

Energetická optimalizace architektonického konceptu

Ing. arch. David Křeček
Školitel: doc. Ing. Josef Chybík, CSc.
Ústav stavitelství - FA VUT Brno

Obor energeticky úsporných staveb je nejdynamičtější obor v oblasti stavebnictví. Každoročně se zájem o tento druh výstavby zvyšuje min. o 20 % a to nejen v oblasti odborné, ale i laické. Energetická účinnost budov je z hlediska nákladů nejefektivnějším a okamžitě dostupným nástrojem v boji za omezení emisí skleníkových plynů. Pokud se do budoucna podaří, tak na základě „motýlího efektu“ se uvědomělý postoj k životnímu prostředí přenesou do všech částí lidského života. I malé správné změny v přístupu mohou nakonec vytvořit globální změny a společnými silami vytvořit naši „Zelenou planetu“.

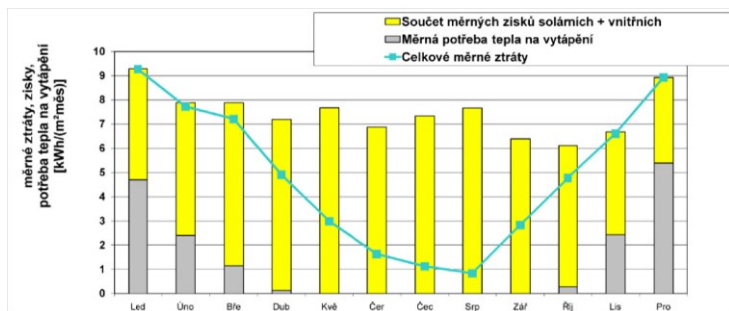
1. Proč optimalizovat?

Stavebnictví je v rámci Evropské unie největším průmyslovým sektorem s tvorbou přibližně 11 % HDP a zaměstnávajícím cca 7,5 % ekonomicky aktivního obyvatelstva. Často je poukazováno na skutečnost, že stavebnictví a jeho produkty jsou zodpovědné za 40 % spotřeby veškeré vyrobené energie a přibližně za stejné procento produkce emisí skleníkových plynů (především CO₂) a produkce pevných odpadů. Stavebnictví tak rozhodujícím způsobem ovlivňuje socio-ekonomický vývoj v každé průmyslově rozvinuté zemi [1]. Ve vyspělých zemích, kam patříme i my, žije pouze 20 % obyvatel planety, kteří spotřebovávají téměř 80 % energetických zdrojů Země (známé a platné Paretovo pravidlo 80/20).

Zcela v souladu s trendem udržitelného rozvoje pro zvýšení kvality životního prostředí v oblasti stavebnictví, je logické zaměření na stavby, které jsou konceptuálně zaměřeny na šetření s energiemi a to jsou energeticky úsporné stavby. Navrhování energeticky efektivních domů není jednoduchou záležitostí. Energetickou bilanci domu ovlivňuje mnoho na sobě vzájemně provázaných parametrů.

Bez použití optimalizačního nástroje může být návrh velmi často poměrně hodně neseriózní. Ze zkušeností vyplývá, že i tam, kde je vážný záměr vytvořit pasivní dům, se při prvotním návrhu architekti pohybují mezi 18 – 45 kWh(m².a) tj. na 300 % spotřeby pasivního domu [2] a to při nejméně 300 mm izolantu na masivní stěně a s dobrými výplněmi otvorů (tzn. při použití velmi optimistického výpočtu). Je vhodné se zaměřit na jednoduché vstupní údaje, než na jednoduché metody. Zjednodušené vstupní údaje by měly být jednoznačné, výrazné, měřitelné, ověřitelné a udržovatelné. Zjednodušené metody by měly kombinovat transparentnost, reprodukovatelnost a robustnost s dostatečnou (vyrovnanou) přesností a být co nejvíce flexibilní. Základem výpočetních postupů je zákon zachování energie, jeden z nejdůležitějších fyzikálních zákonů: veškerá energie, která bude přivedena uzavřenému systému, zde danému objektu, buď zvýší obsah energie systému (zde většinou teplotu) nebo systém opět opustí [3].

