České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh a implementace SW pro výpočet a návrh energeticky úsporných opatření v budovách

Praha, 2008 Bc. Pavel Novák

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

V Praze, dne 23. 5. 2008

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Je mou milou povinností poděkovat panu Ing. Pavlu Burgetovi za spolupráci při vypracování diplomové práce. Rovněž bych rád poděkoval pracovníkům společnosti Středisko pro úspory energie s.r.o. za ochotu a čas věnovaný konzultacím problémů, které provázely tvorbu této práce. Velké díky patří také mým rodičům za podporu při studiu na této škole.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá komplexním návrhem a implementací softwarové části systému pro výpočtovou část energetického auditu, jehož stěžejní součástí je analýza (rozklíčování) spotřeby energie na jednotlivé okruhy spotřeby, identifikace nedostatků a návrh energeticky úsporných opatření v budovách. V první části jsou analyzovány a popsány základní výpočtové vztahy použité v systému, tyto vztahy vycházejí z fyzikálních vlastností objektů a korespondují s platnými českými resp. evropskými normami a vyhláškami. Ve druhé části se práce věnuje návrhu a implementaci softwarové části systému. SW je implementován na platformě Microsoft .NET 3.5 v jazyce C#. Design softwaru koresponduje s předem analyzovanými požadavky energetických auditorů jako hlavní cílové uživatelské skupiny. Pracovní prostředí a postup práce v systému je rozděleno do tří sekcí – zadání vstupních dat o objektu, analýza vstupních dat ve smyslu identifikace energetických nedostatků s výpočtem variant souhrnu energeticky úsporných opatření a zhodnocení navržených opatření z několika hledisek.

ABSTRACT

This thesis deals with the complex proposal and implementation of the software part of system for calculation and suggestion for low cost disposal in the building. Firstly, the basic computational relations used in the system are analyzed and described. These relations start from physical qualities of objects and correspond with the valid Czech, or let us say European, norms. Secondly, the proposal and implementation of the software part of the system have been described. Software implementation is the foundation of the Microsoft .Net 3.5 in language C#. SW design corresponds with requirements analyzed in advance by power inspectors as a main goal user's group. The working environment is divided into three parts - setting input dates about the object, the analysis of the entrance dates with calculation of energetic economic steps option and estimation design options by several aspects.

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Bc. Pavel Novák**

Studijní program: Elektrotechnika a informatika (magisterský), strukturovaný
Obor: Kybernetika a měření, blok KM1 - Řídicí technika

Název tématu: **Návrh a implementace SW pro výpočet a návrh energeticky úsporných opatření v budovách**

Pokyny pro vypracování:

1. Konzultujte a analyzujte požadavky projektantů a energetických auditorů na analýzu budov v rámci návrhu energeticky úsporných opatření.
2. Navrhněte komplexní design systému tak, aby byl univerzálně použitelný na většinu budov.
3. Realizujte návrh jak z pohledu technologického - výpočet veličin, návrh základního řízení a zpětných vazeb, tak z pohledu ekonomického - cena, doba návratnosti. Dbejte na dodržení aktuálních platných vyhlášek, zákonů a norem.
4. Kompletní systém otestujte a jeho funkčnost a přínos konzultujte s projektanty a auditory, kteří budou SW používat.
5. Připravte krabicové řešení pro nasazení do praxe.

Seznam odborné literatury:

Dodá vedoucí práce

Vedoucí: Ing. Pavel Burget

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2008/2009

prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta elektrotechnická
L.S.

v.z. M. Šimková
doc. Ing. Boris Šimák, CSc.
děkan

V Praze dne 10. 9. 2007

OBSAH

1 ÚVOD 1

1.1 Popis struktury dokumentu 2

1.2 Typografické konvence 3

2 VÝPOČET A NÁVRH ENERGETICKY ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ 4

2.1 Analýza stavební konstrukce 4

2.1.1 Nejnižší povrchová teplota konstrukce 5

2.1.2 Tepelná stabilita místnosti 6

2.1.3 Součinitel prostupu tepla konstrukcí 8

2.1.4 Pokles dotykové teploty podlahy 9

2.1.5 Intenzita výměny vzduchu 10

2.1.5.1 Intenzita výměny vzduchu v neužívané místnosti 11

2.1.5.2 Intenzita výměny vzduchu v užívané místnosti 11

2.1.6 Spotřeba energie na vytápění 11

2.2 Vytápění 13

2.2.1 Požadavky na tepelný stav vytápěných interiérů 13

2.2.2 Potřeba tepla na vytápění 14

2.2.3 Výpočet tepelných ztrát místností 15

2.2.3.1 Podmínky pro návrh optimálního vytápění 15

2.2.3.2 Podklady nutné k výpočtu 16

2.2.3.3 Výpočetní hodnoty ke stanovení tepelných ztrát 16

2.2.3.4 Postup výpočtu tepelných ztrát 17

2.2.4 Výpočet tepelných ztrát budov 18

2.2.4.1 Výpočet podle obestavěného prostoru 19

2.2.4.2 Výpočet podle vytápěného prostoru 19

2.2.5 Řízení otopných soustav 20

2.3 Teplá užitková voda (TUV) 21

2.3.1 Výpočet potřeby TUV a tepla k přípravě TUV 21

2.4 Větrání a klimatizace *22*
2.4.1 Požadavky na výměnu vzduchu 22
2.4.2 Spotřeba tepla na větrání podle ČSN 38 3350 22
2.4.3 Vnitřní tepelné zisky 23
2.4.4 Vnější tepelné zisky 23
2.5 Spotřeba elektrické energie *24*
3 NÁVRH A IMPLEMENTACE SW SYSTÉMU 26
3.1 Popis systému SWEA System *26*
3.1.1 Specifikace a komunikace se zadavatelem 26
3.1.2 Design a základní architektura systému 27
3.1.3 Popis modulu „Zadání vstupních dat“ 30
3.1.3.1 Energetická charakteristika objektu 31
3.1.4 Popis modulu „Analýza“ 50
3.1.4.1 Referenční spotřeba energie 50
3.1.4.2 Úprava technologie 51
3.1.4.3 Úprava stavební konstrukce 54
3.1.5 Popis modulu „Vyhodnocení“ 55
3.1.5.1 Varianty energeticky úsporných opatření 55
3.1.5.2 Zhodnocení dle vyhlášky č. 291/2001 sb. 56
3.1.5.3 Ekonomické zhodnocení 57
3.2 Cílová skupina *58*
4 ZÁVĚR 60
LITERATURA 62
I OBSAH PŘILOŽENÉHO CD I

