paliva*
 - 3.1.1.4. *Plynové zářiče*
 - 3.1.1.5. *Elektrická topidla*
- 3.1.2. Ústřední vytápění
 - 3.1.2.1. *Teplovodní vytápění*
 - 3.1.2.2. *Teplovzdušné vytápění*
 - 3.1.2.3. *Elektrické ústřední vytápění*
 - 3.1.2.4. *Otopná tělesa ústředního vytápění*
- 3.2. Režim vytápění a jeho regulace**
- 3.3. Pasivní využití sluneční energie**
- 4. Ekonomie vytápění**
 - 4.1. Typy rodinných domků a jejich tepelné ztráty**
 - 4.2. Tepelné ztráty a jejich vliv na náklady na palivo (energii) spotřebované při vytápění**
 - 4.3. Náklady na tepelnou izolaci**
 - 4.4. Efektivnost prostředků vynaložených na opatření ke zmenšení spotřeby energie na vytápění**

POUŽITÁ LITERATURA

- L1. *Munzar, J. a kol.: Malý průvodce meteorologií. Mladá fronta, Praha 1989*
 - L2. *Podnebí ČSSR. Souborná studie. HÚ Praha 1969*
 - L3. *ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění 1993*
 - L4. *Cihelka, J. a kol.: Vytápění, větrání a klimatizace. SNTL Praha 1985*
 - L5. *Aronin, D. E.: Klimat i architektura. Gosstrojizdat, Moskva 1959 (překlad z angličtiny)*
 - L6. *ČSN 73 0542 Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov. Vlastnosti materiálů a konstrukcí*
 - L7. *Cihelka, J.: Energie slunečního záření dopadající na ploché kolektory v místech na 50 severní šířky. ZTV č. 6, 1978*
 - L8. *ČSN 73 0540 Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov Názvosloví. Požadavky a kritéria*
 - L9. *ČSN 73 0540. Změna č. 4*
 - L10. *Nové zdící materiály. ČSCZ Brno*
 - L11. *Pohl, J.: Použití skla a jehonových druhů v otvorových výplních PS č. 5, 1980*
 - L12. *Mrlík, F.: Okenní konstrukce a dveře s ohledem na spotřebu tepla při vytápění. In: Symposium o otvorových výplních ve stavebnictví. Brno, ČS VTS 1979*
 - L13. *CEN/TC 89 N 309 E Building components - Thermal transmittance - Tabulated design values for Windows and multiple glazing*
 - L14. *Prospekt fy LIAS, Vintířov*
 - L15. *Směrnice FMPE č. 22/1977 a č. 24/1981. Projektování, zřizování a provozování elektrického vytápění a přípravy teplé užitkové vody*
 - L16. *Mrázek, K. - Šustr, K. - Janouš, A.: Moderní způsoby vytápění SNTL Praha 1986*
 - L17. *Böse, K. H.: Ako šetriť pri vykurovaní. ALFA, Bratislava 1984 (překlad z němčiny)*
 - L18. *Řehánek, J.: Způsob stanovení spotřeby energie na vytápění budov při přerušovaném provozu. Staveb. Čas. č. 3, VEDA, Bratislava 1981*
 - L19. *Přehled výrobců a výrobců. Nadace ABF Praha*
 - L20. *Cihelka, J.: Účinnost prvků pasivního slunečního vytápění PS č. 10 - 1986*
 - L21. *Návrh ČSN Způsob stanovení energetické bilance zasklených ploch obvodového pláště budov. CSI Praha, 1993*
 - L22. *Mejstřík, J.: Klima, vytápění a stavebnictví. SIA Praha 1948*
 - L23. *Fehér, J.: O tepelnom tisku cez okná a možnosti úspory energie na vykurovanie v obytných budovách. ZTV č. 2, 1982*
 - L24. *ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov 1993 v tisku*
 - L25. *Janouš, A.: Teoretické a experimentální hodnocení vybraných objektů z hlediska spotřeby tepla pro vytápění a přípravy TUV. VÚPS Praha, 1989*
 - L26. *Energie - Spar-tips. Bürgerservis Bayern, 1988*
 - L27. *Informace fy RAMAX, 1993*
 - L28. *Úspory paliv a energie v otázkách a odpovědích. SEI, 1993*
 - L29. *Teplo č. 3, 1993*
 - L30. *Zásady hodnocení efektivnosti investičních akcí. URS Praha 1992*
- Protokoly Státem akreditované laboratoře CSI, a. s. Praha, divize stavební tepelné techniky*

2.3. TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

2.3.1. Požadované hodnoty

Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a jejich detaily musí mít určité požadované hodnoty, aby byly zajištěny podmínky tepelné pohody, hygienické podmínky, trvanlivost stavebních konstrukcí a také určité nepřekročitelné hodnoty tepelné ztráty a spotřeby tepla na vytápění.

Tyto určité požadované hodnoty jsou uvedeny v ČSN 73 0540 (L8) a ve Změně č. 4 k této normě (L9), která platí od 1. 5. 1992.

2.3.1.1. Požadované hodnoty tepelného odporu

Podle L9 se požadují tyto hodnoty tepelného odporu stavebních konstrukcí

Tabulka 6. Požadované hodnoty tepelného odporu stavebních konstrukcí

Druh konstrukce	R_N (m ² K/W)
Vnější stěna a střecha strmá nad obývaným prostorem se sklonem nad 45	2,0
Střecha plochá a šikmá do 45 včetně, strop nad vnějším prostředím	3,0
Strop pod nevytápěným prostorem	2,7
Stěna mezi vnitřními prostory se shodným vytápěcím režimem pro rozdíl teplot vnitřního vzduchu oddělovaných prostorů	
do 5 K	–
do 10 K	0,1
do 15 K	0,3
do 20 K	0,5
do 25 K	0,7
nad 25 K	1,0
Stěna mezi vnitřními prostory s odlišným vytápěcím režimem a vnitřní strop pro rozdíl teplot vnitřního vzduchu	
do 5 K	–
do 10 K	–
do 15 K	0,1
do 20 K	0,4
do 25 K	0,7
nad 25 K	1,0
Stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině, pro hloubku zeminy	
do 0,5 m	1,5
nad 0,5 do 2,0 m	1,0
nad 2,0 m	0,7
Podlaha vytápěného prostoru na terénu	
– v úrovni do 0,5 m pod vnější terén a pro vzdálenost 2 m od vnitřního povrchu vnější stěny	1,5
– ostatní případy	1,0

Poznámky

1. Normové hodnoty tepelných odporů jsou nepodkročitelná minima. Doporučuje se navrhovat konstrukce s vyššími hodnotami.
2. Pro vnitřní konstrukce oddělující prostory s rozdílným vytápěcím režimem a vnitřní strop se zjištěný rozdíl teplot vnitřního vzduchu oddělovaných prostorů zvyšuje o 5 K.
3. Tabulka 6 platí pro nové konstrukce i rekonstrukce. Při rekonstrukcích lze v odůvodněných případech připustit hodnotu tepelného odporu $R_N \approx 1,2$ m²K/W.
4. Obývaným prostorem je vnitřní prostor s požadovaným stavem vnitřního prostředí určený pro pobyt lidí.

2.3.1.2. Součinitel prostupu tepla oken a dveří

Pro okna a dveře jsou požadavky formulovány ve tvaru součinitele prostupu tepla - viz L9.

Tabulka 7. Součinitel prostupu tepla oken a dveří

Konstrukce	k_N (W/m ² K)
Okna a dveře do obývaného prostoru	2,7
Dveře do ostatních prostorů	
- bez následného zádveří	4,3
- s následným zádveřím	5,5

2.3.1.3. Tepelná jímavost podlahových konstrukcí

Tepelná jímavost se stanovuje pro zimní období. Pro jednovrstvou podlahovou konstrukci je dána vztahem

$$B = \sqrt{l \cdot c \cdot \rho} \quad (11)$$

kde

l – je součinitel tepelné vodivosti (W/mK)

c – měrná tepelná kapacita (J/kgK)

ρ – objemová hmotnost (kg/m³)

Rozlišují se tyto typy podlahových konstrukcí:

- ♦ velmi teplé s B_N do 350 (tyto hodnoty se však uplatňují jen v nemocnicích a ve školách)
- ♦ teplé s B_N od 351 do 700 - tyto se požadují v obývacích pokojích, kuchyních, předsíních sousedících s pokoji, v pracovnách
- ♦ méně teplé s B_N od 701 do 850 - tyto jsou přípustné v předsíních před vstupem do místností s teplými podlahami
- ♦ studené s B_N nad 850 - tyto se mohou uplatnit v prostorách bez požadavků.

Podlahové konstrukce mají vykazovat tepelnou jímavost B_N nejvýše podle vpředu uvedených hodnot. Podlahy se neposuzují z hlediska tepelné jímavosti, je-li jejich

- ♦ nášlapnou vrstvou textilní podlahovina
- ♦ povrchová teplota vyšší než 26°C.

2.3.1.4. Tepelná stabilita místností z hlediska zimního období

Tepelná stabilita místností z hlediska zimního období se posuzuje na základě součtové teploty místnosti

$$t_M = t_i + t_p \quad (12)$$

kde

t_M – je součtová teplota místnosti (°C)

t_i – teplota vnitřního vzduchu (°C)

t_p – průměrná teplota vnitřních ploch v místnosti (°C).

Součtová teplota místnosti nesmí být na konci otopné přestávky trvající 8 h nižší než 32°C, jestliže jde o prostory, ve kterých pobývají lidé a nižší než 2°C, jestliže jde o prostory, ve kterých lidé nepobývají, ale jsou důvody, aby v nich teplota nepoklesla pod 0°C.

2.3.1.5. Tepelná stabilita místnosti z hlediska letního období

Tepelná stabilita místnosti z hlediska letního období se posuzuje na základě nejvyššího denního vzestupu teploty vnitřního vzduchu

$$d_{t_{i,max}} = t_{i,max} - t_{i,min} \quad (13)$$

kde

$d_{t_{i,max}}$ – je nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu (K)

$t_{i,max}$ – nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti (°C)

$t_{i,min}$ – nejnižší denní teplota vzduchu v místnosti (°C).

Tepelná stabilita místnosti z hlediska letního období je vyhovující, jestliže je $d_{ti,max} \geq 5$ K.

2.3.1.6. Kondenzace vodní páry uvnitř stavebních konstrukcí

Stavební konstrukce mají být navrženy tak, aby v nich vodní pára nekondenzovala. Tento požadavek je splněn tehdy, jestliže je v každém místě stavební konstrukce částečný tlak nasycené vodní páry p_s vyšší než částečný tlak vodní páry p .

V případech, kdy není ohrožena požadovaná funkce stavebních konstrukcí (např. zmenšením trvanlivosti nebo vznikem plísní), lze považovat za vyhovující i stavební konstrukce, ve kterých vodní pára kondenzuje. V tomto případě však množství vodní páry zkondenzované ve stavební konstrukci musí být v ročním průběhu menší než množství vlhkosti, které se může v ročním průběhu z konstrukce vypařit, tj. musí být splněna podmínka:

$$g_k \leq g_v$$

kde

g_k – je množství zkondenzované vodní páry v ročním průběhu (kg)

g_v – množství vypařené vodní páry v ročním průběhu (kg)

Stavební konstrukce s vnější parotěsnou vrstvou nebo vrstvou o vysokém difúzním odporu, musí splňovat speciální požadavky uvedené v L8.

2.3.1.7. Vzduchová propustnost stavebních konstrukcí, spar, styků

Vzduchová propustnost stavebních konstrukcí je velmi nepatrná. Pokud jde o konstrukční spáry a styky mezi jednotlivými vnějšími stavebními díly, ty mají být vzduchotěsné a stejně tak i dveře oddělující prostory s komínovým účinkem (např. schodištěm).

Vzduchotěsné by měly být i spáry a styky vnějších oken a dveří.

Připouští se však výjimka, a to případ, že v budově není možná výměna vzduchu jiným způsobem než sparami oken a dveří.

2.3.1.8 .Spotřeba energie na vytápění

Podle L9 nemá být spotřeba tepla na vytápění RD větší než udává tab. 8.

Tabulka 8. Spotřeba energie na vytápění RD

Typ RD	E_N (MWh/měrný byt, r.)	
Řadový, uvnitř řady	9,0	10,0
Řadový koncový, dvojdomek	10,0	11,0
Samostatně stojící, atriový, terasový kobercový	10,5	11,5

2.3.2. Jednotlivé tepelně technické veličiny a jejich vliv na tepelné ztráty a spotřebu tepla na vytápění

2.3.2.1. Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla

Rozlišují se stavební konstrukce jednovrstvé, vícevrstvé s různými vrstvami za sebou a vícevrstvé s různými vrstvami za sebou i vedle sebe.

