

Betón pre energeticky efektívne budovy

Prínosy z tepelnej zotrvačnosti betónu



Copyright: Európska betonárska platforma, ASBL, Apríl 2007

Všetky práva vyhradené. Žiadna časť tejto publikácie nesmie byť reprodukováaná, uložená v systéme pre opätovné sprístupnenie alebo prenesená v hocijakým spôsobom, elektronicky, mechanicky, fotokopírovaním, zaznamenávaním alebo inak, bez predchádzajúceho písomného súhlasu Európskej betonárskej platformy ASBL. (Členské krajiny ERMCO, ako člena Európskej betonárskej platformy, majú právo vydať túto publikáciu).

Vydané Európskou betonárskou platformou ASBL

Redaktor: Jean-Pierre Jacobs
8 rue Volta
1050 Brusel, Belgicko

Návrh a tlač realizovaná Európskou betonárskou platformou.

Všetky informácie v tomto dokumente sú považované za presné Európskou betonárskou platformou v čase, keď táto publikácia išla do tlače. Je predložená v dobrej viere (v jej pravdivosť a presnosť).

Informácie uvedené v dokumentoch vydaných Európskou betonárskou platformou nevytvárajú žiadnu zodpovednosť od jej členov. Zatiaľ čo cieľom je udržiavať stav, aby informácie boli včasné a presné, Európska betonárska platforma to nemôže garantovať. Ak bude upozornená na chyby (v publikácii), tieto budú opravené.

Názory vyjadrené v tejto publikácii sú názormi autorov a Európskej betonárskej platformy ASBL a nemôžu niesť zodpovednosť za akékoľvek názory vyjadrené v publikácii.

Všetky rady a informácie z Európskej betonárskej platformy ASBL sú určené tým, ktorý si zhodnotia význam a hranice rozsahu publikácie a prevezmú zodpovednosť za jej použitie a aplikáciu. Nezodpovedáme (vrátane nedbanlivosti) za žiadnu stratu vzniknutú z takejto rady alebo informácie.

Čitatelia by si mali uvedomiť, že publikácie Európskej betonárskej platformy z času na čas podliehajú revízii a preto by sa mali presvedčiť, či sú držiteľmi najnovšej verzie.

Obrázok na prednej strane

Dom z betónu v Marke, v Belgicku využíva prednosť betónu zo zisku slnečnej energie a tepelnej zotrvačnosti betónu na zabezpečenie energetickej efektívnosti a celoročného komfortu (v dome).

*(so zvolením architekta – Ansfried Vande Kerckhove,
Fotograf – Jasmine Van Hevel, Belgicko)*

Betón pre energeticky efektívne budovy: Prínosy z tepelnej zotrvačnosti

Tento dokument bol vytvorený asociáciami CEMBUREAU, BIBM a ERMCO*). Určený je projektantom špecifikátorom, regulačným orgánom a vlastníkom a používateľom budov, ukazuje ako betón môže byť použitý jednak na zníženie rýchlosti klimatických zmien a jednak na minimalizáciu účinkov, ktoré bude mať na naše životné prostredie.

Obsah

1.PRÍNOSY BUDOV Z BETÓNU K ENERGETICKEJ ÚČINNOSTI	4
Smernica pre tepelnú účinnosť stavieb	4
Ako betón pomáha spĺňať požiadavky Smernice pre tepelnú účinnosť stavieb.....	5
Úspory energie akumulované počas doby životnosti stavby	6
Úspory energie majú za následok podstatné zníženie emisií CO ₂	7
2.EFEKTÍVNE VYUŽITIE ENERGIE V BUDOVÁCH	8
Hodnotenie spotreby energie v budovách	9
Energetické toky v budove	11
3.BETÓN A SPOTREBA ENERGIE V BUDOVÁCH.....	13
Ako funguje tepelná zotrvačnosť (tepelná masa)	13
Vyťaženie maxima z tepelnej zotrvačnosti	15
Štúdie o tepelnej zotrvačnosti	17
4.ENERGETICKÉ VLASTNOSTI PODĽA SMERNICE PRE TEPELNÚ ÚČINNOSŤ STAVIEB	18
Požiadavky Smernice pre tepelnú účinnosť stavieb	18
Predpovedanie spotreby energie v budove	20
5.PREUKÁZANIE ENERGETICKEJ EFEKTÍVNOSTI BETÓNU	20
Výpočet teoretických tepelno-technických vlastností.....	21
Prednosti betónu potvrdené prácou na reálnych budovách	23
6. LITERATÚRA.....	25

1. PRÍNOSY BUDOV Z BETÓNU K ENERGETICKEJ ÚČINNOSTI

Betón je osvedčeným, spoľahlivým a dobre chápaným stavebným materiálom, ktorý sa používa po celej Európe pre veľký rozsah druhov stavieb. Jeho bežné aplikácie v stavbách sú nasledovné:

- Podlahy od suterénu až po horné podlažia
- Konštrukčné prvky (napr. nosníky, stĺpy a dosky)
- Vnútorne a vonkajšie steny, vrátane panelov, pilierov a ozdobných elementov
- Strešných škridiel.

Betón je extrémne všestranným materiálom, čo sa týka konštrukčných a materiálnych vlastností, čo je jedna z príčin jeho úspechu. Väčšina stavieb má veľkú hmotnosť alebo je z betónu o veľkej objemovej hmotnosti, ktorý je známy svojou pevnosťou, odolnosťou voči ohňu, zvukovo-izolačnými schopnosťami a stále viac aj svojou tepelnou zotrvačnosťou.

Smernica pre tepelnú účinnosť stavieb

Betón ponúka veľmi účinné riešenie pre požiadavky dané Smernicou pre tepelnú účinnosť stavieb (Smernica EÚ 2002/91/EC zo 16. decembra 2002), ktorá vstúpila v platnosť v roku 2006 jej cieľom je znížiť európsku spotrebu energie. Táto smernica ma významný dopad na spôsob akým sú budovy navrhované a konštruované v členských štátoch EÚ, kde bola Smernica pre tepelnú účinnosť stavieb implementovaná buď priamo alebo zmenou existujúcich stavebných pravidiel (nariadení).

Smernica:

- Udáva minimálne požiadavky na energetickú účinnosť budov
- Vyžaduje, že toto sa kontroluje u hotových stavieb
- Zavádza systém certifikácie energetickej účinnosti budov
- Udáva, že koncepcie pasívneho ohrevu a chladenia by mali byť vysvetlené
- Trvá na tom, že energetická účinnosť nesmie zasahovať do kvality vnútorného prostredia.



Obr.1a: Modelový dom pri Hamburgu v Nemecku, ktorý bol celý vybudovaný z betónu nemeckým cementárskym a betonárskym priemyslom. Táto atraktívna budova bola špeciálne navrhnutá tak, aby zabezpečila flexibilný obývací priestor

a tak splnila potreby obyvateľov (so zvolením *Betonbild* „Zobrazenia betónu“, Erkrath, Nemecko)

Prínosy tepelnej zotrvačnosti

Hlavný energetický prínos použitia betónu v stavbách je jeho tepelná zotrvačnosť (t.j. jeho veľká hmotnosť a schopnosť akumulovať teplo), ktorá vedie k jeho tepelnej stabilite. Toto šetrí energiu a vytvára lepšie vnútorné prostredie (tepelnú pohodu) pre užívateľov budovy.

Tepelná zotrvačnosť betónu v stavbách:

- Optimalizuje prínosy ziskov zo solárnej (slnečnej) energie a tak znižuje potrebu vykurovacích palív
- Znižuje spotrebu energie o 2 – 15% (pozri Kapitolu 5)
- „Vyhladzuje“ (znižuje rozdiely) výkyvy vnútornej teploty
- Spôsobuje časový posun najvyšších teplôt v kancelárskych priestoroch a iných komerčných budovách na dobu, kedy ich užívatelia už z nich odišli
- Znižuje najvyššie teploty a môže spôsobiť, že klimatizácia nie je potrebná
- Môže byť použitá spolu s vetraním počas nočnej doby, aby sa tak vylúčila potreba chladenia počas dňa
- Ak sa kombinuje s klimatizáciou, môže znížiť množstvo energie používané na chladenie až o 50%
- Môže znížiť náklady budovy na energiu
- Umožňuje najlepšie využitie nízkoteplotných vykurovacích zdrojov, akými sú tepelné čerpadlá na využitie podzemných zdrojov energie
- Zníženie množstva energie použitej jednak na vykurovanie ako aj chladenie znižuje emisie CO₂, t.j. plynu, ktorý hlavne spôsobuje „skleníkový efekt“ na zemi
- Bude napomáhať budovám budúcnosti odolným voči klimatickým zmenám

Je zreteľné, že Smernica pre tepelnú účinnosť stavieb uplatňuje integrujúci prístup k problému spotreby energie v budovách a preto z tohto dôvodu si projektanti a klienti uvedomujú vlastnosti stavebných materiálov, čo sa týka ich energetickej účinnosti.