SEZNAM OBRÁZKŮ

2.1 Regulační smyčka otopné větve 20

3.1 Marketingové znázornění komplexního systému 27

3.2 UML diagram tříd odvozených od base class ParentKomponenta 29

3.3 Ukázka UML diagramu tříd odvozených od base class Komponenta 30

3.4 Základní rozdělení modulu Zadání vstupních dat 31

3.5 Diagram rozdělení energetických vstupů v podmodulu Energetická char. objektu . 31

3.6 Screenshot GUI podmodulu Spotřeba energie pro ÚT a TV 33

3.7 Screenshot GUI podmodulu Spotřeba energie pro přípravu TUV 33

3.8 Screenshot GUI podmodulu Spotřeba zemního plynu 34

3.9 Screenshot GUI podmodulu Spotřeba elektrické energie 35

3.10 Screenshot GUI podmodulu Spotřeba studené a teplé vody 36

3.11 Diagram rozdělení popisu konstrukce v sekci Popis stavební konstrukce 37

3.12 Screenshot GUI podmodulu Popis stavební konstrukce (1) 38

3.14 Screenshot GUI podmodulu Popis stavební konstrukce (3) 40

3.13 Screenshot GUI podmodulu Popis stavební konstrukce (2) 40

3.15 Screenshot GUI podmodulu Zhodnocení dle ČSN EN 13 790 41

3.16 Diagram rozdělení modulu Vstupní analýza spotřeby tepla 42

3.17 Screenshot GUI podmodulu Vstupní analýza spotřeby tepla – vstupní data 43

3.18 Screenshot GUI podmodulu Vstupní analýza spotřeby tepla - vzduchotechnika 46

3.19 Screenshot GUI podmodulu Vstupní analýza spotřeby tepla – Analýza tep. zisků . 48

3.20 Screenshot GUI podmodulu Vstupní analýza spotřeby elektřiny 49

3.21 Základní rozdělení modulu Analýza 50

3.22 Schéma vybraných energeticky úsporných opatření..... 51

3.23 Screenshot GUI podmodulu Úspora pitné vody + tepla pro TV 53

3.24 Schéma vybraných energeticky úsporných opatření..... 54

3.25 Základní rozdělení modulu Vyhodnocení..... 55

3.26 Screenshot GUI podmodulu Varianty opatření 56

3.27 Screenshot GUI podmodulu Zhodnocení dle vyhlášky 291/2001 sb. 57

3.28 Screenshot GUI podmodulu Ekonomické zhodnocení 58

SEZNAM TABULEK

2.1 Požadované hodnoty bezpečnostní teplotní přirážky pro stavební konstrukce 6

2.2 Požadované hodnoty bezpečnostní teplotní přirážky pro výplně otvorů 6

2.3 Požadované hodnoty poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období 7

2.4 Požadované hodnoty poklesu výsledné teploty v místnosti v letním období 8

2.5 Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla U_N 10

2.6 Požadované hodnoty měrné spotřeby tepla při vytápění dle MPO č. 291/2001 13

2.7 Součinitele prostupu tepla pro různé typy oken 24

2.7 Příkony jednotlivých typů svítidel 25

KAPITOLA 1

1 ÚVOD

Energetická situace ve světě přímo vybízí k různým zamyšlením a úvahám, jestli to, jak člověk zachází s energetickými zdroji a jak spotřebovává energii je v pořádku či nikoliv. Spotřeby energií jak ve vyspělém tak v rozvojovém světě jsou předmětem analýz, které jsou pravidelně prováděny Světovou energetickou radou. Z mnoha uveřejněných analýz a studií vyplývá několik, pro svět velmi zásadních závěrů. Téměř všechny výsledky studií spojuje fakt, že svět ať už rozvojový nebo ten vyspělý by se měl vážně zabývat otázkou úspor energií a to ve všech oblastech.

Z pohledu České republiky je potřeba úspor energie rovněž velmi aktuálním tématem. Energetická náročnost vyjádřená jako spotřeba primárních energetických zdrojů na jednotku HDP je u nás ***2,3 krát*** vyšší než v zemích EU [1]. Z těchto i dalších hledisek je jasné, že nutnost úspor energií se nás přímo týká a není možné ji ani na národní úrovni zanedbávat.

Jednou z důležitých oblastí v možnostech energetických úspor je omezování spotřeb energií potřebných pro provozy budov. Tyto spotřeby většinou přímo souvisí jednak s technickým a stavebním stavem objektů, v nichž je energie spotřebována. Pro efektivní návrh energeticky úsporných opatření je proto nutné analyzovat daný objekt po všech stránkách a daná opatření potom mezi sebou kombinovat tak, aby došlo k co možná nejlepším výsledkům hodnocené nejen dosaženými energetickými úsporami, ale také např. ekonomickým zatížením.

Z předešlého odstavce je tedy zřejmé, že správný návrh energeticky úsporných opatření není v žádném případě triviálním problémem. Tato práce se bude dále zabývat právě samotnými návrhy energeticky úsporných opatření a výsledkem práce bude komplexní software s implementovanými algoritmy, pomocí nichž bude prováděna komplexní analýza a návrh energeticky úsporných opatření.

1.1 Popis struktury dokumentu

Celý dokument diplomové práce je rozdělen do několika kapitol. Pro snazší orientaci v dokumentu uvedu stručné abstrakty k jednotlivým kapitolám.

KAPITOLA 1

Úvod

První kapitola obsahuje stručné uvedení problematiky společně s definovanými souvislostmi a popsanými cíly práce. Nechybí popis struktury dokumentu a typografické konvence.

KAPITOLA 2

Návrh energeticky úsporných opatření v budovách

Druhá kapitola je věnována teoretickému rozboru a popis konstrukčních a ostatních technických vlastností budov. Dále je popsán hrubý postup při návrhu energeticky úsporných opatření v budovách. Nechybí ani rozepsání potřebných vstupních dat o objektu a následný popis výpočtu.

KAPITOLA 3

Návrh a implementace SW systému

Třetí kapitola je věnována rozporu SW pro výpočet a Druhá kapitola je věnována rozporu SW pro výpočet a energeticky úsporných opatření v budovách. Nechybí popis architektury systému, dále je samozřejmostí detailní popis jednotlivých modulů včetně screenshotů. Na závěr této kapitoly je provedena diskuze cílové uživatelské skupiny systému.

KAPITOLA 4

Závěr

Čtvrtá kapitola je věnována závěru. Je zde provedeno vytyčení cílů práce s následnou diskuzí splnění těchto cílů. Nechybí ani popis vizí projektu do budoucna a popis přínosu a inovativnosti projektu.

1.2 Typografické konvence

Pro jednodušší orientaci v textu jsou v něm dodržovány určité typografické konvence.

Tímto písmem je psán běžný text.

Tímto písmem je psán text, který má být vůči ostatnímu zvýrazněn.

Tímto písmem jsou psané vzorce.

`Toto písmo je použito pro zdrojové kódy.`

[V hranatých závorkách je odkaz na literaturu].

KAPITOLA 2

2 VÝPOČET A NÁVRH ENERGETICKY ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ

Pro výpočet energeticky úsporných opatření v budovách je nutné nejprve analyzovat budovy jako celek a určit energetické potřeby daného objektu. K tomuto účelu slouží několik požadavků, výpočtových postupů a kriterií definovaných v ČSN a české legislativě. Pro určení energetické bilance budov jsou klíčové normy a zákony, které souvisejí s návrhem:

- stavebních konstrukcí,
- vytápění,
- přípravy TV,
- větrání a klimatizace,
- umělého osvětlení.

Vzhledem k zaměření práce se další popis bude týkat běžných budov, jako jsou např. obytné budovy, administrativní budovy apod.

2.1 Analýza stavební konstrukce

V tomto odstavci jsou definovány požadavky na tepelně technické vlastnosti, výpočet určujících veličin a kritéria jednotlivých tepelně-fyzikálních parametrů.

Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov jsou zabezpečovány několika veličinami, z nichž hlavní z nich jsou popsány dále. Při návrhu stavebních konstrukcí a budov jsou uplatňována kritéria podle ČSN 73 0540 2 [1].