Tepelný odpor je součástí součinitele prostupu tepla, který má rozhodující význam z hlediska tepelných ztrát, jak to vyplývá ze základní rovnice pro výpočet tepelné ztráty prostupem - viz L6:

$$Q_o = \sum k_j \cdot S_j \cdot (t_i - t_{ej}) \quad (14)$$

kde

Q_o – je základní tepelná ztráta prostupem (W),

k_j – součinitel prostupu tepla j-té stavební konstrukce (W/m^2K)

S_j – plocha j-té stavební konstrukce (m^2)

t_i, t_{ej} – výpočtové teploty vnitřního a vnějšího vzduchu ($^{\circ}C$).

Součinitel prostupu tepla je dán vztahem:

$$k = \frac{l}{R_i + R + R_e} \quad (15)$$

kde

k – je součinitel prostupu tepla (W/m^2K)

R_i – odpor při přestupu tepla na vnitřní straně stavební konstrukce (m^2K/W)

$$R_i = 1/\alpha_i$$

α_i – součinitel přestupu tepla na vnitřní straně stavební konstrukce (W/m^2K)

R_e – součinitel přestupu tepla na vnější straně stavební konstrukce (m^2K/W)

$$R_e = 1/\alpha_e$$

α_e – součinitel přestupu tepla na vnější straně stavební konstrukce (W/m^2K)

R – tepelný odpor stavební konstrukce (m^2K/W).

Hodnoty součinitelů přestupu tepla jsou uvedeny v L6. Nejběžnější hodnoty jsou

- ◆ na vnitřní straně konstrukce $\alpha_i = 8 W/m^2K$
- ◆ na vnější straně konstrukce $\alpha_e = 23 W/m^2K$.

Připomíná se, že součinitel přestupu tepla jak na vnitřní straně, tak na vnější straně se skládá ze dvou položek, a to ze součinitele přestupu tepla konvekcí a sáláním.

Ze vztahu (15) je vidět, že součinitel prostupu tepla je tím menší, čím je větší tepelný odpor stavební konstrukce a čím jsou větší hodnoty součinitelů přestupu tepla. Při vysokých hodnotách tepelného odporu stavebních konstrukcí mají, za normálních podmínek, součinitelé přestupu tepla malý vliv na součinitele prostupu tepla. Naopak, při malých hodnotách tepelného odporu stavebních konstrukcí, mají významný vliv. První případ se týká stěnových a střešních konstrukcí a druhý případ zejména oken a dveří.

Tepelný odpor jednovrstvé stavební konstrukce je dán vztahem

$$R = \frac{d}{l} \quad (16)$$

kde

d – je tloušťka stavební konstrukce (m)

l – součinitel tepelné vodivosti (W/nK).

Tepelný odpor vícevrstvé konstrukce s různými vrstvami za sebou je

$$R = \frac{d_1}{l_1} + \frac{d_2}{l_2} + \dots + \frac{d_n}{l_n} = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (17)$$

kde

d_1, d_2, \dots, d_n – jsou tloušťky jednotlivých vrstev (m)

l_1, l_2, \dots, l_n – součinitelé tepelné vodivosti jednotlivých vrstev (W/mK)

R_1, R_2, \dots, R_n – tepelné odpory jednotlivých vrstev (m^2K/W)

n – počet vrstev.

U stavebních konstrukcí s různými vrstvami za sebou i vedle sebe je charakteristickou veličinou tzv. součinitel tepelné vodivosti nestejnorodé vrstvy. Jestliže mají materiály v nestejnorodé vrstvě tvar rovnoběžnostěnu se stejnou tloušťkou, platí

$$l_{nv} = \frac{l_1 \cdot S_1 + \dots + l_M \cdot S_M}{S_1 + \dots + S_M} \quad (18)$$

popř. ze vztahu - jestliže mají materiály v nestejnorodé vrstvě nepravidelný tvar

$$l_{nv} = \frac{l_1 \cdot V_1 + \dots + l_M \cdot V_M}{V_1 + \dots + V_M} \quad (19)$$

kde

l_1, \dots, l_n – jsou součinitelé tepelné vodivosti materiálů 1 až M v nestejnorodé vrstvě (W/nK)

S_1, \dots, S_M – plochy jednotlivých materiálů 1 až M v nestejnorodé vrstvě (m²)

V_1, \dots, V_M – objemy materiálů 1 až M v nestejnorodé vrstvě (m³).

U konstrukcí vícevrstevných může být jedna nebo i několik uzavřených vzduchových vrstev. Jejich tepelný odpor je např. v L6.

Konkrétní hodnota závisí na tloušťce vzduchové vrstvy a na její poloze. U vodorovných vzduchových vrstev se rozlišuje ještě směr tepelného toku, a to buď ze zdola nahoru nebo naopak.

Tepelný odpor uzavřené vzduchové vrstvy je

$$R_w = \frac{d_w}{l_{ekv}} \quad (20)$$

kde

R_w – je tepelný odpor uzavřené vzduchové vrstvy (m²K/W)

d_w – tloušťka vzduchové vrstvy (m)

l_{ekv} – ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti vzduchové vrstvy (ekvivalentní proto, že zahrnuje všechny druhy šíření tepla, které se ve vzduchové vrstvě uplatňují, tj. šíření tepla vedením, prouděním a sáláním) (W/mK).

V některých případech se potřebuje pracovat přímo s ekvivalentními hodnotami součinitele tepelné vodivosti vzduchové vrstvy. Vyjádří se ze vztahu (20)

$$l_{ekv} = \frac{d_w}{R_w} \quad (21)$$

Ve spojitosti se vzduchovými vrstvami se uvádí, že nejvýhodnější tloušťka vzduchové vrstvy je do 40 mm. Další zvětšování tloušťky vzduchové vrstvy vede už jen k nepatrnému zvětšení tepelného odporu a pokud se navrhuje tloušťka nad tuto hodnotu, má se vyplnit nějakým tepelně izolačním materiálem. Např. vzduchová vrstva ve vodorovné konstrukci při tepelném toku zdola nahoru a o tloušťce 100 mm má tepelný odpor $R_w = 0,211$. Ze vztahu (21) se zjistí, že ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti je $l_{ekv} = 0,47$ W/mK. Z toho plyne, že se získá v tomto případě větší tepelný odpor, zaplní-li se vzduchová vrstva materiálem s menší hodnotou součinitele tepelné vodivosti než 0,47 W/mK. Jestliže by se použilo k vyplnění čedičové vlny, jejíž součinitel tepelné vodivosti je 0,047 W/mK, získá se tepelný odpor 2,1 m²K/W místo hodnoty 0,211, což je několikanásobně větší hodnota.

Ze vztahů (16) až (19) je zřejmé, že tepelný odpor stavebních konstrukcí je tím větší, čím je větší jejich tloušťka a čím je menší součinitel tepelné vodivosti použitých materiálů k jejich výrobě.

Je tedy jasné, že vysokých hodnot tepelného odporu stavebních konstrukcí se může dosáhnout jen při použití vysoce kvalitních tepelných izolací s nízkou hodnotou součinitele tepelné vodivosti.

Při volbě materiálu není postačující název. Je třeba mít na paměti, že součinitel tepelné vodivosti je závislý na celé řadě činitelů. Patří k nim zejména objemová hmotnost, pórovitost, vlhkost, teplota, složení, struktura, směr tepelného toku ap.

Nejdůležitější činitelé ovlivňující hodnotu součinitele tepelné vodivosti jsou objemová hmotnost materiálu a vlhkost. V normách se uvádějí tzv. praktické hodnoty součinitele tepelné vodivosti v závislosti na objemové hmotnosti v suchém stavu, přičemž vliv vlhkosti a ostatních činitelů ovlivňujících tuto hodnotu je už zahrnut do této praktické hodnoty. Proto je třeba zvláštní obezřetnosti při přejímání hodnot součinitele tepelné vodivosti z různých prospektů a podobných dokumentů. Není-li potřebná hodnota součinitele tepelné vodivosti v normě, pak nejbezpečnější je, z hlediska navrhování, opatřit si ověřenou hodnotu z státem akreditované laboratoře.

Objemová hmotnost materiálu ρ_0 se udává v kg/m^3 . Platí pravidlo, že se zvětšující se objemovou hmotností roste hodnota součinitele tepelné vodivosti. (Např. I je součinitel tepelné vodivosti).

Materiál	ρ_0 (kg/m^3)	I (W/mK)
Železobeton	2500	1,71
	2300	1,43
Beton z expandované břidlice	1200	0,54
	1400	0,63
Beton ze škváry	1400	0,76
	1800	0,93

Toto pravidlo má však výjimky. Materiály měkké a poloměkké (polotuhé), tedy materiály, které jsou stlačitelné, mohou mít hodnotu součinitele tepelné vodivosti v závislosti na objemové hmotnosti proměnlivou. Tzn., že v určitém intervalu objemové hmotnosti se hodnota součinitele tepelné vodivosti zmenšuje, zvětšuje-li se objemová hmotnost a v jiném intervalu se součinitel tepelné vodivosti zmenšuje, jestliže se objemová hmotnost zmenšuje.

Typickým příkladem jsou materiály z minerální vlny.

ρ_0 (kg/m^3)	I (W/mK)
40	0,057
70	0,053
100	0,052
140	0,059
175	0,062

Také u pěnového polystyrenu je nutno sledovat objemovou hmotnost, protože i u tohoto materiálu se projevuje proměnlivý vliv objemové hmotnosti na hodnotě součinitele tepelné vodivosti.

ρ_0 (kg/m^3)	I (W/mK)
10	0,051
20	0,043
30	0,038
40	0,036
50	0,036
60	0,037

Na tuto skutečnost je nutno pamatovat při přejímání materiálu a také při kontrole stavu stavebních konstrukcí, chystá-li se provedení dodatečné izolace domku.

Jestliže vliv objemové hmotnosti na tepelnou vodivost je nejednoznačný, pak vliv vlhkosti je jednoznačný. Zvětšuje-li se obsah vlhkosti v materiálu ve stavebních konstrukcích, pak se také zvětšuje hodnota součinitele tepelné vodivosti.

Rozlišuje se hmotnostní vlhkost

$$u_m = \frac{m_v - m_s}{m_s} \cdot 100 \quad (22)$$

kde

u_m – je hmotnostní vlhkost (%)

m_v – hmotnost vlhkého materiálu (kg)

m_s – hmotnost suchého materiálu (kg)

a objemová vlhkost

$$u_v = \frac{V_{\text{vody}}}{V_s} \cdot 100 \quad (23)$$

kde

u_v – je objemová vlhkost (%)

V_{vody} – objem vlhkosti v materiálu (m^3)

V_s – objem materiálu (m^3), předpokládá se, že objem suchého a vlhkého materiálu je stejný.

Vztah mezi hmotnostní vlhkostí a objemovou vlhkostí je

$$u_v = u_m \cdot \frac{\rho_s}{1000} \quad (24)$$

Závislost součinitele tepelné vodivosti na vlhkosti se stanovuje experimentálně. Z takto získané závislosti se nejčastěji určí přírůstky součinitele tepelné vodivosti na 1 % hmotnostní nebo objemové vlhkosti dl_m , dl_v . Součinitel tepelné vodivosti pro určitou vlhkost se potom stanoví ze vztahů:

$$l = l_s \cdot \left(1 + \frac{dl_m \cdot u_m}{100} \right) \quad (25)$$

$$l = l_s \cdot \left(1 + \frac{dl_v \cdot u_v}{100} \right) \quad (26)$$

kde

l_s – je součinitel tepelné vodivosti materiálu v suchém stavu (W/mK).

Pro orientační stanovení součinitele tepelné vodivosti v závislosti na vlhkosti se udávají následující přírůstky.

Tabulka 9. Přírůstek součinitele tepelné vodivosti dl_v na 1% objemové vlhkosti u_v (%) u anorganických materiálů (Cammererovy přírážky)

u_v (%)	dl_v (%)
1	32,0
2,5	22,0
5	15,1
10	10,8
15	8,5
20	7,2
25	6,2

Tabulka 10. Přírůstek součinitele tepelné vodivosti dl_v na 1% objemové vlhkosti u_v v závislosti na objemové hmotnosti materiálu v suchém stavu u organických materiálů

ρ_0 (kg/m^3)	dl_v (%)
200	6,3
300	4,2
400	3,1
500	2,5
600	2,1
700	1,8
800	1,6
900	1,4
1000	1,25

Tabulka 11. **Přírůstek součinitele tepelné vodivosti d_{l_m} na 1 % hmotnostní vlhkosti u_m v závislosti na objemové hmotnosti v suchém stavu u organicko-anorganických materiálů (např. heraklit)**

ρ_0 (kg/m ³)	d_{l_m} (%)
300	2,3
400	2,9
500	3,4
600	3,8
700	4,2
800	4,5
900	4,75
1000	5,0
1100	5,2
1200	5,4

Tabulka 12. **Přírůstek součinitele tepelné vodivosti d_{l_m} na 1 % hmotnostní vlhkosti u_m v závislosti na objemové hmotnosti v suchém stavu pro beton ze struskové pemzy (SP), z expandované břidlice (EB) a keramzitu (K)**

d_{l_m} (%) při ρ_0 (kg/m ³)	Beton z		
	SP	EB	K
700	–	–	5,5
900	11,3	9,8	3,3
1100	9,9	6,8	2,3
1300	8,6	4,6	1,7
1500	7,4	3,4	1,2
1700	6,5	–	–

Ve vnějších stavebních konstrukcích mohou být následující **nejvyšší hodnoty hmotnostní vlhkosti** u_{max} (%), přičemž se uvažují praktické hodnoty u_{mp} (%) ve výši podle tab.13.

