

VÝVOJ DUTINOVÉHO ZDIVA

DEVELOPMENT PERFORATED BRICK

Petr, Vedra¹

Abstract

This article deal with time development ceramic bricks in construction of structural building and evaluation of particular ceramic elements from standpoint of material characteristic.

Keywords

Masonry, constuction, perforated brick

1 CO JE TO ZDIVO

Definice zdiva podle EN 1996-1-1 Navrhování zděných konstrukcí (Eurokód 6) zní: „**Zdivo je seskupení zdicích prvků uložených podle stanoveného uspořádání a spojených maltou.**“

Zdivo (a tudíž jeho jednotlivé komponenty) musí splňovat tyto základní požadavky:

- bezpečnost;
- trvanlivost a rozměrovou stálost;
- požární odolnost;
- tepelnou ochranu a akumulační schopnost;
- ochranu proti hluku;
- zdravotní nezávadnost;
- schopnost propouštět vzdušnou vlhkost apod.

K zajištění těchto požadavků musí společnou měrou přispět i jednotlivé komponenty zdiva – zdicí prvky, malty pro zdění a omítky. Velký vliv na konečné vlastnosti zdiva má však pečlivost a způsob jeho provedení.

2 VÝVOJ OBVODOVÝCH STĚN OBYTNÝCH BUDOV V ČR

Vývoj obvodových stěn obytných budov charakterizuje jejich konstrukční a materiálové řešení, kterému pak odpovídají v určité toleranci tepelně technické vlastnosti. Zmíněná tolerance je dána nevyvážeností výroby stavebních hmot (zejména různé objemové hmotnosti a složení lehkých betonů) a různou úrovní technologických tolerancí a technologické kázně při výrobě obvodových panelů, resp. při zdění obvodových stěn.

2.1 Konstrukční a materiálové řešení obvodových stěn

V jednotlivých časových etapách výstavby, se používaly neprůsvitné obvodové stěny charakteristické svým materiálovým a konstrukčním řešením. Přehled nejrozšířenějších druhů neprůsvitných obvodových stěn je pro tyto etapy uveden v tabulce 1.

Tab. 1 – Nejrozšířenější druhy neprůsvitných obvodových konstrukcí (skladby uváděny zevnitř ven)

do roku 1920	nepanelová výstavba
	zdivo z plných pálených cihel - 0,30/0,45/0,60 m smíšené zdivo (kámen.cihla) - 0,60 m
	vepřovice
1921-1945	panelová výstavba
	-
	panelová výstavba
1921-1945	nepanelová výstavba
	zdivo z plných pálených cihel - 0,30/0,45/0,60 m
	panelová výstavba
	-

¹ Petr Vedra, Ing., VUT Brno, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství, Veveří 95, 60200 Brno, email: vedpet@email.cz

- 1946-1960** nepanelová výstavba
zdivo z plných pálených cihel - 0,30/0,45/0,60 m
zdivo z příčně děrovaných cihel CDm - 0,375 m
zdivo z cihelných kvádrů - 0,45/0,375 m
zdivo ze škvárobetonových prvků (bloků) - 0,375 m
zdivo ze struskobetonových prvků (bloků) - 0,375 m
panelová výstavba jednovrstvé panely
struskopemzobeton - 0,17/0,21 m
keramický panel - 0,21 m
plynosilikát - 0,24 m
vrstvené panely
silíkork+škvárobeton+železobeton - 0,06+0,10+0,02 m
pazderobeton+škvárobeton+železobeton - 0,06+0,10+0,02 m 0,06+0,14+0,02 m
pazderobeton+železobeton - 0,085+0,14 m
železobeton+močovinoformaldehydová pryskyřice+železobeton - 0,13+0,06+0,05 m
železobeton+pěnové sklo+železobeton - 0,13+0,07+0,04 m
- 1961-1980** nepanelová výstavba
zdivo z porobetonových tvárnic - 0,30 m
zdivo z plných pálených cihel - 0,45/0,60 m
zdivo z plných pálených cihel - 0,45/0,60 m
zdivo z tvarovek z lehkého betonu - 0,375 m
zdivo z tvarovek z křemeliny - 0,25 m
zdivo z příčně děrovaných cihelných kvádrů CDK - 0,375 m, CD TÝN - 0,30 m
panelová výstavba
jednovrstvé panely
křemelina - 0,20 m
keramický panel - 0,27/0,29/0,35 m (tvarovky Thermo, CDK, CDKL, ochranné lícní vrstvy z betonu)
keramzitbeton - 0,27/0,30 m
struskokeramzitbeton - 0,30/0,34 m
struskopemzobeton - 0,30 mm
expandokeramzitbeton - 0,26 m
pórobeton - 0,25/0,30 m
vrstvené panely
keramický panel dvouvrstvý - 0,30 m (tvarovky CPDK, vnitřní betonová vrstva)
keramický panel dvouvrstvý - 0,30 m (tvarovky CPDK, vnitřní betonová vrstva)
železobeton + pěnový polystyren + železobeton
železobeton + miner. vlákna + železobeton - 0,15 + 0,07 + 0,07 m
železobeton + plynosilikát + železobeton - 0,04 + 0,150 až 0,175 + 0,025 m
železobeton + vzduchová mezera + keramzitbeton 0,15 + 0,015 + 0,23m
železobeton + vzduchová mezera + křemelina 0,15 + 0,005 + 0,20m
železobeton + vzduchová mezera + pórobeton 0,15 + 0,005 + 0,25 m
dřevotříška + vláknitý izolant(Rotaflex) /dřevo + DVDT + vzduchová vrstva + sklo nebo plech - 0,015 + 0,043 až 0,063 + 0,0035až0,005 + 0,025 + 0,004 m
- 1981-1994** nepanelová výstavba
zdivo z porobetonových tvárnic - 0,30 m
zdivo z příčně děrovaných cihel (INA) - 0,375 m (IVA) - 0,450 m
porovinové cihelné tvarovky typu THERM - 0,375 m
panelová výstavba
jednovrstvé panely
keramzitbeton - 0,32 m
keramické panely - 0,35 m
vrstvené panely
železobeton + pěnový polystyren + železobeton
dřevotříška + PE folie + vláknitý izolant (Rotaflex)/dřevo + DVDT + vzduchová vrstva + sklo/dřevo - 0,015 + 0,0001 + 0,080až0,10 + 0,0035až0,005 + 0,025 + 0,004až0,02 m
železobeton + vzduchová mezera + keramzitbeton - 0,15 + 0,015 + 0,32 m
- Po roce 1994** **zdivo z porovinových cihelných tvarovek typu THERM - 0,375 m**
zdivo z porobetonových tvárnic - 0,30 m