Pro efektivní tvorbu koncepce budovy je potřebný takový nástroj, který rychle reaguje na změny návrhu, umožňuje snadně pracovat ve variantách a přináší co nejpřesnější výsledky. Především u návrhu energeticky úsporných domů je nutné důsledně uplatnit tzv. metodiku energetické optimalizace, která byla rozpracována týmem Passivhaus Institutu v Darmstadtu [4]. Pro energeticky pozitivní korektury je vhodný nástroj PHPP [5], který ve svém zaměření zůstává návrhovým nástrojem. Vkládá do ruky architektovi a projektantovi technického zařízení budov všechny prostředky potřebné pro projektování funkčního pasivního domu. Již reálné příklady ukazují, jak velký je akční prostor projektanta při plánování, které mohou být na jakémkoliv místě na světě realizovány jako trvale udržitelné stavby.



Obr. 1: Energetická bilance pasivního domu [5]

Jako část doprovodných výzkumných studií bylo vykonáno měření a porovnání s výsledky výpočtů na více než 300 projektech. Jak se ukázalo, modul na výpočet energetické bilance je schopen popsat tepelné vlastnosti budovy velmi přesně. Výpočty dle PHPP však byly totožné s průměrnými naměřenými hodnotami.

2. Optimalizační postup

Architekt již při prvotním konceptu určuje budoucí vývoj energetické bilance domu. Význam vlivu architektonického konceptu na celkovou bilanci energií je značný. Na základě představ a znalostí o fungování „systému“ navrhování se můžou využívat až hraniční limity v návrhu nebo dokonce přesahovat s uvědoměním si jejich vlivu – někdy i záměrného.

Výpočet pomocí PHPP je v zásadě dostatečný pro vyhodnocení a optimalizaci pasivního domu s ohledem na vytápění a dosahovaný energetický ukazatel ($\text{kWh/m}^2 \cdot \text{a}$). Je to ideální nástroj pro stanovení nejdůležitějších veličin – energetického ukazatele a topné zátěže. PHPP je určeno a hlavně využíváno pro návrh staveb pro bydlení. Pro tuto kategorii budov lze přepokládat celkem přesně vnitřní tepelné zisky (od osob, zařízení i rostlin), které značně ovlivní výpočet. Jako standardní hodnotu používá PHPP tepelné zisky ve výši $2,1 \text{ W/m}^2$ obytné plochy. Jiné výpočetní postupu používají často hodnotu víc než dvojnásobnou (5 W/m^2 , jak se často předpokládá [3]). Výpočet je založen na ustáleném teplotním stavu v jednotlivých měsících, dynamické efekty jsou zjednodušeně uvažovány pomocí tzv. faktoru využitelnosti tepelných zisků (pouze část tepelných zisků je skutečně využitelná).

Optimalizační postup pro navrhování energeticky šetrného domu začíná už ve fázi studie, kdy vstupuje do výpočtu relativně velká nejistota. Pravděpodobně je již známa budoucí parcela, umístění domu (známe klimatická data), známe pravděpodobnou velikost domu a dispozici na základě požadavků investora (ochlazované plochy, geometrická charakteristika), počet osob (vnitřní zisky) atd., ale nemusí být známa ani základní konstrukční charakteristika domu – buď dřevostavba, nebo masivní stavba nebo dokonce ani energetický typ – pasivní nebo