Tabulka 13. **Hodnoty nejvyšší u_{max} (%) a praktické (ustálené) hmotnostní vlhkosti u_{mp} (%) ve vnějších stavebních konstrukcích**

Konstrukce	u_{max} (%)	u_{mp} (%)
Cihelné zdivo	5 - 6	1 - 2
Škvárobeton	14 - 20	6 - 8
Beton ze struskové pemzy	10 - 12	3 - 4,5
Beton z expandované břidlice	10 - 13	4 - 5
Beton z keramzitu	10 - 12	4 - 5
Pórobeton	20 - 30	8 - 12
Cihlobeton	14 - 16	5 - 6
Organické materiály s cementem (heraklit, pilinobeton ap.)	20 - 30	10 - 12

Ve stavebních konstrukcích vnitřních lze považovat za jistých podmínek za praktickou vlhkost rovnovážnou sorpční vlhkost materiálů, z nichž jsou stavební konstrukce vyrobeny. Je to vlhkost, která se do nich dostane z vlhkosti obsažené v okolním vzduchu. **Rovnovážná sorpční vlhkost materiálů** je závislá na teplotě a relativní vlhkosti okolního vzduchu. Aby se tento problém řešil jednotně, byly určeny jako určující parametry teplota vzduchu 5°C a relativní vlhkost vzduchu 85 %. V tab.1 4 jsou uvedeny této vlhkosti pro některé materiály.

Tabulka 14. Rovnovážná sorpční hmotnostní vlhkost materiálů stanovená při teplotě vzduchu 5°C a relativní vlhkosti vzduchu 85 %.

Materiál	Objemová hmotnost (kg/m³)	Sorpční hmotnostní vlhkost (%)
Škvárobeton	1200 - 1800	2,9 - 3,7
Beton z keramzitu	700 - 1400	0,2 - 0,6
Železobeton	2400	1,8
Plynosilikát	400 - 700	5,6 - 6,0
Pěnový polystyren	20 - 40	2,0 - 7,0

Uvedená rovnovážná sorpční vlhkost může být považována za praktickou vlhkost ve vnitřních konstrukcích tehdy, když v ní není obsažená žádná jiná vlhkost, tj. vlhkost zemní, atmosférická, technologická a zkondenzovaná.

Praktické hodnoty tepelného odporu některých stavebních konstrukcí

Tabulka 15. *Tepelný odpor vnějšího zdiva z cihlářských prvků d ... tloušťka (m), ro ... objemová hmotnost (kg/m³), l ... součinitel tepelné vodivosti (W/mK), R ... tepelný odpor (m²K/W)*

Druh	d (m)	ro (kg/m ³)	l (W/mK)	R (m ² K/W)	Poznámka
Z plných pálených cihel	0,065	1800	0,86	0,076	
	0,14			0,163	
	0,29			0,337	
	0,44			0,512	
Z cihel příčně děrovaných	0,24	1350	0,71	0,338	
	0,24	1450	0,72	0,333	
	0,24	1550	0,77	0,312	
	0,365	1450	0,69	0,529	
	0,365	1550	0,73	0,500	
Z příčně děrovaných kvádrů	0,175	1450	0,83	0,211	
	0,175	1550	0,91	0,192	
	0,365	1400	0,69	0,529	
	0,365	1500	0,76	0,480	
Z příčně děrovaných kvádrů CDK 32	0,24	1300	0,79	0,304	v = 11,3 m
	0,24	1400	0,88	0,273	v = 15 cm
	0,24	0350	0,79	0,304	v = 11,3 cm
	0,24	1450	0,88	0,273	
	0,32	1300	0,58	0,552	
	0,32	1400	0,64	0,500	
	0,32	1350	0,57	0,561	v = 15 cm
0,32	1450	0,63	0,508		
Z příčně děrovaných kvádrů CDK-36	0,24	1200	0,63	0,381	v = 11,3 cm
	0,24	1150	0,62	0,387	v = 14 cm
	0,24	1250	0,69	0,348	
	0,36	1200	0,55	0,655	
	0,36	1300	0,62	0,581	v = 11,3 cm
	0,36	1150	0,52	0,692	v = 14 cm
0,36	1250	0,58	0,621		
Z podélně děrovaných kvádrů CpD 8	0,14	750	0,49	0,286	
	0,14	850	0,55	0,255	
	0,29	800	0,58	0,500	
	0,29	850	0,60	0,483	
Z příčně děrovaných tvarovek CD-TÝN I	0,19	1200	0,59	0,322	
	0,19	1300	0,64	0,297	
	0,29	1200	0,49	0,592	
	0,29	1300	0,53	0,547	
Z podélně děrovaných lícových kvádrů CD-LK10(9)	0,30	1250	0,49	0,612	e = 30 cm
	0,30	1350	0,55	0,545	
	0,30	1250	0,50	0,600	e = 33 cm
	0,30	1300	0,55	0,545	
	0,29	1350	0,56	0,518	e = 19 cm
	0,29	1400	0,60	0,483	
	0,29	1300	0,55	0,527	
0,29	1400	0,62	0,468	e = 29 cm	
v je výška tvarovky, e je délka tvarovky					

Parametry jednovrstvého zdiva z cihelných prvků o výšce $h = 215$ mm - viz L10

a) CD - INA - A

- ◆ celková hmotnost zdiva 426 kg/m^2
- ◆ hmotnost malty, při objemové hmotnosti malty 1850 kg/m^3 , $118,4 \text{ kg/m}^2$
- ◆ tepelný odpor $R = 1,1 \text{ m}^2\text{K/W}$

b) CD - INA - C

- ◆ celková hmotnost zdiva 425 kg/m^2
- ◆ hmotnost malty, při objemové hmotnosti malty 1850 kg/m^3 , $124,0 \text{ kg/m}^2$
- ◆ tepelný odpor $R = 1,1 \text{ m}^2\text{K/W}$

c) CD 365

- ◆ celková hmotnost zdiva 420 kg/m^2
- ◆ hmotnost malty, při objemové hmotnosti malty 1850 kg/m^3 , $122,1 \text{ kg/m}^2$

Parametry jednovrstvého zdiva z prvků o výšce $h = 140$ mm nebo o výšce $h = 175$ mm u CD 365

a) CD - INA - A

- ◆ celková hmotnost zdiva 442 kg/m^2
- ◆ hmotnost malty, při objemové hmotnosti malty 1850 kg/m^3 , $140,6 \text{ kg/m}^2$
- ◆ tepelný odpor $R = 0,95 - 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$

b) CD - INA - C

- ◆ celková hmotnost zdiva 454 kg/m^2
- ◆ hmotnost malty, při objemové hmotnosti malty 1850 kg/m^3 , $159,1 \text{ kg/m}^2$
- ◆ tepelný odpor $R = 0,95 - 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$

c) CD 365

- ◆ celková hmotnost zdiva 431 kg/m^2
- ◆ hmotnost malty, při objemové hmotnosti malty 1850 kg/m^3 , $133,2 \text{ kg/m}^2$
- ◆ tepelný odpor $R = 1,0 - 1,05 \text{ m}^2\text{K/W}$

Parametry dvouvrstvého zdiva z prvků o výšce $h = 215$ mm

a) CD - IVA - A a CD - IVA - B (varianta I)

- ◆ celková hmotnost zdiva 568 kg/m^2
- ◆ hmotnost malty, při objemové hmotnosti malty 1850 kg/m^3 , $164,7 \text{ kg/m}^2$
- ◆ tepelný odpor $R = 1,1 - 1,2 \text{ m}^2\text{K/W}$

b) CD - IVA - B a CD - IVA - C (varianta II)

- ◆ celková hmotnost zdiva 577 kg/m^2
- ◆ hmotnost malty, při objemové hmotnosti malty 1850 kg/m^3 , $179,5 \text{ kg/m}^2$

Parametry dvouvrstvého zdiva z prvků o výšce $h = 140$ mm

a) CD - IVA - A a CD - IVA - B (varianta I)

- ◆ celková hmotnost zdiva 586 kg/m^2
- ◆ hmotnost malty, při objemové hmotnosti malty 1850 kg/m^3 , $190,6 \text{ kg/m}^2$
- ◆ tepelný odpor $R = 1,0 - 1,1 \text{ m}^2\text{K/W}$

b) CD - IVA - B a CD - IVA - C (varianta II)

- ◆ celková hmotnost zdiva 597 kg/m^2
- ◆ hmotnost malty, při objemové hmotnosti malty 1850 kg/m^3 , $205,4 \text{ kg/m}^2$
- ◆ tepelný odpor $R = 0,95 - 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$

Tepelný odpor vícevrstvého zdiva z prvků CD - IZA s přidavným izolantem

- a) **CD - IZA** při výšce prvků $h = 140$ mm a celkové tloušťce 365 mm, z toho 50 mm izolantu
 $R = 1,6 \text{ m}^2\text{K/W}$
- b) **CD - IZA** při výšce prvků $h = 215$ mm a celkové tloušťce 365 mm, z toho 50 mm izolantu
 ... $R = 1,6 \text{ m}^2\text{K/W}$

Zdivo z tvarovek CDZ 44, Západočeské cihelny Stod

Zdivo se skládá z cihelných tvarovek 245 x 440 x 238 mm, má 21 řad vzduchových dutin, se dvěma uchopovacími otvory 50 x 50 mm a třízubé zámky ve styčné spáře. Malta vápenocementová s tloušťkou ložné spáry 10 mm s třikrát přerušeným maltovým ložem. Ve styčných sparách jsou tvarovky kladeny na sraz do zámků, oboustranná vápenocementová omítka o tloušťce po 5 až 16 mm. Objemová hmotnost keramického stěpu 1770 kg/m^3 .

- ◆ tepelný odpor zdiva $R = 2,34 \text{ m}^2\text{K/W}$
- ◆ součinitel prostupu tepla $k = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ◆ průměrná hmotnostní vlhkost $u_m = 2,0 \%$

Keramický vrstvený dílec, Pražské cihelny - skladba dílce

- ◆ keramobetonová nosná část, tloušťka 200 mm
- ◆ pěnový polystyren, tloušťka 100 mm
- ◆ výztužná monierka, tloušťka 60 mm
- ◆ spojovací kotva prochází průběžně polystyrenem
- ◆ objemová hmotnost keramického stěpu tvarovek 1828 kg/m^3
- ◆ hmotnostní vlhkost keramické hmoty $u_m = 3,1 \%$
- ◆ tepelný odpor dílce $R = 2,55 \text{ m}^2\text{K/W}$
- ◆ součinitel prostupu tepla $k = 0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tabulka 16. *Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla zdiva póroboetonových tvárníc ro ... objemová hmotnost (kg/m^3), R ... tepelný odpor ($\text{m}^2\text{K/W}$), k ... součinitel prostupu tepla ($\text{W/m}^2\text{K}$), d ... tloušťka (mm)*

d (mm)	ro (kg/m^3)		R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	k ($\text{W/m}^2\text{K}$)
	póroboeton	malty		
250	400	1400	1,38	0,65
		1600	1,28	0,69
		1900	1,17	0,75
	500	1400	1,07	0,81
		1600	0,99	0,86
		1900	0,92	0,92
	700	1400	0,77	1,07
		1600	0,75	1,09
		1900	0,73	1,11
300	400	1400	1,65	0,55
		1600	1,53	0,59
		1900	1,40	0,64
	500	1400	1,28	0,69
		1600	1,18	0,74
		1900	1,10	0,79
	700	1400	0,92	0,92
		1600	0,89	0,95
		1900	0,86	0,97

Z tab. 16 je vidět také vliv malty na výslednou hodnotu tepelného odporu póroboetonového zdiva. Čím je menší součinitel tepelné vodivosti malty (objemové hmotnosti malty), tím výhodnější hodnota tepelného odporu zdiva se získá (tento důsledek je zachycen ve vztahu pro výpočet součinitele tepelné vodivosti nestejnorodé vrstvy - viz vztahy (18 a 19).