3 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY EN 771-1

Evropská norma EN 771-1 Specifikace zdicích prvků – Část 1: Pálené zdicí prvky včetně ZMĚNY A1 stanovuje, které vlastnosti a funkční požadavky na tyto vlastnosti cihlářských výrobků určených ke zhotovování zděných stěnových konstrukcí (režného a omítaného zdiva, nosných a nenosných zděných konstrukcí, včetně vnitřních obkladů a příček v pozemních a inženýrských stavbách) se hodnotí.

Evropská norma EN 771-1 rozlišuje dvě skupiny pálených zdicích prvků:

1. skupinu prvků LD, což jsou pálené zdicí prvky s objemovou hmotností v suchém stavu nejvýše 1 000 kg·m⁻³ určené pro použití v chráněném zdivu;
2. skupinu prvků HD, k nimž patří:
 - a) všechny pálené zdicí prvky určené pro použití v nechráněném zdivu,
 - b) pálené zdicí prvky s objemovou hmotností v suchém stavu vyšší než 1000 kg·m⁻³ určené pro použití v chráněném zdivu.

Tato evropská norma zahrnuje též pálené zdicí prvky, které mají tvar nepravidelného hranolu. Dále definuje, podle jakých zkušebních norem se stanovují posuzované vlastnosti a obsahuje požadavek na značení výrobků.

V České republice se vyrábějí tyto druhy zdicích prvků:

- cihly plné - CP
- cihly odlehčené - CO
- pálené příčkovky - Pk - pro panelovou výstavbu
- pro tradiční výstavbu
- cihly lícové - plné CIP
- dělivky CIPd
- děrované CID
- cihly pro režné zdivo - plné CPR
- odlehčené COR
- děrované CDR
- cihly typu THERM - s kapsou pro maltu ve styčné spáře
- se zazubenou styčnou spárou P+D
- cihly typu AKU - s plně promaltovanými styčnými spárami
- s kapsou/kapsami pro maltu ve styčné spáře
- se zazubenou styčnou spárou
- pro vylévání cementovou maltou nebo betonem
- cihly superizolační typu THERM - Si, STI
cihly broušené - CB, SB

3.1 Pevnost v tlaku prvků LD a HD

Výrobce musí deklarovat průměrnou pevnost prvků v tlaku. Touto pevností může být libovolná hodnota pevnosti, doporučuje se však používat třídy pevnosti v tlaku podle stávajícího klasifikačního systému (viz tabulka 6-1). Kromě toho v případě potřeby musí výrobce deklarovat normalizovanou pevnost prvků v tlaku. Ustanovení pro přepočítání pevnosti páleného zdicího prvku v tlaku na normalizovanou pevnost v tlaku obsahuje norma EN 772-1. Výrobce musí rovněž deklarovat, že jednotlivé hodnoty pevnosti v tlaku zdicích prvků odebraných z dodávky nejsou menší než 0,8násobek deklarované pevnosti v tlaku. Výrobce může kromě toho informovat, do jaké míry deklarovaná pevnost v tlaku prvků je v souladu s národním klasifikačním systémem. Dále musí výrobce deklarovat, zda pálený zdicí prvek náleží do kategorie I nebo do kategorie II. Požadavky na pevnost v tlaku nemusí podle EN 771-1 být v celém rozsahu aplikovány na pálené zdicí prvky zvláštních tvarů a na doplňkové pálené zdicí prvky. Tab. 6-1 Třídy pevnosti podle národní přílohy NA k EN 771-1. Jestliže se vzorky pálených zdicích prvků odebírají z dodávky podle Přílohy A EN 771-1 a zkouší se podle EN 772-1 s úpravou tlačných ploch podle 7.2.4 EN 772-1 a kondicionují se (připravují pro zkoušku) podle 7.3.2 EN 772-1, nesmí průměrná pevnost v tlaku stanoveného počtu pálených zdicích prvků pocházejících z dodávky být menší než deklarovaná pevnost v tlaku. [2]

Tab. 2 Pevnosti dle tříd

Pevnostní značka cihel	Pevnost v tlaku [Mpa]	
	průměrná	jednotlivá
P2	2	1,6
P3	4	3,2
P6	6	4,8
P8	8	6,4
P10	10	8,0
P15	15	12,0
P20	20	16,0
P25	25	20,0
P30	30	24,0
P35	35	28,0
P40	40	32,0

4 VÝVOJ TEPELNĚ TECHNICKÝCH POŽADAVKŮ

Vývoj tepelně technických požadavků na vnější stěny a energetických požadavků na celé budovy je zachycen ve změnách závazných technických předpisů, kterými převážně byly ČSN. Termíny revizí tepelně technických norem tedy byly i dobou změn požadavků, na které více či méně správně reagovalo projektové řešení konstrukcí a budov.