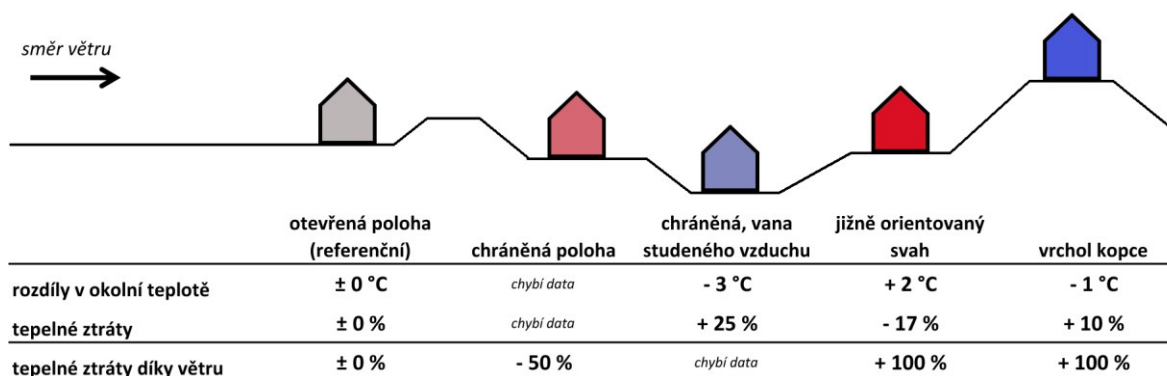
nízkoenergetický dům. Pro prvotní koncepční návrh, ale relativně velká chyba okrajových podmínek nevádí.

Do základního výpočtu lze zadat „předpokládané“ parametry (součinitele prostupů tepla konstrukce, kvalita oken, vzduchotěsnost atd.), které pravděpodobně budoucí stavba bude mít a na jejich základě korigovat koncept již ve fázi studie. V tuto chvíli je mnohem důležitější si uvědomit a ověřit vliv stínících faktorů (vliv okolní zástavby, stínících prvků), míra vlivu geometrie stavby a umístění oken, vliv různých alternativ řešení, atd. Proto je možné už ve fázi studie navrhovat dům, který bude s velkou pravděpodobností zařazen do energetické kategorie, jakou architekt požaduje. Tato fáze návrhu je nejdůležitější a nasměruje další vývoj. Je proto optimální, když architekt zpočátku svůj návrh koriguje na základě energetických požadavků (nejenom oslunění, design atd.). Při dalších fázích projektu jako je dokumentace pro stavební povolení a případně dokumentace pro provedení stavby se pomocí optimalizace v PHPP koncept domu doladuje. Do hry vstupuje stále více známých parametrů, které se definují a upřesňují (známe již přesně součinitele prostupu tepla konstrukcí, přesné typy oken a skel a způsob vytápění objektu) a tím se relativní chyba zmenšuje na minimum. V poslední realizační fázi se výpočet potřeby tepla na vytápění zpřesní na základně skutečného provedení stavby a zohlední se především započtením tepelných vazeb a mostů. Teprve v této fázi je možné určit velmi přesnou potřebu tepla na vytápění pro daný dům. Závěrem je tedy možné říci, že pokud se projekt koriguje už od počátku, je možné dodržet koncept domu od studie až po realizaci a nejsou třeba zásadnější změny (změna dispozic, geometrie) v průběhu projektu.

3. Klimatické podmínky

Na potřebu tepla na vytápění (i chlazení) mají znatelný vliv místní klimatické podmínky. Čím přesněji podmínky dané lokality známe, tím lze lépe určit jejich vliv (v rámci ČR se předpokládá vliv až cca 4,5 kWh/(m².a) pro standardní rodinný pasivní dům). Díky tomu jsou u nás odlišnosti oproti jiným zemím. Hlavními faktory jsou teplota venkovního vzduchu a velikost solárních zisků.

Klimatické podmínky jsou na našem území vzhledem ke geomorfologii krajiny poměrně různorodé. Tvar terénu - teploty vzduchu jsou v údolích a na vrcholech kopců nižší než v chráněných polohách a na jižních svazích. V údolních oblastech se mohou hlavně v noci vytvářet tzv. jezera studeného vzduchu vlivem jeho klesání do nižších poloh. Údolí a kotliny se oproti úbočím a svahům vyznačují výraznými denními teplotními výkyvy. V jižních a nížinných oblastech je nutné se koncentrovat na problematiku letního přehřívání a v horských oblastech na minimalizaci tepelných ztrát a optimalizaci plochy otvorů vzhledem k požadavkům na osvětlení [1].