2.1.1 Nejnižší povrchová teplota konstrukce

V zimním období musí konstrukce (stavební konstrukce a výplně otvorů) v prostorách s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu φ_i*=60%* vykazovat v každém místě vnitřní povrchovou teplotu θ_{si} podle vztahu [1]

$$\theta_{si} \geq \theta_{si,N} \quad (°C),$$

kde $\theta_{si,N}$ je požadovaná hodnota nejnižší vnitřní povrchové teploty, stanovená ze vztahu [1]:

$$\theta_{si,N} = \theta_{si,cr} + \Delta\theta_{si} \quad (°C),$$

kde $\theta_{si,cr}$ je kritická vnitřní povrchová teplota, při které by vnitřní vzduch s návrhovou teplotou θ_{ai} a návrhovou relativní vlhkostí φ_i podle ČSN 73 0540-3 a ČSN 73 0540-4 dosáhl kritické vnitřní povrchové vlhkosti *(°C),*

$\varphi_{si,cr}$ je kritická vnitřní povrchová vlhkost, tedy relativní vlhkost vzduchu bezprostředně při vnitřním povrchu konstrukce, která nesmí být pro danou konstrukci překročena,

φ_i je návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu, θ_{ai} je návrhová teplota vnitřního vzduchu *(°C),*

$\Delta\theta_{si}$ je bezpečnostní teplotní přirážka, zohledňující způsob vytápění vnitřního prostředí a tepelnou setrvačnost konstrukce (stavební konstrukce a výplně otvorů), stanovená pro stavební konstrukce (stěny střechy, podlahy a stropy, tj. konstrukce kromě výplní otvorů) z tabulky 2.1 a pro výplně otvorů (okna, světlíky, dveře, vrata, střešní poklopy a osvětlovací část zasklených nebo lehkých obvodových konstrukcí) z tabulky 2.2 *(°C).*

Způsob vytápění	Stavební konstrukce	
	těžká	lehká
	Bezpečnostní teplotní přirážka $\Delta\theta_{si}$ (°C)	
Nepřerušované	0,0	0,5
Tlumené s poklesem výsledné teploty θ_r rovným a menším než 7 °C	0,5	1,0
Přerušované s poklesem výsledné teploty θ_r větším než 7 °C	1,0	1,5

Tabulka 2.1 Požadované hodnoty bezpečnostní teplotní přirážky pro stavební konstrukce

Způsob vytápění	Otopná tělesa pod výplněmi otvorů	
	ano	ne
	Bezpečnostní teplotní přirážka $\Delta\theta_{si}$ (°C)	
Nepřerušované	-1,0	0,0
Tlumené s poklesem výsledné teploty θ_r rovným a menším než 7 °C	-0,5	0,5
Přerušované s poklesem výsledné teploty θ_r větším než 7 °C	0,0	1,0

Tabulka 2.2 Požadované hodnoty bezpečnostní teplotní přirážky pro výplně otvorů

2.1.2 Tepelná stabilita místnosti

Pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období. Kritická místnost (vnitřní prostor) musí na konci doby chladnutí τ vykazovat pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období $\Delta\theta_r(\tau)$ podle vztahu [1]

$$\Delta\theta_r(\tau) \leq \Delta\theta_{r,N}(\tau) \quad (°C),$$

kde $\Delta\theta_{r,N}(\tau)$ je požadovaná hodnota poklesu výslední teploty v místnosti v zimním období, stanovaná z tabulky 2.3, kde θ_1 je návrhová vnitřní teplota podle ČSN 73 0540-3 *(°C)*.

Tepelná stabilita místnosti v letním období

Kritická místnost (vnitřní prostor) musí vykazovat

- buď nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období $\Delta\theta_{ai,max}$ podle vztahu [1]

$$\Delta\theta_{ai,max} \leq \Delta\theta_{ai,max,N} \quad (°C),$$

kde $\Delta\theta_{ai,max.N}$ je požadovaná hodnota nejvyššího denního vzestupu teploty vzduchu v místnosti v letním období, která se stanoví podle tabulky 2.4 (°C)

- nebo nejvyšší denní teplotu vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max}$ podle vztahu [1]:

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N} \quad (°C),$$

kde $\theta_{ai,max,N}$ je požadovaná hodnota nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období, která se stanoví podle tabulky 2.4.

Druh místnosti	Pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období $\Delta\theta_{r,N}(\tau)$
S pobytem lidí po přerušení vytápění	
▪ při vytápění radiátory, sálavými panely a teplovzdušně	3
▪ při vytápění kamny a podlahovém vytápění	4
Bez pobytu lidí po přerušení vytápění	
▪ při přerušení vytápění otopnou přestávkou	6
▪ budova masivní	8
▪ budova lehká	$\theta_1 - \theta_{r'\min}$
▪ při předepsané nejnižší výsledné teplotě $\theta_{r'\min}$	θ_1 -8
▪ při skladování potravin	θ_1 -1
▪ při nebezpečí zamrznutí vody	
Nádrže s vodou (teploty vody)	θ_1 -1

Tabulka 2.3 Požadované hodnoty poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období

Druh budovy	Nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období $\Delta\theta_{ai,max,N}$ (°C)	Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,\max,N}$ (°C)
Nevýrobní	5,0	27,0
Ostatní s vnitřním zdrojem tepla do 25 W.m^{-3}	7,5	29,5
Ostatní s vnitřním zdrojem tepla nad 25 W.m^{-3}	9,5	31,5

Tabulka 2.4 Požadované hodnoty poklesu výsledné teploty v místnosti v letním období

2.1.3 Součinitel prostupu tepla konstrukcí

Konstrukce vytápěných nebo klimatizovaných budov musí mít v prostorách s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi_1 \leq 60\%$ součinitel prostupu tepla U $(W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1})$ takový, aby splňoval podmínku $U \leq U_N$, kde U_N je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla. Splnění této podmínky s doporučenou hodnotou U_N je vhodné pro energeticky úsporné budovy. Požadovaná a doporučená hodnota U_N se pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou $\theta_{im} = 20°C$ stanoví podle tabulky 2.5.

Jestliže při změnách dokončených budov nebo při jejich opravách výměnou či doplněním dosavadních konstrukcí nedojde ke změně tvaru budov ani velikosti jednotlivých konstrukcí, pak je možné ve výjimečném případě prokázat podle zvláštního předpisu, že splnění požadavku není technicky možné nebo ekonomicky vhodné s ohledem na životnost budovy a její provozní účely. V tomto případě lze překročit jednotlivou požadovanou přípustnou hodnotu součinitele prostupu tepla U_N podle tabulky 2.5 nejvýše tak, aby prokazatelně nedocházelo k poruchám a vadám při užívání.

Hodnoty požadovaných a doporučených normových součinitelů prostupu tepla konstrukcí U_N jsou v tabulce 2.5. Stanoveny jsou podle ČSN 73 0540 -2 (11/2002)

$$U_N = \frac{q_k . e_1 . e_2}{b_1 . \Delta\theta_{ie}} \quad (W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}),$$

kde q_k je charakteristická hustota tepelného toku konstrukcí; pro stanovení požadované hodnoty součinitele prostupu tepla je $q_k = 13{,}30\ (W.m^{-2})$, pro stanovaní doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla je $q_k = 8{,}90\ (W.m^{-2})$;

e_1 je součinitel typu budovy, $e_1 = \frac{20}{\theta_{im}}$,

e_2 je součinitel typu konstrukce dle tabulky 2.5,

b_1 je činitel teplotní redukce dle tabulky 2.5,

$\Delta\theta_{ie}$ - základní rozdíl teplot vnitřního a vnějšího prostředí $\Delta\theta_{ie} = \theta_{im} - \theta_e$,

θ_e - návrhová venkovní teplota vzduchu dle ČSN 73 0540-3.

Venkovní okna a dveře by měly mít součinitel prostupu tepla konstrukcí $U \leq U_N$, kde U je hodnota rovnající se naměřené hodnotě nebo vypočítaná z naměřených hodnot zasklení a rámu konstrukce a požadovanou či doporučenou normovou hodnotu U_N uvádí tabulka 2.5.

2.1.4 Pokles dotykové teploty podlahy

Pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10}$ musí splňovat podmínku [1]:

$$\Delta\theta_{10} \leq \Delta\theta_{10,N} \ ,$$

Kde $\Delta\theta_{10,N}$ je požadovaná hodnota poklesu dotykové teploty podlahy – tabelovaná hodnota viz. [1].

Tento požadavek není nutné ověřovat u podlah s trvalou nášlapnou celoplošnou vrstvou z textilní dlahovány a u podlah s povrchovou teplotou trvale vyšší než 26°C.