4.1 Požadavky před rokem 1963

Až do roku 1961 platila ČSN 1450 pro výpočet tepelných ztrát a s tím související část navrhování tepelně technických vlastností. Od roku 1955 se pro navrhování tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí používala také ČSN 73 0020 Obytné budovy (čl. 173-179). Tepelně izolační kvalita stavebních konstrukcí se vyjadřovala rovnocennou (ekvivalentní) tloušťkou cihelného zdiva. Pro vnější stěny byl požadován součinitel prostupu tepla $kN = 1,2 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}) = 1,396 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, čemuž odpovídá požadovaný tepelný odpor konstrukce $RN = 0,55 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

Tepelný odpor konstrukce se počítal z prosté skladby (bez zahrnutí vlivu tepelných mostů, tedy vlastnost v ideálním výseku konstrukce). Výše uvedený požadavek byl definován a užíván pro celou konstrukci (ne pro její každou, i nejméně příznivou část).

4.2 Požadavky v letech 1963 – 1978

V prosinci roku 1962 byla schválena nová ČSN 73 0540 „Navrhování stavebních konstrukcí z hlediska stavební tepelné techniky“, s uvedenou platností od dubna 1963. Zanedlouho poté byla tato norma nahrazena novým zněním ČSN 73 0540 „Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí“ stejné koncepce, doplněným o vstupní veličiny, výpočtové metody a s rozlišením údajů pro vnitřní konstrukce. Schválena byla již v prosinci roku 1964, s účinností od října 1965. Tato norma platila až do roku 1979 téměř beze změn - pouze v roce 1965 byly doplněny hodnoty pro oblasti s teplotou nižší než $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ a v roce 1975 byl upřesněn způsob výpočtu kondenzace vodní páry. Norma byla nadále zaměřena na jednotlivé stavební konstrukce.

Tepelně izolační kvalita stavebních konstrukcí se vyjadřovala tepelným odporem konstrukce RN . V normě z roku 1962 je ještě souběžně uváděn nejvýše přípustný součinitel prostupu tepla kN .

Vnější stěny musely vykazovat na všech místech nejméně normovou hodnotu tepelného odporu ve výši $RN = 0,60 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}/\text{kcal} = 0,516 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ pro teplotní oblast I s nejnižší teplotou vnějšího vzduchu $-15 \text{ }^\circ\text{C}$, čemuž odpovídá $kN = 1,467 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Pro teplotní oblast II s nejnižší teplotou vnějšího vzduchu $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ se požadoval $RN = 0,65 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}/\text{kcal} = 0,559 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, čemuž odpovídá $kN = 1,380 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Požadavek tehdy zněl na kritické místo v konstrukci, v němž tepelný odpor dosahuje nejnižší hodnoty, což je prakticky vždy v oblasti tepelných mostů. Pro tepelné mosty se však požadavek snižoval, protože v jejich případě se požadovalo pouze zajištění vnitřní povrchové teploty nad rosným bodem.

Kromě toho však byl v normě popsán způsob stanovení velikosti požadovaných normových hodnot tepelných odporů ve vazbě na průměrné vnitřní povrchové teploty. To navozovalo vnímání normových požadovaných hodnot tepelných odporů jako hodnot průměrných. Také metody výpočtu tepelného odporu konstrukce nikoho nenechávají na pochybách, že se hodnotí průměrný tepelný odpor celé konstrukce včetně tepelných mostů {je uvedena Fokinova

metoda přibližného výpočtu, která je oprávněně součástí ČSN dosud). K poslední verzi se proto přiklání současný výklad uvedených ustanovení požadavků na tepelný odpor konstrukce.

Ani jeden z uvedených výkladů normových ustanovení však nepřipouští hodnocení konstrukce prostřednictvím jejího nejpříznivějšího tepelného odporu, který je v místě nenarušené skladby. Jedná se o tzv. ideální hodnotu tepelného odporu, stanovenou pouze ze skladby nenarušených vrstev. Takové hodnocení je zavádějící, neboť dává příliš optimistické výsledky. Přesto bylo toto chybné hodnocení v té době nejběžnější.

Od roku 1973 se některé typové projekty a s nimi související vývojové práce prováděly podle nezávazné „Směrnice pro navrhování a posuzování panelových budov z hlediska stavební tepelné techniky“, která byla vypracována ve VÚPS Praha v letech 1971 až 1972 pro Ministerstvo stavebnictví ČSR. Tato Směrnice byla prakticky bez podstatných změn promítnuta do souboru tepelně technických norem, schválených v roce 1977, s účinností po druhé ropné krizi od roku 1979.

4.3 Požadavky v letech 1979 – 1992

V březnu roku 1977 byla schválena revize ČSN 73 0540 „Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov. Názvosloví. Požadavky a kritéria“, účinná od ledna 1979, jejíž závazné normové hodnoty tepelných odporů a součinitelů prostupu tepla platily do roku 1992. Pro stavební konstrukce byla nově zavedena kritéria pro hodnocení teplotního útlumu (tepelně akumulaci schopnost konstrukce), tepelné jímavosti podlahových konstrukcí, vzduchové propustnosti stavebních konstrukcí a tepelně ekonomického hodnocení vnějších stavebních konstrukcí. Norma již nebyla zaměřena pouze na jednotlivé stavební konstrukce. Nově byla zavedena kritéria pro hodnocení místností z hlediska tepelné stability v zimním a letním období a hodnocení spotřeby energie na vytápění budovy.

