

VÝPOČTOVÉ METODY A POŽADAVKY V OBLASTI ENERGETIKY A TEPELNÉ OCHRANY BUDOV

V roce 2012 jsme se rozhodli pro tvorbu výpočtových aplikací pro výpočty v oblasti stavební fyziky a energetiky DEKSOFT. Na trhu bylo v té době již několik dodavatelů programů podobného zaměření. Stavební fyzice a energetice se již dlouhodobě věnujeme a měli jsme tedy poměrně rozsáhlé zkušenosti s používáním většiny těchto programů. Věděli jsme, co tyto programy umí, ale také to, co nám na těchto programech vadí a co nám v nich chybí. Na této zkušenosti jsme postavili koncept aplikací DEKSOFT, které jsme následně vyvinuly a spustili jejich prodej. Technické rozdíly mezi aplikacemi DEKSOFT a dalšími programy na trhu nemusí být na první pohled výrazné. Přeci jen všechny tyto programy se zaměřují na stejnou odbornou oblast, kde jsou normami a legislativou dané požadavky a výpočtové postupy.

V tomto článku uděláme malou exkurzi do výpočtových metod a požadavků v oblasti energetiky a tepelné ochrany budov. Při této exkurzi představíme, co čekat od aplikací DEKSOFT a v čem se DEKSOFT liší od ostatních programů na trhu s obdobným zaměřením.

TYPY ENERGETICKÝCH VÝPOČTŮ

Norma ČSN EN ISO 13790 *Energetická náročnost budov - Výpočet potřeby energie na vytápění a chlazení* stanovuje 3 základní typy výpočtů dle jejich přesnosti. Nejjednodušším výpočtem je měsíční metoda. Výpočet energetické náročnosti probíhá ve dvanácti měsíčních krocích pro měsíční okrajové podmínky. Podrobnějším výpočtem je jednoduchá hodinová metoda. Výpočet probíhá v 8760

hodinových krocích pro hodinové okrajové podmínky. Nejpřesnějším výpočtem je pak podrobná dynamická simulace. Ta nejčastěji využívá hodinový krok výpočtu, je možné však výpočtový krok zkrátit až na jednu minutu. Tyto tři metody si můžeme názorně představit na pomyslné pyramidě energetických výpočtů /obr. 01/.

MĚSÍČNÍ METODA VÝPOČTU

Základnu pyramidu tvoří nejjednodušší měsíční metoda, se kterou si vystačíme na největší množství energetických výpočtů. Tato metoda je například přímo předepsána při tvorbě energetických výpočtů pro některé dotační programy – zejména Nová zelená úsporám. Většinou si s ní také vystačíme také při tvorbě Průkazů energetické náročnosti (PENB) dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti

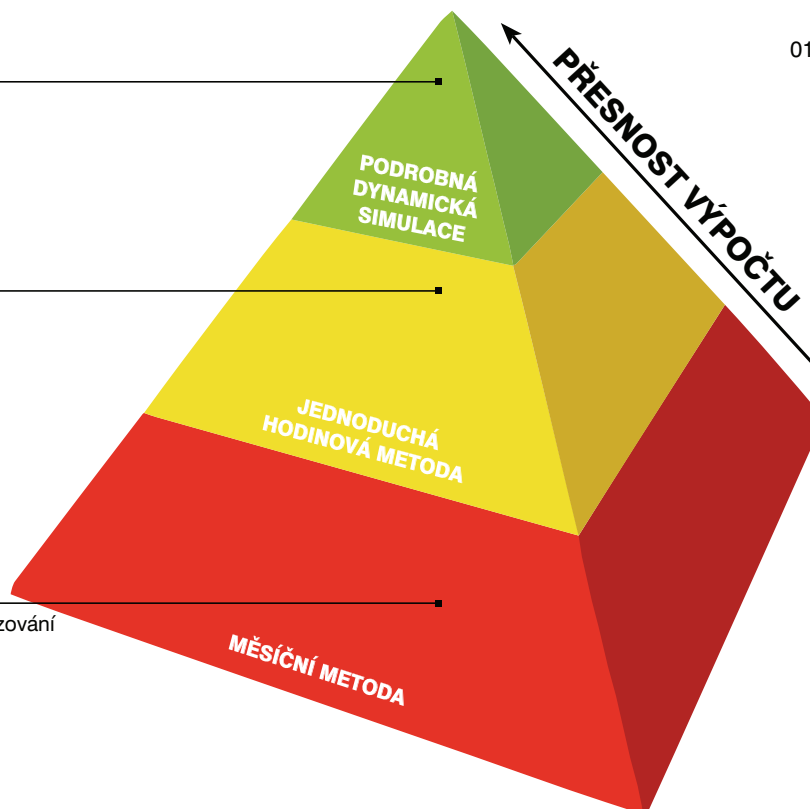
DEKSOFT®

Energetika – hodinový výpočet

DEKSOFT®

Energetika – měsíční výpočet

+ všechny konkurenční programy pro posuzování energetické náročnosti na českém trhu