Popis konstrukce	Typ konstrukce	Požadované hodnoty ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)	Doporučené hodnoty ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)	Součinitel typu konstrukce e_2 (-)	Činitel teplotní redukce b_1 (-)
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně, podlaha nad venkovním prostorem, strop pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné izolace, podlaha a stěna s vytápěním	Lehká	0,24	0,16	0,8	1,25
	Těžká	0,30	0,20	0,8	1,00
Stěna venkovní, střecha strmá se sklonem na 45°	Lehká	0,30	0,20	1,0	1,25
	Těžká	0,38	0,25	1,0	1,00
Podlaha a stěna přiléhá k zemině, strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru		0,60	0,40	0,8	0,49
		0,75	0,50	0,8	0,40
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k částečně vytápěnému prostoru		0,75	0,50	0,8	0,40
Stěna mezi sousedními budovami, strop mezi prostorami s rozdílem teplot do 10°C včetně		1,05	0,70	0,8	0,29
Stěna mezi prostorami s rozdílem teplot do 10°C včetně		1,30	0,90	1,0	0,29
Strop vnitřní mezi prostorami s rozdílem teplot do 5°C včetně		2,2	1,45	0,8	0,14
Stěna vnitřní mezi prostorami s rozdílem teplot do 5°C včetně		2,7	1,80	1,0	0,14
Okno a jiná výplň otvoru z vytápěného prostoru	Nová	1,80	1,20	5,5	1,15
	Upravená	2,0	1,35	6,0	1,15
Dveře, vrata a jiná výplň otvoru z částečně vytápěného nebo nevytápěného prostoru vytápěné budovy		3,5	2,3	6,0	0,66

Tabulka 2.5 Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla U_N

2.1.5 Intenzita výměny vzduchu

Výměna vzduchu v místnostech je definována pro místnosti užívané a neužívané [1].

2.1.5.1 Intenzita výměny vzduchu v neužívané místnosti

V době, kdy místnost není užívána, se doporučuje nejnižší intenzita výměny vzduchu v místnosti [2]

$$n_{min} \geq n_{min,N} \ (h^{-1}),$$

kde $n_{min,N}$ je doporučená nejnižší intenzita výměny vzduchu v místnosti po dobu, kdy není místnost užívána. Nestanoví-li zvláštní předpisy jinak, platí, že $n_{min,N} = 0,1h^{-1}$.

2.1.5.2 Intenzita výměny vzduchu v užívané místnosti

V době, kdy místnost není užívána, se doporučuje intenzita výměny vzduchu v místnosti [1]

$$n_N \leq n \leq 1,5 \cdot n_N \ (h^{-1}),$$

kde n_N je požadovaná intenzita výměny vzduchu v užívané místnosti, vypočítaná z minimálního množství potřebného čerstvého vzduchu stanovených ve zvláštních předpisech (např. vyhlášky MZd ČR č. 469/200 Sb., č. 108/2001 Sb. A nařízení vlády č. 107/2001 Sb., č. 108/2001 Sb., č. 178/2001 Sb.)

2.1.6 Spotřeba energie na vytápění

Při definování kritérií spotřeby energie na vytápění pro budovy v podobě měrné potřeby tepla se vychází z požadavků na tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov.

ČSN 73 0540-2 z listopadu 2002 chápe energetickou náročnost budovy jako potřebu tepla na vytápění budovy, neuvažuje tedy ostatní potřebu energie v budově (např. pro přípravu TUV, osvětlení, čerpadla, ventilátory, technologie apod.).

Energetická náročnost budovy dle ČSN 73 0540-2 zahrnuje základní požadavek na úsporu energie potřebné k vytápění stavebním řešením budovy. Hodnotí se měrnou potřebou tepla na vytápění budov e_v *(kWh ·m*$^{-3.}$ *a*$^{-1}$*)* podle vyhlášky MPO č. 291/2001 Sb.

Vyhláška byla v průběhu zpracování novelizována vyhláškou 148/2007 Sb.

Požadavek na měrnou potřebu tepla na vytápění budov podle uvedené vyhlášky je nutné splnit:

- u budov určených vyhláškou MPO č. 291/2001 Sb.
- u novostaveb ostatních budov

U změn budov, které nejsou určeny vyhláškou č. 291/2001 Sb., se měrnou potřebu tepla na vytápění budov e_v, doporučuje splnit, je-li to možné a ekonomicky vhodné s ohledem na životnost budovy a její provozní účely [1].

Poznámky k hodnocení energetické náročnosti dle výše uvedených předpisů:

Měrnou potřebu tepla na vytápění budov e_v *(kWh ·m*$^{-3.}$ *a*$^{-1}$*)* se rozumí měrná spotřeba tepla za otopné období e_v uvedená ve vyhlášce č. 291/2001 Sb.

Měrná potřeba tepla na vytápění budov e_v se stanoví výpočtovým postupem podle vyhlášky MPO č. 291/2001 Sb., jejíž odkazy na podrobnější výpočty podle příslušných českých norem upřesňuje ČSN 73 0540-4.

Energetická náročnost budov podle výše uvedených kritérií slouží k hodnocení budov za vzájemně srovnatelných podmínek, tedy za jednotných klimatických a provozních podmínek. Tím se liší od energetické bilance pro energetický audit dle vyhlášky MPO č. 213/2001 Sb., která naopak musí při výpočtu podle ČSN EN 832 zohlednit místní klimatické a skutečné provozní podmínky, zpravidla odlišné od podmínek definovaných vyhláškou č. 291/2001 Sb.

Pro budovy, které nejsou hodnoceny podle vyhlášky MPO č. 291/2001 Sb., ale které musí mít prokazatelně nízkou energetickou náročnost podle vyhlášky MMR č.137/1998 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu, ČSN 73 0540-2 upřesňuje požadavek takto [1]:

- pro novostavby platí požadavky uvedené ve vyhlášce MPO č. 291/2001 Sb.

- pro změny dokončených staveb se hodnoty uvedené ve vyhlášce MPO č. 291/2001 Sb. doporučuje splnit.

A/V (m^{-1})	e_{vN} ($kWh \cdot m^{-3} \cdot a^{-1}$)	e_{vA} ($kWh \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$)
0,2	25,8	80,6
0,3	28,4	88,8
0,4	31,0	96,9
0,5	33,6	105,0
0,6	36,2	113,1
0,7	38,9	121,6
0,8	41,5	129,7
0,9	44,0	137,5
1,0	46,7	145,9
Mezilehlé hodnoty je možno stanovit podle vztahů: $e_{vN}=20,64 + 26,03 \,.\, (A/V)$ ($kWh.m^{-3}.a^{-1}$) $e_{vA}= e_{vN}/0,32$($kWh \cdot m^{-2}$) A – celková plocha ochlazovaných konstrukcí (m^2) V – vytápěný objem budovy (m^3)		

Tabulka 2.6 Požadované hodnoty měrné spotřeby tepla při vytápění dle vyhlášky MPO č. 291/2001 Sb.

2.2 Vytápění

V následujících odstavcích budou popsány požadavky na tepelný stav, dále bude popsáno stanovení energetické bilance.

2.2.1 Požadavky na tepelný stav vytápěných interiérů

Tepelná pohoda je stav, při němž člověk nepociťuje ani chlad, ani nadměrné teplo. Je definována jako pocit spokojenosti s tepelným stavem prostředí [7]. Prvním požadavkem vytvoření tohoto stavu je, aby se osoba jako celek cítila tepelně neutrální, což závisí na následujících 6 základních faktorech [1]:

- Faktory osoby
  - činnost ($W \cdot m^{-2}$)

    - tepelný odpor oblečení *($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$)*
- Faktory interiérového prostředí
    - teplota vnitřního vzduchu *(°C)*
    - průměrná sálavá (účinná) teplota *(°C)*
    - rychlost proudění vnitřního vzduchu *($m \cdot s^{-1}$)*
    - tlak vodní páry vnitřního vzduchu *(P)*

Hodnotu všech 6 faktorů lze určit z rovnice tepelné pohody, přičemž je však uvažován vliv tepelně-vlhkostního mikroklimatu na lidské tělo jako celek. Za akceptovatelný považujeme takový vztah, kdy podíl nespokojených subjektů v daném interiérovém prostředí bude menší než *10%* [1]. Současně však kromě požadavku tepelné neutrality musí platit, že žádná část těla není nadměrně přehřívána, resp. ochlazována. Proto je nutné definovat další požadavky na stav tělesné pohody, které by vyloučily možnost vzniku lokální tepelné nepohody u libovolné části lidského těla. Tuto eventuelní tepelnou nepohodu mohou zapříčinit uvedené skutečnosti:

- asymetrické tepelné sálání
- vertikální teplotní gradient vzduchu
- teplá nebo studená podlaha
- proudění vzduchu.