Požadavky byly stanoveny obecně pro budovy s požadovaným stavem vnitřního prostředí s tím, že pro budovy, jejichž tepelně technické vlastnosti stanovily jiné technické normy, platila tato norma v rozsahu, ve kterém se na ni odvolávaly. Podle oficiálního komentáře k celému souboru tepelně technických norem byly takovými normami míněny speciální tepelně technické normy ČSN 73 0560 pro výrobní průmyslové budovy a ČSN 73 0565 pro stájové objekty, schválené v květnu 1978 a závazně účinné od března 1980. Nepřímo lze usuzovat, že požadavky ČSN 73 0540 byly odvozeny pro obytné a občanské budovy, ačkoliv to v normě není přímo řečeno. Tepelně izolační kvalita stavebních konstrukcí se vyjadřovala tepelným odporem konstrukce, s obdobným pojetím jako v předchozí normě. Požadavky však byly zhruba dvojnásobné.

Vnější stěny musely vykazovat na všech místech nejméně normovou hodnotu tepelného odporu, a to ve výši $R_{N,15} = 0,95 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ pro teplotní oblast I s nejnižší teplotou vnějšího vzduchu $-15 \text{ }^\circ\text{C}$, čemuž odpovídá $k_{N,15} = 0,894 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Pro teplotní oblast II s nejnižší teplotou vnějšího vzduchu $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ se požadoval $R_{N,18} = 1,00 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$, čemuž odpovídá $k_{N,18} = 0,856 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Pro nově zavedenou teplotní oblast s nejnižší teplotou vnějšího vzduchu $-21 \text{ }^\circ\text{C}$ se požadoval $R_{N,21} = 1,10 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$, čemuž odpovídá $k_{N,21} = 0,788 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

4.4 Požadavky v letech 1992 – 1994

V květnu roku 1992 vstoupila v účinnost změna 4 k platné ČSN 73 0540, kterou se významně změnily normové požadavky na úroveň, která byla předepsána usnesením vlády ČSFR č. 132/1990 Sb. Došlo zde k zásadnímu posunu v pojetí tvorby požadavků. Od kritériálních hodnot odvozených z požadavků na pohodu vnitřního prostředí se přešlo k přísnějším hodnotám stanoveným z energetického hlediska.

V požadavku na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu se zavedla bezpečnostní přírážka nad teplotou rosného bodu. Zvýšenou bezpečností návrhu se tak reagovalo na praktickou zkušenost se zvyšováním počtu bytů s výskytem plísní při energeticky úsporném chování uživatelů. Tepelné odpory konstrukcí byly jednoznačně definovány jako průměrná vlastnost konstrukce, tedy včetně vlivu v nich obsažených tepelných mostů. Požadované normové hodnoty tepelných odporů konstrukcí byly zvýšeny o cca 50 % bez závislosti na teplotní oblasti. Pro vnější stěny byl požadován tepelný odpor $R_N = 2,0 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$, čemuž odpovídá součinitel prostupu tepla $k_N = 0,461 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Pro vnější stěny bylo přípustné použít v odůvodněných vodněných případech při rekonstrukcích výjimky $R_N = 1,2 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$, čemuž odpovídá $k_N = 0,731 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

Bylo uvedeno, že požadované hodnoty tepelných odporů jsou nepodkročitelná minima, a doporučeno navrhovat konstrukce s tepelnými odpory vyššími. Změnil se požadavek na energetickou náročnost budov. Požadavky se rozšířily na obytné budovy (nejen na bytové domy).

Až do roku 1985 však existovaly výjimky, jejichž hodnoty byly blízké požadavkům předchozí normy. Pro vnější stěny byl výjimečně připuštěn tepelný odpor $R_{N,15} = 0,55 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$, $R_{N,18} = 0,61 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ a $R_{N,21} = 0,67 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$, čemuž odpovídá $k_{N,15} = 0,894 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, $k_{N,18} = 0,856 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ a $k_{N,21} = 0,788 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Tyto výjimky se mohly použít nejvýše u jedné vnější obvodové konstrukce do konce roku 1983 a pro cihelné zdivo provedené tradičním způsobem až do konce roku 1985. Výjimky se mohly také použít pro modernizace a při stavebních úpravách prostorů budov, které byly projektovány do konce roku 1985. Pro vnější stěny rodinných domků v místech s intenzivními větry a polohou velmi nepříznivou bylo naopak doporučeno zvýšit nejmenší požadovaný tepelný odpor o $0,05 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$.

Hodnocení tepelného odporu konstrukce v této normě jako hodnoty střední (průměrné) kromě již uvedených argumentů dále podpořila především poznámka k požadavkovému čl. 3. V něm se konstatuje, že požadovaný tepelný odpor konstrukcí je stanoven tak, aby průměrná teplota na vnitřním povrchu těchto konstrukcí byla nad hodnotami dále v normě uvedenými. To podporuje vnímání normových požadovaných hodnot tepelných odporů jako hodnot průměrných, tedy hodnot zahrnujících v sobě působení vlivu případných tepelných mostů v rámci stavební konstrukce. Tím je zároveň vymezen rozsah (intenzita i množství) tepelných mostů v konstrukcích. I v této revizi norma nepřipouštěla hodnocení konstrukce prostřednictvím jejího nejpříznivějšího tepelného odporu, stanoveného pouze ze skladby nenarušených vrstev pro běžné nestejnoroité konstrukce. Takový tepelný odpor je vždy příliš vysoký a neodpovídá realitě.

