

VERGLEICH DER WÄRMETECHNISCHEN EIGENSCHAFTEN VON MINERALWOLLE UND ICYNENE®

Leiter der Untersuchung:
Doz. D.I. Miloš Kalousek, Ph.D.
Gerichtlich beeideter Sachverständiger für den Bereich Bauwesen, M-451/2004
Pod nemocnicí 3, 625 00 Brno, Tschechien

Brno – Juli 2009

VERGLEICH DER WÄRMETECHNISCHEN EIGENSCHAFTEN VON MINERALWOLLE UND ICYNENE®

Version: 1.0
Datum: 2.7. 2009

Auftraggeber: LIKO-S, a.s.
U Splavu 1419
68401 Slavkov u Brna
Tschechien
Steuer-Nr.: 607 34 795
UID-Nr.: CZ607 34 795

Auftragnehmer: Doz. D.I. Miloš Kalousek, Ph.D.
Gerichtlich beeideter Sachverständiger für den Bereich Bauwesen,
Zert. Nr. M-451/2004
ul. Pod nemocnicí 3, 625 00 Brno, Tschechien
UID-Nr. CZ 730 22 33 873
Tel.: +420 604 687 251

INHALT

- 1 Angaben zum Auftraggeber
- 2 Gegenstand des Gutachtens
- 3 Unterlagen zur Ausarbeitung des Gutachtens
- 4 Beschreibung der begutachteten Konstruktionen
- 5 Beurteilung nach Norm ČSN 730540-2:2007
- 6 Vergleich der notwendigen Dicke von Wärmeisolation nach Norm ČSN 730540-2:2007
- 7 Luftdurchlässigkeit, Nichtkompaktheit und Hygroskopizität von Mineralwolle und ICYNENE® nach Norm ČSN 730540-2:2007
- 8 Abschluss

1 Angaben zum Auftraggeber

Das Fachgutachten wurde am 12. 8. 2008 von D.I. Zuzana Pátková für die Firma LIKO-s, a.s. bestellt.

2 Gegenstand des Gutachtens

Gegenstand des Gutachtens ist der Vergleich der wärmetechnischen Eigenschaften von Mineralwolle und Isolierschaum ICYNENE® nach der Norm ČSN 730540 zum Wärmeschutz von Gebäuden.

3 Unterlagen zur Ausarbeitung des Gutachtens

Zur Ausarbeitung des Gutachtens wurden folgende Unterlagen herangezogen:

- Zeichnungsdokumentation, Details und Schnitte
- Aufbau der Baukonstruktionen
- ergänzende und zur Ausarbeitung des Gutachtens notwendige Informationen

4 Beschreibung der begutachteten Konstruktionen

Die begutachteten Konstruktionen sind Mantelkonstruktionen von Holzbauten, wo bei der Berechnung eine Erhöhung des Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten entsprechend der Umgebungsfeuchtigkeit und der Feuchtigkeit des eigentlichen Materials berücksichtigt wurde. Weiters auch entsprechend der üblichen Einbauweise d.s. die Erreichung einer Kompaktheit der Wärmeisolationsschicht sowie der Luftdichtigkeit der Schicht.

Die ausgewählten Aufbauten sind nach der geltenden und verbindlichen Norm ČSN 730540 für Wärmeschutz von Gebäuden zu begutachten.

5 Beurteilung nach Norm ČSN 730540-2:2007

Zur Begutachtung der wärmetechnischen Eigenschaften wurde die Norm ČSN 730540-2:2007 für „Wärmeschutz von Gebäuden“ zugrunde gelegt.

ČSN 730540 – Wärmeschutz von Gebäuden (2005, 2007)

- Teil 1 – Termini und Definitionen
- Teil 2 – Funktionsanforderungen
- Teil 3 – Berechnete Werte der Parameter für Entwurf und Überprüfung
- Teil 4 – Berechnungsmethoden für Entwurf und Überprüfung

Parameter:

Luftdurchlässigkeit, Nichtkompaktheit und Hygroskopizität der Wärmeisolierung nach Norm ČSN 730540-2:2007