Z uvedeného důvodu byla vyvinuta lehká malta pro pórobetonové zdivo LM 2,5. Její objemová hmotnost v suchém stavu je 716 kg/m^3 a součinitel tepelné vodivosti $0,247 \text{ W/mK}$ a součinitel difúze vodní páry $0,0361 \cdot 10^{-9} \text{ s}$. U vedené hodnoty platí při hmotnostní vlhkosti $u_m = 10 \%$.

Pro RD je také vyvinuto pórobetonové zdivo o tloušťce 400 mm, jehož hodnota tepelného odporu přesahuje $R = 2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$, takže vyhovuje i nejnovějším tepelně technickým požadavkům.

Zdivo z keramzitbetonových tvárnic 365, fa LIAPOR, CS, Vintířov

Skladba zdiva

- ◆ keramzitbetonové tvárnice 365 x 255 x 238 mm se 13 řadami vzduchových dutin
- ◆ tvárnice jsou uloženy na sraz ložná spára je maltována lehkou maltou s přísadami drceného keramzitu
- ◆ na obou stranách zdiva je omítka KERSAPET po 5 mm
- ◆ objemová hmotnost použitého keramzitbetonu na výrobu tvárnic je 786 kg/m^3
- ◆ tepelný odpor je $R = 2,46 \text{ m}^2\text{K/W}$
- ◆ součinitel prostupu tepla je $k = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$
- ◆ hodnoty platí pro hmotnostní vlhkost menší než $u_m = 4,5 \%$.

Tabulka 17. Tepelný odpor zdiva z agloporitových tvárnic suchého (bez maltového) zdění

Uspořádání zdiva	R ($\text{m}^2\text{K/W}$)
Tvárnice s dutinami bez výplně	0,67
Tvárnice s dutinami vyplněné Thermisolem	0,94
Tvárnice s vložkami z pěnového polystyrenu	1,04

Poznámky k tab.17.

1. Hmotnostní vlhkost agloporitbetonu byla v prvním případě 10,2 %, ve druhém případě 10,1 % a ve třetím případě 10,8 %. Hmotnostní vlhkost Thermisolu byla 41,3 %.
2. Thermisol má toto složení:
 - 50 kg cementu
 - 10 kg silikátu
 - 10 kg vápna
 - 100 kg lehkého plniva experlit EP 150
 - 3 kg provzdušňovací přísady Slovapon N.

Tabulka 18. Vliv poměrného objemu dřeva v tepelně izolační vrstvě panelu na bázi dřeva na tepelný odpor panelu (v ... poměrný objem dřeva v tepelně izolační vrstvě (%), R (m²K/W), DLS ... lodžiová stěna, MiV ... meziokenní vložka)

Typ	R (m ² K/W) při v (%)					
	10	15	20	30	40	50
DLS	2,0	1,90	1,83	1,70	1,58	1,49
MiV	1,66	1,57	1,49	1,36	1,25	1,15
<p>Složení DLS (od vnitřního povrchu)</p> <ul style="list-style-type: none"> - dřevotřísková deska 0,016 m s latexovým nátěrem - fólie PE 0,1 mm - měkká dřevotřísková deska 0,01 m - Rotaflex 0,1m (2 x 0,05) m - prkna na pero a drážku 0,014m s vnějším nátěrem LUXOL <p>Složení MiV (od vnitřního povrchu)</p> <ul style="list-style-type: none"> - lignátová deska 0,008m - fólie PE 0,1 mm - Rotaflex 0,097 až 0,1 m - otevřená vzduchová vrstva 0,022 m - tvrzené smaltované sklo nebo hliníkový plech 						

Poznámky k tab.18.

1. Hmotnostní vlhkost v tepelně izolační vrstvě musí být menší než 1,5 %.
2. Fólie PE musí být souvislá, nepoškozená.

Rodinné domky na bázi dřeva se v současné době dodávají s velmi nízkými hodnotami součinitele prostupu tepla jednotlivých stavebních konstrukcí. Např. fa DOMOV dodává RD typ Achát, který má stavební konstrukce s následujícími hodnotami součinitele prostupu tepla

- ◆ stěna ve složení
 - disperzní omítkovina
 - armovaná podkladní stěrka
 - Heraklit 25 mm
 - dřevěný rošt 18 mm
 - překližka 8 mm
 - tepelná izolace Orsil 150 mm
 - PE fólie 0,1mm
 - sololit 3,3 mm
 - dřevěný rošt 18 mm
 - obklad stěn - sádrokarton, dřevo, keramika
 - součinitel prostupu tepla k = 0,35 W/m²K
- ◆ střecha - strop ve složení
 - betonové tašky(alt. bitumen - Šindel)
 - střešní latě
 - příčné laťování
 - polypropylenové fólie 2 x 50
 - příhradový vazník - ve střední části půdní prostor
 - tepelná izolace Orsil 240 m
 - stropní desky
 - PE fólie 0,1 mm
 - obklad stropu - sádrokarton, dřevěný obklad
 - součinitel prostupu tepla k = 0,22 W/m²K
- ◆ strop suterénu
 - podlahová krytina(textil, PVC, korek, keramika)
 - betonová mazanina + stěrka

- tepelná izolace Orsil 50 mm
- sádkarton 9,5 mm, 2 x
- tepelná izolace Orsil 100 mm
- keramický strop (hurdis, Miako)
- betonová deska
- součinitel prostupu tepla $k = 0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Součinitel prostupu tepla oken (zasklených částí dveří) závisí na počtu mezer (na počtu skel), na druhu látky (plynu) v mezerách, na způsobu zasklení, materiálu rámu a křídel a na velikosti obvodu oken k jejich ploše (tepelné ztrátě zárubní).

Ze vztahu (16) je zřejmé, že součinitel prostupu tepla je tím menší, čím větší je tepelný odpor. Tepelný odpor skla je velmi malý. Např., uvažuje-li se tloušťka skla 3 mm a součinitel tepelné vodivosti skla $0,76 \text{ W/mK}$, pak tepelný odpor je

$$R = \frac{d}{l} = \frac{0,003}{0,76} = 0,004 \text{ m}^2\text{KW}$$

Jestliže má okno dvě skla, pak jejich tepelný odpor je $0,008 \text{ m}^2\text{K/W}$. Má-li mezera mezi skly tloušťku 50 mm a výplň tvoří vzduch, je tepelný odpor vzduchové vrstvy $0,203 \text{ m}^2\text{K/W}$. Porovná-li se tato hodnota s tepelným odporem skel, vidíme, že tepelný odpor skel je takřka zanedbatelný.

Součinitel prostupu oken se tedy může zvětšovat zvětšováním počtu vzduchových mezer (zvětšováním počtu skel).

Zvláštní postavení mezi okny mají okna s tzv. **izolačními skly**. Jde v podstatě o prefabrikát vytvořený ze shodně velkých tabulí skel. Mezera mezi skly je zajišťována dutým hliníkovým profilem. Spojení a těsnění hliníkového profilu se skly a uzavření celého obvodu tohoto prvku je provedeno organickými tmely. Vnitřní tmel je trvale plastický, jeho úkolem je také bránit pronikání vodní páry do prostoru mezi skly. Vnější obvodový tmel (tzv. elastická hmota) má velkou přilnavost ke sklu i k hliníku, je odolný proti mechanickému namáhání, pronikání vody a vodní páry.

Dutina hliníkového profilu se plní vysoušedlem, které pohlcuje vodní páru obsaženou ve vzduchu uzavřeném při výrobě izolačního prvku. Šířka vzduchové mezery se nejčastěji volí kolem 12 mm. Izolační prvek může mít dvě, tři, popř. i čtyři skla - pak se hovoří o dvojsklech, trojsklech, čtyřsklech.

V tab.19 se uvádějí hodnoty součinitelů prostupu tepla švédských izolačních skel. Je vidět, že součinitel prostupu tepla izolačních trojskel se zmenší asi o 33 % oproti hodnotě izolačních dvojskel

Tabulka 19. Součinitel prostupu tepla izolačních skel k ($\text{W/m}^2\text{K}$)

Počet skel	Typ	k ($\text{W/m}^2\text{K}$)
2	Dvojsklo, mezera 7,3 mm	3,6
	Dvojsklo, mezera 12,6 mm	3,0
3	Trojsklo, mezera 12,6 mm	2,0
4	Čtyřsklo, mezera 12,6 mm	1,4

V současné době jsou už také k dispozici hodnoty součinitelů prostupu tepla oken, u nichž je mezera mezi skly vyplněna plynem o menší hodnotě součinitele tepelné vodivosti než má vzduch.

Podle L 11 se při použití běžných plynů zmenší součinitel prostupu tepla izolačních dvojskel asi o 5 % a při použití vzácných plynů asi o 12 % proti hodnotě platné pro dvojskla se vzduchem.

Výhodnějšího efektu se může dosáhnout u izolačních trojskel, plní-li se buď jeden prostor, nebo oba prostory mezi skly jiným plynem než vzduchem. Při vyplnění jednoho prostoru se

zmenší součinitel prostupu tepla izolačního trojskla asi o 18 až 23 % a při naplnění prostorů o 23 až 32 % proti výplni se vzduchem.

Tepelně izolační schopnost dvojskla se může ještě zlepšit tím, že se jedno sklo opatří vrstvou kovu nebo kysličníku, která zajišťuje odrazivost infračervených paprsků.

Materiál rámu a křídel má rovněž značný vliv na součinitele prostupu tepla okenních konstrukcí. Rozdíly jsou podmíněny různými hodnotami součinitele tepelné vodivosti použitých materiálů. Součinitel tepelné vodivosti oceli je 58 W/mK, hliníku 204 W/mK, plastů a dřeva 0,16 až 0,24 W/mK. Zejména kovové rámy oken způsobují zvýšení hodnot součinitele prostupu tepla. Okna s kovovými rámy mají o 27 až 37 % větší hodnotu součinitele prostupu tepla než okna s dřevěnými rámy. Proto se provádí okna s kovovými rámy s tzv. přerušovaným tepelným mostem.

V tab. 20 jsou uvedeny hodnoty součinitele prostupu tepla oken různého provedení včetně s přerušovanými tepelnými mosty - podle L12 a v tab. 21 je přehled hodnot součinitelů prostupu tepla zasklení s různou výplní vzduchových mezer a emisivitou skla - podle L13.

Tabulka 20. Součinitel prostupu tepla oken a dveří k_o (W/m²K), PTM = přerušovaný tepelný most

Druh oken a dveří				k_o	
Vnější okna a balkónové dveře	jednoduchá	s jedním sklem	dřevěná	5,5	
			kovová	6,5	
		s dvojsklem	dřevěná	2,0	
			kovová	4,5	
			kovová s PTM	3,7	
			s dvojsklem se selektivní vrstvou	dřevěná	2,0
			kovová s PTM	2,7	
		s trojsklem	dřevěná	2,2	
	kovová s PTM		2,8		
	zdvojená		se dvěma skly	dřevěná plastová a kombinovaná s plastem a kovy	2,8
				kovová	3,8
		kovová s PTM		3,2	
se třemi skly	dřevěná plastová a kombinovaná s plastem a kovy	2,0			
	kovová s PTM	2,8			
dvojitá	se dvěma skly	dřevěná	2,6		
		se třemi skly	dřevěná	1,9	
		kovová	2,3		
Vnitřní okna	jednoduchá	s jedním sklem	dřevěná	3,4	
			kovová	3,7	
		se dvěma skly	dřevěná	2,4	
	kovová	2,6			
Vnější dveře v kovové zárubni	plné prkénkové dřevěné zasklené jedním sklem dřevěné zasklené jedním sklem kovové zasklené dvojsklem kovové		2,6		
			4,7		
			6,5		
			4,3		
Vnitřní dveře v kovové zárubni	plné dřevěné plné kovové protipožární dřevěné zasklené jedním sklem dřevěné ze 2/3 zasklené		2,0		
			1,8		
			3,5		
			3,0		
Zasklené stěny (světlíky)	jedním sklem dvěma skly (nebo zdvojeným Copillitem)		7,0		
			3,6		

Tabulka 21. **Součinitel prostupu tepla zasklení k_o (W/m^2K) různých typů a plnění vzduchových mezer ($e \dots$ emisivita)**

Počet skel	Typ	Rozměr (mm)	Plyn ve vzduchové mezeře		
			Vzduch	Argon	Krypton
2	Čiré sklo	4.6.4	3,3	3,0	2,7
		4.9.4	3,0	2,8	2,6
		4.12.4	2,9	2,7	2,5
		4.15.4	2,7	2,6	2,6
		4.20.4	2,8	2,0	2,6
	e = 0,2	4.6.4	2,7	2,3	1,8
		4.9.4	2,3	1,9	1,5
		4.12.4	2,0	1,7	1,5
		4.15.4	1,8	1,6	1,5
		4.20.4	1,8	1,6	1,5
	e = 0,1	4.6.4	2,6	2,1	1,5
		4.9.4	2,1	1,7	1,2
		4.12.4	1,8	1,5	1,2
		4.15.4	1,6	1,3	1,2
		4.20.4	1,6	1,3	1,2
	e = 0,05	4.6.4	2,5	2,0	1,4
		4.9.4	2,0	1,6	1,1
		4.12.4	1,7	1,3	1,0
		4.15.4	1,5	1,2	1,0
		4.20.4	1,5	1,2	1,0
3	Čiré sklo	4.6.4.56.4	2,3	2,1	1,8
		4.9.4.9.4	2,0	1,9	1,7
		4.12.4.12.4	1,9	1,7	1,6
	e = 0,2 obě skla	4.6.4.56.4	1,8	1,4	1,1
		4.9.4.9.4	1,4	1,2	0,9
		4.12.4.12.4	1,2	1,0	0,8
	e = 0,1 obě skla	4.6.4.56.4	1,7	1,3	0,9
		4.9.4.9.4	1,3	1,0	0,7
		4.12.4.12.4	1,1	0,8	0,6
	e = 0,05 obě skla	4.6.4.56.4	1,6	1,2	0,8
		4.9.4.9.4	1,2	0,9	0,6
		4.12.4.12.4	1,0	0,7	0,5

K tepelným ztrátám se někdy připočítávají také tepelné **ztráty zárubní**, které vznikají z toho důvodu, že mezi stykem rámu oken a vlastní stěnou nastává ve stěně pokles teplot proti teplotám v dostatečné vzdálenosti od okna. Tepelné ztráty jsou tím větší, čím tlustší je stěna, čím větší je obvod okna k ploše s čím menší je vzdálenost mezi okny v téže stěně.