Ako betón pomáha splňať požiadavky Smernice pre tepelnú účinnosť stavieb

Výskum energetickej účinnosti jednak skutočných, ako aj teoreticky navrhnutých budov ukázal získané prínosy vo všetkých typoch európskeho podnebia, ak sa pri návrhu stavieb berie v úvahu tepelná zotrvačnosť betónu. Ak sa s tento účinok správne uplatňuje pri postupoch výpočtu podľa Smernice pre tepelnú účinnosť stavieb, môže sa získať 2 – 15% výhoda v spotrebe energie v budove z ťažkých materiálov, v porovnaní s budovou z ľahkých materiálov (pozri Kapitolu 5).

Výskum tiež zistil, budova z ťažkého materiálu (t.j. materiálu o veľkej objemovej hmotnosti) udržiava príjemné vnútorné podmienky počas dlhšej doby (dní) v porovnaní s budovou z ľahkých materiálov, a to jednak za vysokých ako aj nízkych teplotných podmienok okolia. Inteligentná kombinácia vykurovania, vetrania, tienenia voči slnku,

konštrukcie budovy a nočného chladenia môže ešte viac zlepšiť využitie tepelnej zotrvačnosti betónu. Takto sa vytvárajú budovy z betónu, ktoré sú lepšie prispôsobené k zvyšujúcim sa teplotám a pomáhajú im k tomu, aby zostali pohodlnými aj bez potreby použitia klimatizácie.

Vítaným vývojom správnym smerom je skutočnosť, že Smernica pre tepelnú účinnosť stavieb dáva svoju podporu koncepciám pasívneho spôsobu vykurovania a chladenia a zvlášť potvrdzuje cenný prínos tepelnej zotrvačnosti.



Obr.1b: Prijemné kancelárske prostredie je dosiahnuté využitím tepelnej zotrvačnosti betónu v maximálnej miere: Riaditeľstvo Toyota, Veľká Británia (so zvolením Concrete Society – „Betonárskej spoločnosti“, Veľká Británia)

Z použitia betónu v stavbách profituje každý

Obyvatelia stavby a vlastníci

Úspory energie umožnené tepelnou zotrvačnosťou betónu môžu znížiť účty za vykurovanie a chladenie; čo je významný príspevok k prevádzkovým nákladom budovy. Toto môže pomôcť podpore spoločenskej rovnosti tým, že prináša prijateľnejšie ceny bývania. Navyše tepelná stabilita zabezpečená betónom pomôže zabezpečiť pohodlnejšie obydlie v budúcich rokoch, kedy narastú účinky klimatických zmien. Toto by mohlo prispieť k vyššej cene nehnuteľnosti pri jej odpredaji. Ďalšie prínosy predstavujú nižšie investičné náklady spojené s jednoduchšími typmi vykurovacích, vetracích a chladiacich systémov.

Životné prostredie

Základnou prednosťou je zníženie množstva skleníkových plynov, ktoré je výsledkom úspor energie dosiahnutých využitím tepelnej zotrvačnosti betónu počas životnosti budovy. Vzhľadom na veľký podiel na celkovej svetovej emisii CO₂, ktorý predstavujú emisie prichádzajúce do ovzdušia z budov, pričom tieto budovy majú dlhú životnosť, aj relatívne malé zníženie v spotrebe energie má významný dopad.

Úspory energie akumulované počas doby životnosti stavby

Na základe typických cien energie v 2.štvrtroku 2006 výskum o obytných budovách zistil, že úspory energie vzniknuté použitím konštrukcií z ťažkých materiálov by boli

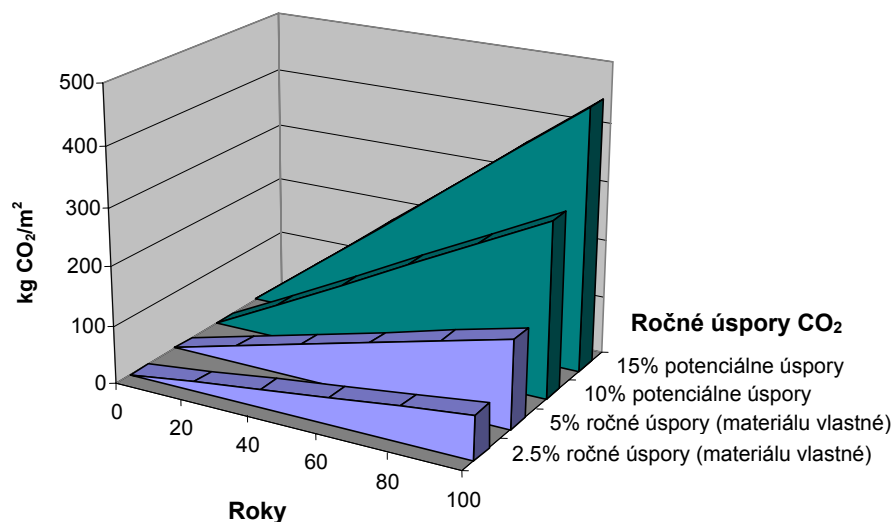
rovné 60 EUR ročne u obydliia o veľkosti plochy okolo 70 – 80 m². Vzhľadom na to, že ceny energie sa nejavia byť stabilnými a ak dramatický nárast cien energie, zaznamenaný v minulých rokoch bude pokračovať, potom sa stane kritickou optimalizácia vykurovacích a chladiacich zariadení za efektívnejšieho využitia tepelnej zotrvačnosti.

Samozrejme, úspory energie v praxi budú ovplyvnené chovaním užívateľa, napríklad zatváraním okien a zaťahovaním zálužia, ale pritom nie je žiadna pochybnosť, že dokonca aj malé zlepšenie projektu stavby (v tejto oblasti) bude sčítaním rok po roku viesť k podstatným úsporám počas doby životnosti stavby.

Úspory energie majú za následok podstatné zníženie emisií CO₂

Obrázok 1c ukazuje, že dokonca aj mierne ročné úspory energie budú mať za následok významné zníženie emisií CO₂. Naviac nedávny výskum vo Veľkej Británii zistil, že obydlie z muriva/betónu (teda zhotovené z materiálu o priemernej objemovej hmotnosti), ak plne využije svoju tepelnú zotrvačnosť, môže úsporami energie vyvážiť naviac zabudované CO₂ (t.j. CO₂ vytvorené pri ich výrobe) v porovnaní s obdobným obydliím drevenej konštrukcie už po dobe 11 rokov a potom pokračuje vo vytváraní úspor energie a CO₂ emisií počas životnosti budovy (Hacker a kolektív 2006).

Zabudované CO₂ materiálu, konštrukčného prvku alebo budovy je CO₂ emitované pri procesoch spojených s jeho výrobou, vrátane ťažby prírodných zdrojov, výroby materiálu a jeho dopravy.



Obr.1c: Dôsledky malých ročných zlepšení v úsporách energie počas životnosti stavby

Poznámka: Prirodené (materiálu vlastné) úspory prichádzajú automaticky pri stavbe z ťažkých materiálov. Potenciálne úspory sa získajú, ak budova a jej zariadenia sú špecificky navrhnuté pre maximálnu energetickú účinnosť.

Prínos, aký hrá tepelná zotrvačnosť betónu v zlepšení vnútorného prostredia (klímy) budov bude rásť, ak účinky klimatických zmien budú viacej viditeľné, čo veľmi pomôže budúcim budovám schvaľovaným v tomto storočí.

Táto publikácia vysvetľuje ako stanovenie požiadaviek na použitie konštrukcií z ťažkých materiálov môže zlepšiť energetickú účinnosť a zlepšiť vlastnosti tepelnej pohody budov.



Obr.1d: Dom vybudovaný za použitia muriva z betónových tvárnic v Bonheidene v Belgicku (so zvolením architekta Gie Wollaert, fotografia – FEBE, Belgian Precast Association – „Belgická asociácia výrobcov prefabrikátov“, Belgicko)

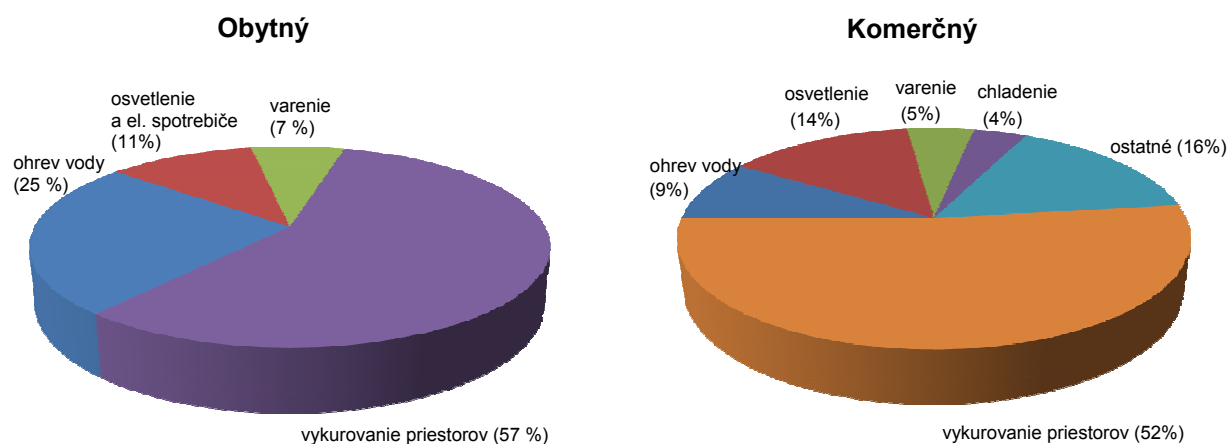


Obr.1e: Energeticky účinná apartmánová budova v Dubline, Írsko (so zvolením Concrete Development Group – „Skupiny pre vývoj betónu“, Írsko)

2. EFEKTÍVNE VYUŽITIE ENERGIE V BUDOVÁCH

Zníženie spotreby energie v budovách je kritickou úlohou, vzhľadom na významnú úlohu, ktorú toto môže zohrať pri boji za trvale udržateľnú úroveň používaného množstva energie. Čísla zistené v rámci Európy ukazujú, že energia použitá na vykurovanie, osvetlenie a ochladzovanie budov predstavuje viac ako 40% primárne spotrebovanej energie. Toto robí bývanie a používanie budov najväčším jednotlivým zdrojom emisií plynu spôsobujúceho skleníkový efekt v Európskej únii, hlavne vo forme kysličníka uhličitého. Obrázok 2a ukazuje podiel energií používaných v Európskej únii na rôzne účely a to jednak v obytných ako aj komerčných budovách.