Tabulka 01 | Možnosti tepelnotechnických výpočtových programů

	Webové pomůcky	Bežné specializované programy na trhu	DEKSOFT Tepelná technika 1D
Součinitel prostupu tepla dle ČSN	ANO	ANO	ANO
Vnitřní povrchová teplota a šíření vlhkosti dle ČSN	NE	ANO	ANO
Posouzení dřeva dle ČSN	NE	NE	ANO
Funkční nenormové požadavky	NE	NE	ANO

budov. Vyhláška č. 78/2013 Sb. tento výpočet umožňuje, neboť stanovuje nutnost použití výpočtové metody s intervalem výpočtu nejvýše jednoho měsíce. Výhodou měsíční metody je, že jsou k ní k dispozici jednotná výpočtová klimatická data. Vzhledem k tomu, že výpočet probíhá jen ve dvanácti krocích, nejedná se o velký objem klimatických dat a je možné jednoduše tato data uvést v normě. Klimatická data k měsíčnímu výpočtu energetické náročnosti jsou uvedena v TNI 73 0331 *Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet.* Obecně nejsou tato data závazná, nicméně všichni výrobci programů pro energetické výpočty měsíční metodou tato data využívají. Jedním z programů na trhu v této kategorii nejjednodušších výpočtů je také DEKSOFT aplikace ENERGETIKA – modul měsíční výpočet. Touto aplikací jsme vytvořili alternativu

k portfoliu existujících programů na českém trhu.

Měsíční metoda výpočtu energetické náročnosti budov má však své limity. Tuto metodu není vhodné používat při výpočtech energetické náročnosti objektů s přerušovaným vytápěním, chlazených objektů nebo v případech, kdy chceme podrobně řešit spotřebu energie na umělé osvětlení. Nejlépe je to patrné například na výpočtech chlazení objektu. Průměrná venkovní teplota v nejteplejším měsíci červenci je dle TNI 73 0331 18 °C. Při této venkovní teplotě by samozřejmě nebylo vůbec nutné místnost chladit. Do hry ještě vstupují solární tepelné zisky. Vlivem působení těchto solárních zisků se zvyšuje vnitřní teplota v posuzované budově. V měsíčním výpočtu se ale tyto tepelné zisky uvažují měsíčním úhrnem a ten nezohlední výrazné denní výkyvy

solárních zisků. Solární zisky se tedy takzvaně rozpustí do celého měsíce a výpočtová vnitřní teplota se ani zdaleka nepřiblíží teplotám kolem 26 °C, při kterých reálně vzniká potřeba chladit. I měsíční metodou je samozřejmě možné provést výpočet potřeby chladu a spotřeby energie při chlazení, musíme si však pomoci snižováním teploty, od které budeme uvažovat aktivaci systému chlazení. Běžně se uvažuje 21 °C. Toto je však princip spíše empirický, než princip založený na fyzikálním základu. Podrobněji je možné se o limitech měsíční metody dočíst na str. 16 až 18 tohoto čísla DEKTIME.

HODINOVÁ METODA VÝPOČTU

Prostřední část naší pomyslné pyramidy energetických výpočtů tvoří jednoduchá hodinová metoda. Tato metoda již eliminuje výše popsané nevýhody měsíční

metody. Tuto metodu je tedy vhodné použít pro tvorbu PENB složitějších budov, zejména těch chlazených, nebo těch s přerušovaným vytápěním. Můžeme tím předejít velkým nepřesnostem, které generuje měsíční metoda. V podstatě nezbytné je použití hodinové metody výpočtu při tvorbě energetických auditů, kde se nechceme zaměřit pouze na zateplování jednotlivých konstrukcí, ale chceme se zabývat například úsporami vlivem změny systému umělého osvětlení nebo systému chlazení. Jednoduchá hodinová metoda má bohužel nevýhodu v absenci národních dat pro posuzování energetické náročnosti. Po těchto datech doposud nebyla poptávka, protože hodinový krok výpočtu nemá v případě posuzování energetické náročnosti a tvorby PENB v České republice tradici. Všechny běžně používané programy doposud používaly pouze měsíční krok výpočtu. S projektem DEKSOFT jsme měli od začátku ambici tuto situaci změnit. V roce 2013 jsme spustili aplikaci ENERGETIKA – hodinový výpočet. V této aplikaci jsou v současné době k dispozici klimatická data pro dvě lokality v České republice. Plánujeme zakoupit a pro uživatele našeho programu zprostředkovat velké množství klimatických hodinových dat pro různé lokality České republiky, které má k dispozici Český hydrometeorologický ústav. Také je naší snahou normové zavedení národních referenčních okrajových podmínek pro hodinové výpočty.

Výhradně hodinová metoda výpočtu energetické náročnosti se používá při výpočtech pro certifikační programy BREEAM (britský) a LEED (americký). Program využívající měsíční výpočet totiž nemůže být otestován dle ČSN EN 15265 [1] ani dle ASHRAE 140 [2]. Program DEKSOFT - ENERGETIKA je první český výpočtový nástroj schválený provozovatelem certifikačního systému BREEAM pro energetické výpočty pro tuto certifikaci. Dalšími schválenými nástroji jsou již zahraniční programy, které využívají podrobnou dynamickou simulaci.