Kromě požadavku na průměrný tepelný odpor konstrukce byla zároveň v normě samostatně uvedena podmínka pro intenzitu místního působení tepelných mostů v konstrukci a tepelných vazeb mezi konstrukcemi požadavkem na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu, která nesmí klesnout pod teplotu rosného bodu. Energetická náročnost budov byla od ledna roku 1979 podle normy ČSN 73 0540 hodnocena pro dva druhy budov - pro bytové domy a pro občanské budovy. Bez požadavku zůstaly rodinné domy.

4.5 Požadavky v letech 1994 – 2002

V roce 1994 byla schválena nová ČSN 73 0540-2 „Tepelná ochrana budov - Funkční požadavky“, jejíž normové hodnoty (požadované a doporučené) platí dosud. Do konce roku 1999 byly požadavky normy závazné s ohledem na platnou preambuli v této normě. Od roku 1998 byla závaznost normových hodnot posílána prováděcí vyhláškou ke stavebnímu zákonu č. 1327/1998 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu. Od počátku roku 2000 jsou všechny ČSN nezávaznými, nicméně plně platnými dokumenty. Znamená to, že případná závaznost určité normy a její ustanovení nejsou zakotveny přímo v normě, ale jsou určovány jinými předpisy s vyšší úrovní právní závaznosti - prostřednictvím zákonů, vyhlášek a nařízení vlády. Ve stavebnictví je takto určena závaznost normových požadavků na úsporu energie a tepelnou ochranu. Závaznost normových hodnot tepelně technických vlastností podle ČSN 73 0540-2 je určena vyhláškou MMR č. 137/1998 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu, která je prováděcí vyhláškou stavebního zákona. Podle normových hodnot se v současné době určují dimenze dodatečných tepelných izolací při navrhovaném zateplování. Na rozdíl od dřívějších norem jsou uvedeny doporučené hodnoty (ve výši cca 146 % hodnot požadovaných). Pro rekonstrukce jsou určeny méně přísné přípustné hodnoty (ve výši 63 % hodnot požadovaných). Přípustné hodnoty jsou energeticky neefektivní, proto je jejich použití neslučitelné s energeticky cílenými rekonstrukcemi. Pro lehké konstrukce (bez tepelné akumulace) jsou požadavky o 15 % přísnější. Pod pojmem „lehká“ se rozumí konstrukce s plošnou hmotností vrstev od vnitřního líce k tepelné izolační vrstvě včetně do 100 kg/m². Konstrukce „těžké“ mají tuto hmotnost vyšší. Pro stanovení normové hodnoty tepelného odporu je v normě definován analytický vztah, který umožňuje parametrické navrhování i pro jiné než normou předjímané teplotní rozdíly.

Pro těžké vnější stěny a teplotní oblast s $t_e = -15\text{ °C}$ je požadovaná normová hodnota tepelného odporu $R_N = 1,85\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ a doporučená normová hodnota $R_N = 2,70\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$. Pro těžké vnější stěny a teplotní oblast s $t_e = -18\text{ °C}$ je požadovaná normová hodnota tepelného odporu $R_N = 2,00\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ a doporučená normová hodnota $R_N = 2,90\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$.

Pro lehké vnější stěny a teplotní oblast s $t_e = -15\text{ °C}$ je požadovaná normová hodnota tepelného odporu $R_N = 2,10\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ a doporučená normová hodnota $R_N = 3,10\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$. Pro lehké vnější stěny a teplotní oblast s $t_e = -18\text{ °C}$ je požadovaná normová hodnota tepelného odporu $R_N = 2,30\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ a doporučená normová hodnota $R_N = 3,35\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$.

4.6 Požadavky v letech 2002 – 2005

V roce 2002 byla vydána ČSN 73 0540-2:2002 Tepelná ochrana budov. Norma stanovuje tepelně technické požadavky pro navrhování a ověřování budov s požadovaným stavem vnitřního prostředí při jejich užívání, které podle stavebního zákona zajišťují hospodárné splnění základního požadavku na úsporu energie a tepelnou ochranu budov. Norma zajišťuje provázanost se soustavou zavedených souvisejících evropských a mezinárodních norem, jakož i s navazujícími evropskými předpisy.

Dodržení tepelně technických požadavků zajišťuje zejména prevenci tepelně technických vad a poruch budov, tepelnou pohodu uživatelů, požadovaný stav vnitřního prostředí pro užívání a technologické procesy a stavební předpoklady pro nízkou energetickou náročnost budov. Požaduje se po dobu ekonomicky přiměřené životnosti konstrukcí a budov, při jejich běžné údržbě a při působení běžně předvídatelných vlivů. Požadované hodnoty přitom stanovují úroveň technického požadavku, prokazovanou a písemně dokládanou v návaznosti na technické předpisy při stavebním řízení podle zvláštního předpisu. Doporučené hodnoty stanovují úroveň vhodnou pro energeticky úsporné budovy.

Norma platí pro nové budovy a pro stavební úpravy, udržovací práce, změny v užívání budov a jiné změny dokončených budov. Norma platí i pro nevytápěné budovy nebo nevytápěné zóny, s požadovaným stavem vnitřního prostředí. Neplatí pro budovy převážně velkoplošně otevřené, nafukovací haly, stany, mobilní buňky, skleníky, stájové objekty, chladírny a mrazírny a pro stavby, kde není požadován stav vnitřního prostředí. Pro budovy památkově

chráněné nebo stávající budovy uvnitř památkových rezervací podle zvláštního předpisu platí norma přiměřeně možnostem tak, aby nedocházelo k poruchám a vadám při jejich užívání.