Európska únia, daním záväzku znížiť emisie skleníkových plynov na úroveň roku 1990 do roku 2010, sa zamerala na zavedenie mechanizmu na zníženie spotrebovávanej množstva energie v budovách. Výsledkom čoho bolo uplatnenie Smernice Európskej únie o energetickom chovaní sa (vlastnostiach) budov alebo Smernice pre tepelnú účinnosť stavieb (Smernica EÚ 2002/91/EC zo 16.decembra 2002), ktorá vstúpila do platnosti v členských štátoch od januára 2006 a tak Európska únia môže zabezpečiť, že nové budovy budú spotrebovať menej energie. Toto je ďalej diskutované v Kapitole 4.



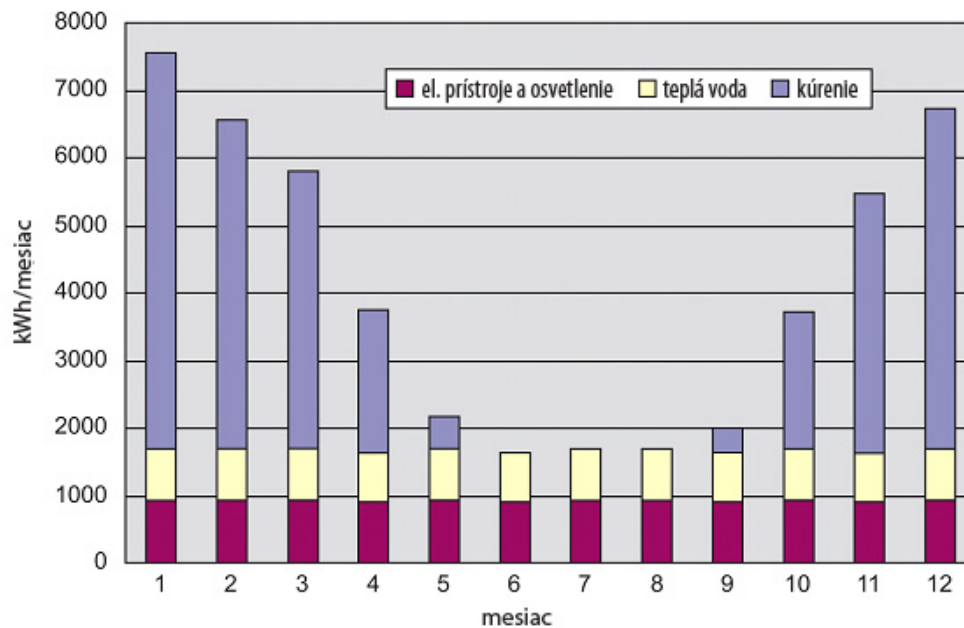
Obr.2a: Spotreba energie v Európskej únii v obytných a komerčných budovách (zdroj: www.intuser.net)

Hodnotenie spotreby energie v budovách

Aby sme dosiahli súlad s takouto legislatívou a vytvorili energeticky efektívne a pohodlné budovy je potrebné vziať v úvahu všetky relevantné toky energie a činitele alebo parametre, ktoré sú dôležité (vrátane tepelnej zotrvačnosti). Spotreba energie budovy môže byť vypočítaná pomocou jednoduchých ručných výpočtových metód, založených obyčajne na štatisticky stanovených vonkajších teplotách pri určitej polohe (stavby), tepelnej vodivosti (U-hodnota) a očakávaného rozsahu vetrania alebo pomocou počítačových programov, ktoré matematicky modelujú termodynamické toky (t.j. prestup tepla, vyžarovanie a prúdenie tepla).

Smernice pre tepelnú účinnosť stavieb používa holistický a integrovaný prístup k návrhu, dovoľujúc použitie viacerých rozdielnych metód. Dovoľuje použitie jednak zjednodušených metód „kvázi stabilného stavu“, ako aj podrobných „dynamických“ výpočtov, ale komplexnosť obsiahnutá v energetických tokoch znamená, že počítače sa častejšie používajú na realizáciu návrhovej simulácie (Obrázok 2). Existujú mnohé softvérové programy venované výpočtom energie, ale nie všetky sú použiteľné

v každej situácii; napríklad niektoré sú zamerané na obytné budovy, iné môžu byť použité len v určitých krajinách alebo klimatických oblastiach.



Obr.2b: Mesačná spotreba energie teoretickej obytnej budovy vypočítaná pre podnebie Štokholmu za pomoci „Consolis“ počítačového programu

Dopad klimatických zmien

Zmeny vo svetovej klíme obsahujú potenciál na ovplyvnenie teplotných podmienok po celej Európe. S rastúcimi dôkazmi o účinkoch klimatických zmien na prostredie stavieb, pán De Saulles T (2005) uvádza, že nový výskum ukazuje, že mnohé existujúce kancelárske priestory a obytné budovy zažijú prehrievanie do polovičky 21.storočia (CIBSE, 2005). Naozaj, výskum vykonaný skupinou Arup R&D („Arup výskum a vývoj“) predpokladá, že v roku 2080 bude v Londýne tak horúco, ako je dnes v Marseilles (Arup, 2004).

Z týchto príčin je potrebné, aby budovy boli navrhnuté tak, aby zabezpečili zdravie a komfort v budúcnosti – navrhovanie podľa súčasných noriem nemusí byť postačujúce pre boj voči účinkom klimatických zmien. Budovy z ťažkých materiálov zabezpečia dobrú tepelnú stabilitu, čo je pre daný problém robustné (necitlivé na malé zmeny) riešenie a riešenie priaznivé z hľadiska životného prostredia. Toto riešenie v mnohých prípadoch eliminuje potrebu mechanického spôsobu ochladzovania (budovy). Výskum ukázal, že budovy zhotovené z ťažších materiálov (s vyššou objemovou hmotnosťou) sa chovajú extrémne dobre pri pasívnych solárnych vlastnostiach a účinnom riadení vetrania (Arup & Bill Dunster Architects, 2004). Tento prístup k navrhovaniu môže byť nielen cestou k novým budovám schváleným aj pre budúcnosť, takto môžu betónové a murované výrobky pomôcť zabezpečiť pohodlné bývanie, teraz aj v budúcnosti.

Energetické toky v budove

Základné princípy tokov energie v budove sú ukázané v obrázku 2c. Pre nás všetkých je dôležité pochopiť ako tieto rôzne toky vzájomne pôsobia v budove, aby vytvorili vnútornú klímu s ktorou máme skúsenosti. V skutočnosti je to efektívne riadenie týchto tokov, ktoré pomáha znižovať spotrebu energie – kritický aspekt stavebných predpisov (nariadení) z hľadiska energetických vlastností.

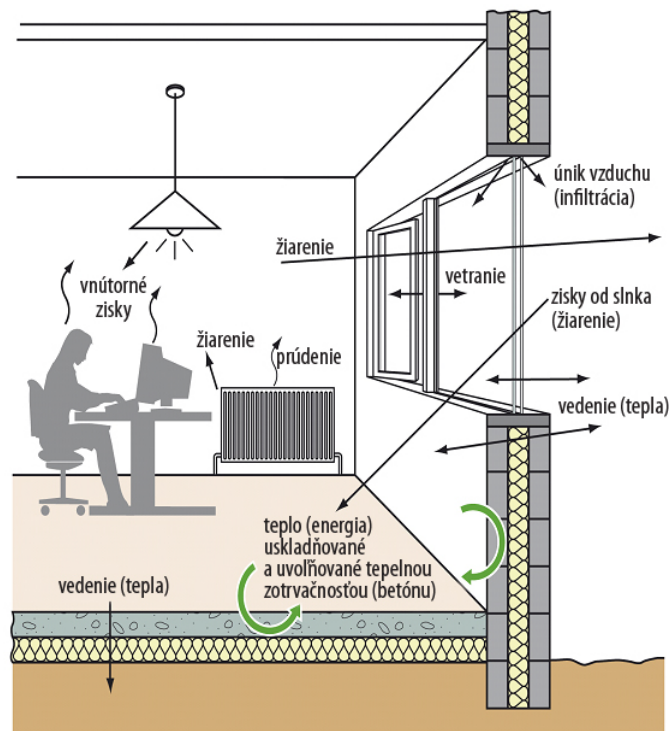
Energia (akou je teplo) je prenášané prestupom (vedením), pohybom vzduchu (prúdením) a/alebo sálaním (vyžarovaním).