2.2.2 Potřeba tepla na vytápění

Potřeba tepla neboli nutné provozní teplo je definováno jako tepelný tok (výkon) ve *W*, který zabezpečuje hospodárné vytápění místností, resp. budov tak, aby se v konkrétních klimatických podmínkách, při daných tepelně technických vlastnostech budovy a adekvátním způsoby vytápění, trvale dosahovalo požadované vnitřní teploty vzduchu a teplot na vnitřních pohledech ohraničujících stavebních konstrukcí [7].

Potřeba tepla na vytápění je tedy totožná s celkovou tepelnou ztrátou místnosti, resp. budovy. Vytápění slouží k trvalému zabezpečování požadované vnitřní teploty v místnostech, resp. v budovách i při nejnižší oblastní venkovní teplotě. To znamená, že při ustáleném tepelném toku musí být vytápěním přivedeno do místnosti takové

množství tepla, jaké se ztrácí prostupem a větráním stavebními konstrukcemi (stěny, stropy, podlahy, okna, dveře) do venkovních prostředí nebo do sousedních chladnějších místností. Množství tepla, které se ztrácí stavebními konstrukcemi, vyjadřují tepelné ztráty místnosti, resp. budovy [1].

ČSN 06 0210 stanovuje postup výpočtu tepelných ztrát prostupem stěnami a tepelných ztrát infiltrací u všech druhů budov jako podkladu pro dimenzování všech druhů soustav ústředního vytápění a jejich součástí.

2.2.3 Výpočet tepelných ztrát místností

Výpočet tepelných ztrát místností je určen normou ČSN 13790. V dalších odstavcích bude popsán postup stanovení tepelných ztrát místností, budou popsány podmínky, podklady pro výpočet a samotný výpočet tepelných ztrát.

2.2.3.1 Podmínky pro návrh optimálního vytápění

Aby spotřeba tepla při ústředním vytápění nebyla neúměrně velká, musí stavba vyhovovat určitým tepelně technickým požadavkům:

- u obytných a občanských budov musí obvodová konstrukce vyhovovat z hlediska tepelné izolace, tepelné akumulace a průvzdušnosti ČSN 73 0540-2 [1]
- u trvale vytápěných místností musí být používána zdvojená nebo dvojitá okna. Jednoduchá lze použít jen v případě nevytápěných místností nebo místností vytápěných pouze příležitostně [3]
- spotřeba energie musí splňovat požadavky zákona č. 406/2006 Sb. a souvisejících vyhlášek a nařízení.

2.2.3.2 Podklady nutné k výpočtu

Pro výpočet tepelných ztrát budov je dobré mít k dispozici několik základních podkladů, které nám pomohou analyzovat fyzikálně technické vlastnosti budov [1].

- situační - plán, z něhož je jasná poloha budovy vzhledem ke světovým stranám, situace okolních budov, terénních překážek apod., nadmořská výška místa stavby a převládající směr a intenzita větrů
- půdorysy jednotlivých podlaží budovy se všemi hlavními rozměry včetně rozměrů oken a dveří
- řezy budovou s udáním všech hlavních výšek, údaje o materiálu a konstrukci stěn, podlah, stropů a střech
- údaje o materiálu a konstrukci oken a dveří potřebné pro výpočet tepelné ztráty prostupem i tepelné ztráty infiltrací
- údaje o druhu (účelu) místnosti
- údaje o teplotách

2.2.3.3 Výpočetní hodnoty ke stanovení tepelných ztrát

Výpočtová venkovní teplota θ_e *(°C)* je volena jako průměrná teplota pěti za sebou následujících nejchladnějších dní podle dlouhodobých meteorologických pozorování [1]. Pro území ČR byly dle normy ČSN 73 0540 03/2005 zvoleny tři základní výpočtové teploty $\theta_e = -12, -15, -18$ *°C* podle oblasti, ve které je prováděn výpočet [1].

Teplota v sousedních nevytápěných místnostech $\theta_{i,e}$ *(°C)* je standardně volena jako teplota v nevytápěných místnostech sousedících s místností vytápěnou, pro kterou jsou počítány tepelné ztráty.

Výpočtová vnitřní teplota θ_i *(°C)* je volena jako aritmetický průměr vnitřní teploty vzduchu a střední povrchové teploty stěn. Celkový tepelný stav se posuzuje podle teploty naměřené ve výšce *1,0 m* nad podlahou.

Součinitel prostupu tepla *U (W · m-2 · K-1)* by měl s ohledem na požadované tepelně technické vlastnosti konstrukcí a budov odpovídat hodnotám uvedených v tabulce 2.5. Součinitel prostupu tepla se v případě, že se jedná o jednovrstvé a vícevrstvé stěny s vrstvami za sebou vypočítá ze vztahu [1]:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \Sigma \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}},$$

kde α_i je celkový součinitel přestupu tepla na vnitřním povrchu stěny *(W · m-2 · K-1)*,

α_e je celkový součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu stěny *(W · m-2 · K-1)*,

$\Sigma \frac{d}{\lambda}$ je tepelný odpor stěny *(m-2 · K · W-1)*

d je tloušťka jednotlivých vrstev stěny *(m)*,

λ je měrná tepelná vodivost materiálů jednotlivých vrstev *(W · m-1 · K-1)*

Rozměrové údaje o místnostech myšleno v souhrnu plochy stropů, podlah, oken a svislých stěn. Tyto údaje se vypočítávají z vnitřních rozměrů místností, jen u výšky je uvažována konstrukční výška podlaží. Tato zásada platí rovněž pro určení celkové plochy vše stěn *S*.

2.2.3.4 Postup výpočtu tepelných ztrát

Celková tepelná ztráta místnosti Q_c je rovna součtu tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi Q_p a tepelné ztráty větráním Q_v snížené o trvalé tepelné zisky Q_z [1]

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \, (W).$$

2.2.3.4.1 Tepelná ztráta prostupem

Tepelná ztráta prostupem stěnami je definována jako tepelný tok procházející v ustáleném stavu stěnou z místnosti do venkovního prostředí nebo do sousední

místnosti. Její určení vychází ze základní tepelné ztráty přičtením přirážek podle vztahu [1]:

$$Q_p = Q_0 \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3)\ (W),$$

kde *p* s jednotlivými indexy znamenají přirážky na vyrovnání vlivu chladných stěn, resp. urychlení záhřevu, resp. světovou stranu.

Základní tepelná ztráta Q_0 je potom tepelný tok procházející v ustáleném stavu všemi stěnami místnosti do venkovního prostředí nebo do sousední místnosti [1]. Výpočet Q_0 je nad rámec tohoto dokumentu, zvídavého čtenáře odkazuji na [1].

2.2.3.4.2 Tepelná ztráta větráním místnosti

Tepelná ztráta vzniklá větráním místnosti nebo obecně prostoru se stanoví ze vztahu [1]:

$$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (\theta_i - \theta_e)\ (W),$$

kde V_v je objemový tok větracího vzduchu $(m^3 \cdot s^{-1})$ a

c_v je objemová tepelná kapacita vzduchu při teplotě 0 °C – bližší informace tabulkové hodnoty jsou uvedeny v [1].

2.2.4 Výpočet tepelných ztrát budov

Výpočet tepelných ztrát budov je přesně popsán v ČSN 38 3350. V tomto odstavci bude popsán zkrácený postup výpočtu tepelných ztrát budov. Ve své podstatě se jedná vlastně o předběžné zjištění tepelných ztrát tak, aby např. mohla být navržena kotelna, předávací stanice apod. Získané hodnoty potom mohou sloužit jako podklad pro určení spotřeby paliva, představují základní údaje např. pro návrh ***zónové regulace vytápění*** apod.