DYNAMICKÁ SIMULACE

Vrcholek pomyslné pyramidy energetických výpočtů tvoří již výše zmíněné podrobné dynamické simulace. Jedná se o metodu energetického modelování, kde se veškeré konstrukce budovy i technická zařízení budov modelují velmi podrobně. Pomocí podrobné dynamické simulace se zpravidla nepočítá pouze energetická náročnost, ale také se analyzuje komfort vnitřního prostoru vyhodnocením parametrů, jako jsou například rychlost a směr proudění vnitřního vzduchu, operativní teplota, stáří vzduchu, účinnost výměny vzduchu, povrchová teplota atd. Jedním z nejpokročilejších programů pro podrobné dynamické simulace a také zřejmě cenově nej dostupnější je Designbuilder (www.designbuilder.cz).

Za zmínku také stojí, že programy využívající podrobnou dynamickou situaci prakticky není možné využívat pro výpočty energetické náročnosti dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. Na vině není pouze velká podrobnost zadávání, která je samozřejmě spojena s vysokou časovou náročností, ale také specifikum legislativy v České republice, kterým je stanovování referenční budovy pomocí průměrného součinitele prostupu tepla, nikoli pomocí jednotlivých konstrukcí, jako je to běžné v jiných státech Evropy.

NORMOVÉ I FUNKČNÍ POŽADAVKY NA TEPELNOU OCHRANU BUDOV A JEJICH POSUZOVÁNÍ

ZÁVAZNÉ POŽADAVKY NA TEPELNOU OCHRANU

Vyhláška č. 268/2009 Sb. [3] předepisuje v §8, že každá stavba musí být navržena a provedena tak, aby splňovala mimo jiné požadavky na tepelnou ochranu. V §16 je pak uvedeno, že požadavky na tepelně technické vlastnosti konstrukcí a budov jsou dány normovými požadavky. Pro jednotlivé typy konstrukcí jsou v části čtvrté vyhlášky č. 268/2009 Sb. [3] vyjmenovány konkrétní požadavky, které musí být splněny. Některé zde uvedené požadavky se týkají

samotných konstrukcí a jejich vazeb. Jsou zde ale uvedeny také požadavky na místnosti nebo celou budovu, kde jsou konstrukce důležitým, nikoli však jediným prostředkem pro jejich splnění.

Splnění většiny těchto požadavků se vyžaduje již ve fázi návrhu stavby. Doložení jejich splnění by mělo být součástí dokumentace ke stavebnímu řízení nebo ohlášení. Jedná se o tyto požadavky:

- nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce (zejména v místech tepelných mostů v konstrukci a tepelných vazeb mezi konstrukcemi);
- součinitel prostupu tepla (včetně tepelných mostů v konstrukci);
- průměrný součinitel prostupu tepla;
- lineární a bodový činitel prostupu tepla pro tepelné vazby mezi konstrukcemi;
- pokles dotykové teploty podlahy;
- zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce a roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce;
- tepelná stability místnosti.

Tento výčet závazných požadavků je potřeba ještě doplnit o požadavek na průvzdušnost konstrukcí a spár mezi konstrukcemi. Základem pro splnění tohoto požadavku je sice správný návrh konstrukcí a jejich vazeb s respektováním zásad vzduchotěsnosti, ale splnění tohoto požadavku není možné výpočtově, ale až měřením na provedené stavbě.

Nad rámec požadavků, které výslovně zmiňuje vyhláška č. 268/2009 Sb. [3] jsou v normě ČSN 73 0540-2 [4] ještě další specifické požadavky, jako jsou:

- zajištění vhodných vlhkostních podmínek pro zabudování dřeva do konstrukce (požadavek stanoven v normě v části 6.1. *Zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce*)

- maximální relativní vlhkost vzduchu ve větrané vzduchové vrstvě (požadavek stanoven v normě v části 6.2. *Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce.*

KOMPLEXNOST POSOUZENÍ

Výše uvedené požadavky, shrnuté v samostatném okně níže, jsou velice rozmanité. Jak jsme se již zmínili výše, některé požadavky se týkají konstrukcí, jiné detailů, další