- **Wärmedurchgang**
- **Wärmefaktor**
- **Jahresbilanz**

Zitat der Norm ČSN 730540-2:2002, 2005

5 Wärmeausbreitung durch die Konstruktion

5.1 Niedrigste innere Oberflächentemperatur der Konstruktion (Wärmefaktor)

5.1.1 Zur Winterzeit müssen die Konstruktionen nach 4.8 in Räumen mit relativer Feuchtigkeit der Innenluft $\varphi_i \leq 60\%$ an jeder Stelle eine innere Oberflächentemperatur Θ_{si} , in °C, ausweisen, nach der Formel:

$$\Theta_{si} \geq \Theta_{si, N} \quad (1)$$

wobei $\Theta_{si, N}$ der erforderliche Wert der niedrigsten inneren Oberflächentemperatur ist, in °C, festgelegt nach der Formel:

$$\Theta_{si, N} = \Theta_{si, cr} + \Delta\Theta_{si} \quad (2)$$

$\Theta_{si, cr}$ ist die kritische Oberflächentemperatur, in °C, bei der die Innenluft mit der entworfenen Temperatur Θ_{ai} und der entworfenen relativen Feuchtigkeit φ_i nach ČSN 730540-3 und ČSN 730540-4 die kritische Oberflächenfeuchtigkeit $\varphi_{si, cr}$ erreichen würde. Die Werte der kritischen Oberflächentemperaturen $\Theta_{si, cr}$ für die erforderlichen kritischen Oberflächenfeuchten $\varphi_{si, cr}$ in der Höhe von 80% und 100% sind in den Tabellen in ČSN 730540-3 zu finden, der Berechnungsvorgang zu ihrer Festlegung in ČSN 730540-4. Für die kritische Oberflächenfeuchtigkeit $\varphi_{si, cr} = 100\%$ ist die kritische Oberflächentemperatur $\Theta_{si, cr}$ die Temperatur des Taupunkts Θ_w ;

$\varphi_{si, cr}$ die kritische Oberflächenfeuchtigkeit, in %, ist die relative Luftfeuchtigkeit unmittelbar an der inneren Oberfläche der Konstruktion, die für die gegebene Konstruktion nicht überschritten werden darf. Für Baukonstruktionen nach 4.7 beträgt die kritische Oberflächenfeuchtigkeit $\varphi_{si, cr} = 80\%$. Für die Bauöffnungsfüllung nach 4.6 beträgt die kritische Oberflächenfeuchtigkeit $\varphi_{si, cr} = 100\%$;

φ_i ist die entworfene relative Feuchtigkeit der Innenluft, in %, festgelegt für Gebäude oder deren integrierter Teil zur erforderlichen Nutzung nach ČSN 730540-3. Außer den Räumen mit Feucht- oder Nassbetrieb wird $\varphi_i = 50\%$ angesehen;

Θ_{ai} ist die entworfene Temperatur der Innenluft, in °C, festgelegt für Gebäude oder deren integrierter Teil zur erforderlichen Nutzung nach ČSN 730540-3;

$\Delta\Theta_{si}$ ist der Sicherheitstemperaturzuschlag, in °C, unter Berücksichtigung der Beheizungsart des Innenraums sowie der thermischen Trägheit der Konstruktion nach 4.8, wie er für Baukonstruktionen nach 4.7 in der Tabelle 1 und zur Bauöffnungsfüllung nach 4.6 in der Tabelle 2 festgelegt ist.

Tabelle 1

Erforderliche Werte des Sicherheitstemperaturzuschlags $\Delta\Theta_{si}$ für Baukonstruktionen nach 4.7 und 4.5		
Art der Beheizung	Baukonstruktion nach 4.7 und 4.5	
	Schwer	Leicht
	Sicherheitwärmeschlag $\Delta\Theta_{si}$ (°C)	
Ununterbrochen	0	0,5
Gedämpft mit Senkung der Endtemperatur $\Theta_r \leq 7^\circ\text{C}$	0,5	1,0
Unterbrochen mit Senkung der Endtemperatur $\Theta_r \geq 7^\circ\text{C}$	1,0	1,5