Prestup (tepla) závisí od tepelnej izolácie alebo naopak od vodivosti materiálu alebo konštrukcie.

Prúdenie vzduchu je kontrolované ventiláciou (vetraním). Je spôsobené tiež infiltráciou (prestupom vzduchu) vzhľadom na vzduchové netesnosti; budovy sa stavajú čoraz vzduchotesnejšie, aby sa vyhlo takýmto neplánovaným tokom.

Sálanie (vyžarovanie tepla) primárne ovplyvňujú zasklené časti budovy a bude sa meniť vzhľadom na zemepisnú šírku a orientáciu (budovy).

Smer a veľkosť energetických tokov sa mení počas dňa, v priebehu roka a od miesta k miestu, v závislosti na vonkajších a vnútorných klimatických podmienkach; prítomnosť ľudí a zariadenia bude mať tiež svoj vplyv. Schopnosť stavebných materiálov uskladňovať a uvoľňovať energiu použitím svojej tepelnej zotrvačnosti má významný vplyv na energetické chovanie sa (vlastnosti) budovy. Toto je prinášané buď prirodzeným vetraním, ktoré nepotrebuje žiadnu strojnú výpomoc alebo aktívnymi metódami, akými sú hnaný vzduch alebo voda cez vykurovacie hady alebo kanáliky (potrubia) v betónových doskách. Koncepcia tepelnej zotrvačnosti je detailnejšie vysvetlená v Kapitole 3.



Obr.2c: Tepelné (energetické) toky v budove.

Teplo je získané slnečným žiarením, vnútornými ziskami z osvetlenia, vykurovania a od obyvateľov a nimi používaných zariadení.

Strata tepla nastáva cez vzduchové netesnosti, vetranie, vyžarovaním cez okná a prestupom (vedením tepla) cez steny, okná a podlahy.

Teplo je uskladňované a uvoľňované tepelnou hmotou (masou) budovy.

Ak sa nato pozrieme z praktického hľadiska, existujú dva dôležité ciele vzťahujúce sa k energetickému chovaniu sa (vlastnostiam) budovy:

1. Minimalizovať množstvo energie, ktoré spotrebúva budova
2. Zabezpečiť, aby budova udržiavala úroveň tepelnej pohody, ktorá je primeraná pre jej obyvateľov.

Betón napomáha budovám dosiahnuť obidva tieto ciele, tak ako to podrobnejšie vysvetľuje Kapitola 3.



Obr.2d: Rez vysoko izolovanou vonkajšou stenou, kde je vnútorná membrána zhotovená z ťažkého betónu, za účelom dosiahnutia dobrej tepelnej zotrvačnosti. Toto zabezpečuje výborné celoročné energetické vlastnosti (energetické chovanie) vytvorením optimálnej kombinácie energetického toku a uskladňovania energie. (fotografia bola vyhotovená počas študijného pobytu v BedZED, Veľká Británia)



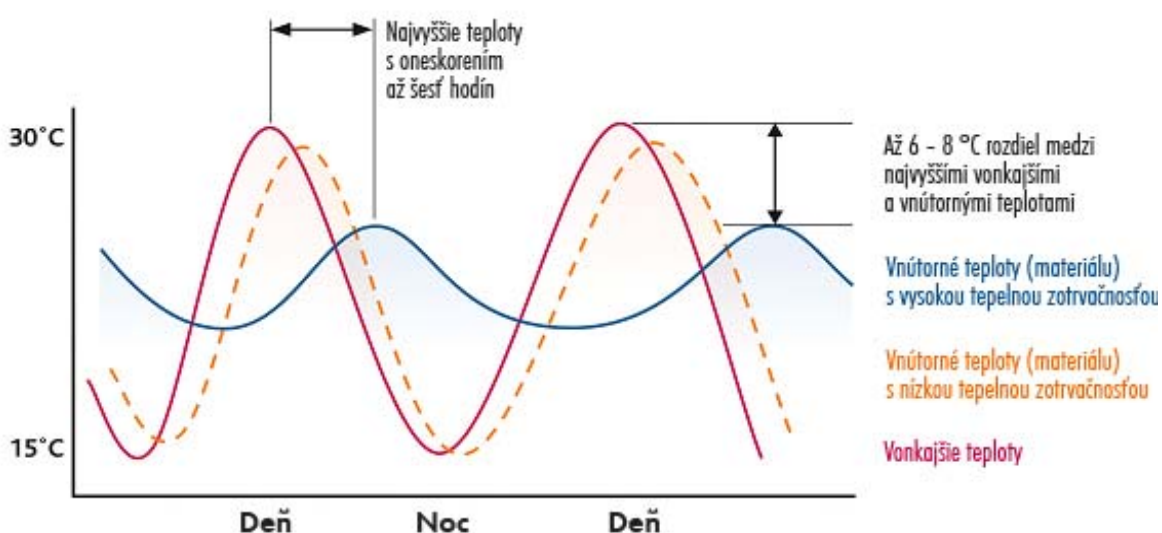
Obr.2e: „ITCLAB“ umiestnené v „Km Rosso („červený kilometer“), nové výskumné a vývojové centrum pre energetickú efektívnosť spoločnosti „Italcementi“, ktoré bolo navrhnuté pánom Richardom Meierom v Bergame v Taliansku. (so zvolením *Italcementi*, Taliansko)

3. BETÓN A SPOTREBA ENERGIE V BUDOVÁCH

Využitím tepelnej zotrvačnosti (tepelnej masy), môže byť spotreba energie znížená zmiernením potreby vykurovania a ochladzovania v budove. Zabezpečená tepelná zotrvačnosť má za následok jav „vyhladenia“ teplotných maximálnych alebo minimálnych hodnôt a spomalenie nástupu teplotných maxim pri vnútorných teplotách, čím dochádza k udržovaniu stabilnejšieho, pohodlnejšieho (príjemnejšieho) vnútorného prostredia (pozri Obr.3a). Toto je uznané v metodológii uvedenej v EN ISO 13790, ktorá podporuje Smernicu pre tepelnú účinnosť stavieb (pozri Kapitolu 4).

Ako funguje tepelná zotrvačnosť (tepelná masa)

STABILIZAČNÝ ÚČINOK TEPELNEJ ZOTRVAČNOSTI NA VNÚTORNÚ TEPLOTU



Obr.3a: Vplyv tepelnej zotrvačnosti (tepelnej masy) na pohodu. Z publikácie organizácie „The Concrete Centre“ – „Betonárskeho centra“: „Thermal mass for housing“ – „Tepelná zotrvačnosť (tepelná masa) pre bývanie“, Veľká Británia

Ako ťažký materiál betón pôsobí ako sklad (nárazník) počas vykurovacieho obdobia, využívajúc pritom tepelné zisky, akými sú slnečné žiarenie a teplo vytvárané obyvateľmi, skladuje túto energiu a uvoľňuje ju neskôr počas dňa (pozri obr. 3b). Naopak, schopnosť betónu ochladiť sa počas noci a uvoľňovať tento chlad do priestoru interiéru budovy počas dňa je iným dôležitým spôsobom, akým betón môže prispieť k tepelnej pohode počas leta.

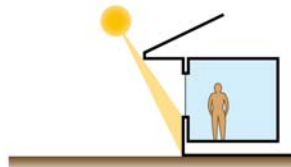
Hutný a ťažký betón zabezpečuje najvyššiu úroveň tepelnej zotrvačnosti. Ľahký izolačný betón zabezpečuje nízku úroveň, ale napriek tomu cenenú úroveň. Je už

dlho známe, že tepelná zotrvačnosť ma pozitívny vplyv na spotrebovanú energiu a na tepelnú pohodu v budovách, ale tento aspekt nebol až donedávna začlenený do zákonov týkajúcich sa energie stavieb a tepelnej pohody budov (pozri Kapitolu 4).

V priebehu dňa úroveň tepelnej zotrvačnosti zabezpečená materiálom určí hĺbku, do ktorej teplo vnikne, výsledok čoho je, ako dobre táto pôsobí ako tepelný zásobník.

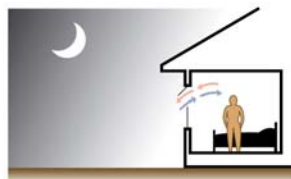
Tepelná zotrvačnosť počas leta

Počas dňa



Počas horúcich dní sú okná zatvorené, aby sa tak zadržieval horúci vzduch vonku a zálužia by malo byť tak upravené, aby minimalizovalo zisk slnečného tepla. Chladenie je zabezpečené tepelnou zotrvačnosťou. Ak sú teploty menej extrémne, okná môžu byť otvorené, aby sa tak zabezpečilo vetranie.