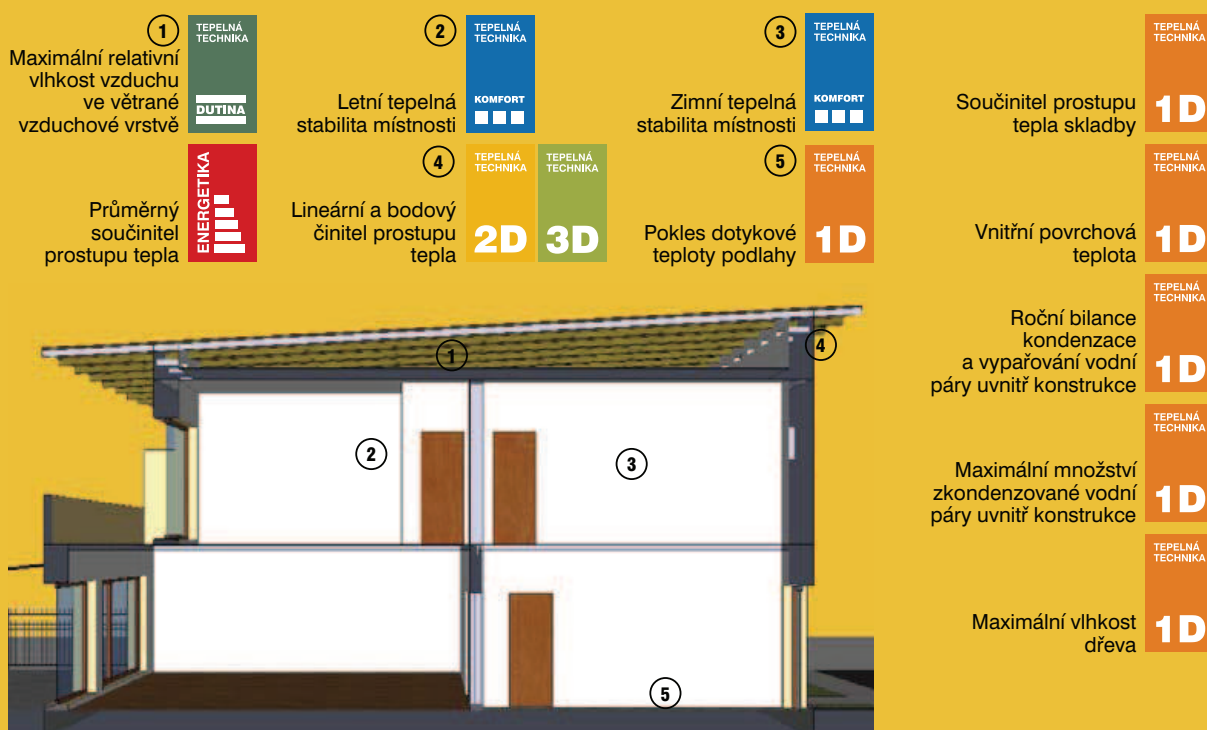
místnosti nebo dokonce celé budovy. Tato rozmanitost v podstatě vylučuje posouzení všech požadavků v rámci jednoho výpočtového programu při současném zachování jednoduchosti zadávání a vyhodnocování. Proto bylo vždy při komplexním posouzení nutné využívat více programů a bylo do nich nutné zadávat opakovaně stejné údaje.

S projektem DEKSOFT jsme ale od začátku měli ambici umožnit projektantovi budovy komplexní

posouzení všech těchto požadavků bez nutnosti duplicitního zadávání. Vyřešili jsme to tím, že jsme vytvořili více aplikací, ale umožnili jsme jejich vzájemné propojení v rámci jednoho souboru /obr. 02/.

Informace zadané v jedné aplikaci DEKSOFT je možné ihned využít v aplikaci jiné. Není potřeba zadávat opakovaně stejné informace. Tímto řešením je také sníženo riziko chyby při zapracování změn projektu. Například změna tloušťky tepelné

SCHÉMA NORMOVÝCH POŽADAVKŮ NA TEPELNOU OCHRANU BUDOV PODLE ČSN 73 0540-2 A PROVÁZÁNÍ VÝPOČTŮ V DEKSOFT



02| Provázání jednotlivých aplikací DEKSOFT – jediný soubor s koncovkou .dcp. Přepínání mezi aplikacemi v záhlaví aplikací

izolace ve větrané dvouplášťové střeše v programu DEKSOFT – TEPELNÁ TECHNIKA 1D se automaticky projeví v aplikaci KOMFORT, DUTINA i ENERGETIKA.

JEDNODUCHOST POSOUZENÍ

Jeden z uvedených požadavků ČSN 73 0540-2 [4] se týká zajištění vhodných vlhkostních podmínek pro zabudování dřeva do konstrukce. Obecně je potřeba navrhovat konstrukce tak, aby v místě dřevěného prvku nedocházelo ke kondenzaci vodní páry, a to v žádném okamžiku ročního cyklu. Dále je dle normy ČSN 73 0540-2 [4] potřeba zajistit, aby hmotnostní vlhkost dřevěného prvku nepřesahovala 18%. Dosud bylo nutné provést výpočet dvakrát. Jednou s návrhovými okrajovými podmínkami venkovního prostředí pro zimní období („extrémní“ zimní teplota venkovního vzduchu) pro vyloučení kondenzace v místě dřeva v nejméně příznivém okamžiku roku. Podruhé s návrhovými okrajovými podmínkami venkovního prostředí pro nejméně příznivý měsíc roku („extrémní“ déle trvající podmínky)

pro zjištění teploty a relativní vlhkosti v místě dřevěného prvku. Následně bylo nutné tuto teplotu a relativní vlhkost převést na odpovídající hmotnostní vlhkost dřeva. K tomuto bylo například možné využít tzv. Čulitského diagram. Výslednou hodnotu hmotnostní vlhkosti bylo následně možné porovnat s požadavkem.

Na základě zkušenosti s nepohodlností výše uvedeného postupu jsme si při vývoji aplikace TEPELNÁ TECHNIKA 1D vytyčili jeho výrazné zjednodušení pro uživatele aplikace. V aplikaci TEPELNÁ TECHNIKA 1D stačí zvolit vrstvu konstrukce, ve které se nachází dřevěný prvek a aplikace již provede kompletní posouzení. Uživatel následně přímo v protokolu výpočtu zjistí, zda jsou splněny podmínky pro zabudování dřeva nebo nikoli.

NENORMOVÉ, TZV. FUNKČNÍ POŽADAVKY

Základním úkolem projektanta stavby je nikoli splnit veškeré normové požadavky, ale navrhnout

funkční řešení. Požadavky norem nemusí být vždy dostatečné k zajištění bezchybného řešení. V oblasti tepelné ochrany jsme na základě naší praxe identifikovali případy, které mohou být rizikové i v případě, že jsou u skladby splněny veškeré závazné požadavky norem. Jedná o tyto případy:

- kondenzace nebo růst plísní ve vzduchové vrstvě nad podhledem (podrobnosti k této problematice jsou uvedeny v samostatném okně na této dvoustraně);
- nadměrná kondenzace v uzavřené dvouplášťové střeše.