Proti předchozímu znění dochází k větší provázanosti se soustavou zavedených souvisejících evropských a mezinárodních norem a návaznosti na nové předpisy zajišťující základní požadavek na tepelnou ochranu budov a stavební předpoklady jejich nízké energetické náročnosti. Nově je formulován požadavek na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu s využitím vlastnosti konstrukce - teplotního faktoru vnitřního povrchu f_{Rsi} . Hodnocení stavebně energetických vlastností budovy se zjednodušuje na hodnocení prostupu tepla obvodovým pláštěm budovy prostřednictvím průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} . Energetický štítek budovy se mění na energetický štítek obvodového pláště budovy, klasifikace se upravuje podle metodiky platné pro štítky energetické náročnosti budovy. Doplnují se specifické pokyny pro navrhování lehkých obvodových plášťů budov. Proti předchozímu znění normy se prakticky nemění výše požadavků.

Platnost a závaznost normy: od konce října je norma vytištěna s datem "listopad 2002".

Termín zahájení účinnosti dne 1.12.2002 (viz Věstník ÚNM). Norma je ve svých jednotlivých ustanoveních závazná pro budovy s požadovaným stavem vnitřního prostředí v důsledku odkazů vyhlášky MMR č.137/1998 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu (ke stavebnímu zákonu), a zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií.

Změny ve značení

Celsiova teplota t
→ θ

Součinitel prostupu tepla k
→ U

čl.1 Předmět normy

Přesnější vymezení věcné platnosti, omezené platnosti či neplatnosti normy ve vztahu k budovám s požadovaným stavem vnitřního prostředí. Omezená platnost - přiměřeně možnostem tak, aby nedocházelo k poruchám a vadám při užívání budov (pro památky a budovy po živelných katastrofách, např. po povodních).

čl. 4 Všeobecně

Obecná upřesnění platná pro všechny další články s požadavky. Požadované hodnoty (průkaz při stavebním řízení - vazba na vyhl. MMR č.137/1998 Sb. a zákon č. 406/2000 Sb.). Doporučené hodnoty (energeticky úsporné budovy) Návaznost na celý soubor tepelně technických norem. Definice lehké a těžké konstrukce (pro tuto normu). Definice výplně otvorů, stavební konstrukce a konstrukce (pro tuto normu).

čl. 5.1 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce θ_{si}

Vazba na ČSN EN 13788:2002 (73 0544) "Tepelně vlhkostní chování stavebních konstrukcí a stavebních prvků - Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce - Výpočtové metody". Místo teploty rosného bodu θ_w rozhoduje u stavebních konstrukcí tzv. kritická povrchová teplota $\theta_{si,cr}$ při kritické relativní vlhkosti $\phi_{si,cr} = 80 \%$ (vnitřní vzduch ochlazený na kritickou teplotu je takový, u kterého stoupne relativní vlhkost právě na 80 %). Důvod - od 80 % relativní vlhkosti vzduchu startuje růst plísní. Souběžně se mění okrajová podmínka - relativní vlhkost vnitřního vzduchu ϕ_i klesá z 60 na 50 %. Důvod - soulad s předpoklady výpočtové metody, zvyklostmi v zemích EU, převažujícím skutečným stavem i s hygienickou horní mezí vhodných vlhkostních podmínek pro pobyt lidí. Bezpečnostní přírážka $\Delta\theta_{si}$ (jediná, kumulovaná) zohledňuje u stavebních konstrukcí v tab.1 časové kolísání teploty vnitřního vzduchu, u výplň otvorů v tab. 2 kromě toho i místní proměnnost teplot (umístění otopných těles - zde v souladu s praxí dokonce i záporná přírážka).

čl. 5.2 Součinitel prostupu tepla U

Požadavek na součinitel prostupu tepla U_N společný pro stavební konstrukce a výplně otvorů. Požadavek vázán na převažující návrhovou vnitřní teplotu θ_{im} (užívá ji i vyhl. MPO č.291/2001 Sb.). Většina budov se navrhuje podle tabulky 3 (pro θ_{im} od 18 °C do 24 °C včetně). Výpočtové stanovení požadavku U_N pro ostatní budovy je jednodušší a jednoznačnější. Požadované a doporučené hodnoty zpřísněny na již dříve avizované hodnoty. Výplně otvorů bez 15 % přírážky, jediné u nich rozlišeny nové a upravené konstrukce. Graficky jednoznačněji určeny konstrukce přilehlé k terénu, na které se vztahuje požadavek platný pro vnější stěny. Změkčení požadavku při změnách staveb - vázáno na prokázání pomocí energetického auditu, nicméně vždy zůstává požadavek, že prokazatelně nesmí docházet k poruchám a vadám při užívání (tedy mimo jiné požadavek na vnitřní povrchovou teplotu).

čl. 5.3 Pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10}$

Doplňen o výjimky, kdy není nutno ověřovat. Jinak beze změn v tab. 4.

čl. 6 Kondenzace uvnitř konstrukce GK a roční bilance vlhkosti

Nemění se, umožňuje se výpočet bilance podle ČSN EN 13788.

čl. 7.1 Průvzdušnost konstrukcí iLV

Zcela nově formulováno podle přejímaných EN i nových poznatků. Funkční spáry vstupních dveří, dveří mezi zónami, vnějších oken aj. výplní otvorů mají limitovanou průvzdušnost - u budov s přirozeným nebo kombinovaným větráním mohou být méně těsné než u budov s pouze nuceným větráním nebo klimatizací (pro které je též požadavek na velmi nízkou intenzitu výměny vzduchu celé místnosti n do 0,1 h-1). Ostatní spáry a konstrukce musí být těsné. Požaduje se ochrana konstrukcí proti náporu větru. Doporučuje se kontrola celkové průvzdušnosti budovy měřením při přetlaku 50 Pa.