Metodika zrychleného výpočtu tepelných ztrát se dělí na dvě části [1]:

- Výpočet podle obestavěného prostoru
- Výpočet podle vytápěného prostoru

2.2.4.1 Výpočet podle obestavěného prostoru

Vztah použitý k výpočtu tepelných ztrát podle obestavěného prostoru je podle [1]:

$$Q_0 = V_0 \cdot q_0 \ (W),$$

kde V_0 je obestavěný prostor *(m3)* a q_0 je měrná tepelná ztráta obestavěného prostoru $(W \cdot m^{-3})$.

Pro výpočet obestavěného prostoru je nutné uvažovat vnější rozměry stavební konstrukce. Neuvažujeme nevytápěné prostory, jako jsou např. domovní schodiště apod. Určení měrné tepelné ztráty potom většinou vychází z odhadu a ze zkušeností.

2.2.4.2 Výpočet podle vytápěného prostoru

Vztah použitý výpočtu tepelných ztrát podle vytápěného prostoru vychází podobně jako předchozí z [1]:

$$Q_v = V_v \cdot q_v \ (W),$$

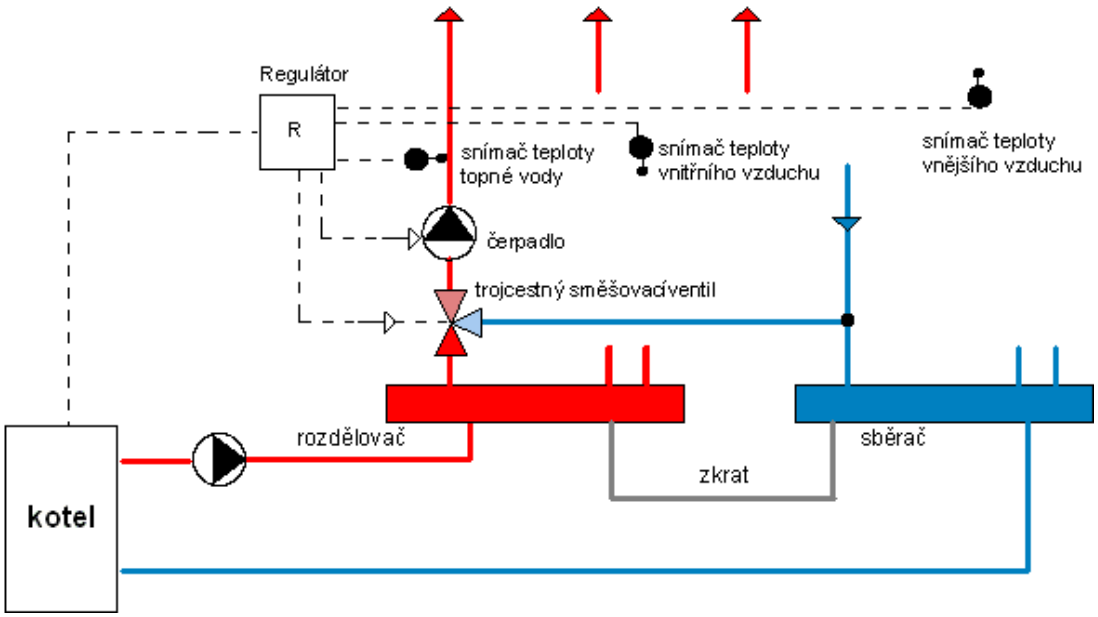
kde V_v je vytápěný prostor *(m3)* a q_v je měrná tepelná ztráta vytápěného prostoru $(W \cdot m^{-3})$.

Základní rozdíl mezi touto a předešlou metodou výpočtu je v tom, že nyní uvažujeme pouze prostor vytápěných místností a ne celkový objem stavební konstrukce. Co se týče určení měrné tepelné ztráty, nejběžnější postup je podobně jako v předešlém případě na základě odborného odhadu.

2.2.5 Řízení otopných soustav

Inteligentní řešení vytápění v objektech je založeno na principu nesoučasného vytápění objektu. Základní předností nesoučasného vytápění je nastavení individuálních teplot v každé místnosti objektu, nezávisle na okolních prostorách, na základě individuálního kalendáře. Kalendář umožňuje pro každou místnost zvolit časový průběh nastavených teplot v průběhu dne tak, aby maximálně vyhovoval tepelné pohodě uživatelů a zároveň aby prostory nevytápěl v časech, kdy to není nutné.

Zároveň je společně s principem nesoučasného vytápění aplikovat řízení a regulaci na zdroj tepla tak, aby zbytečně neprodukoval nadbytečné množství tepla, které potom nebude využito. Nejvyspělejším principem regulace otopných soustav je ***adaptivní ekvitermní regulace*** [2] vytápění. Jedná se o regulaci založenou na klasickém řízení podle aktuální vnější teploty doplněnou o zpětnou vazbu na vnitřní teplotu. ***Ekvitermní křivka*** [2] se potom automaticky posouvá podle vypočtené tepelné dynamiky objektu. Schéma regulační smyčky otopné větve je zobrazeno na obrázku 2.1.



Obrázek 2.1 Regulační smyčka otopné větve

2.3 Teplá voda (TV)

Co se týče návrhu ohřevu a využití TV je opět nutné sledovat příslušné normy, v tomto případě ČSN 06 0320. Tato norma popisuje všechna zařízení a jejich části používané v souvislosti s TV. Mezi tyto zařízení patří např. ohřívače a zásobníky vody, armatury, přístroje k měření TV apod. [5].

2.3.1 Výpočet potřeby TV a tepla k přípravě TV

Samotná potřeba TV se řídí přímým určením činností, při kterých se TV používá. Pro náš účel postačí pouze nástin těchto činností, aby si čtenář udělal představu. Mezi tyto činnosti úhrnně spadá např. mytí osob, mytí nádobí, úklid, apod.

Úhrn tepla k přípravě TV je potom možné stanovit ze vztahu [1]:

$$E_{2p} = E_{2z} + E_{2t}\ (kWh),$$

kde E_{2t} je teoreticky odebrané teplo z ohřívače *(kWh)* a E_{2z} je teplo ztracené při přípravě TUV *(kWh)*.

Teoreticky odebrané teplo a teplo ztracené je potom možno vyjádřit ze vztahu:

$$E_{2z} = E_{2t} \cdot z\ (kWh),$$

$$E_{2t} = c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1),$$

kde z je poměrná ztráta tepla při výrobě a distribuci TV a $(t_2 - t_1)$ je rozdíl mezi ohřátou a studenou vstupní vodou *(°C)*, c je měrná tepelná kapacita vody.

V příslušných normách je dále možno dohledat různé postupy výpočtu potřeby TV pro různé typy budov a obecně provozů, co se týče dalších informací o přípravě TV, ty jsou uvedeny v [5]. Pro účely tohoto dokumentu není podrobnější rozbor podstatný, a tedy pouze odkazuji na literaturu.

2.4 Větrání a klimatizace

Výměna vzduchu je z hlediska úspor energie velmi zajímavý problém. V praxi se setkáváme se skutečností, že společně se „starým“ vzduchem, který je odváděn z budovy, je odváděno i teplo a u výdechů klimatizace vzniká velká ztráta tepla. Tento problém je možné řešit nasazením rekuperačních jednotek a tedy využitím odpadního tepla, které by jinak bylo ztraceno. V tomto odstavci budou zevrubně popsány postupy výpočtu energetické bilance při větrání a klimatizaci.

2.4.1 Požadavky na výměnu vzduchu

Trendem posledních let byla stavba vzduchově těsných budov a omezení větrání na minimum se stalo oblíbenou cestou, jak ušetřit energii. Postupem času se zejména kvůli zdravotním důsledkům uzavřenosti budov začíná stále více hovořit o aktivní výměně vzduchu v prostorách budov.