Pro tyto případy jsme připravili v aplikaci TEPELNÁ TECHNIKA 1D speciální výpočty. U konstrukce s podhledem může uživatel označit vrstvu, která se nachází bezprostředně nad podhledem a program automaticky vyhodnotí, zda nad podhledem nehrozí kondenzace při nejméně příznivých okrajových podmínkách v ročním průběhu a také zda nehrozí riziko růstu plísní nad podhledem

KONDENZACE A PLÍSNĚ NAD PODHLEDEM

Na základě zkušeností s tepelnotechnickým posuzování konstrukcí si ATELIER DEK stanovuje dva funkční požadavky na střešní konstrukce s podhledem:

- vyloučení kondenzace na vnitřním povrchu konstrukce nad podhledem;
- vyloučení rizika růstu plísní na vnitřním povrchu konstrukce nad podhledem.

Při stanovení prvního z výše uvedených požadavků vycházíme z předpokladu, že jakýkoli kondenzát nad podhledem se může kvůli zpravidla nízké vodoakumulační schopnosti podhledu projevit přímo na vnitřním povrchu konstrukce, což může být chápáno jako porucha konstrukce. Abychom tomuto předešli, snažíme se u těchto konstrukcí výpočtově vyloučit kondenzát nad podhledem

pro nejméně příznivé okrajové podmínky v ročním průběhu, tedy pro návrhové podmínky vzduchu pro zimní období (venkovní teplota dle lokality od -13 °C do -22 °C).

Podobný požadavek vlastně v obecné rovině stanovuje i norma ČSN 73 0540-2 ve svém odstavci 6.1.1. Zde norma říká, že pokud může kondenzát ve skladbě (pozn.: kdekoli ve skladbě) může ohrozit správnou funkci konstrukce, pak musíme výpočtově zajistit nulové množství kondenzátu ve skladbě. Tento požadavek je ale pro účely posouzení konstrukce s podhledem zpravidla nepoužitelný. Jde o to, že kondenzát nám vadí u této konstrukce jen na spodním líci konstrukce nad podhledem, nikoli kdekoli ve skladbě. Pro posouzení skladby střechy s podhledem nejsou dostačující ani další požadavky normy. Norma totiž v těchto odstavcích

kondenzát nevylučuje, naopak jej připouští, jen stanovuje maximální množství kondenzátu. Navíc se množství kondenzátu počítá dle ČSN EN ISO 13788 [5], tedy nikoli pro nejméně příznivé zimní okrajové podmínky, ale jen pro průměrné podmínky v jednotlivých měsících (nejchladnější leden cca -2 °C). Zjednodušeně řešeno, norma připouští vznik omezeného množství kondenzátu při -2 °C (i pokud je bezprostředně nad podhledem), ale my jej potřebujeme v místě nad podhledem vyloučit pro -15 °C.

Druhý výše uvedený požadavek na vyloučení rizika růstu plísní nad podhledem již norma ČSN 73 0540-2 nepostihuje vůbec. Norma řeší prevenci před růstem plísní výhradně na vnitřním povrchu konstrukce, nikoli někde „uvnitř“ skladby. Plísně nad podhledem, který je často navíc snadno demontovatelný, ale

při návrhových podmínkách v nejchladnějším měsíci roku, tedy při dlouhodobě nepříznivých podmínkách. Při posouzení uzavřené dvouplášťové střechy uživatel programu označí vrstvu, která se nachází bezprostředně nad uzavřenou vzduchovou vrstvou a program automaticky vypočte, zda zde nedochází ke kondenzaci při návrhových podmínkách v nejchladnějším měsíci roku (zda lze očekávat dlouhodobou tvorbu kondenzátu) a také jaké množství kondenzátu vzniká při nejméně příznivých okrajových podmínkách v ročním průběhu. Uživatel programu pak může jednoduše posoudit, zda vypočtené množství kondenzátu může ohrozit správnou funkci konstrukce či nikoli.

ZÁVĚR

V tomto článku jsme udělali krátkou exkurzi do výpočtových metod a požadavků v oblasti energetiky a tepelné ochrany budov. Představili jsme také některé z našich aplikací DEKSOFT a popsali, jaké funkcionality naše aplikace obsahují navíc oproti ostatním

programům na trhu. Věříme, že jsme zapracováním těchto funkcionalit zacetili pomyslnou díru na trhu a tím přispěli k rozvoji výpočetních možností v oblasti energetiky a stavební fyziky v České republice. Zpětná vazba od uživatelů našich aplikací nám zatím v tomto dává za pravdu. DEKSOFT máme v úmyslu i nadále rozvíjet a přizpůsobovat potřebám uživatelů. Budeme rádi za jakékoli budoucí podněty a připomínky k našim aplikacím.

Na závěr bychom chtěli zmínit, že v této době rozšiřujeme portfolio aplikací pro slovenské prostředí. V roce 2013 jsme spustili slovenskou verzi aplikace TEPELNÁ TECHNIKA 1D.