4. Tvarová charakteristika

Díky pasivnímu solárnímu získávání tepla, lze v tomto domě pokrýt až 40 % zbytkové potřeby tepla, ale velikost prosklení musí být optimalizována. Ztráty díky okenním plochám jsou přibližně osminásobné oproti netransparentním prvkům obvodového pláště (okna tvoří jen asi 12 % teplosměnné plochy, ale jako tepelně-technicky nejslabší článek obvodového pláště budovy tvoří až 50 % jeho celkových tepelných ztrát). Podíl prosklených ploch na jižní fasádě by se měl pohybovat od 25 do 40 %, dobrých výsledků v létě i v zimě však při zohlednění klimatických podmínek

Obr. 2: Orientační vliv polohy domu na tepelné ztráty [7] lze dosáhnout menší nebo větší plochou prosklení (od 10 do 60 %).

Podíl prosklených ploch na jižní fasádě by neměl přesáhnout 25 – 35% podíl. Prosklená plocha na východní a západní fasádě by neměla přesáhnout 10 % podlahové plochy přilehlých místností. Přesahy střešní roviny nebo balkony nad jižními okny do hloubky 1,3 m v zimě potřebu tepla ve srovnání s nestíněnými fasádami nezvyšují, teplotní špičky v létě však výrazným způsobem minimalizují.

Předpokladem je tvarové řešení, na které má nejzásadnější vliv vnější geometrie, tj. kompaktnost tvarů a členitost povrchů. Během užívání lze mnoho činitelů upravit, avšak tvar, který objekt získává při architektonickém návrhu, si ponechává po celou dobu své životnosti. Budova by měla mít co nejmenší teplosměnný povrch (minimalizovat $FT = A/V$). Tento faktor tvaru rozhodujícím způsobem ovlivňuje potřebu tepla na vytápění. Rodinné domy, které mají oproti větším stavbám násobně menší objem, jsou více citlivé na volbu některých vstupních parametrů. Projevuje se zde ve zvýšené míře efekt většího objemového faktoru A/V než u budov rozsáhlejších. Při stejné kvalitě stavebních konstrukcí a technických prvků se nízkoenergetické rodinné domy o různém poměru A/V mohou lišit o faktor 2,5, v případě pasivních dokonce o faktor 7,5. Řadové a vícepodlažní domy mají výhodu. Nejvýhodnější faktor tvaru mají výškové budovy (0,2 až 0,3) a deskové a bodové domy (0,4 až 0,5). Nižší podlažností se poměr A/V zvyšuje na 0,6. Pro dosažení dobré energetické kvality se doporučuje nepřekročit poměr $A/V = 0,7$ [1]. Tvarové řešení objektu může být do velké míry předurčeno zastavovacími regulativy (podlažnost, typ střechy apod.), velikostí a tvarem pozemku, ale u cíleně připraveného hmotově provozního konceptu lze dosáhnout dobrých výsledků.

TYPOLOGICKÉ SROVNÁNÍ		referenční objem 4203 m ³	procento zasklení sever 20% východ 30% západ 30% jih 50%	samostatně stojící	řadový dům	bytový dům	výšková budova
poměr A/V	[1/m]						
celková plocha vnějšího povrchu	[m ²]	3384	2808	1848	2104		
plocha v kontaktu se vzduchem	[m ²]	2664	2088	1608	2024		
plocha v kontaktu se zemí	[m ²]	720	720	240	80		
čistá plocha střechy pro solární energii	[m ²]	720	720	240	80		
poměr vnějšího vzduchu k zemi	[-]	3,7 : 1	2,9 : 1	6,7 : 1	26,3 : 1		
procento zasklení	[%]	23	21	27	30		
potřeba tepla na vytápění	[kWh/m ² a]	72	60	48	56		
procentuální potřeba tepla na vytápění	[%]	100%	83%	66%	77%		