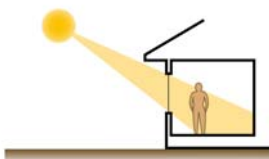
Počas noci



Ak bol horúci deň, obyvateľ otvorí okná, aby sa tak zabezpečilo nočné ochladzovanie tepelnej masy.

Tepelná zotrvačnosť počas vykurovacieho obdobia

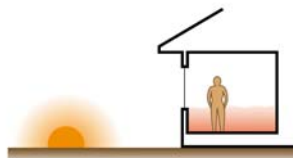
Od 10,00 h do 17,00 h



Slnečné svetlo vstupuje cez okná orientované smerom na juh a naráža na tepelnú masu. Toto ohrieva vzduch a tepelnú masu. Počas väčšiny slnečných dní, slnečné teplo môže pomôcť udržať tepelnú pohodu od prostriedku rána do neskorého popoludnia.

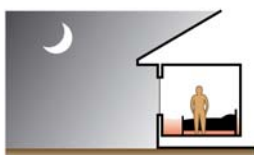
Obr.3b (pokračovanie na ďalšej strane):

Od 17,00 h do 23,00 h



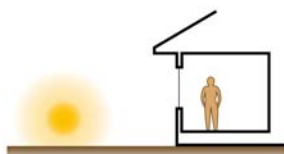
Po západe slnka bolo v termálnej mase uložené významné množstvo tepla. Toto sa potom pomaly uvoľňuje, napomáha pritom udržať podmienky tepelnej pohody počas večera.

Od 23,00 h do 7,00 h



Obyvateľ prispôsobuje kúrenie a tak je potrebné len minimálne doplňujúce vykurovanie. Dobrá vzduchotesnosť a izolácia minimalizuje straty tepla.

Od 7,00 h do 10,00 h



Skoré ráno je najťažším obdobím pre pasívne solárne vykurovanie, aby sa udržal komfort. Tepelná masa už obyčajne vydala väčšinu svojho tepla a obyvateľ sa musí spoľahnúť na doplňujúce vykurovanie. Avšak dobrá vzduchotesnosť a izolácia napomáha minimalizovať túto potrebu.

Obr.3b Pasívne chladenie v lete a skladovanie a uvoľňovanie voľnej energie získanej v zime (so zvolením „The Concrete Centre“ – „*Betonárskeho centra*“, Veľká Británia)

Pre ilustráciu kapacity betónu na uskladnenie tepla je možné urobiť jednoduché porovnanie medzi dvoma druhmi stien: stena zhotovená z ťažkých tvárnic a omietnutá môže absorbovať približne sedemkrát viac tepla ako typická drevená stena s omietkovými obkladovými doskami. Toto znamená, že za horúceho letného dňa, prídavná kapacita na pohltenie tepla v obytnej budove so stenami z ťažkého materiálu môže mať približne rovnaký chladiaci účinok, ako keď bežia dve štandardné prenosné klimatizačné jednotky.

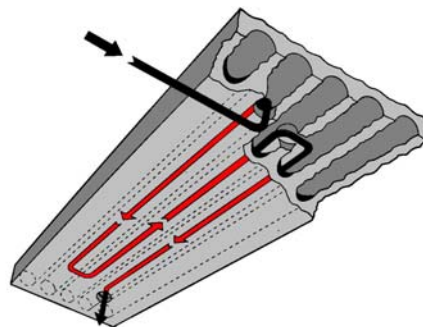
Vyt'aženie maxima z tepelnej zotrvačnosti

Tepelná zotrvačnosť betónu funguje najlepšie v budovách, kde je regulovaný cyklus zmeny teplôt, spravidla po celý deň. Napríklad v školách a kanceláriách, kde maximum zisku vnútorného tepla je podstatný a zhoduje sa s maximom ziskov zo

slnecnej energie, nárazníkový (tlmiaci) efekt betónu pomáha znížiť a oneskoriť nástup maximálnych teplôt. Večerný pokles teploty, keď budova už nie je obsadená (obyvateľmi) poskytuje možnosť pre nočné ochladenie betónu, aby sa tak pripravil pre nasledujúci deň.

Prítomnosť konečných úprav povrchu (konštrukcie), akými sú omietkové obkladové dosky a koberce, do určitej miery znižuje účinok tepelnej zotrvačnosti, pretože funguje ako izolačná vrstva. V dôsledku toho nemusí nevyhnutne nastať, že budova konštrukčne zhotovená z ťažkého materiálu automaticky zabezpečí vysokú úroveň tepelnej zotrvačnosti; toto závisí od rozsahu v akom konštrukčné betónové prvky môžu tepelne spolupôsobiť s obývaným priestorom, t.j. ako si vymieňajú teplo s obklopujúcim prostredím. V ideálnom prípade by izolácia vo vonkajších stenách mala byť umiestnená za vnútornou membránou (tenkou doskou) z betónu (napríklad v dutine) a izolácia v prízemí je umiestnená pod doskou. Okrem toho platí jednoduché pravidlo (ak je aplikovateľné) – povrch betónu by mal byť vystavený tepelnému účinku tým, že sa použijú konečné úpravy jeho povrchu, akými sú maľovka, obklady alebo vlhká omietka. Účinne možno použiť jednoduchý „odhad od oka“ – masa (hmota betónu) musí byť „viditeľná“ vzhľadom k vnútornému zdroju tepla. Ak niektoré typy betónových stenových konštrukcií majú použiť vnútornú izoláciu v súvislosti s prerušením tepelného toku, významná úroveň pôsobenia tepelnej zotrvačnosti môže byť dosiahnutá v takejto budove tým, že sa použijú betónové stropy.

V klimatických podmienkach, kde teploty zostávajú vysoké alebo nízke počas dlhej doby, takéto pasívne prostriedky využívania tepelnej zotrvačnosti sa stávajú menej účinnými a tak sa stáva viacej užitočným variantom aktívna (strojne podporovaná). V takomto prípade je energia premiestňovaná za pomoci vody vo vykurovacích hadoch alebo vzduchu v kanálikoch (pozri Obr.3c). Veľká tepelná vodivosť betónu je prínosom pri prestupe tepla zo vzduchu alebo vody cez dosku do vlastnej miestnosti. Tento prístup je tiež užitočný v prípadoch, kde sú veľké zisky tepla z vnútra (miestnosti), napr. v kanceláriách, v ktorých je veľké množstvo výpočtovej techniky a iných zariadení, pretože chladiaci vzduch/voda môže zlepšiť schopnosť dosky absorbovať teplo.



Obr.3c: Systém „Termodeck“. Tu za pomoci strojovej ventilácie prechádza pomalou rýchlosťou vzduch cez otvory dutinovej dosky (panela) serpentinovitým spôsobom, ktorý zabezpečí predĺžený kontakt medzi vzduchom a betónom pre dosiahnutie dobrého prenosu (prestupu) tepla. V každej doske sa spravidla je pre tento spôsob použitých tri alebo päť dutín (otvorov) a vzduch dodávajúci difúzer sa nachádza na spodnej ploche dosky, t.j. je v podhlade (miestnosti). (obrázok použitý so zvoľením Termodeck®, Švédsko)

Štúdie o tepelnej zotrvačnosti

Efekt tepelnej zotrvačnosti je veľmi dobre známy a užitočná sumarizácia poznatkov bola zostavená tímom z univerzity v Tampere vo Fínsku (Hietamäki a kolektív. 2003), ktorý preskúmal 28 medzinárodných publikácií o tejto tematike a vyvodil z toho niekoľko záverov. Tieto zahŕňujú:

- Existuje **2 – 15% úspora energie** na vykurovanie vzhľadom na tepelnú zotrvačnosť, typická úspora v severoeurópskych klimatických podmienkach je 10%, ak sa porovnávajú budovy zhotovené z ťažkých a ľahkých materiálov
- Ak sa nepoužíva chladenie v lete, najväčšie vnútorné teploty v budovách zhotovených z ťažkých materiálov sú o **3 – 6 stupňov nižšie** ako teploty v ekvivalentných budovách zhotovených z ľahkých materiálov; táto tepelná zotrvačnosť môže znížiť potrebu chladenia
- Vetrание budov cez noc môže znížiť alebo predchádzať potrebu strojového chladenia. Ak sa to spojí s tepelnou zotrvačnosťou, toto potom **zniži spotrebu energie potrebnú na chladenie až do 50%**
- Kombinácia tepelnej zotrvačnosti a zlepšenej vzduchotesnosti v jednoduchom rodinnom dome môže priniesť **20% zníženie** spotreby vykurovacej energie v porovnaní s rodinným domom zhotoveným z ľahkého materiálu.