<Tomáš Kupsa>

- [1] ČSN EN 15265 Energetická náročnost budov - Výpočet potřeby tepla na vytápění a chlazení dynamickými metodami - Obecná kritéria a ověřovací postupy
- [2] ASHRAE 140 Standard Method of Test for the Evaluation of

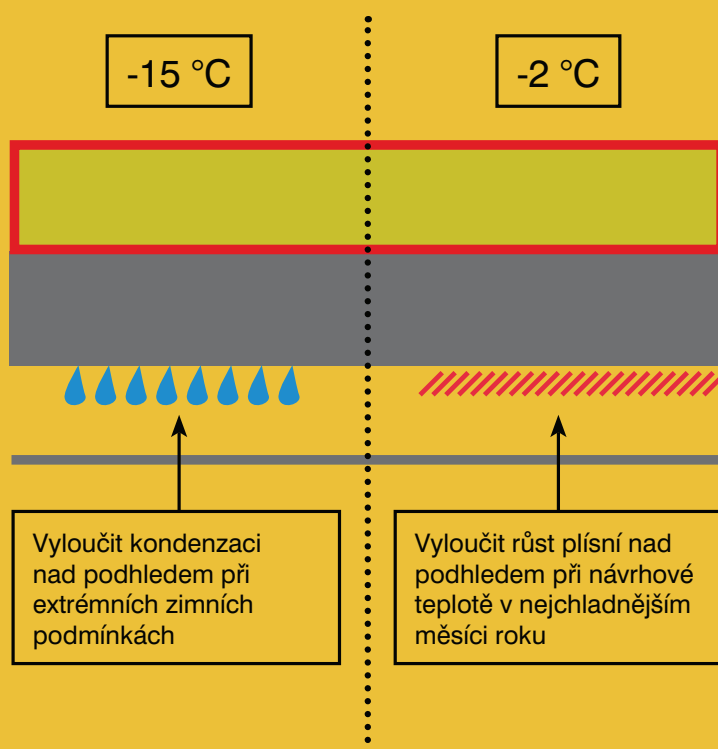
Building Energy Analysis
Comuter Programs

- [3] Vyhláška 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby
- [4] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky
- [5] ČSN EN ISO 13788 Tepelně-vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků - Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce - Výpočtové metody

03 | Schéma funkčních požadavků na střechu s pohledem dle Atelieru DEK.

považujeme za nepřijatelné. Proto stanovujeme funkční „nenormový“ požadavek na vyloučení plísní nad podhledem, tedy zajištění nižší než 80% relativní vlhkosti na vnitřním povrchu konstrukce nad podhledem. Jelikož plísně potřebují ke svému růstu dlouhodobě vhodné podmínky, nebudeme tento požadavek posuzovat pro extrémní návrhové podmínky (venkovní teplota dle lokality od -13 °C do -22 °C), ale postačí průměrné podmínky nejméně příznivého měsíce roku.

Oba dva výše uvedené požadavky je možné jednoduše posoudit v aplikaci TEPELNÁ TECHNIKA 1D. Stačí v nastavení výpočtu aktivovat výpočet konstrukce s podhledem a vybrat vrstvu skladby, která je bezprostředně nad podhledem. Aplikace pak sama vyhodnotí, zda dochází ke kondenzaci nebo hrozí riziko růstu plísní.



ROZDÍL MEZI MĚSÍČNÍM A HODINOVÝM KROKEM VÝPOČTU UMĚLÉ OSVĚTLENÍ

Princip výpočtu stanovení spotřeby elektrické energie na umělé osvětlení v programu ENERGETIKA je v hodinovém kroku výpočtu. Hodinový krok výpočtu spotřeby energie na umělé osvětlení umožňují tyto 3 okolnosti:

- Samotný program umožňuje výpočet energetické náročnosti hodinovým krokem výpočtu. Je tedy možné v zadání definovat jaké dny jsou provozní a jaké mimoprovozní a v těch provozních je možné podrobně definovat provozní dobu.
- Program obsahuje hodinové hodnoty denní osvětlenosti v exteriéru E_{DL} [lx] pro každou hodinu v roce. Tyto hodnoty jsou převzaty z TNI 73 0327 *Energetická náročnost budov - Energetické požadavky na osvětlení*.
- Program umožňuje stanovení hranice venkovní osvětlenosti E_{DL} [lx], od které je plně dostačující denní osvětlení k zajištění požadované osvětlenosti v zóně E_m [lx].

Klíčovým přínosem programu je automatické rozdělení provozní doby na dobu, kdy je venkovní denní osvětlení dostačující pro vnitřní provoz bez nutnosti svícení a na dobu, kdy je venkovní denní osvětlení nedostatečné a ve vnitřním prostoru je nutné svítit. Toto se samozřejmě v závislosti na ročním období poměrně výrazně mění. TNI 73 0327 uvádí, že v našich zeměpisných podmínkách, pro standardní typy profilů užívání budov nebo zón (RD, BD, školy, administrativní budovy apod.) a při standardním návrhu otvorových průsvitných výplní, není nutné používat umělé osvětlení, pokud je denní osvětlení od minimální hodnoty osvětlenosti v exteriéru $E_{DL} = 5\,000$ lx.