čl. 7.2 Výměna vzduchu v místnostech n

Intenzity výměny vzduchu v místnostech n v zimních návrhových podmínkách:

v neužívané místnosti n do 0,1 h-1,

v užívané místnosti n od 0,3 až 0,6 h-1 do 0,45 až 0,9 h-1, popř. vyšší podle hygienických předpisů.

čl. 7.3 Zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu při nuceném větrání a klimatizaci

Požaduje se při větších výměnách (n nad 2 h-1), popř. lze nahradit energeticky odpovídajícím řešením. Doporučuje se při výměnách n nad 1 h-1.

čl. 8.1 Pokles výsledné teploty v zimním období $\Delta\theta_r(\tau)$

Nemění se.

čl. 8.2 Tepelná stabilita v místnosti v letním období (LO)

K nejvyšším dennímu vzestupu teploty vzduchu v charakteristické místnosti $\Delta\theta_{ai,max}$ v LO se doplňuje obdobný požadavek na nejvyšší denní teplotu $\theta_{ai,max}$, stanovenou postupy podle EN. Doporučení provádět budovy s klimatizací jen výjimečně (s ohledem na vysokou energetickou náročnost). Požadavek na alespoň minimální tepelnou stabilitu místností v LO u budov s klimatizací (konkretizace obecného požadavku na nízkou energetickou náročnost budov).

čl. 9 Energetická náročnost budovy

Jednoznačná vazba požadavků na vyhl. MPO č.291/2001 Sb. Hodnotí se měrná potřeba tepla eV, vázaná na objem budovy (shodná s měrnou spotřebou tepla eV podle vyhlášky). Budovy, které nejsou hodnoceny podle vyhl. MPO č.291/2001 Sb. (tedy nemají energetickou náročnost sledovanou pod sankcí ze strany SEI), ale které musí mít prokazatelně nízkou energetickou náročnost podle vyhl. MMR č.137/1998 Sb. norma upřesňuje požadavek takto:

pro novostavby platí požadavky uvedené ve vyhl. MPO č.291/2001 Sb.,

pro změny dokončených staveb se hodnoty podle vyhl. MPO č.291/2001 Sb. doporučuje splnit.

Vypuštěno avizované jednoduché hodnocení pomocí průměrného součinitele prostupu tepla (aby nedocházelo ke kolizím ve výkladu).

Příloha A (informativní) - Pokyny pro navrhování

Nově formulovaná s ohledem na nové materiály, konstrukce, technologie a zkušenosti s nimi. Důraz na budovy s nízkou energetickou náročností.

Příloha B (informativní) - Písemný dokument k prokázání splnění požadovaných hodnot nízké energetické náročnosti a tepelné ochrany budov

Přehled vyžadovaných údajů, které musí být podle zákona č. 406/2000 Sb. písemně doloženy v projektové dokumentaci ke stavebnímu povolení (s ohledem na vyhl. MMR č.137/1998 Sb. v tomto rozsahu povinnost projektanta); upřesněny přitom některé záměny veličin. Se souhlasem SEI může takto zpracovaný písemný dokument nahradit energetický průkaz (který jako příklad písemného dokumentu podle zákona 406/2000 uvádí vyhl. MPO č.291/2001 Sb.). Příloha C (informativní) - Energetický štítek budovy.

Příklad formy zpracování závěru hodnocení energetické náročnosti budov (uvedený pro jednotnost), klasifikace pomocí stupně energetické náročnosti $SEN = 100 \times eV / eV,N$. Tato forma prezentace energetické náročnosti budov vhodná pro komunikaci s laickou veřejností, známá z jiných energetických spotřebičů (např. bílá technika). Možnost použití v realitní činnosti.

4.7 Požadavky po roce 2005

Změna k ČSN 73 0540-2:2002 Tepelná ochrana budov platí od 1.4.2005. V článku jsou rámcově uvedeny projednané a schválené změny v požadavcích. Koncem loňského roku byla odevzdána do tisku Změna 1:2005 k ČSN 73 0540-2:2002 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. Uvedené změny byly zpracovány a projednány v rámci řízení ČSNI, vyšly tiskem v březnu 2005 a jsou platné od 1. dubna 2005

Ke změně požadavků vedly zejména tyto důvody:

- revize ostatních částí ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov [2] až [4] (o revizi výpočtových metod informace v [9]),
- převzetí některých evropských norem (kromě jiných ČSN EN 13830 [5]),
- vývoj požadavků v ostatních zemích EU s podobným klimatem,
 - příprava implementace Směrnice 2002/91/ES, o energetické náročnosti budov (Energy Performance of Buildings Directive, často zkráceně EPBD).

Tab. 3 Vybrané požadované a doporučené hodnoty U_N pro převažující návrhovou vnitřní teplotu $\theta_{in}=20^\circ\text{C}$

Popis konstrukce		U_N [W/(m ² K)]	
		Požadované	Doporučené
Střecha plochá a šikmá do 45° včetně		0,24	0,16
Podlaha nad venkovním prostorem			
Strop pod nevytápěnou půdou (střecha bez tepelné izolace)		0,3	0,2
Podlaha a stěna s vytápěním (vnější vrstvy od vytápění)			
Stěna vnější	lehká	0,30	0,20
Střecha strmá se sklonem nad 45°	těžká		
Podlaha/stěna přilehlá k zemině (kromě případů podle pozn.2)		0,6	0,4
Strop/stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru			
Strop/stěna vnitřní z vytápěného k částečně vytápěnému prostoru		0,75	0,5
Strop/stěna vnější z částečně vytápěného k nevytápěnému prost.			
Stěna mezi sousedními budovami		1,05	0,7
Strop s rozdílem teplot do 10 °C včetně			
Stěna s rozdílem teplot do 10 °C včetně		1,30	0,90
Strop vnitřní s rozdílem teplot do 5 °C včetně		2,20	1,45
Stěna vnitřní s rozdílem teplot do 5 °C včetně		2,70	1,80