Např. v L 12 se uvádí zvětšení součinitele prostupu tepla okna vlivem tepelné ztráty zárubní o hodnotu $0,4 W/m^2K$ pro okno trojkřídlové s rozměry 210×150 cm v cihelné stěně tlusté 45 cm.

Pro okno zdvojené dřevěné je součinitel prostupu tepla $2,9 W/m^2K$, takže součinitel prostupu tepla okna včetně započtené tepelné ztráty zárubní, je $3,3 W/m^2K$.

Ve spojitosti se zmenšováním tepelných ztrát okny se připomínají dříve osvědčená opatření k jejich zmenšení, a to v noční době stahování rolet a záclon a uzavírání žaluzií. Dnes jsou už i k dispozici i posuvné okenice, např. z polyuretanu. Tím se zvětší tepelný odpor oken neboť roletou se zvětšuje počet vzduchových vrstev.

Zvětšení tepelného odporu okna tímto způsobem závisí na těsnosti vytvořené vzduchové vrstvy. Zpravidla je její tepelný odpor menší než se udává pro uzavřené vzduchové vrstvy. Avšak stažením rolet ap. se vždy zmenší šíření tepla sáláním.

2.3.2.2. Teplotní útlum

Teplotní útlum stavebních konstrukcí tlumí výkyvy teploty vnějšího vzduchu. Čím je hodnota větší, tím méně se projevuje denní kolísání teploty vnějšího vzduchu na vnitřní povrchové teplotě stavební konstrukce. To je výhodné, protože se snadněji reguluje přiváděné teplo do místnosti. Tím teplotní útlum přispívá ke zmenšení tepelných ztrát a spotřeby tepla na vytápění.

Jeho nevýhodou však je, že v přechodném období, kdy je stavební konstrukce osálávána, tlumí také tepelný tok pronikající do místnosti stavební konstrukcí v důsledku osálání. Je však známo, že tepelný zisk z oslunění neprůsvitnými stavebními konstrukcemi je téměř zanedbatelný.

2.3.2.3. Tepelná jímavost podlahových konstrukcí

Tepelná jímavost podlahových konstrukcí sama o sobě v podstatě neovlivňuje tepelné ztráty. Nepřímo však je ovlivňují. Aby byla totiž co nejmenší, musí mít materiál podlahy, mj. velmi malou hodnotu součinitele tepelné vodivosti. Tzn., že i malá vrstva má pak významný tepelný odpor.

Odděluje-li podlahová konstrukce vytápěný prostor od nevytápěného, pak čím bude její tepelná jímavost menší, tím více bude přispívat ke zmenšení tepelných ztrát.

Druhým projevem tepelné jímavosti na tepelné ztráty je, že není-li její hodnota v souladu s požadavky na tepelnou pohodu, lidé v takové místnosti mají nepříznivé tepelné pocity a ty se pak kompenzují často zvýšenou teplotou vzduchu - což vede ke zvětšení tepelné ztráty.

2.3.2.4. Kondenzace vodní páry

Kondenzace vodní páry se může vyskytovat na povrchu a uvnitř stavebních konstrukcí. Na vnitřním povrchu by nemělo docházet ke kondenzaci. Pokud se tak děje, jedná se o závadu a ta by měla být urychleně odstraněna. Kondenzuje-li vodní pára na vnitřním povrchu stavební konstrukce, dochází ke zvýšené intenzitě přestupu tepla a tím tedy ke zvětšení tepelné ztráty. Kondenzace vodní páry však také zvyšuje vlhkost materiálů ve stavebních konstrukcích a to také znamená zvětšení tepelné ztráty.

Kondenzace vodní páry uvnitř stavebních konstrukcí je přípustná jen za okolností vyjmenovaných dříve. Je-li splněn požadavek roční bilance, pak vlhkost ve stavební konstrukci je součástí tzv. praktické vlhkosti a není jí třeba zvlášť uvažovat.

Zvláštní pozornost je třeba věnovat problému kondenzace vodní páry při dodatečném izolování stavebních konstrukcí. Vzniká totiž zcela nová stavební konstrukce z hlediska difúze vodní páry a proto i když nekondenzuje vodní pára v původní konstrukci, v tomto novém uspořádání kondenzovat může.

Důsledky jsou zřejmé. Vzrůst vlhkosti ve stavební konstrukci a tím i vzrůst tepelných ztrát.

2.3.2.5. Tepelná stabilita místnosti

Čím je větší tepelná stabilita místnosti, ať už z hlediska letního nebo zimního období, tím pomaleji se mění tepelný stav vnitřního prostředí v místnosti vlivem teplotních změn uvnitř místnosti nebo vně místnosti.

Tepelná stabilita místnosti z hlediska zimního období je důležitá zejména při přerušovaném způsobu vytápění. Při větší tepelné stabilitě je možná delší otopná přestávka než při menší tepelné stabilitě. Pokud místnost nevychladne nadměrně a při zátopu se nespotřebuje větší množství tepla než se v otopné přestávce ušetří, je výhodné využít tepelné stability místnosti k přerušování vytápění a tím šetřit teplo.

Z hlediska regulace přívodu tepla do místnosti by bylo výhodné, kdyby měly všechny místnosti stejnou tepelnou stabilitu.

Ta však nesouvisí jen s tepelně technickými vlastnostmi stavebních konstrukcí, ale také s počtem vnějších stavebních konstrukcí.

Orientačně je možno stanovit rovnocennost tepelné stability místností ze vztahu

$$k_1/k_2 = F_1/F_2 \quad (27)$$

kde

k_1 – je průměrná hodnota součinitele prostupu tepla místnosti 1,

k_2 – průměrná hodnota součinitele prostupu tepla místnosti 2,

$F_1 = (S_{i1} \cdot \alpha_{i1}) / (S_{e1} \cdot \alpha_{e1})$,

$F_2 = (S_{i2} \cdot \alpha_{i2}) / (S_{e2} \cdot \alpha_{e2})$,

S_{i1} – plocha vnitřních konstrukcí místnosti 1,

S_{i2} – plocha vnitřních konstrukcí místnosti 2,

S_{e1} – plocha vnějších konstrukcí místnosti 1,

S_{e2} – plocha vnějších konstrukcí místnosti 2,

α – součinitel přestupu tepla, příslušný podle indexu.

Jestliže se zvolí jedna místnost jako základní pak je možno stanovit ekvivalentní průměrnou hodnotu součinitele prostupu tepla druhé místnosti, např.

$$k_2 = k_{ekv} = k_1 \cdot \frac{F_2}{F_1}$$

Tepelná stabilita místnosti je velmi důležitá také z hlediska **pasivního využití slunečního záření**. Čím je větší tepelná stabilita místnosti, tím déle se uchová teplo získané ze slunečního záření proniklého do místnosti.

Tepelná stabilita místnosti z hlediska letního období je často zabezpečována stínícími prostředky proti slunečnímu záření. Již vpředu bylo uvedeno, že jsou výhodnější pohyblivé stínící prostředky proti pevným, protože je možno jimi manipulovat tak, aby nebránily pronikání slunečním paprskům do budovy, když je to výhodné z hlediska úspory tepelné energie na vytápění.

2.3.2.6. Vzduchová propustnost stavebních konstrukcí, spár a styků

Při probírání požadavků na stavební konstrukce z hlediska vzduchové propustnosti bylo konstatováno, že jejich vzduchová propustnost je prakticky zanedbatelná. Jinak je tomu však u **spár a styků**. Nejsou-li správně vyřešeny, mohou být příčinou značných tepelných ztrát. Zejména jde o spáry oken a dveří ve vnějším plášti budov. V tomto případě se připouští jejich netěsnost jen tehdy, když nelze uskutečnit výměnu vzduchu v místnosti jiným způsobem než infiltrací netěsnými sparami.

Tak jako je rozhodující veličinou pro stanovení tepelné ztráty prostupem součinitel prostupu tepla, tak je rozhodující veličinou pro stanovení tepelné ztráty větráním infiltrací vlivem větru **součinitel provzdušnosti i** , neboť platí

$$Q_v = 1300 \cdot \sum (i \cdot l) \cdot B \cdot M \cdot (t_i - t_e) \quad (28)$$

kde

Q_v – je tepelná ztráta při přirozeném větrání infiltrací vlivem větru,

i – součinitel provzdušnosti spár,

l – délka spár,

B – charakteristické číslo budovy,

M – charakteristické číslo místnosti,

t_i, t_e – výpočtová teplota vnitřního a vnějšího vzduchu.

Se zřetelem k centrální regulaci vytápění nemá být tepelná ztráta infiltrací vypočítaná podle vztahu (28) větší než 20 % tepelné ztráty prostupem.

Vychází-li větší hodnota než je uvedeno, doporučuje se zmenšit tepelnou ztrátu infiltrací použitím těsnějších oken - tedy lépe utěsnit okna, popř. zmenšit plochy otevíratelných částí oken - čímž se zmenší délka spar.

Se zřetelem na hygienické požadavky nemá být intenzita výměny vzduchu při infiltraci vlivem větru menší než $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$.

Je-li podle výpočtu

$$n = \frac{3600 \cdot \Sigma (i \cdot l) \cdot B \cdot M}{V} \quad (29)$$

(kde V je objem místnosti) menší než $0,5 \text{ h}^{-1}$, je nutno buď zvětšit provzdušnost oken nebo zajistit dostatečnou výměnu vzduchu jiným vhodným způsobem, např. použitím okem s větracími klapkami ap.

Přednost má vždy hygienické hledisko. V tab. 22 jsou uvedeny hodnoty součinitele provzdušnosti některých oken a dveří.

Tabulka 22. Provzdušnost spar oken a dveří i ($\text{m}^2/\text{s Pa}^{0,67}$)

Druh oken, dveří		$i \cdot 10^4 \cdot (\text{m}^2/\text{s Pa}^{0,67})$
Dřevěná	jednoduchá	
	a) bez těsnění	3,8
	b) s těsněním	0,69
	zdvojená	
	a) bez těsnění	2,8
	b) s těsněním (plstí a provazci)	0,73
	c) s těsněním (polyuretanem)	0,13
	dvojitá	
a) bez těsnění	2,0	
b) s těsněním	0,25	
Kovová	jednoduchá bez těsnění	5,7
	zdvojená s kovotěsem	4,9
	dvojitá bez těsnění	5,3
Z plastů	jednoduchá s dvojsklem (těsněno polyuretanem a pěnovou pryží)	0,3
	dřevoplast (těsněno pryží)	2,0
	zdvojená	
Kombinovaná	a) bez těsnění	4,6
	b) s těsněním	2,4
	c) zdvojená otočná s přidruženým venkovním křídlem z hliníku	0,97
	d) dvojená dřevěná s přidruženým křídlem z PVC	1,04
	e) jednoduchá s dvojsklem s křídly bez vlysů	0,62
	Dveře	
Dřevěné s kovovou zárubní	vnitřní	4,72
	venkovní	5,72
	průměrná hodnota pro venkovní a vnitřní	4,96

Ve spojitosti se zkvalitňováním oken se nesmí opomíjet také **kvalitní osazování oken**. Ze zkušeností vyplývá, že zlepšování těsnosti oken na stavbách lze dosáhnout

- ◆ zmenšením šířky spar mezi rámem okna a ostěním
- ◆ použitím nových těsnících materiálů s malou hodnotou součinitele tepelné vodivosti a dokonalým vyplněním spáry po celém obvodu, např. polyuretanovou pěnou
- ◆ použitím takových způsobů kotvení, které umožňuje dotlačit okno k ostění v průběhu užívání
- ◆ uzavření spáry zvnějšku tmelem se značnou životností, pryžovými profily a profily z plastů, které jsou vyměnitelné.