PŘÍKLAD

Stanovme si provozní dobu pro umělé osvětlení od 6 do 23 hodin. Tato provozní doba může odpovídat například rodinnému domu. Ten je z hlediska vytápění provozován trvale (0 – 24 hodin), ale z hlediska umělého osvětlení je tato doba kratší. V době spánku logicky není nutné umělé osvětlení využívat. Podívejme se na dobu využití umělého osvětlení například pro 1. březen. Tento den je denní světlo v exteriéru přibližně od 6 do 17 hodin. V rozmezí od 6 do 8 hodin a od 16 do 17 hodin má venkovní osvětlení nedostatečnou intenzitu (t_D – doba provozu umělého osvětlení s denním světlem). V rozmezí od 8 do 16 hodin je naopak intenzita venkovního osvětlení dostatečná a není nutné využívat umělé osvětlení (t_N). V rozmezí od 17 do 23 hodin je stále provozní doba, ale venku už je tma. Je tedy nutné využít umělé osvětlení využívat (t_N – doba provozu umělého osvětlení bez denního světla). Od 23 do 6 hodin již není provozní doba a není tedy nutné umělé osvětlení využívat (t_N). Dne 1. března je tedy nutné v posuzovaném objektu využívat umělé osvětlení po dobu 9 hodin viz /Tabulka 02/ a /Graf 01/ na vedlejší straně.

Toto posouzení provede program pro každý den v roce a každou zadanou zónu. Tímto způsobem získáme souhrnné údaje za celý rok (hodnoty t_N a t_D).

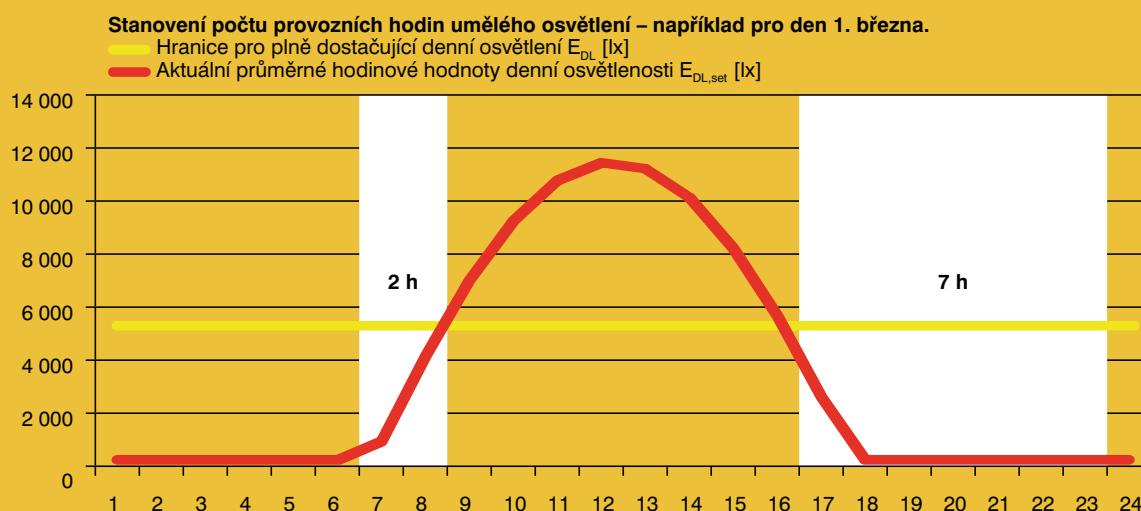
U výpočtů s měsíčním nebo ročním krokem výpočtu jsou tyto doby svícení t_N , t_D předem stanoveny uživatelem. Například norma ČSN EN 15 193 *Energetická náročnost budov - Energetické požadavky na osvětlení* uvádí, že když tyto hodnoty neznáme, můžeme je uvažovat podle typu provozu budovy dle přílohy v této normě. Výsledná hodnota spotřeby

elektrické energie na umělé osvětlení je pak do jednotlivých měsíců zpětně rozpočítána pomocí tzv. redistribučních činitelů. Tyto redistribuční činitele jsou tabulkovými hodnotami a jsou stejné pro všechny typy provozu umělého osvětlení. Zohledňují potřebu svítit, resp. spotřebu pro umělé osvětlení v jednotlivých měsících v rámci roku (v zimních měsících je kratší doba denního světla než v letních). V hodinovém kroku výpočtů toto není potřeba, protože tyto hodnoty známe již automaticky a přesněji. Stejně tak dokáže hodinový krok výpočtu mnohem lépe zohlednit vliv sdruženého osvětlení (využití denní složky během provozní doby umělého osvětlení t_D) v průběhu roku.

Tabulka 02

	t_y						t_D		t_y								t_D		t_N							t_y
Pořadí hodiny ve dni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Provozní doba dle profilu užívání zóny	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Omezení provozní doby umělého osvětlení	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0		
$E_{DL, set}$ [lx] dle TNI73 0327 - aktuální průměrné hodinové hodnoty venkovní osvětlenosti	0	0	0	0	0	0	706	4031	6950	9265	10818	11504	11276	10149	8201	5563	2417	0	0	0	0	0	0	0		
Zadaná limitní hodnota E_{DL} [lx] - od které je dostačující denní osvětlení	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000		
Provozní hodiny umělého osvětlení	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0		

Graf 01



STANOVENÍ POTŘEBY CHLADU

Princip výpočtu stanovení potřeby chladu na chlazení mezi programem s měsíčním krokem výpočtu a mezi programem s hodinovým krokem výpočtu je patrný z průběhu teplot uvedených v grafech na následující straně.