Tabelle 2

Erforderliche Werte des Sicherheitstemperaturzuschlags $\Delta\Theta_{si}$ zur Bauöffnungsfüllung nach 4.6		
Art der Beheizung	Heizkörper unter ausgefüllten Bauöffnungen nach 4.6	
	Ja	Nein
	Sicherheitstemperaturzuschlag $\Delta\Theta_{si}$ (°C)	
Ununterbrochen	-1,0	0
Gedämpft mit Senkung der Endtemperatur $\Theta_r \leq 7^\circ\text{C}$	-0,5	0,5
Unterbrochen mit Senkung der Endtemperatur $\Theta_r \geq 7^\circ\text{C}$	0	1,0

Anmerkungen:

1 Die Innere Oberflächentemperatur Θ_{si} bestimmt sich üblicherweise durch die Lösung des Wärmefeldes für kritische Details der Baukonstruktionen, welche z.B. Wärmebrücken in der Baukonstruktion und Wärmebindungen zwischen den Baukonstruktionen wie z.B. Fensterleibung in der Nähe der Ecke, unter dem Dach usw., darstellen. Es wird stets die niedrigste der ermittelten Temperaturen überprüft. An der Verbindungsstelle mehrerer Konstruktionen werden die höheren der für die jeweilige Konstruktion festgelegten Sicherheitszuschläge $\Delta\Theta_{si}$ angesehen.

2 Die Erfüllung der Anforderung nach 5.1.1 ist die Vermeidung von Schimmelbildung und von Risiken der Oberflächenkondensation.

3 Der Widerstand beim Wärmeübergang an der inneren Seite R_{si} wird nach ČSN EN ISO 13788 für die äußere Bauöffnungsfüllung mit dem Wert $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ angesehen, für die anderen inneren Konstruktionsoberflächen mit einem erhöhten Wert von $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$.

4 Die Anforderung an die Bauöffnungsfüllung bezieht sich sowohl auf Rahmen als auch auf die Ausfüllung dazwischen. Sofern sich auf die Bauöffnungsfüllung etwaige Anforderungen anderer Normen beziehen, kommt immer die strengere der Anforderungen zur Geltung.

5 Großflächige Boden- oder Wandheizung mit Tieftemperaturen, Strahlungsheizung oder lokale Heizung, die von den äußeren Bauöffnungsfüllungen entfernt sind, erhöhen in der Regel das Risiko der Schwitzwasserbildung äußerer Bauöffnungsfüllungen an der inneren Oberfläche. Das Beheizen mit Heizkörpern unter äußeren Bauöffnungsfüllungen garantiert eine höhere Sicherheit, denn es bewirkt eine lokale Erhöhung der Temperatur der Innenluft an der äußeren Bauöffnungsfüllung. Dies wird durch die Sicherheitswärmeschläge in der Tabelle 2 berücksichtigt.

6 Zum Beispiel für Wohnräume mit einer Innenluft von $\Theta_{ai} = 21^\circ\text{C}$ und $\varphi_i = 50 \%$ ist die kritische Oberflächentemperatur der Baukonstruktion $\Theta_{si, cr} = 13,6^\circ\text{C}$ und die kritische Oberflächentemperatur der äußeren Bauöffnungsfüllung $\Theta_{si, cr} = 10,2^\circ\text{C}$.

5.1.2 Sofern bei einer Änderung eines fertiggestellten Gebäudes bei der Konstruktion in Räumen mit einer relativen Feuchtigkeit der Innenluft $\varphi_i \leq 60 \%$ in der Winterzeit die Anforderung nach 5.1.1. nicht erfüllt werden können, ist in zu begründenden Ausnahmefällen ein Wert nach 5.1.3 zugelassen.

5.1.3 Konstruktionen, die in Räumen mit einer relativen Feuchtigkeit der Innenluft $\varphi_i > 60 \%$ in der Winterzeit die Anforderung nach 5.1.1 nicht erfüllen, müssen bei der Erfüllung der Anforderung nach 5.2 eine fehlerfreie Funktion der Konstruktion bei der Oberflächenkondensation sowie einen Ausschluss von ungünstigen Wirkungen des Kondensats auf die angebundene Konstruktion gewährleisten, z.B. auch den Abfluss des Kondensats garantieren.