Problematika nestálé přítomnosti osob v budovách a nestálosti venkovních teplot potom z řízení vzduchotechnik dělá důležitou disciplínu v oblasti úspor energie. Je nutné zabezpečit kvalitní výměnu vzduchu v budovách s intenzivnějším větráním během zvýšené koncentrace osob v objektu a utlumeným větráním během nepřítomnosti osob. Je nutné také počítat s řízením odvětrávání podle koncentrace škodlivin v ovzduší, které nesmí překročit určité definované meze.

2.4.2 Spotřeba tepla na větrání podle ČSN 38 3350

Roční spotřebu tepla na větrání budovy Q_{va} lze určit ze vztahu [1]:

$$Q_{va} = 3{,}6 \,.\, (Q_v \cdot n_v \cdot z + Q_v^{stř} \cdot z \cdot (n - n_v)) \,.\, 10^{-6} \ (GJ/r),$$

kde Q_v je tepelný příkon pro větrání budovy, detailní odvození uvedeno v [5],

z je počet pracovních hodin větrací soustavy za den,

n je počet dní, kdy je zařízení v činnosti,

n je počet dní v otopném období, kdy je teplota venkovního vzduchu nižší než výpočtová teplota pro větrání.

2.4.3 Vnitřní tepelné zisky

Jednou z důležitých veličin pro stanovení energetické bilance je analýza tepelných zisků. V tomto odstavci popíši vnitřní tepelné zisky – standardně teplo získané např. z pobytu osob v objektu.

Produkce tepla lidmi, jako klasický vnitřní tepelný zisk, závisí na tělesné práci, na teplotě vzduchu a složení skupiny lidí. Jako základ je uvažována produkce citelného tepla mužem *62 W* při mírně aktivní práci za teploty vzduchu *26°C* [1].

Mezi další vnitřní tepelné zisky, mnohdy o mnoho významnější patří např. produkce tepla svítidly, tepelné zisky z instalované technologie, produkce tepla elektronickými zařízeními, produkce tepla ventilátory, apod.

2.4.4 Vnější tepelné zisky

Tyto tepelné zisky jsou rozhodující zejména u lehkých staveb s velkými zasklenými plochami při jejich oslunění. Orientace z hlediska světových stran potom mají velký vliv na tepelnou pohodu a hospodárné používání klimatizace apod. Mezi hlavní vnější tepelné zisky zahrnujeme dvě hlavní tepelné zátěže a to tepelnou zátěž okny a stěnami.

Tepelná zátěž okny má z hlediska výpočtu dvě hlavní složky [1]

- Prostup tepla konvekcí
- Prostup tepla sluneční radiací

Prostup tepla konvekcí je možné vyjádřit vztahem:

$$Q_{ok} = U_0 + S_0 + (t_0 - t_i)\ (W),$$

kde U_0 je součinitel prostupu tepla oknem $(W \cdot m^2 \cdot K^{-1})$ viz tabulka 2.7,

S_0 je plocha okna včetně rámu (m^2),

$t_e - t_i$ je rozdíl teplot na obou stranách okna (K).

Druh okna	Součinitele prostupu tepla U pro	
	Dřevěný rám	Kovový rám
Jednoduché okno s jedním sklem	5,2	7,0
Jednoduché okno s dvojím sklem – mezera mezi skly menší než 10 mm	3,7	4,7
Jednoduché okno s dvojím sklem – mezera mezi skly větší než 10 mm	3,3	4,2
Dvojité okno	2,7	3,7
Zdvojené okno	2,9	4,0
Okno s trojitým zasklením	-	2,7

Tabulka 2.7 Součinitele prostupu tepla pro různé typy oken

Prostup tepla sluneční radiací závisí na úhlu dopadu slunečního záření. Pro standardní jednoduché sklo platí vztah [1]:

$$T_D = 0{,}87 - 1{,}47(\Theta/100)^5 \ (-),$$

kde Θ je úhel normálou k oknu a slunečními paprsky $(°)$

Celková propustnost difuzní sluneční radiace je stálá a to $T_D = 0{,}85$.

2.5 Spotřeba elektrické energie

Úspora spotřeb elektrické energie zejména v oblasti umělého osvětlení je rovněž velmi aktuálním tématem. Umělé osvětlení je velice důležitou součástí životního prostředí v budovách a jako takové tedy nemůže být přehlíženo. Krom toho se taky jedná o velmi významný spotřebič elektrické energie, na celkové spotřebě energie se podílí u občanských budov cca *10%* [1].

Návrh úsporných opatření v oblasti osvětlení lze velmi snadno zjednodušit na opatření ve formě výměny světelných zdrojů se stejným světelným výkonem, ale s nižším elektrickým příkonem. Odpovídající úrovně příkonů srovnatelných světelných zdrojů jsou uvedeny v tabulce 2.8. U světelných zdrojů je dále také možné hovořit o úspoře dosažené kvalitním řízením osvětlovací soustavy. Jedná se zejména o řízení stmívání a automatické udržování světelnosti v objektu.

Obecně se úspory v oblasti elektrické energie zobecňují na prostý fakt zvýšení účinnosti spotřebičů, čímž se dosáhne snížení elektrického příkonu za srovnatelného výkonu u daného spotřebiče.

Klasická žárovka	Halogenová žárovka	Kompaktní zářivka
60 W	40 W	11 W
100 W	60 W	15 W
120 W	75 W	23 W

Tabulka 2.7 Příkony jednotlivých typů svítidel

KAPITOLA 3

3 NÁVRH A IMPLEMENTACE SW SYSTÉMU

Systém pro výpočet a návrh energeticky úsporných opatření v budovách sestává z několika částí a modulů. Srdce celého systému tvoří softwarový výpočtový systém, jehož návrh a implementace tvoří hlavní část této práce.

Název systému je odvozen od anglického popisu systému ***software for energy analysis*** – dále jen ***SWEA System***. SWEA System je také používaná obchodní značka systému.

V následujících odstavcích bude popsána architektura a design SW. Dále budou popsány jednotlivé moduly systému, nebude chybět vymezení cílové uživatelské skupiny.

3.1 Popis systému SWEA

3.1.1 Specifikace a komunikace se zadavatelem

SWEA System je komplexní systém, pomocí něhož je možné provádět energetickou analýzu a návrh energeticky úsporných opatření v budovách. Vstupem systému je souhrn dat, která popisují zkoumaný objekt z několika pohledů. Pro ilustraci např. stavebně technický stav objektu, stav vytápění v objektu, apod. Prakticky se jedná o vytvoření modelu budovy z hlediska její energetické spotřeby v jednotlivých spotřebitelských okruzích, které se vzájemně ovlivňují. Výstupem je potom komplexní analýza samotného objektu společně s návrhem jednotlivých energeticky úsporných opatření a vyhodnocením jejich přínosů. Na závěr je potom provedena diskuze jednotlivých energeticky úsporných opatření s možností vytvoření kombinace souhrnu jednotlivých úsporných opatření - návrhů mezi sebou. Marketingové schéma komplexního systému SWEA je znázorněno na obrázku 3.1.

Obrázek 3.1 Marketingové znázornění komplexního systému

Komplexní návrh systému byl vytvářen ve spolupráci se společností Středisko pro úspory energie s.r.o. Most. Vzhledem k poměrně vysoké složitosti výpočetních algoritmů bylo nutné při přípravě specifikace použít nestandardní návrhové a specifikační prostředky. Jako takový byl pro snazší orientaci a představu zadavatele použit klasický tabulkový procesor. V tabulkovém procesoru poté byly částečně implementovány výpočtové funkce a popsán základní design systému. Výhodou tohoto přístupu bylo zefektivnění komunikace se zadavatelem a snazší porozumění konkrétním představám zadavatele na výsledný produkt. Tabulkový procesor také nabídl prostor pro znázornění výpočetních operací a vazeb mezi jednotlivými moduly systému.