Jedna dodatočná nórska štúdia hodnotila chovanie sa jednoduchého rodinného domu s nočným vetraním počas leta a kancelárskeho priestoru s nočným vetraním alebo aktívne chladených s rôznymi prevádzkovými režimami (Dokka T.H., 2005). Simulácia použila nórske klimatické údaje, ktoré boli aplikované za použitia komerčne dostupného, dynamického energetického prostriedku modelovania. Výsledky ukázali, že obytné budovy zhotovené z ťažkých materiálov by mali vyžadovať približne o 7% menej vykurovacej energie ako budovy zhotovené z ľahkých materiálov a tepelná zotrvačnosť mala hlavný vplyv na tepelnú pohodu. V prípade kancelárskych priestorov rozdiel v požadovanej energii bol 10% a v prípade aktívneho chladenia, budovy z ľahkých materiálov vyžadovali o 30% viac chladiacej energie. Pri použití pasívneho chladenia zosilneného nočným vetraním v budove zhotovenej z ľahkých materiálov, existovalo ešte stále prehriatie – počas 179 hodín existovala teplota nad 26°C. Výsledky nedávneho výskumu tejto problematiky sú uvedené v Kapitole 5 tejto publikácie.



Obr.3d: Energeticky efektívna budovy strednej školy v Gislavede vo Švédsku, vybudovaná v roku 1993 za použitia systému „TermoDeck“ a rozšírenej v roku 2006 predstavuje celkovú plochu 12.000 m². (so zvolením Strängbetong, Švédsko)

4. ENERGETICKÉ VLASTNOSTI PODĽA SMERNICE PRE TEPELNÚ ÚČINNOSŤ STAVIEB

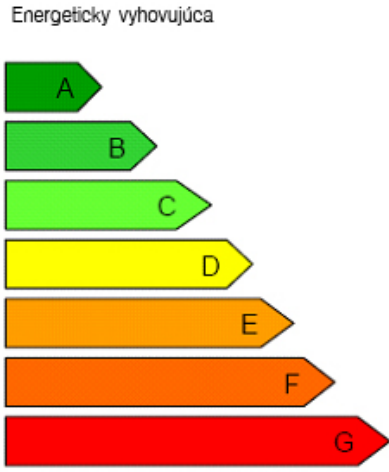


Smernicou Európskej únie pre tepelnú účinnosť stavieb (Smernica EÚ 2002/91/EC zo 16. decembra 2002) vstúpila v platnosť v členských štátoch Európskej únie v januári 2006 a tak Európska únia by mohla zabezpečiť, aby nové budovy používali menej energie. Obývanie a používanie 160 miliónov budov v Európskej únii je zodpovedných za 40% jej spotreby energie a ako také je najväčším jednotlivým zdrojom emisií CO₂ v Európskej únii. V terajšom štádiu táto Smernica je aplikovaná len na budovy s celkovou plochou presahujúcou 1000 m².

Požiadavky Smernice pre tepelnú účinnosť stavieb

Smernica obsahuje viaceré rôzne nariadenia a prostriedky pre reguláciu energetického chovania sa (vlastnosti) budov, ktoré majú dopad na návrh a prevádzku budov. Táto publikácia je zameraná na potenciálny prínos betónu k dosiahnutiu cieľov uvedených v Smernici pre tepelnú účinnosť stavieb a preto nie všetky aspekty tejto Smernice budú v tejto publikácii detailne obsiahnuté. Avšak v podstate Smernicou pre tepelnú účinnosť stavieb vyžaduje, aby vlády, projektanti a klienti reagovali:

- Zabezpečením obecnej osnovy pre metodológiu výpočtu integrovaného energetického chovania sa (energetických vlastností) budov
- Uvedením minimálnych požiadaviek na energetické chovanie sa (energetické vlastnosti) budov, vrátane požiadaviek na chladenie
- Vyžadovaním, aby meranie spotrebovanej energie bolo kontrolované v hotovej budove a že spotreba energie je v súlade (s projektovanými hodnotami)
- Umožnením, aby ukazovateľ CO₂ bol zahrnutý do hodnotenia energetického chovania sa (energetických vlastností) budov, čo podporuje využívanie alternatívnych zdrojov energie (akým sú solárne panely)
- Uvedením, žeby mala byť použitá koncepcia pasívneho ohrievania a chladenia
- Uvedením, že dobré energetické chovanie sa (dobré energetické vlastnosti) budovy nemusia byť v rozpore s kvalitou vnútorného prostredia budovy
- Stanovením systému energetickej certifikácie budov, ktoré zvýši povedomie o danej problematike a zlepší trhovú hodnotu energetickej efektívnosti (pozri Obr.4a)

V predchádzajúcich výpočtoch energetického chovania sa (energetických vlastností), od projektantov a energetických špecialistov sa zvyčajne vyžadovalo, aby navrhli na predpísanú základnú „U-hodnotu“, vyžadovanú pre obvodový plášť budovy, t.j. pre jej podlahu, steny a strechu. V niektorých krajinách sa používal viacej holistický prístup pri nariadeniach pre energetické chovanie sa (energetické vlastnosti) – vypočítaná spotreba energie budovy, obvyčajne vyjadrená v kWh/m² a toto bola prijaté v novej Smernici. Tento krok od základnej „U-hodnoty“ k princípu energetického chovania sa (energetických vlastností) budovy otvára možnosť zahrnutia takých aspektov, akými sú tepelná zotrvačnosť a vzduchotesnosť do hodnotení energetického chovania sa (energetických vlastností) budov.

Energetický certifikát	Energetické vlastnosti budovy		Pri postavení	V prevádzke					
	Priestor na odkaz o použitej certifikačnej schéme								
	Energeticky vyhovujúca								
	Energeticky nevyhovujúca								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Názov použitého ukazovateľa</th> <th style="width: 40%;">jednotka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">130</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">170</td> </tr> </tbody> </table>		Názov použitého ukazovateľa	jednotka		130		170	vypočítaná (hodnota)	nameraná (hodnota)
Názov použitého ukazovateľa	jednotka								
	130								
	170								
Priestor na dodatočné informácie o využívaní energie budov									
Administratívne informácie: adresa budovy, klimatizovaná plocha dátum platnosti meno a podpis certifikujúceho...									

Obr.4a: Predstava o tom, ako by mohol vyzerat' energetický certifikát budovy (so zvolením www.eplabel.org)

Smernicou pre tepelnú účinnosť stavieb poskytuje obecnú osnovu pre výpočet energetického chovania sa (energetických vlastností) budov po celej Európe a stanovuje minimálnu úroveň (štandard) v nových a rekonštruovaných budovách.

Smernicou pre tepelnú účinnosť stavieb prináša širší pohľad na energetické chovanie sa (energetické vlastnosti) a zavádza integrované kritéria pre energetické chovanie sa (energetické vlastnosti) budov, podľa čoho musia byť pri návrhu brané v úvahu aj také aspekty, akým je tepelná zotrvačnosť. Ako minimum požaduje Smernica, žeby mali byť uvažované nasledovné aspekty:

- Teplo-technické charakteristiky budovy (t.j. jej vonkajší obal/obvodový plášť a vnútorné steny), vrátane vzduchotesnosti

- Zariadenia na vykurovanie a dodávku horúcej vody, vrátane ich izolačných charakteristík
- Klimatizačný systém
- Systémy mechanickej ventilácie (vetrania)
- Zabudované osvetľovacie zariadenia (hlavne v nebytových priestoroch)
- Umiestnenie a orientácia budovy (vzhľadom na svetové strany), vrátane vonkajších klimatických podmienok
- Pasívne solárne systémy a ochrana voči slnečnému žiareniu
- Prirodzené vetranie
- Klíma interiéru (vnútrajška budovy), vrátane navrhnutej vnútornej klímy.

Predpovedanie spotreby energie v budove

Aby bolo možné implementovať (zaviesť) Smernicu vyžaduje sa viacero technických noriem. Najdôležitejšou je pravdepodobne EN ISO 13790 Tepelno-technické vlastnosti budov. Výpočet spotreby energie na vykurovanie a chladenie (CEN 2005; *k dispozícii je už aj verzia z roku 2008 – poznámka prekladateľa*), ktorá definuje posúdenie tepelnej zotrvačnosti (teplo-technickej masy) a vzduchotesnosti, čím ustanovuje ako predpovedať energetickú spotrebu budovy. EN ISO 13790 dovoľuje zjednodušiť metódu „kvázi stabilného stavu“ rovnako aj podrobné „dynamické“ výpočty.

Dynamické metódy modelujú skutočné termodynamické chovanie priestoru alebo budovy, ale spoliehajú sa na obsiahly, detailný návrh a klimatické údaje a tak sú časovo náročné. Avšak vzhľadom na ľahší prístup ku klimatickým údajom (uvádzaných po hodinách) a vývojom softvérov, ktoré sú priateľskejšie k užívateľovi, dynamické modelovanie sa stáva čím viac populárnejším.