5.1.4 Bei der Baukonstruktion mit offener Luftschicht muss ein Teil der Konstruktion von der offenen Luftschicht zur äußeren Umgebung in der Winterzeit eine innere Oberflächentemperatur Θ_{si} , in °C, nach der Formel (1) aufweisen, wobei der erforderliche Wert der niedrigsten inneren Oberflächentemperatur $\Theta_{si,N}$ nach der Formel (2) für die kritische relative Feuchtigkeit $\varphi_{si,cr} = 90 \%$ und für den Sicherheitswärmeezuschlag $\Delta\Theta_{si} = 0,5 \text{ °C}$ festgelegt wird.

ANMERKUNG: Die kritische Stelle zur Beurteilung nach 5.1.4 ist üblicherweise das Ende der offenen Luftschicht.

5.2 Wärmedurchgangskoeffizient

5.2.1 Die Konstruktion nach 4.8 von beheizten oder klimatisierten Gebäuden muss in Räumen mit einer relativen Feuchtigkeit der Innenluft $\varphi_i \leq 60 \%$ einen derartigen Wärmedurchgangskoeffizienten U , in $W/(m^2 \cdot K)$ aufweisen, damit er die Bedingung erfüllt:

$$U \leq U_N \quad (3)$$

wo U_N der erforderliche Wert des Wärmedurchgangskoeffizienten ist, in $W/(m^2 \cdot K)$.

Die Erfüllung der Bedingungen der Formel (3) für den empfohlenen Wert U_N ist geeignet für Energiesparhäuser. Der erforderliche und empfohlene Wert U_N wird festgelegt:

a) für Gebäude mit überwiegend entworfener Innentemperatur $\Theta_{im} = 20 \text{ °C}$ nach Tabelle 3.

Die überwiegend entworfene Innentemperatur Θ_{im} , in °C, entspricht der entworfenen Innentemperatur Θ_i im überwiegenden Teil der Räume im Gebäude. Zu Gebäuden mit überwiegend entworfener Innentemperatur $\Theta_{im} = 20 \text{ °C}$, für die die Tabelle 3 zur Geltung kommt, werden alle Wohngebäude (Nicht-Produktions-, aber Wohngebäude), Zivilgebäude (Nichtproduktions- und Nichtwohngebäude) mit überwiegend langfristigem Aufenthalt von Personen (Schul-, Büro-, Beherbergung-, öffentliche Verwaltungs-, Verpflegungs- und die meisten Gesundheitsgebäude) sowie alle sonstigen Gebäude gezählt, sofern die überwiegend entworfene Innentemperatur Θ_{im} im Intervall von 18 °C bis 24 °C inkl. liegt.

b) für sonstige Gebäude nach der Formel:

$$U_N = \frac{q_k \cdot e_1 \cdot e_2}{b_1 \cdot \Delta\Theta_{ie}}$$

wobei

q_k die charakteristische Wärmestromdichte der Konstruktion ist, in W/m^2 ; zur Festlegung der erforderlichen Werte des Wärmedurchgangskoeffizienten ist $q_k = 13,30 \text{ W/m}^2$, zur Festlegung der empfohlenen Werte des Wärmedurchgangskoeffizienten ist $q_k = 8,90 \text{ W/m}^2$;

e_1 Gebäudetypkoeffizient, ermittelt nach der Formel: $e_1 = 20 / \Theta_{im}$ (5)

e_2 Konstruktionstypkoeffizient, der sich aus Tabelle 3 ermittelt;

b_1 Wärmereduktionskoeffizient, der sich aus Tabelle 3 ermittelt;

$\Delta\Theta_{ie}$ die grundlegende Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenumgebung, in °C, ermittelt aus der Formel: $\Delta\Theta_{ie} = \Delta\Theta_{im} - \Theta_e$ (6)

Θ_e die entworfene Außentemperatur nach ČSN 73 0540-3, in °C, die als entworfene Temperatur der Außenluft ermittelt wird;

Die erforderlichen und empfohlenen Werte U_N aus der Formel (4) werden bis zum Wert 0,4 auf Hundertstel, ab dem Wert 0,4 inkl. bis zum Wert 2,0 auf 5 Hundertstel und über dem Wert 2,0 inkl. auf Zehntel aufgerundet.

Tabelle 3

Die erforderlichen und empfohlenen Werte des Wärmedurchgangskoeffizienten U_N für Gebäude mit überwiegender entworfener Innentemperatur $\Theta_{im} = 20$ °C.