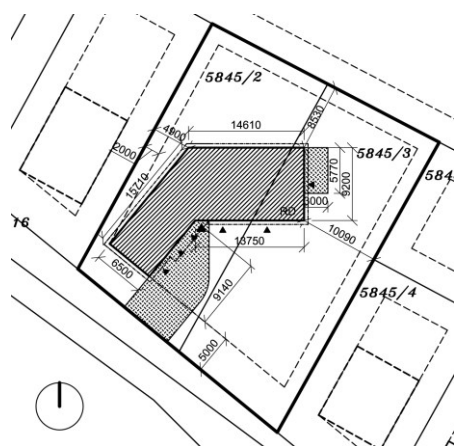
Zónování půdorysu se vyvinulo v rámci nízkoenergetických domů první a druhé generace v 70. a 80. letech 20. století. Zlepšováním tepelně technických parametrů obvodových konstrukcí budov však jeho význam z hlediska energetické bilance poněkud klesá, stále však zůstává výchozím podkladem pro tvorbu vnitřní dispozice, hlavně z důvodu orientace obytných místností na osluněné strany, což má také příznivý psychologický efekt. Nemusí se mu ale podřizovat vše, dům by měl především zachovat přirozené provozní vazby na své okolí [2].

5. Urbanistický vliv

Z urbanistického hlediska se spíše upřednostňuje vytváření prostorově diferencované zástavby, což vede buď k nerovnoměrnému oslunění bytů, nebo k redukování hustoty zástavby. Ve většině případů vedou snahy o soulad obou faktorů k řazení různě orientovaných hmot, přičemž vzniká problém „samostínění“ zalomených nebo dvorových struktur. Solárně-energetická optimalizace má při tvorbě zastavovacích konceptů omezené možnosti – striktní orientace na jih a vyloučení stínění by vedly k rigidní řadové nebo bodové zástavbě bez prostorové diferenciaci. Kromě velikosti prosklených ploch ovlivňuje pasivní tepelné zisky i „solární průzor“, určený orientací budovy, jejím stíněním a typem okolní zástavby.

Koncept zástavby málokdy zohledňuje energetickou náročnost, zahuštěná kompaktní zástavba je sice z udržitelného hlediska lepší než rozvolněná, ale vyžaduje koncepční přístup k celému zastavěnému území. Promyšlenou urbanistickou strukturou lze dosáhnout energetických úspor až do 40 % při stejných tepelně-technických vlastnostech objektů [1]. Hustota okolní zástavby - v hustě zastavěných lokalitách může být teplota vnějšího vzduchu o 5 až 10 °C vyšší než ve volné krajině. Hustota a druh okolní vegetace - zalesněné plochy zadržují vláhu a tím ovlivňují vlhkost a teplotu okolního vzduchu, vytváří přirozenou ochranu před větrem a před nadměrnými solárními zisky. Cílenou výsadbou zeleně lze i částečně usměrňovat a odvádět studený vzduch.

Na omezení solárního příspěvku reagují tyto domy velmi citlivě – pootočením jižně orientované hlavní fasády pasivního domu o 90° směrem na východ nebo západ by se jeho potřeba tepla mohla zvýšit až o 145%, v případě nízkoenergetického by to bylo o 105% [1]. Vliv orientace budov na potřebu tepla lze vyvodit z výsledků srovnání různých typů zástavby. Pro osazení do terénu platí zásada přípustné odchylky od jižní azimutální orientace do $\pm 22,5^\circ$. Ze zkušeností se ukazuje, že pootočení domu o 30 a více stupňů oproti geografickému jihu znamená v ČR nemožnost dosažení pasivního domu. Orientace „jih na roh“ je velmi častá. Ve mnoha případech je to nezvládnutelný problém, který projektant již vyřešit vůbec nemůže (problém uliční čáry). Někdy to však možné je, ale vyžaduje kvalitní technický i architektonický návrh, který je zároveň optimalizován v PHPP. Jen velmi málo projektantů v praxi ví, že katastrální mapy se odchylně od geografického severu o Křovákovo zobrazení. Pro ČR nabývá hodnot $9^\circ 30'$ pro západní okraj ČR a $4^\circ 28'$ pro východní okraj ČR. Ve výpočtu PHPP takto chyba může činit 1-2 kWh(m².a), což může činit až 10% chybu [4].