2.3.2.7. Tepelné izolace a zateplovací systémy

Z přehledu stavebních konstrukcí a jejich hodnot tepelného odporu a součinitele prostupu tepla je zřejmé, že až na výjimky nevyhovují požadavkům současných normativních předpisů. Poměrně snadno se dosahuje vysokých hodnot tepelného odporu u stěn a střech na bázi dřeva - jak to bylo ukázáno vpředu. Normativním požadavkům také vyhovují progresivní zdivo z cihelných, popř. z keramzitbetonových tvarovek. Další zvyšování tepelného odporu je však i těchto stavebních konstrukcí možné jen s přidáním tepelného izolantu. Níže se uvádějí nejdůležitější tepelné izolace, které se používají buď samostatně nebo v rámci celého zateplovacího systému.

Pěnový polystyren (PPS)

Desky o rozměrech 1000 x 500 mm
1000 x 1000 mm
200 x 1000 mm

Tloušťka 10, 15, 20, 25, 50 až 300 mm

Objemová hmotnost v suchém stavu 15 až 40 kg/m³

Normativní součinitel tepelné vodivosti

- ve vnějších stavebních konstrukcích $l_e = 0,043 \text{ W/mK}$
- ve vnitřních stavebních konstrukcích $l_i = 0,040 \text{ W/mK}$

Součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,0028 \cdot 10^{-9} \text{ s}$

Měrná tepelná kapacita $c = 1550 \text{ J/kgK}$

Nejvýše přípustná teplota 70°C po dobu 5 h

Je hořlavý, odolný proti působení vody a vodní páry - nemění tvar ani rozměry. Odolává výparům kyseliny solné, octové, dusičné, čpavku i zředěným roztokům kyseliny sírové.

Není odolný proti většině organických rozpouštědel a ředidel jako jsou aceton, benzin ap., neodolává ani působení kamenouhelných a hnědouhelných dehtů a výrobků, které je obsahují (dehtové lepenky). Tyto látky nebo jejich výpary jej rozpouští. Není stálý proti přímému působení povětrnostních vlivů, zejména slunečnímu záření - jeho vlivem křehne, žloutne, drobí se, deformuje a smršťuje se. Odolává zhoubné činnosti nižších organismů jako jsou plísňe, bakterie, houby ap., a ani v infikovaném prostředí nedochází k jeho hnilobě.

Používá se ve vnějších i vnitřních stavebních konstrukcích, a to jak ve svislých, tak vodorovných.

Desky se používají nejen samotné, ale i v kombinaci s různými obkladovými nebo krycími materiály.

Extrudovaný polystyren

Extrudovaný polystyren se používá k realizaci tzv. obrácené střechy. Než se položí izolační vrstva, musí se opravit původní krytina tak, aby plnila spolehlivě požadovanou funkci. Je vhodné položenou tepelnou izolaci překrýt vyztuženou polyetylenovou fólií (kaširovanou polyetylenovou fólií).

Povrchovou úpravu střechy je možno provádět v těchto úpravách:

- násyp tříděného štěrku ve vrstvě 40 mm
- betonové dlaždice o tloušťce 30 - 50 mm položené na celé ploše

- betonové dlaždice 500 x 500 mm na pryžové podložce RUBENA
- tzv. „štěrkové dlaždice“ - pojené nebo lehčené kamenivo ve vrstvě 400 mm na podložce a nehnijící textilie netkaná.

Získaný přídatný tepelný odpor je $R = 1,1 \text{ m}^2\text{K/W}$ při tloušťce izolace 50 mm.

Lignopor

Lignopor je kombinace desek pěnového polystyrenu s vrstvou heraklitu o tloušťce 5 mm. Rozměry desek 1000 x 500 mm
Tloušťka 25, 30, 35, 50, 55, 75 mm - z toho vlastní PPS - 20, 25, 30, 45, 50, 70 mm
Protože je to dvouvrstvý prvek, udává se tepelný odpor - viz tab. 23.

Tabulka 23. Tepelný odpor desek Lignoporu

Tloušťka d (mm)	25	35	50	75
Tepelný odpor R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	0,51	0,71	0,99	1,47

Použití - všude tam, kde lze použít samotný PPS. Je však zvlášť výhodný pro případy, kdy se uvažuje s omítkou, protože vrstvička heraklitu umožňuje jeho přímé omítání.

Lehčený polyvinylchlorid (PVC) - Technopor

Rozměry desek 1400 x 1700 mm, tloušťka 46 až 50 mm.
Objemová hmotnost 60 kg/m^3 - může se však vyrábět v rozsahu 30 až 120 kg/m^3

Součinitel tepelné vodivosti

- ve vnějších konstrukcích $l_e = 0,047 \text{ W/mK}$
- ve vnitřních konstrukcích $l_i = 0,044 \text{ W/mK}$

Měrná tepelná kapacita $c = 1380 \text{ J/kgK}$

Součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,017 \cdot 10^{-9} \text{ s}$

Hoří jen v přímém plameni. Po oddálení plamene sám zhasne. Je mrazuvzdorný až do -50°C . Je odolný proti hnití, vodě, kyselinám, alkáliím, olejům ap., není odolný proti organickým rozpouštědlům.

Porofen

Porofen je zpěněná směs fenolické pryskyřice resolového typu a poroforu (benzin).

Použití - pro tepelnou izolaci střech všeho druhu.

Vyrábí se s otevřenou a uzavřenou strukturou.

a) Otevřená struktura

Součinitel tepelné vodivosti v závislosti na objemové hmotnosti v suchém stavu l_e ... součinitel tepelné vodivosti pro vnější konstrukce (W/mK), l_i ... součinitel tepelné vodivosti pro vnitřní konstrukce (W/mK) - viz tab. 24.

Tabulka 24. Součinitel tepelné vodivosti porofenu s otevřenou strukturou

	$\rho_0 \text{ (kg/m}^3\text{)}$			
	20	30	40	50
$l_e \text{ (W/mK)}$	0,041	0,044	0,044	0,064
$l_i \text{ (W/mK)}$	0,036	0,040	0,040	0,059

Měrná tepelná kapacita $c = 1630 \text{ J/kgK}$

Součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,094 \cdot 10^{-9} \text{ s}$.

b) Uzavřená struktura

Součinitel tepelné vodivosti v závislosti na objemové hmotnosti v suchém stavu je v tab. 25

Tabulka 25. Součinitel tepelné vodivosti porofenu s uzavřenou strukturou

	ro (kg/m ³)		
	25	30	50
I_e (W/mK)	0,044	0,053	0,065
I_i (W/mK)	0,040	0,049	0,059

Měrná tepelná kapacita $c = 1510 \text{ J/kgK}$

Součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,084 \cdot 10^{-9} \text{ s}$.

Pěnové sklo

Rozměry desek 500 x 500 x 100 mm nebo 500 x 550 x 50 mm.

Objemová hmotnost v suchém stavu 180 kg/m³.

Součinitel tepelné vodivosti pro vnitřní i pro vnější stavební konstrukce je $\lambda = 0,06 \text{ W/mK}$.

Měrná tepelná kapacita $c = 840 \text{ J/kgK}$.

Součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,00035 \cdot 10^{-9} \text{ s}$.

Desky mají tmavošedou až černou barvu. Pěnové sklo se přednostně používá všude tam, kde je třeba zajistit tepelnou izolaci i minimální tok vodní páry.

Lignos (heraklit)

Lignos jsou šedé hrubé desky vyráběné z dřevité vlny a cementu.

Rozměry 2000 x 500 mm

Tloušťka 25, 35, 50 mm.

Součinitel tepelné vodivosti v závislosti na objemové hmotnosti v suchém stavu je v tab. 26.

Tabulka 26. Součinitel tepelné vodivosti Lignosu

ro (kg/m ³)	300	400	600
I_e (W/mK)	0,14	0,17	0,22
I_i (W/mK)	0,11	0,13	0,15

Měrná tepelná kapacita $c = 1590 \text{ J/kgK}$.

Součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,029 \cdot 10^{-9} \text{ s}$.

Použití: jako obklady stěn, stropů, podhledy, a to ve vnějších, vnitřních, vodorovných i svislých konstrukcích.

Izomin

Desky jsou tuhé z minerálních vláken, broušené, jednostranně natřené latexem.

Rozměry 1200 x 1200 až 2000 x 1320 mm.

Tloušťka 13, 15, 17, 22, 25 mm.

Objemová hmotnost v suchém stavu 350 - 450 kg/m³.

Součinitel tepelné vodivosti v závislosti v suchém stavu je v tab. 27.

Tabulka 27. Součinitel tepelné vodivosti Izominu

	ro (kg/m ³)		
	25	30	50
I_e (W/mK)	0,072	0,073	0,105
I_i (W/mK)	0,068	0,070	0,100

Měrná tepelná kapacita $c = 850 \text{ J/kgK}$.

Součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,031 \cdot 10^{-9} \text{ s}$.

Používá se na podhledy stropů a střech, nášlapné vrstvy na půdách, obklady pro izolování staveb v interiéru, obklady protipožárního charakteru.

Poznámka: Desky Izomin s oboustrannou umakronovou fólií mají název Izokron.

Hobrex

Jsou tuhé minerálněvláknité desky.

Rozměry 1500 x 1250 nebo 1500 x 900 mm.

Tloušťka 11, 12, 13, 14, 15 mm.

Součinitel tepelné vodivosti v závislosti na objemové hmotnosti v suchém stavu je v tab. 28.

Tabulka 28. Součinitel tepelné vodivosti Hobrexu

	ro (kg/m ³)		
	400	450	550
I_e (W/mK)	0,065	0,080	0,083
I_i (W/mK)	0,063	0,075	0,078

Měrná tepelná kapacita $c = 1170 \text{ J/kgK}$.

Součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,030 \cdot 10^{-9} \text{ s}$.

Použití: na podhledy stropů a střech.

Hobra

Hnědé nelisované dřevovláknité desky.

Rozměry 2450 x 1220 mm

Tloušťka 10, 12, 15, 20 mm

Objemová hmotnost v suchém stavu 230 kg/m^3 .

Součinitel tepelné vodivosti

- pro vnější konstrukce $I_e = 0,076 \text{ W/mK}$

- pro vnitřní konstrukce $I_i = 0,070 \text{ W/mK}$.

Měrná tepelná kapacita $c = 2180 \text{ J/kgK}$.

Součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,083 \cdot 10^{-9} \text{ s}$.

Použití: ako vrchní izolace stropů.

Křemelinové desky

Rozměry 1200 x 300 mm, tloušťka 30, 40, 50, 60 mm.

Objemová hmotnost v suchém stavu 750 kg/m^3 .

Součinitel tepelné vodivosti - $I_e = 0,26 \text{ W/mK}$

- $I_i = 0,19 \text{ W/mK}$.

Měrná tepelná kapacita $c = 1050 \text{ J/kgK}$.

Součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,063 \cdot 10^{-9} \text{ s}$.

Použití: tepelná izolace střeš, podlah, příčky a přizdívky stěn.

Plynosilikátové desky

Rozměry 800 x 300 mm, 1600 x 350 mm

Tloušťka 75, 100, 150, 200, 240 mm.

Objemová hmotnost v suchém stavu 500 kg/m³.

Součinitel tepelné vodivosti - $l_e = 0,22$ W/mK
- $l_i = 0,19$ W/mK.

Měrná tepelná kapacita $c = 840$ J/kgK.

Součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,063 \cdot 10^{-9}$ s.

Použití: příčky, izolační přizdívky stěn, izolace střeš a železobetonových překladů.

Itaver

Jsou izolační rohože skleněné.

Rozměry 0,5 x 10 m, tloušťka 25 mm.

Objemová hmotnost v suchém stavu 12 kg/m³.

Součinitel tepelné vodivosti - $l_e = 0,047$ W/mK
- $l_i = 0,041$ W/mK.

Měrná tepelná kapacita $c = 840$ J/kgK.

Součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,115 \cdot 10^{-9}$ s.

Použití: jako tepelná a zvuková izolace do 450°C.

Rotaflex

Je to žlutý materiál ze skleněných vláken.

Izolační rohože mají rozměry 1,2 x 8 m, tloušťku 25,40 mm.