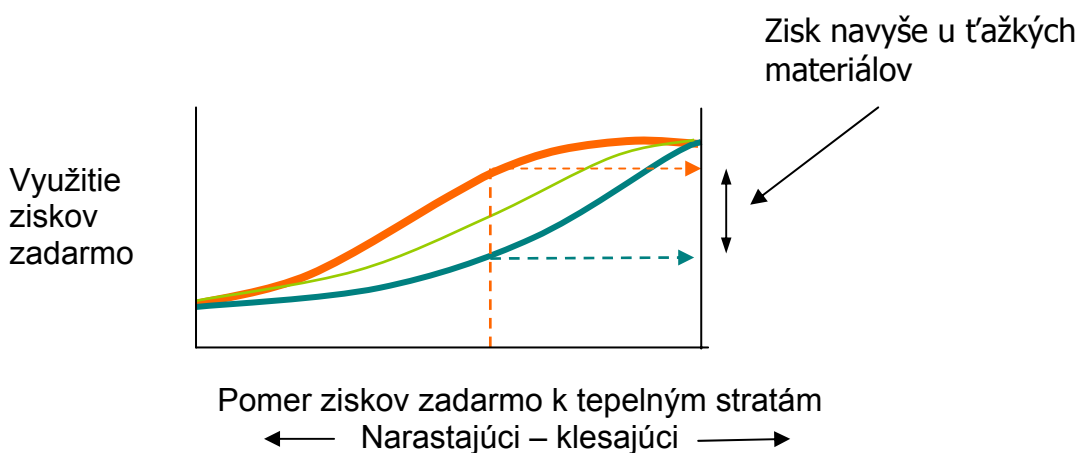
Metóda „kvázi stabilného stavu“ je jednoduchším prístupom (k tejto problematike) a berie v úvahu prínosy tepelnej zotrvačnosti, čo ju robí ideálnou metódou na použitie v počiatočnej fáze návrhu, keď sa musia urobiť strategické rozhodnutia o materiáloch na zhotovenie budovy. Toto hodnotí tepelnú zotrvačnosť kvantifikáciou ziskov voľnej energie (napr. teplo zo slnečného žiarenia a osadenstva) a nakúpenej energie, väčšina ktorej môže byť využitá v budove z ťažkého materiálu, ktorá preto vyžaduje menej nakúpenej energie, ako budova zhotovená z ľahkých materiálov. Spôsob, akým sa toto vypočítava je ukázaný v Obrázku 4b, z ktorého je možné vidieť, že veľký podiel energie získanej zadarmo môže byť použitý v budove z ťažkého materiálu. Toto je dôležitým aspektom normy EN ISO 13790.

5. PREUKÁZANIE ENERGETICKEJ EFEKTÍVNOSTI BETÓNU

Pre stanovenie rozsahu po ktorý betón udržuje stabilnú vnútornú klímu, pričom minimalizuje spotrebu energie bola vykonaná rada skúšok (Johannesson a kol., 2006) (Johannesson G., Lieblang P. a Öberg M.), používajúc pri tom teoretický návrh stavby. Cieľom bolo preskúmať energetickú rovnováhu v obytných a kancelárskych budovách v rôznych klimatických podmienkach Európy (od Švédska po Portugalsko), a to pre budovy z ťažkého ako aj ľahkého materiálu. Bol vyvinutý jednoduchý návrh

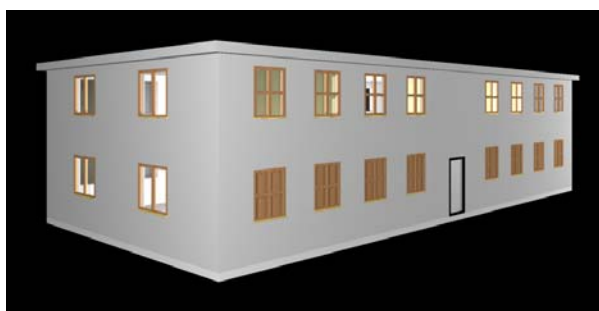
pre dvojpodlažnú budovu, ktorá je zobrazená na obrázku 5a a ktorá je vhodná jednak pre obytné ako aj kancelárske budovy. Boli použité dve rôzne konfigurácie: budova

Ťažký materiál ————
 Stredne ťažký materiál ————
 Ľahký materiál ————



Obr.4b: Použitie ziskov z voľnej energie podľa EN ISO 13790 (zjednodušené pre tohto sprievodcu). Príklad ukazuje, že pre daný pomer ziskov energie získanej zadarmo ku tepelným stratám, budovy zhotovené z ťažkých materiálov poskytujú vyššie využitie (týchto ziskov) ako budovy zhotovené z ľahkých materiálov

zhotovená z ťažkého materiálu, zahrňujúca betónové stropy (podlahy), betónové vnútorné a vonkajšie steny, zatiaľ čo budova z ľahkých materiálov použila typické drevené konštrukcie alebo všetky konštrukcie z tenkých oceľových komponentov s výnimkou betónovej základovej dosky. Avšak v oboch prípadoch použitá tepelná izolácia bola rovnaká, takže vplyv tepelnej zotrvačnosti mohol byť presne odskúšaný.



Obr.5a: Pohľad na teoretickú budovu použitú pri energetických skúškach

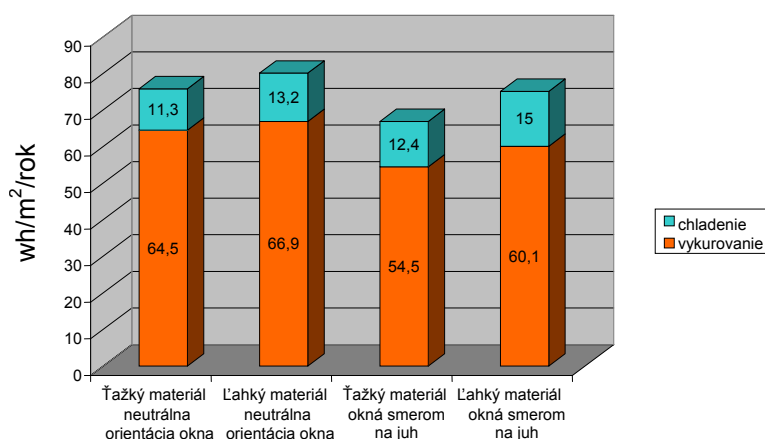
Výpočet teoretických tepelno-technických vlastností

Dostupný je celý rad výpočtových programov na výpočet spotreby energie v budove, veľa z nich bolo vyvinutých ako reakcia na vzťahy uvedené v EN ISO 13790. Päť programov z Dánska, Nemecka a Švédska bolo použitých pri výskume o betóne a teplo-technických vlastnostiach. Tri z nich sú založené na metóde „kvázi stabilného stavu“, jeden je obecným dynamickým programom a jeden používa paralelne obe výpočtové metódy.

Výsledky týchto skúšok použitých na piatich teoretických budovách ukázali, že stavba zhotovená z ťažkého materiálu ponúka významnú výhodu v zmysle energetických vlastností, ak sa porovnáva s ekvivalentnou budovou zhotovenou z ľahkého materiálu. Všetkých päť programov ukazuje jasnú prednosť energetických vlastností varianty s použitím ťažkého materiálu.

Pre obytné budovy s neutrálnou orientáciou okien, budova zhotovená z ťažkého materiálu vyžaduje o 2 – 9% menej primárnej alebo nakúpenej energie (od 1,5 do 6 kWh/m²/rok) v porovnaní s podobným variantom z ľahkého materiálu. Výhoda varianty za použitia ťažkého materiálu vzrástla, ak viacej okien bolo orientovaných smerom na juh. Obrázok 5b ukazuje, že budova zhotovená z ťažkého materiálu s oknami smerom na juh vyžaduje menej energie na chladenie ako budova zhotovená z ľahkého materiálu s neutrálnou orientáciou okien. Inými slovami budovy z ťažkého materiálu dovoľujú maximálne využitie solárnej energie s minimom problémov v komforte (v miestnosti).

Prínos betónu k tepelnej stabilite a energetickej efektívnosti budov bol jasne preukázaný novým výskumom



Obr.5b: Typický výsledok výpočtu energie požadovanej na vykurovanie a chladenie v modeloch budovy zhotovenej z ťažkého a ľahkého materiálu zobrazenej v Obr.5a. v tomto prípade modelovaný príklad bola obytná budova v Štokholme vo Švédsku.

Prednosti vlastnosti betónu (v tejto oblasti) boli dokonca oveľa pôsobivejšie v prípade kancelárskej budovy – (úspora 7 – 15%), kde efekt tepelnej zotrvačnosti bol veľmi zjavný. Návrh kancelárskych priestorov zahrňoval aj klimatizáciu (aby sa zvládli veľké interné tepelné zisky od zamestnancov a zariadení kancelárií), ale variant za použitia ťažkých materiálov využila svoju tepelnú zotrvačnosť na minimalizáciu potreby chladenia a preto pôsobila oveľa lepšie ako ekvivalentná variant za použitia ľahkých materiálov. Bolo zistené, že je ťažké posúdiť tepelnú pohodu (komfort) použitím programov „kvázi stabilného stavu“, ale ak sa vzalo výsledné zníženie chladiacej energie ako pre tepelnú hodnotu ako náhrada, potom variant s ťažkým materiálom pôsobila o 10 – 20% lepšie ako variant s ľahkým materiálom.

V oboch prípadoch, ak sa vzala v úvahu tepelná zotrvačnosť, počiatkový návrh budovy, spolu s využitím vetrania a očakávaniami ohľadom na vnútorné teploty, potom úspory energie by sa mohli ďalej zvýšiť.