Obr. 4: Striktní orientace na jih u energeticky nulového domu

6. Závěr

Pokud dnešnímu architektovi položíte otázku, jak uvažoval a co zohledňoval, když při návrhu studie na fasádu domu umísťoval okenní (dveřní) prosklené plochy, tak většinou slyšíte odpověď, že velikost a poloha oken je na základě citu, zkušenosti a jeho estetického vnímání celé plochy fasády. Pokud budete ještě více zvědaví, tak architekt odpoví, že samozřejmě zohledňuje i denní oslunění obytných místností a funkční propojení interiéru s exteriérem. Málokterý architekt přidá i další „parametry“, které mu jeho návrh svým způsobem ovlivní. Již v současné době a v nejbližší budoucnosti, začnou do designu fasád mluvit i jiné věci a to faktory udržitelnosti. Například tvorbu prosklené fasády domu by měla provázet racionální úvaha, která je víceplánová, a která zahrnuje více faktorů než jen estetiku (design), ale i energetickou náročnost. Tvorba by měla být optimalizovaná a multi-kriteriální, tzn. že zohledňuje v rámci zdravého rozumu i nezpochybnitelnou složku stavební fyziky, která dbá na letní a zimní stabilitu místnosti, četnost přehřívání interiéru, požadavky na topný a chladicí výkon a vlastně celkovou energetickou bilanci domu.

Je tedy velmi přínosné, když si architekti začnou více uvědomovat, jak velký má vliv jejich prvotní koncepční rozvaha na celou energetickou bilanci budovy. Pokud si vymyslí velmi složitou geometrii budovy, tak vzniklou „chybu“ nedožene už žádný stavební inženýr, který bude vypracovávat projekt pro provedení stavby, ani kdyby zateplil dům nad požadovaný standard. Je ale pravda, že pravá architektura by se nikdy neměla nechat pohltit stavební fyzikou a jejími přesnými výpočty, ale měla by ji respektovat a pomoci přiměřeně optimalizovat již prvotní koncepční návrh se všemi indikátory udržitelnosti (PEI, OZE). Jedině tak, lze označit tento návrh za trvale udržitelnou architekturu.

Literatura

- [1] **NAGY, E.** *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům*. Bratislava : Vyd 1. Jaga Group, s.r.o., 2009. str. 207. ISBN 978-80-8076-077-9.
- [2] **VONKA, M.** *Hodnocení životního cyklu budov - případová studie*. In: Sborník konference Juniorstav. 2008.
- [3] **ČSN EN ISO 13 790.** *Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. ÚNMZ : 2009.
- [4] *Pasivní domy. PHPP 2007 CZ*. [Online] <http://www.pasivnidomy.cz/software-pasivni-domy/planovaci-nastroj-phpp-2007-cz-ceska-verze.html>.
- [5] **FEIST, W. a kol.** *PHPP 2007 - Navrhování pasivních domu CZ*. Brno : Centrum pasivního domu, 2008.
- [6] **KONEČNÝ, M.** *Časté chyby při návrhu a provádění pasivních domů masivní konstrukce v ČR*. In: Pasivní domy 2009.
- [7] **FUCHS, M., STARK, T., ZEUMER, M.** *Energy manual - sustainable architecture*. Munich : Edition Detail, 2008. ISBN: 978-3-7643-8830-0.