Objemová hmotnost v suchém stavu 27 kg/m³.

Součinitel tepelné vodivosti - $l_e = 0,061$ W/mK
- $l_i = 0,057$ W/mK.

Měrná tepelná kapacita $c = 880$ J/kgK.

Součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,125 \cdot 10^{-9}$ s.

Netlí, nezapáchá, není napadán mikroorganismy a plísněmi. Používá se jako tepelná i zvuková izolace do 250°C.

Rohože z čedičové vlny

Tmavohnědý vláknitý materiál našitý na vlnité lepence (dále uvedené hodnoty platí pro stlačený stav).

Rozměry 5 x 1 m, tloušťka 40, 50, 60 mm.

Objemová hmotnost v suchém stavu 260 kg/m³.

Součinitel tepelné vodivosti - $l_e = 0,070$ W/mK
- $l_i = 0,048$ W/mK.

Měrná tepelná kapacita $c = 880$ kg/m³.

Používá se jako tepelná izolace do dvouplášťových střeš, izolace stropů stěn.

Rohože z minerální vlny

Rozměry 5 x 1 m, tloušťka 20, 35 mm.

Objemová hmotnost v suchém stavu 275 kg/m³.

Součinitel tepelné vodivosti - $l_e = 0,081$ W/mK
- $l_i = 0,062$ W/mK.

Měrná tepelná kapacita $c = 880$ J/kgK.

Hodnoty platí pro stlačený stav. Používá se jako tepelná izolace do dvouplášťových střeš, izolace stropů, stěn.

Matrace z minerální vlny Izorol

Rozměry 5000 x 1000 x 35 mm.

Objemová hmotnost v suchém stavu 120 kg/m³.

Součinitel tepelné vodivosti - $l_e = 0,069$ W/mK

- $l_i = 0,060$ W/mK

Měrná tepelná kapacita $c = 880$ J/kgK.

Použití: jako tepelná izolace do dvouplášťových střeš, izolace stropů.

Desky z minerální plsti Orsil

Rozměry - šířka 500 mm

- délka 1000, 1500 mm

- tloušťka 40, 60, 80, 100, 120, 150 mm

Objemová hmotnost - podle druhu desky

EL - extra lehké $\rho = 40$ kg/m³

L - lehké = 50 kg/m³

M - měkké = 75 kg/m³

N - normální = 100 kg/m³

T - tenké = 150 kg/m³

S - střešní = 200 kg/m³

Součinitel tepelné vodivosti l (W/mK), stlačitelnosti s (%) a navlhavosti n (v hmotnostních procentech) je v tab. 29.

Tabulka 29. Součinitel tepelné vodivosti, stlačitelnosti a navlhavosti Orsilu

	Typ desky					
	EL	L	M	N	T	S
l (W/mK)	0,044	0,044	0,041	0,039	0,041	0,044
s (%)	25	20	15	10	5	2
n (%)	0,5					

Pro navrhování tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí se používá hodnota $l = 0,047$ W/mK.

Měrná tepelná kapacita $c = 880$ J/kgK.

Použití: jako tepelná a zvuková izolace vnitřních a vnějších stěn, stropů, podlah, střeš.

Desky z minerální plsti Nobasil

Rozměry - šířka 500 - 1000 mm

- délka 1000 - 1500 mm

- tloušťka 20, 30, 40, 80, 90, 100, 120, 140, 150 mm

Objemová hmotnost v suchém stavu 50, 75, 90, 120, 150, 175, 200, 250 kg/m³.

Součinitel tepelné vodivosti v suchém stavu l_s (W/mK), stlačitelnost s (%) při 2 kPa, nasákavost N (%) v hmotnostních procentech je v tab. 30.

Tabulka 30. Součinitel tepelné vodivosti, stlačitelnosti a nasákavosti Nobasilu

	ro (kg/m ³)			
	50	75	90	120
I _s (W/mK)	0,040	0,038	0,038	0,038
s (%)	10	6	3	2
N (%)	30	30	15	15
	ro (kg/m ³)			
	150	175	200	
I _s (W/mK)	0,040	0,040	0,041	
s (%)	–	–	–	
N (%)	15	15	–	

Závislost součinitele tepelné vodivosti na hmotnostní vlhkosti u_m (%) pro desky o objemové hmotnosti v suchém stavu 120 kg/m³ je v tab. 31.

Tabulka 31. Závislost součinitele tepelné vodivosti Nobasilu na hmotnostní vlhkosti

u _m (%)	0	5	10	15	20	25
I (W/mK)	0,042	0,051	0,058	0,066	0,073	0,080

Ustálená vlhkost se odhaduje na hodnotu u_m = 2 až 3 %, takže výpočtová (praktická) hodnota součinitele tepelné vodivosti pro navrhování vnějších stavebních konstrukcí je 0,047 W/mK. Měrná tepelná kapacita c = 880 J/kgK.

Použití: jako tepelná izolace stavebních objektů bytové, občanské, průmyslové i zemědělské výstavby.

Vístemat

Je to polotuhá minerálně vláknitá tepelná i zvuková izolace.

Složení: vysokopecní struska, zlomkový šamot, čedič, koks, pojivo - fenol - formaldehydová pryskyřice.

Rozměr desek 1200 x 600 mm.

Tloušťka - 40 mm u V 150, V 200, V 250

- 30 mm u V 250

- 20 mm u V 350

Označení desek a přiřazená objemová hmotnost desek

označení	V 150	V 200	V 250	V 350
ro (kg/m ³)	150	200	250	350

Součinitel tepelné vodivosti - I_e = 0,068 W/mK

- I_i = 0,063 W/mK

(uvedené hodnoty platí pro objemovou hmotnost v suchém stavu 320 kg/m³).

Měrná tepelná kapacita c = 920 J/kgK.

Součinitel difúze vodní páry δ = 0,1 · 10⁻⁹ s (platí pro objemovou hmotnost 327 kg/m³).

Stlačitelnost s (%) pro jednotlivé objemové hmotnosti ro (kg/m³) při 2 kPa:

ro (kg/m ³)	150	200	250	350
s (%)	8,0	7,5	6,9	5,9

Vístemat je nesnadno hořlavý, nehnije, není napadán hmyzem, hlodavci ani houbou. Je použitelný v rozsahu teplot od -50°C do 700°C, přičemž při 250°C dochází k degradaci pojiva bez narušení izolačních vlastností desek. Je nutno jej chránit proti dešti, zatékání a vlhkosti.

Na základě požadavku je možno jej dodávat hydrofobizovaný. Je vhodný jako izolační jádro do betonových panelů, na výrobu bytových příček na izolaci stropů, podlah a jako dodatečná tepelná izolace všech druhů staveb.

Expandovaný perlit

Dodává se ve dvou druzích: EC 100 a EC 150.

Zrnitost jednotlivých druhů a objemová hmotnost

	EC 100	EC 150
Zrnitost (mm)	0 - 1	0 - 4
ro (kg/m ³)	50 - 100	100 - 150

Dodává se v papírových pytlích o objemu 0,125 m³, jehož hmotnost je asi 12,5 kg.

Součinitel tepelné vodivosti v závislosti na objemové hmotnosti v suchém stavu je v tab. 32.

Tabulka 32. Součinitel tepelné vodivosti expandovaného perlitu

	ro (kg/m ³)	
	100	150
λ_e (W/mK)	0,070	0,080
λ_i (W/mK)	0,065	0,075

Měrná tepelná kapacita $c = 1640$ J/kgK . . . při $ro = 100$ kg/m³
 $= 1395$ J/kgK . . . $= 150$ kg/m³

Součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,11 \cdot 10^{-9}$ s při objemové hmotnosti v suchém stavu 143 kg/m₃.

LIAPOR CS

V tab. 33 je uvedena sypaná hmotnost a součinitel tepelné vodivosti Liaporu (dříve keramzit) - viz L 14.

Tabulka 33. Součinitel tepelné vodivosti Liaporu

Frakce (mm)	Sypaná hmotnost (kg/m ³)	Součinitel tepelné vodivosti (W/mK)
0 - 4	500 ± 15 %	0,12
4 - 8	380 ± 15 %	0,10
8 - 12	310 ± 15 %	0,10

Použití: jako tepelně izolační zásylová vrstva střeš plochých i šikmých. Ve srovnání s vláknitými materiály je sice přitížení o něco větší, ale zase má výhodu v tom, že je objemově stálý aj. a také je s ním snadná manipulace.

Násyp na plochých střešách jednoplášťových, na který se pokládá hydroizolace, je zpevňován prolitím cementovým mlékem. Jelikož přirozený sypaný úhel je u něj 30, lze z něj přímo vytvářet i spády nutné odvodnění.

U dvouplášťových střešách s malým spádem se používá volně sypaný Liapor CS. U klasických šikmých střešách s krokovou konstrukcí se vyplňuje zásypem z Liapor CS prostor mezi krokvemi, podbitím a bedněním střešy.

Škvára

Objemová hmotnost v suchém stavu 750 kg/m³.

Součinitel tepelné vodivosti - $\lambda_e = 0,27$ W/mK
 - $\lambda_i = 0,21$ W/mK

Měrná tepelná kapacita $c = 750 \text{ J/kgK}$.
Součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,060 \cdot 10^{-9} \text{ s}$.

Popílek

Součinitel tepelné vodivosti v závislosti na objemové hmotnosti v suchém stavu je v tab. 34.

Tabulka 34. Součinitel tepelné vodivosti popílku

	ro (kg/m ³)	
	785	1050
$I_e \text{ (W/mK)}$	0,33	0,35
$I_i \text{ (W/mK)}$	0,21	0,23

Měrná tepelná kapacita $c = 1010 \text{ J/kgK}$.
Součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,058 \cdot 10^{-9} \text{ s}$.

Agloporitové kamenivo

Součinitel tepelné vodivosti v závislosti na objemové hmotnosti v suchém stavu je v tab. 35.

Tabulka 35. Součinitel tepelné vodivosti agloporitu

	ro (kg/m ³)	
	465 - 690	770
$I_e \text{ (W/mK)}$	0,19	0,20
$I_i \text{ (W/mK)}$	0,16	0,17

Měrná tepelná kapacita $c = 840 \text{ J/kgK}$.

Korková drť

Součinitel tepelné vodivosti ve vnějších i vnitřních konstrukcích je $I = 0,035 \text{ W/mK}$.
Měrná tepelná kapacita $c = 1880 \text{ J/kgK}$.

Křemelina

Součinitel tepelné vodivosti - $I_e = 0,19 \text{ W/mK}$
- $I_i = 0,14 \text{ W/mK}$

při objemové hmotnosti v suchém stavu 600 kg/m^3 .

Měrná tepelná kapacita $c = 1050 \text{ J/kgK}$

Součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,063 \cdot 10^{-9} \text{ s}$.

Termofix

Objemová hmotnost za mokra 500 až 660 kg/m^3 a po vytvrzení 320 až 400 kg/m^3 .

Součinitel tepelné vodivosti $I = 0,075 \text{ W/mK}$ při objemové hmotnosti do 350 kg/m^3 a hmotnostní vlhkosti $3,1 \%$ a $I = 0,09 \text{ W/mK}$ při objemové hmotnosti do 400 kg/m^3 a hmotnostní vlhkosti $3,1 \%$.

Pevnost v tlaku $0,43 \text{ MPa}$, pevnost v tahu za ohybu $0,66 \text{ MPa}$.

Přídržnost ve spojitosti s

- betonem $0,30 \text{ MPa}$
- plynosilikátem $0,17 \text{ MPa}$
- azbestocementem $0,35 \text{ MPa}$
- ocel + základní nátěr S 2000 - $0,09 \text{ MPa}$.

Třívrstvá tepelně izolační omítka VÚPS

Objemová hmotnost

- kotvicí vrstvy 550 kg/m³
- izolační vrstvy 350 kg/m³
- ochranné vrstvy 1000 kg/m³.

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,10$ W/mK.

Pro vnitřní izolování lze použít omítkoviny z odpadního anhydritu a odpadního polystyrenu. Tepelně technické vlastnosti odpovídají perlitové omítce.

Perlitová omítka

Objemová hmotnost v suchém stavu 435 kg/m³.

Součinitel tepelné vodivosti - $\lambda_e = 0,13$ W/mK
- $\lambda_i = 0,11$ W/mK

Měrná tepelná kapacita $c = 920$ J/kgK.

Součinitel difúze vodní páry $\delta = (0,027 \text{ až } 0,015) \cdot 10^{-9}$ s.

Omítková směs TISOS

Tepelně izolační suchá omítková směs TISOS má objemovou hmotnost v suchém stavu 295 kg/m³. Složení směsi:

- expandovaný perlit
- granulovaný polystyren
- cement 325
- vápenný hydrát
- disperzní prostředek Sokrat
- 100 l vody na 100 kg směsi.