Beschreibung der Konstruktion	Konstruktionstyp	Erforderliche Werte U_N	Empfohlene Werte U_N	Konstruktionstyp-Koeffizient e_2 [-]	Wärmekonstruktions-Koeffizient B_1 [-]
		[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]		
Flach- und Schrägdache mit Neigung bis 45° inkl. Boden über dem Außenraum Decke unter nichtbeheiztem Dachboden mit Dach ohne Wärmeisolierung Boden und Wand mit Beheizung	leicht	0,24	0,16	0,8	1,25
	schwer	0,30	0,20	0,8	1,00
Außenwand Steile Wand mit Neigung über 45°	leicht	0,30	0,20	1,0	1,25
	schwer	0,38	0,25	1,0	1,00
Boden und Wand anliegend zum Erdboden (mit Ausnahme nach Anm. 2) Decke und Wand innen aus dem beheizten zum unbeheizten Raum		0,60	0,40	0,8	0,49
Decke und Wand innen aus dem beheizten zum teilweise beheizten Raum		0,75	0,50	0,8	0,40
Wand zwischen den Nachbargebäuden Decke zwischen den Räumen mit Temperaturunterschied bis zu 10 °C inkl.		1,05	0,70	0,8	0,29
Wand zwischen den Räumen mit Temperaturunterschied bis zu 10 °C inkl.		1,30	0,90	1,0	0,29
Decke innen zwischen d. Räumen mit Temperaturunterschied bis 5 °C inkl.		2,2	1,45	0,8	0,14
Wand innen zwischen d. Räumen mit Temperaturunterschied bis 5 °C inkl.		2,7	1,80	1,0	0,14
Fenster und anderen Bauöffnungsfüllungen nach 4.6, aus beheiztem Raum (inkl. Rahmen, der max. 2,0 W/(m ² ·K) hat)	neu	1,70	1,20	5,5	1,15
	renoviert	2,0	1,35	6,0	1,15
Türen, Tore und andere Bauöffnungsfüllungen nach 4.6, aus teilweise beheiztem oder unbeheiztem Raum des beheizten Gebäudes (inkl. Rahmen)		3,5	2,3	6,0	0,66

Anmerkung: Die Tabelle 3 entspricht der Formel (4) für die überwiegende entworfene Temperatur der äußeren Luft $\Theta_e = -15$ °C und für die überwiegende entworfenen Innentemperatur $\Theta_{im} = 20$ °C.

2 Für an den Erdboden anliegende Konstruktionen bis zu einer Distanz von 1 m von dem Erdbodenrand und der inneren Luft an der äußeren Oberfläche der Konstruktion (gemessen entlang der Systemgrenze des Gebäudes – siehe Abb. 1) kommen die erforderlichen Werte für äußere Wände zur Geltung, in weiteren

Entfernungen gelten jene erforderlichen Werte, die für Böden und am Erdboden anliegende Wände angeführt bzw. festgelegt wurden.

3 Bei gezielter Ausnutzung von Sonnenenergie, Wärme-Rekuperation oder elektrischer Energie zum Beheizen und bei der Planung von Niedrigenergiehäusern ist es günstig, 2/3 der empfohlenen Werte zu erreichen.

4. Der Wärmedurchgangskoeffizient U entspricht der durchschnittlichen inneren Oberflächentemperatur Θ_{sim} der verfolgten Konstruktion; er beinhaltet also den Einfluss der in der Konstruktion enthaltenen Wärmebrücken (siehe ČSN 73 0540-4). Der Einfluss der Wärmebrücken in der Konstruktion ist vernachlässigbar, sofern deren Gesamtwirkung kleiner ist als die Reihe der Aufrundungen der erforderlichen Werte zur technischen Anforderung.

5. Der Wärmedurchgangskoeffizient U der Bauöffnungsfüllung wird einschließlich des Einflusses der Rahmen und Wärmebrücken zwischen den Rahmen und deren Ausfüllungen nach ČSN EN ISO 10077-1 und ČSN EN ISO 10077-2 festgelegt, oder nach EN ISO 12567-1 und EN ISO 12567-2.