Ak to zhrnieme programy poskytujú konzistentné výsledky pre oboje – absolútnu spotrebu energie a pre vzťah medzi budovami zhotovenými z ťažkého a ľahkého materiálu. Dynamická metóda a metóda „kvázi stabilného stavu“ obe dávajú obdobné výsledky pre budovy z betónu, ale vykazujú menej konzistentné výsledky pre budovy zhotovené z ľahkých materiálov. To môže byť zapríčinené nižšími výsledkami ich tepelnej stability a nízkou predpovedateľnosťou ich skutočného chovania na základe skúšobných scenárov (usporiadaní skúšok).

Prednosti betónu potvrdené prácou na reálnych budovách

Avšak aby sa potvrdila obecná platnosť predtým spomenutých výsledkov bolo analyzovaných viacero reálnych budov (pozri Obr.5c) v rôznych klimatických podmienkach, za použitia rovnakých výpočtových programov. Uvažovalo sa s viacerými konštrukčnými alternatívami, vrátane alternatívy stavieb zhotovených z ťažkého a ľahkého materiálu a (do výpočtu) sa zahrnuli špecifické miestne údaje o podnebí.



Obr.5c: Rozmanité európske budovy boli analyzované za použitia výpočtových programov, čím sa uplatnili efekty obidvoch variant stavieb, t.j. zhotovených z ťažkého aj ľahkého materiálu

Výsledok tejto overovacej štúdie je zosumarizovaný v Tabuľke 1 a bol zhruba v súlade skúšobnými údajmi dodanými piatimi výpočtovými programami, ale bolo urobené jedno zaujímavé zistenie s ohľadom na časovo prerušované vykurovanie budovy. Existuje tu typický malý rozdiel medzi konštrukciami z ťažkého a ľahkého betónu, ak sú vystavené cyklom prerušovaného vykurovania, ale len ak teplotný pokles medzi úspešnými vykurovacími cyklami je minimalizovaný pomocou účinnej izolácie a adekvátnej vzduchotesnosti.



Obr.5d: Torre Verde („zelená veža“) – energeticky efektívna dvanásť poschodová obytná budova z betónu (7200 m²) postavená v Lisabone v Portugalsku. Sledovanie ukázalo, že emituje za rok okolo 24 ton CO₂ menej, ako tradičná budova rovnakej veľkosti. Solárny teplo-technický systém dodáva 70% požadovaného tepla na ohrev v budove spotrebovanej teplej vody. (so zvolením Tirone Nunes, SA, Portugalsko)

Tabuľka 1: Príklad zo štúdie reálnych budov. Ročná spotreba energie (kWh/m²)

Typ budovy	Spotreba energie	Ťažký materiál	Ľahký materiál
V. Británia/Írsko – spolovice samostatne stojaci dom Priemer z 9 lokalít	Vykurovanie**	34	35
Spolovice samostatne stojací dom. Lisabon	Vykurovanie*	17	19
	Chladenie	27	32
	Spolu	44	51
Viacrodinný dom, Würzburg	Vykurovanie*	51	55
Spolovice samostatne stojací dom, Stockholm	Vykurovanie	78	81

Poznámky:

* neprerušovaný vykurovací režim

** Priemer neprerušovaného a prerušovaného vykurovania, berúc v úvahu bežné používanie prerušovaného vykurovania v týchto krajinách



Obr.5e: Monolitický mestský dom v Bruseli v Belgicku (so zvolením architekta – Joel Claisse Architectures; fotograf – Jean-Paul Legros, Belgicko)



Obr.5f: „Kvernhuset Youth School“ vo Fredrikstadte v Nórsku. Energeticky efektívna budova s využitím transportbetónu za účelom získania energetických úspor a predstavujúca ďalšie progresívne riešenia z hľadiska trvale udržateľného rozvoja

6. LITERATÚRA

ARUP (2004). Too hot to handle. Building, No. 6, 2004, London, UK.

(ARUP 2004. „Príliš horúce dotýkať sa toho“. Stavba, č.6, 2004, Londýn, V.Británia)

ARUP/BILL DUNSTER ARCHITECTS (2004). UK Housing and Climate Change - Heavyweight versus lightweight construction, Arup Research + Development, Bill Dunster Architects, UK.

(ARUP/BILL DUNSTER ARCHITEKTI, 2004. „Bývanie vo V. Británii a klimatické zmeny – konštrukcie z ťažkého materiálu oproti konštrukciám z ľahkého materiálu“, Výskum a vývoj spoločnosti ARUP, Bill Dunster Architekti, V. Británia)

CIBSE (Chartered Institute of Building Services Engineers) (2005). Climate change and the Indoor environment: Impacts and adaptation, TM36, CIBSE, Ascot, UK.

(CIBSE - Registrovaný inštitút inžinierov stavebných služieb, 2005. „Klimatické zmeny a vnútorná klíma: Dopady a prispôsobenie“, TM36, CIBSE, Ascot, V.Británia)

DE SAULLES T (2005). Thermal mass – a concrete solution for a changing climate. The Concrete Centre, Camberley, UK, 25 pp.

(DE SAULLES T., 2005. „Teplotechnická masa (tepelná zotrvačnosť) – riešenie z betónu pre meniacu sa klímu“, Betonárske centrum, V.Británia, 25 strán)

DOKKA T H (2005). Varmelagringsseffekt ved bruk av tunge materialer i bygninger. (Effect of thermal storage by use of heavy materials in buildings.) SINTEF report STF 50 A05045, Trondheim, Norway (In Norwegian)

(DOKKA T. H., 2005. „Efekt teplotechnického skladovania použitím ťažkých materiálov v stavebníctve“. SINTEF správa STF 50 A05045, Trondheim, Nórsko – v nórcine)

EC (2003). DIRECTIVE 2002/91/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. Official Journal of the European Community, Brussels, 2003.

(Európska komisia, 2003. Smernica 2002/91/EC Európskeho parlamentu a Európskej rady zo 16.decembra 2002 o energetických vlastnostiach budov. Úradný vestník Európskeho spoločenstva, Brusel, 2003)

HIETAMÄKI J, KUOPPALA M, KALEMA T and TAIVALANTTI K (2003). Thermal mass of buildings – Central researches and their results. Tampere University of Technology, Institute of Energy and Process Engineering. Report 2003:174. Tampere, Finland, 43 pp + Annex. (In Finnish)

(HIETAMÄKI J., KUOPPALA M., KALEMA T. and TAIVALANTTI K., 2003. „Teplotechnická hmota (tepelná zotrvačnosť) budov – hlavné výskumy a ich výsledky“. Tamperská univerzita technológie, Inštitút energie a spracovateľského inžinierstva. Správa 2003: 174, Fínsko, 43 strán + príloha – vo finštine)

CEN (2005). ISO DIS 13790: 2005. Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for space heating, CEN/TC 89, Brussels, Belgium.

(CEN, 2005. ISO DIS 13790: 2005 „Tepelno-technické vlastnosti budov. Výpočet spotreby energie na vykurovanie a chladenie“, CEN/TC 89, Brusel, Belgicko)

JOHANNESSON G et al. (2006). Possibility to energy efficient houses by new integrated calculation approach. ByggTeknik No. 3, Stockholm, Sweden 2006, 66 pp. (In Swedish)

(JOHANNESSON G. A kol., 2006. „Možnosti energeticky efektívnych domov pomocou nového integrovaného výpočtového prístupu“. ByggTeknik No. 3, Stockholm, Švédsko 2006, 66 strán – vo švédštine)

JOHANNESSON G, LIEBLANG P and ÖBERG M Holistic building design for better energy performance and thermal comfort – opportunities with the Energy Performance of Buildings Directive. Submitted in April 2006 to the International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings. Div. of Building Technology, Dept. of Civil and Architectural Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

JOHANNESSON G, LIEBLANG P and ÖBERG M. „Holistický návrh budovy pre lepšie energetické vlastnosti a tepelnú pohodu – príležitosti za použitia Smernice pre energetické vlastnosti trvale udržateľných budov“. Predložené v apríli 2006 do časopisu „International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings“ Odbor Štavebnej technológie, oddelenie stavebníctva a architektúry. Kráľovský technický inštitút, Štokholm, Švédsko.

HACKER et al. (2006) Embodied and operational carbon dioxide emissions from housing: a case study on the effects of thermal mass and climate change. ARUP Research commissioned by The Concrete Centre and British Cement Association, UK.

HACKER a kol. (2006) „Vlastné a prevádzkové CO₂ emisie z bývania: prípadová štúdia účinkov tepelnej zotrvačnosti na klimatické zmeny. ARUP výskum z poverenia „Betonárskeho centra a Britského cementárskeho zväzu, V. Británia.

ÖBERG M (2005). Integrated life cycle design – Application to Swedish concrete multi-dwelling buildings, Lund University. Division of Building Materials, Report TVBM-3103, Lund, Sweden, 117 pp.

ÖBERG M (2005). „Integrovaný návrh životného cyklu – použitie u švédskych viacbytových budovách z betónu“. Univerzita Lund. Odbor stavebných materiálov. Správa TVBM-3103, Lund Švédsko, 117 strán.



Obr. 6a a 6b EDIFICIO ECOBOX, FUNDACIÓN METRÓPOLI pre trvale udržateľnú budúcnosť, energeticky efektívna betónová budova v Madride, Španielsko (so zvolením architektov Vincente Olmedilla a Ángel de Diego, Španielsko)