Praktická hodnota součinitele tepelné vodivosti $\lambda = 0,075$ W/mK a součinitel difúze vodní páry $\delta = 0,0336 \cdot 10^{-9}$ s při hmotnostní vlhkosti $u_m = 5$ %. Výrobce fa TIO Praha.

SYSTÉMY DODATEČNÝCH TEPELNÝCH IZOLACÍ

Vnější obklad PPS + hPVC

Vnější tepelně izolační obklad PPS provedený s dílci hPVC s obchodním názvem Dekorplast je vytvořen z vodorovně členěného dřevěného roštu, desek PPS o tloušťce 30 mm a ochranného pláštěz houževnatého PVC.

Přídavný tepelný odpor je $R = 0,546$ m²K/W.

Vnější obklad PPS + tenkovrstvá omítka

Desky z PPS se lepí na původní stěnu, která musí mít čistý, pevný a soudržný povrch, polymercementovou maltou. Po technologické přestávce se na povrch desek nanese vrstva polymercementové malty a do ní se vtačí skleněná síťovina a ta se překryje další vrstvou polymercementové malty o tloušťce 3 mm. Po jejím zaschnutí se provede finální nástřik tenkovrstvé omítky, např. EBARBET N - 20 ap.

Použijí-li se desky o tloušťce 50 mm, získá se přídavný tepelný odpor $R = 1,16$ m² K/W.

Vnitřní obklad PPS

Tento vnitřní obklad se provádí se sádkartonovou deskou. Skládá se z dřevěného roštu, desek PPS o tloušťce 30 mm, fólie z PVC nebo Al a sádkartonových desek o tloušťce 10 mm. Ty mohou být povrchově upraveny, např. tapetou.

Přídavný tepelný odpor je $R = 0,545$ m²K/W.

Obklad TIO

Tepelně izolační obklad TIO o rozměru 400 x 400 mm sestává z minerálně vláknitých desek Orsil 150 T o tloušťce 40 mm a z povrchové úpravy Monofas o tloušťce 2 až 3 mm. Obklad je připevňován polymercementovou maltou a spáry jsou tmaleny silikonovým tmelem.

Tepelný odpor je $R = 0,96 \text{ m}^2\text{K/W}$ za předpokladu, že hmotnostní vlhkost Orsilu $u_m \leq 1,0 \%$. Výrobce fa TIO Praha.

Dílec STAMO

Obvodový dílec STAMO spolu s dodatečným zateplením systémem K + T má složení:

- deska Cemvin 7 mm
- deska Cemvin 3,2 mm
- PE - fólie 0,1 mm
- plné bednění 20 mm
- Prefizol 70 mm
- systém zateplení K + T, který sestává z
 - = desek Orsil 60 mm
 - = armovací vrstvy na bázi polymercementu se skelnou tkaninou VERTEX
 - = omítky Monofas 3 mm.

Změřený tepelný odpor zatepleného dílce $R = 2,71 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Polyuretanový panel ISOL Kolín

Panel o tloušťce tepelné izolace z tvrdé polaurétanové pěny 60 mm je oboustranně opláštěván hliníkovým lakovaným plechem o tloušťce 0,6 mm.

Změřený tepelný odpor panelu $R = 2,93 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Systém Lignopor, ISOL Kolín

Komponenty systému

- zakládací lišty
- izolační desky Lignopor o tloušťce 25 a 55 mm
- stavební hmoždinky
- alkalicky odolná síť
- štuk
- břizolit, akrylátová omítka.

Změřený tepelný odpor $R = 0,61 \text{ m}^2\text{K/W}$, při Lignoporu 25 mm $R = 1,34 \text{ m}^2\text{K/W}$, při Lignoporu 55 mm.

Systém PERMAROCK

Systém dodatečné tepelné izolace PERMAROCK, fy SUPERCO Praha, má složení

- fungicidní nástřík na původní konstrukci
- lepicí a armovací tmel
- tepelná izolace z desek minerální plsti (Rockwool, Permarock, Orsil)
- armovací síťovina ze skelných vláken kotvená hmoždinkami
- jádrová malta
- pojící štuková malta
- nahazovaná keramika (Collux, Luxovit).

Systém se dodává včetně hliníkových profilů (rohových upevňovacích lišt, okenních parapetů, soklových a zakončovacích lišt)

Tepelný odpor při tloušťce Orsilu 50 mm + zdivo

$R = 1,669 \text{ m}^2\text{K/W}$ + cihelné zdivo 450 mm,

$R = 2,30 \text{ m}^2\text{K/W}$ + zdivo z pórobetonových tvárnic 300 mm.

Z přehledu dosud používaných stěnových konstrukcí je zřejmé, že tradiční druhy, tj. cihelné zdivo, včetně progresivních cihlařských výrobků, pórobetové zdivo, škvárobetové ap. nevyhovuje přísnějším požadavkům. Na požadované úrovni jsou už však nejposlednější cihelné tvarovky s počtem řad vzduchových dutin 21 a více. Vyhovující je i zdivo z keramzitbetonových tvarovek a poměrně nejsnadněji splňují i nejnáročnější tepelné technické požadavky panely na bázi dřeva, ve kterých je tepelná izolace nejčastěji z minerální vlny o tloušťce 100 až 150 mm. Totéž se týká i střešních konstrukcí, ve kterých je této izolace až 200 mm.

Pokud se tedy použije tradiční zdivo, pak se nutně musí kombinovat s některou výše popsanou tepelnou izolací nebo zateplovacím systémem.

Výše uvedené tepelné izolace a zateplovací systémy se používají i k dodatečnému tepelnému izolování RD. Dodatečné tepelné izolace je možno umístit na vnější nebo na vnitřní straně původní konstrukce.

Dodatečné izolování na vnější straně by mělo mít přednost před izolováním z vnitřní strany, protože z hlediska šíření tepla a vodní páry je výhodnější, neboť se tímto způsobem izolování odstraňují tepelné mosty, stavební konstrukce má novou ochrannou vrstvu proti atmosférickým vlivům. Původní konstrukce má obvykle také nosnou funkci, takže je i hmotnější než izolační vrstva.

Hmotnější vrstva na vnitřní straně konstrukce je výhodnější z hlediska tepelné akumulace proti shodnému umístění izolační vrstvy na vnitřní straně. Zvyšuje se tím tepelná stabilita místnosti. To vede k tomu, že místnost při přerušení vytápění chladne pomaleji než v případě umístění tepelné izolace na vnitřní straně konstrukce. Výhodou umístění tepelné izolace na vnější straně je také to, že zůstává zachována užitková plocha místnosti.

Nevýhodou dodatečného izolování na vnější straně proti izolování na vnější straně je obvykle větší pracnost a vyšší náklady a také to, že práce může provést mnohdy jen odborný podnik. Umístění tepelné izolace na vnitřní straně obvykle není tak nákladné, vnější fasáda zůstává zachována a tepelně izolační vrstva není vystavena účinkům atmosférickým vlivům. Při přerušovaném způsobu vytápění je doba zátoku kratší než při opačném způsobu uspořádání vrstev, což je výhodné u těch místností, které vytápěny a používány pravidelně. Nevýhodou je zmenšení užitkové plochy místnosti a zmenšení tepelné stability místnosti. Vážným nebezpečím je kondenzace vodní páry zejména na rozhraní izolační vrstvy a vlastní konstrukce. Proto je nutno zvýšit difúzní odpor povrchové vrstvy natolik, aby do konstrukce proudilo co nejméně vodní páry. Mnohdy je nutno upravovat nebo přemisťovat elektrické instalace, lišty, samozřejmě znovu malovat, tapetovat.

Půdní prostor RD má někdy prkennou podlahu se vzduchovými mezerami mezi nosnými trámy. Jestliže se prkna v určitých vzdálenostech odstraní, je možno vzduchové vrstvy vyplnit tepelně izolační hmotou, např. z minerálních, skelných podobných vláken a potom uvést podlahu do původního stavu. U jiných typů stropů pod půdním prostorem se hodí jako dodatečná izolace i sypké materiály.

Tepelně izolační schopnost stropní konstrukce nad sklepem se může zlepšit izolováním na spodní straně konstrukce, např. Lignoporem.

Při dodatečném izolování stavebních konstrukcí vyvolává největší potíže způsob připevnění izolační vrstvy k vlastní konstrukci. Připojovací prvky by neměly být kovové, protože jejich tepelná vodivost je velmi vysoká, čímž se výrazně zhoršují izolační vlastnosti stavebních konstrukcí. Výhodnější jsou z tohoto hlediska připojovací z plastů.

Pro zmenšení tepelných ztrát RD je žádoucí tepelně izolovat i stavební konstrukce spodní stavby, tj. stěny a podlahy sklepa, včetně podlahy na rostlé půdě a stěny pod terénem.

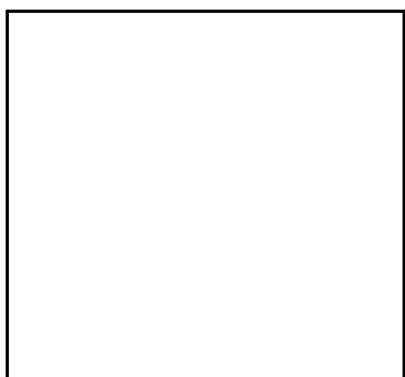
2.4. GEOMETRICKÉ PODMÍNKY

Tepelné ztráty jsou závislé na velikosti ochlazovaných ploch, tj. ploch stavebních konstrukcí, které oddělují danou místnost od prostředí s nižší teplotou vzduchu než se uvažuje v daných místnostech budovy. Čím jsou tyto plochy větší, tím jsou větší tepelné ztráty.

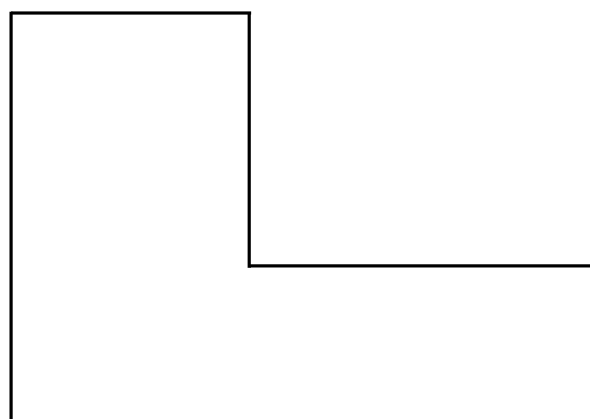
Patří sem nejen plochy vnějších stavebních konstrukcí, ale i plochy vnitřních stavebních konstrukcí, které oddělují dané místnosti od místností nevytápěných nebo vytápěných na nižší teplotu vzduchu než je teplota vzduchu v daných místnostech.

Velikost „ztrátových“ ploch je možno ovlivnit geometrickým a dispozičním řešením RD.

V této spojitosti se uvádějí příklady o poměru objemu a povrchu různých těles. Je známo, že při stejném objemu má nejmenší povrch koule, potom následuje krychle a dále pravouhlý rovnoběžnostěn.



Obr. 1



Obr. 2

Jednotkou pro porovnání velikosti plochy vnějších konstrukcí u různých budov může být 1 m² zastavěné plochy. Např. z porovnání budov o ploše na obr. 1 a o ploše ve tvaru L - obr. 2 - vycházejí tyto údaje: při zastavění ploše 180 m² je plocha vnějších konstrukcí v prvním případě 342 m² a ve druhém případě 396 m², tj. asi o 16 % větší než v prvním případě.

Tepelná ztráta RD závisí také na ploše vnitřních konstrukcí, které oddělují vytápěné místnosti od místností nevytápěných nebo vytápěných na nižší teplotu, než se uvažuje v dané místnosti. Z toho vyplývá, že je možno dosáhnout menších tepelných ztrát i vhodným dispozičním řešením prostorů RD, zejména ve vztahu vytápěných a nevytápěných prostorů. Platí pravidlo: vytápěné prostory mají k sobě přiléhat, tzn. že není vhodné řešení, ve kterém se střídají prostory vytápěné a nevytápěné.

Plochu vnějších stavebních konstrukcí lze zmenšit také tím, že se místo výstavby samostatných objektů přistoupí k výstavbě spojených objektů.

Uvažují-li se objekty ve tvaru krychle, pak při spojení dvou objektů se dosáhne zmenšení plochy vnějších stěn o 17 % ve srovnání s plochou vnějších stěn jednoho objektu, při spojení tří objektů je o 22 %, při spojení čtyř objektů o 25 % atd. Z uvedených čísel je vidět, že největšího efektu se dosáhne při spojení dvou objektů a že efekt se postupně zmenšuje, takže spojení objektů za sebou ve větším počtu než pět nebo šest nevede k výraznějšímu zmenšení plochy vnějšího pláště.