Hodinový krok má k dispozici hodnoty teplot v každé hodině jak z exteriéru a také v interiéru (z výpočtu). Z grafu /02/ je patrné, že v hodinovém kroku výpočtu s hodinovými daty vzniká potřeba chladu na chlazení už jen kvůli

teplotě vnějšího vzduchu, jehož teplota v letním období v denních špičkách je vyšší, než nastavená teplota pro strojní chlazení např. 26 °C. Tato limitní teplota, od které je zahájeno chlazení zóny (objektu) odpovídá reálnému zadání. Naproti tomu měsíční krok výpočtu, který pracuje s průměrnými vnějšími teplotami za měsíc by v tomto případě i v nejteplejším měsíci v roce (např. 18 °C.) generoval dokonce potřebu tepla na vytápění. Důvodem, proč tomu tak není, jsou tepelné zisky.

Tyto tepelné zisky „zajišťují“ zvýšení teploty v interiéru. Otázkou je pouze, jak moc. Jestli dokáží tyto tepelné zisky, zvýšit teplotu v interiéru nad teplotu, od kdy je potřeba chladit či nikoliv. Tyto tepelné zisky svým měsíčním úhrnem jsou stejné jak v měsíčním, tak v hodinovém kroku výpočtu. Rozdíl je ale v jejich průběhu během měsíce, resp. během dne. V měsíčním kroku totiž pracujeme s průměrnými měsíčními hodnotami. V hodinovém kroku pracujeme s konkrétními hodinovými

hodnotami – např. solární tepelné zisky svým průběhem jsou podobné teplotě vnějšího vzduchu, kde tvoří společnou „špičku“ apod. Pakliže v hodinovém kroku potřebujeme chladit už jen na základě teploty vnějšího vzduchu (teplota v exteriéru je vyšší než požadovaných 26 °C), tak určitě potřebu chladu ještě zvýšíme, přidáme-li navíc třeba jen solární tepelné zisky.

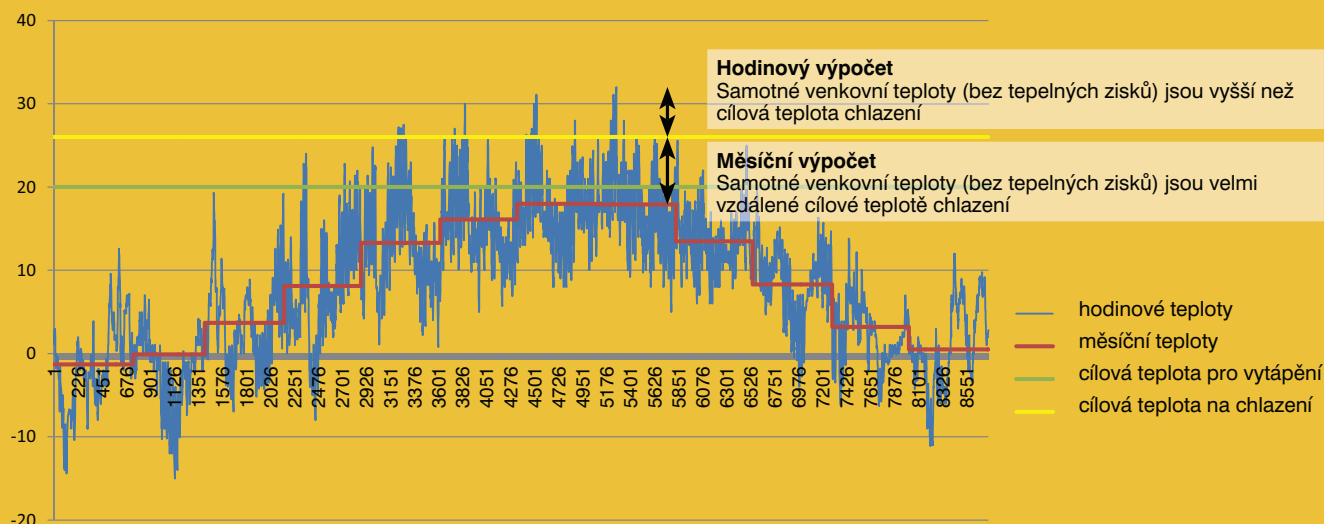
U měsíčního kroku pouze na základě průměrné měsíční teploty chladit ještě nepotřebujeme a po započítání průměrné měsíční hodnoty solárních zisků pro běžné

případy pravděpodobně také ne, pokud teplotu „od kdy chladit“ ponecháme na 26 °C.

Proto v případě měsíčního kroku výpočtu se empiricky snižuje teplota, od které se má chladit, na 21 °C /graf 03/. Důvodem této snížené teplotní hranice pro zahájení chlazení u měsíčního výpočtu je právě „toto průměrování“ za měsíc vstupních exteriérových teplot i tepelných zisků. Jak moc vypočtená potřeba chladu stanovená z této snížené hranice teploty pro zahájení chlazení v měsíčním kroku výpočtu odpovídá

předpokladu reálné potřeby chladu pro každý konkrétní zadaný případ je otázkou.

Graf 02



Graf 03