6. Die Einhaltung der Anforderungen zur Bauöffnungsfüllung wird mit den entworfenen Werten nachwiesen, die ohne 15% Zuschlag für die geringe thermische Trägheit festgelegt wird (wird erst bei der Berechnung des Energieverbrauchs berücksichtigt).

7. Bei Planung und Überprüfung der Konstruktion ist es günstig, die erwarteten Änderungen bei der Nutzung im Verlauf der Lebensdauer des Gebäudes in Betracht zu ziehen.

8. Bei Gebäuden mit abweichenden Beheizungszone im Sinne von ČSN EN 832 werden die Anforderungen für jede Beheizungszone eigens nach den überwiegenden entworfenen inneren Temperaturen der Beheizungszone festgelegt.

9. Beheizte Nachbarwohnungen werden als Räume mit einem Temperaturunterschied von bis zu 10°C inkl. angesehen, temperierte Nachbarwohnungen und Betriebsstätten werden als teilweise beheizte Räume angesehen und gelegentlich beheizte Nachbarwohnungen und Betriebsstätten werden als nichtbeheizte Räume nach Tabelle 3 angesehen.

10. Ist unter der Bauöffnungsfüllung kein Heizkörper, dann wird für die Bauöffnungsfüllung empfohlen, die erforderlichen Werte U_N zu senken (siehe auch 5.1.1).

11. Bei der Durchführung von Änderungen der genutzten Gebäude in der Winterzeit (z.B. Aufstockung, An- und Zubauten) ist es notwendig, den Wärmeschutz auch der gegenwärtig abgekühlten Konstruktion derart zu gewährleisten, damit es nicht zu Schäden und Mängeln kommen kann.

c) Der erforderliche Wert des Wärmedurchgangskoeffizienten U_N , wie in der Tabelle 3 oder in der Formel (4) festgelegt, kann bis 31.12.2004 bei Einschichtwänden bei Außenwänden auf 0,46 W/(m²·K) und bis 31.12.2003 bei neuen Fenstern auf 2,0 W/(m²·K) erhöht werden.

Temperatur der inneren Luft $\Theta_{ai} = 21$ °C (50 %)

Temperatur der äußeren Luft für Brno $\Theta_e = -15$ °C (48 %)

6 Vergleich der notwendigen Dicke von Wärmeisolation nach Norm ČSN 730540-2:2007

Zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten wurde die Norm ČSN 730540 angewendet – Tab. 1

Tab. 1 Dicke der Wärmeisolation ICYNENE® und Mineralwolle für die jeweiligen Standards (für 50% relativer Feuchtigkeit der inneren Luft)

Normdicke der Isolation (mm)	Wand			Dach		
	U_N W/(m ² ·K)	ICYNENE®	MW	U_N W/(m ² ·K)	ICYNENE®	MW
Erforderlich	0,30	120	160	0,24	150	200
Niederenergetisch	0,20	200	270	0,16	260	320
Passivhaus	0,15	250	330	0,12	320	400

7 Luftdurchlässigkeit, Nichtkompaktheit und Hygroskopizität von Mineralwolle und ICYNENE® nach Norm ČSN 730540-2:2007

Bei Berechnung der Luftdurchlässigkeit kann sich der Wärmewiderstand der Konstruktion mit Mineralwolle um bis zu 50 % nach der Intensität der Luftströmung (des Windes) und nach der Qualität der Windhindernisse verschlechtern.

Bei der Einrechnung des Einflusses der erhöhten Feuchtigkeit der inneren Luft 50 % und 70 % auf den Wärmeleitungskoeffizienten kann eine Verschlechterung von 36 bis 57 % eintreten.