5 POROVNÁNÍ VYBRANÝCH ZDÍČÍCH PRVKŮ

Tab. 4 Vybrané tepelně technické a vlhkostní hodnoty pro některé starší druhy zdiva

Konstrukce	Tepelný odpor R	Součinitel (k) prostupu tepla U	Zkondenzované množství vodní páry GK	Celoroční bilance GV-GK
	[m ² .K/W] Min. / Max.	[W/(m ² .K)] Max. / Min.	[kg/m ² .rok]	[kg/m ² .rok]
Zdivo CP 450 bez ŽB prvků	0,56/0,60	1,36/1,31	0,05/0,06	2,00/2,10
Zdivo CDm 375	0,57/0,66	1,35/1,21	0,13/0,14	3,46/3,94
Zdivo CDK 375	0,53/0,62	1,43/1,28	0,13/0,26	3,30/4,02
Zdivo CDK 450	0,63/0,73	1,25/1,11	0,09/0,20	2,87/4,01
Zdivo CD TÝN 300	0,55/0,63	1,39/1,25	0,21/0,47	4,18/3,82
Zdivo CD INA 375	0,87/1,01	0,96/0,85	0,16/0,37	3,99/3,68
Zdivo CD IVA 450	0,94/1,10	0,91/0,79	0,11/0,23	3,84/3,77
Zdivo -THERM 375	1,65/2,00	0,55/0,46	0,45/0,48	3,44/3,38
Zdivo -THERM 440	3,66/4,03	0,26/0,24	0,26/0,27	0

Tab. 5 Vybrané technické parametry pro některé starší druhy zdiva

Název	Zkratka	Základní rozměry			Třídy pevnosti [MPa]
		l	b	h	
Cihla plná	CP	290	140	65	P7, P10, P15, P20, P25
		250	120	65	
Cihla děrovaná	CD	360	240	140	P5, P7, P10, P15, P20, P25
		320	240	140	
		290	240	140	
Cihly děrované TÝN	CD-TÝN	290	190	215	P5, P7, P10, P15, P20, P25
Cihly děrované TÝN III	CD-TÝN III	365	190	215	P5, P7, P10, P15, P20, P25
Cihly děrované metrické	CDm	240	115	140	P5, P7, P10, P15, P20, P25
		365	175	140	
Cihly děrované INA	CD-INA-A	365	245	140	P4, P6, P8, P10, P15, P20
				215	
	CD-INA-B	365	115	140	
				215	
	CD-INA-C	365	180	140	
				215	
	CD-INA-D	365	85	140	
				215	
Cihly děrované IVA	CD-IVA-A	295	290	140	P4, P6, P8, P10, P15, P20
				215	
	CD-IVA-B	295	140	140	
				215	
	CD-IVA-C	290	145	140	
				215	
Cihly děrované IZA	CD-IZA-A	295	190	140	P8, P10, P15, P20, P25, P30
				215	
	CD-IZA-B	295	115	140	
				215	
	CD-IZA-C	290	240	140	
				215	
	CD-IZA-D	295	140	140	
				215	
	CD-IZA-E	295	165	140	
				215	
CD-IZA-F	290	215	140		
			215		
CD-IZA-G	290	90	140		
			215		

Tab. 6 Vybrané tepelně technické a vlhkostní hodnoty pro zdivo POROTHERM

Konstrukce	Tepelný odpor R [m ² .K/W]	Součinitel (k) prostupu tepla U [W/(m ² .K)]	Zkondenzované množství vodní páry GK [kg/m ² .rok]	Celoroční bilance GV-GK [kg/m ² .rok]
Zdivo tl.450mm z Porotherm CP 290	2,78	0,36	0,39	3,27
Zdivo Porotherm 440 P+D	2,53	0,37	0,017	0

Tab. 7 Vybrané technické parametry pro zdivo POROTHERM

Název	Zkratka	Základní rozměry			Třídy pevnosti [MPa]
		l	b	h	
Porotherm cihla plná	CP	290	140	65	P20
Porotherm 440 P+D		440	247	238	P8, P10, P15

Literatura

- [1] Doc. Ing. ROCHLA, Milan. *Stavební tabulky*. Praha : Vydalo SNTL v Praze. 1987. 1100 s.
- [2] Doc. Ing. PETRŮJ, Svatopluk. *Konstrukce pozemních staveb*. Brno : Vydalo VUT Brno. 1986. 244 s.
- [3] Kolektiv autorů. *Cihlářský lexikon*. Vydal Cihlářský svaz Čech a Moravy. 2007. 160s.
- [4] ČSN 73 0540-2:2002 *Tepelná ochrana budov*. Praha : Český normalizační institut, 2005. 44 s.
- [5] Ing., CSc. MACHATKA, Milan, Ing., CSc. ŠÁLA, Jiří. *Snížení spotřeby tepla na vytápění obytných budov při zateplení neprůsvitných obvodových stěn*. Brno : Vydal OPET. 2001. 244 s. ISBN 80-902689-2-7
- [6] <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=1205&h=4&pl=49http://info.sks.cz/users/ku/MTI/popis.htm>

Recenzoval

Doc. Ing. Miloslav Novotný, CSc., VUT v Brně, Fakulta stavební, [Ústav pozemního stavitelství](#), vedoucí pracoviště, Veveří 95, 602 00 Brno, telefon: 54114-7409, email: novotny.m@fce.vutbr.cz