Wert für gängige Mineralwolle **λ (W.m⁻¹K⁻¹)**
 Deklarierter Wert (Laborwert) 0,038
 Berechneter Wert auf Basis der Koeffizienten zu den Wirkungsbedingungen (50 %) 0,052
 Berechneter Wert auf Basis der Koeffizienten zu den Wirkungsbedingungen (70 %) 0,060
 Bei Einrechnung:
 Relative Feuchtigkeit der inneren Luft im Wohnraum 50 %, Badezimmer 70 %
 Feuchtigkeitskoeffizient des Materials Z_u (0,075) nach ČSN 730540-3
 Gewichtsfeuchtigkeit $u_{23/80} = 2$ %
 Materialkoeffizient Z_2 (2)

Wert für ICYNENE® **λ (W.m⁻¹K⁻¹)**
 Deklarierter Wert (Laborwert) 0,038
 Berechneter Wert auf Basis der Koeffizienten zu den Wirkungsbedingungen (50 %) 0,039
 Berechneter Wert auf Basis der Koeffizienten zu den Wirkungsbedingungen (70 %) 0,041
 Bei Einrechnung:
 Relative Feuchtigkeit der inneren Luft im Wohnraum 50 %, Badezimmer 70 %
 Feuchtigkeitskoeffizient des Materials Z_u (0,005) nach ČSN 730540-3
 Gewichtsfeuchtigkeit $u_{23/80} = 1$ %
 Materialkoeffizient Z_2 (2)

Bei Einrechnung 1%, 2%, 5% und 10% der Nichtkompaktheit beim Füllen oder Absetzen mit Mineralwolle (Dicke 160 mm) . D.i. statt Wolle ist in den Poren Luft, die strömt. Im Falle der Isolierung ICYNENE® kommt es zur Ausfüllung im gesamten Umfang.

Wert für gängige Mineralwolle **λ (W.m⁻²K⁻¹)**

Berechneter Wert (Wirkungsbedingungen 50 %) unausgefüllt 0 %	0,30
Berechneter Wert (Wirkungsbedingungen 50 %) unausgefüllt 1 %	0,33
Berechneter Wert (Wirkungsbedingungen 50 %) unausgefüllt 2 %	0,36
Berechneter Wert (Wirkungsbedingungen 50 %) unausgefüllt 10 %	0,57

Bei 10 % Nichtausfüllung oder Absetzung mit Mineralwolle kann es zu einer Verschlechterung des Wärmedurchgangskoeffizienten um bis zu 90 % kommen.

Tab. 2 Dicke der Wärmeisolation ICYNENE® und Mineralwolle für die jeweiligen Standards
 Bei Einrechnung der Nichtkompaktheit der Wärmeisolierung MW 2%

Normdicke der Isolation (mm)	Wand			Dach		
	U_N W/(m ² ·K)	ICYNENE®	MW	U_N W/(m ² ·K)	ICYNENE®	MW
Erforderlich	0,30	120	190	0,24	150	240
Niederenergetisch	0,20	200	320	0,16	260	380
Passivhaus	0,15	250	390	0,12	320	480

Tab. 3 Dicke der Wärmeisolation ICYNENE® und Mineralwolle für die jeweiligen Standards
 Bei Einrechnung der Nichtkompaktheit der Wärmeisolierung MW 5%

Normdicke der Isolation (mm)	Wand			Dach		
	U_N W/(m ² ·K)	ICYNENE®	MW	U_N W/(m ² ·K)	ICYNENE®	MW
Erforderlich	0,30	120	230	0,24	150	290
Niederenergetisch	0,20	200	360	0,16	260	430
Passivhaus	0,15	250	430	0,12	320	530

Aus der oben angeführten Berechnung ist offensichtlich, dass die Umgebungsbedingungen der Konstruktion (Wärmeisolierung) die wärmetechnischen Eigenschaften in bedeutsamer Weise beeinflussen. Der Isolierschaum ICYNENE® ist kaum hygroskopisch und daher kommt es zu keiner Änderung seiner Eigenschaften im Vergleich zur gängigen Mineralwolle, bei der sich die Wärmeleitfähigkeit bei höherer relativer Luftfeuchtigkeit und auch bei höherer Feuchtigkeit des eigentlichen Materials in bedeutendem Ausmaß ändert. Auch bei Nichteinhaltung der Anforderungen an die Kompaktheit der Schichten in der Konstruktion kommt es zur Luftströmung und einer Steigerung der Wärmeabwanderung.

Zur Beurteilung der wärmetechnischen Eigenschaften wurde die Norm ČSN 730540-2:2007 zugrunde gelegt.

Brünn, den 2.7. 2009

Doz. Ing. Miloš Kalousek, Ph.D.
Gerichtlich beeideter Sachverständiger
für den Bereich Bauwesen