3.1.2 Design a základní architektura systému

Kompletní SW včetně všech jeho částí je navržen a implementován ve vývojovém prostředí Microsoft Visual Studio 2008 .NET na platformě ***.NET 3.5*** v jazyce

C#. Grafické uživatelské rozhraní systému je potom realizováno pomocí komponent z knihovny ***System.Windows.Forms***.

Systém se skládá ze tří hlavních výpočetních částí:

- Zadání vstupních dat
- Analýza
- Zhodnocení navržených opatření

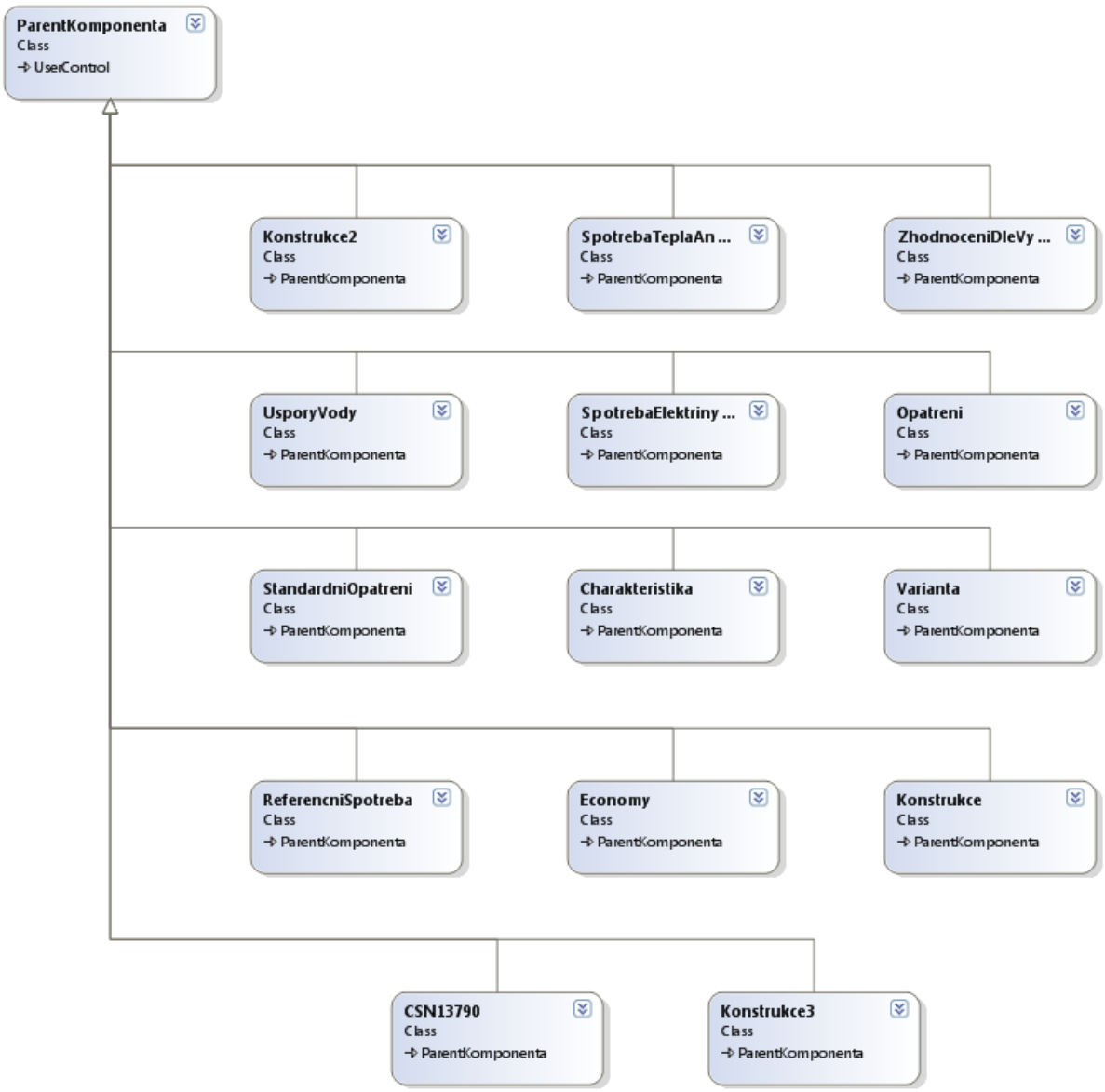
Všechny tři části sestávají z několika výpočetních tabulek, mezi kterými jsou realizované výpočetní vazby. Mezi jednotlivými sestavami tabulek je realizováno přepínání pomocí komponenty ***System.Windows.Forms.TabControl***. Jednotlivé sestavy tabulek jsou potom umístěny do komponent ***System.Windows.Forms.TabPage***, které jsou součástí výše zmíněné komponenty TabControl.

Přístup k jednotlivým výpočetním celkům je realizován pomocí projektů. Pro zahájení výpočtu je tedy nutné nejprve založit nový projekt. Výsledný výpočet je potom rovněž možno uložit. Ukládání je prováděno binární serializací dat do binární souboru s rezervovanou příponou ***.swea***. Samozřejmostí je možnost načtení a následná editace dříve uloženého projektu.

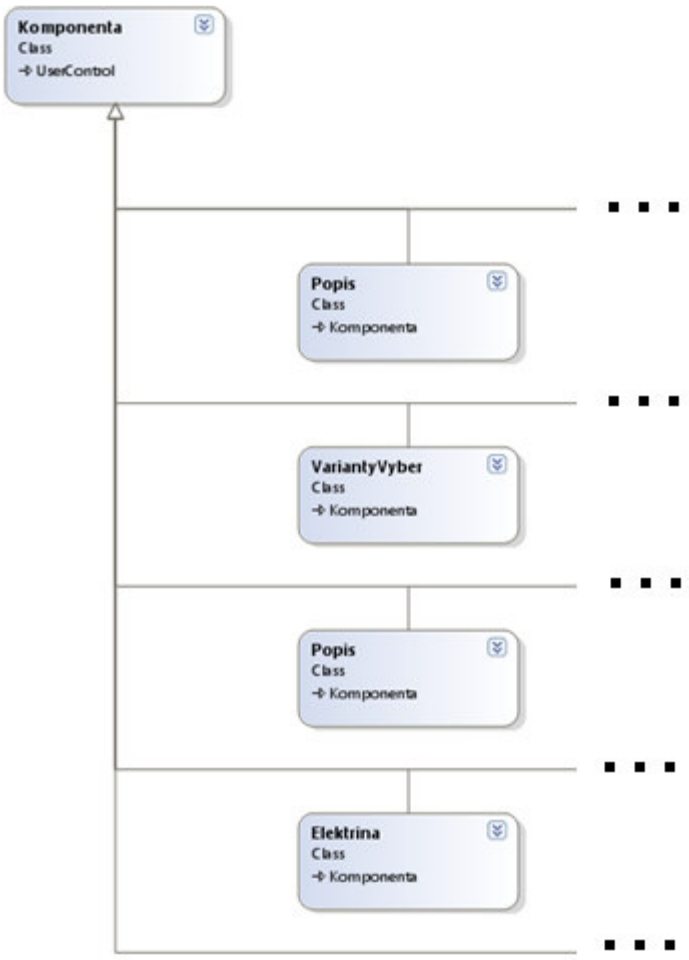
Grafické uživatelské rozhraní systému je realizováno podle standardů na moderní aplikace navrhovaných pod systém Microsoft Windows. Ovládání je realizováno jednak pomocí hlavního menu a jednak pomocí grafické lišty (toolbaru) s možností zrychlené orientace pomocí obrázkových ikon. Stav aplikace je potom možné sledovat na textové liště (statusbaru) ve spodní části pracovního okna. Hlavní tělo aplikace potom tvoří samotný výpočet s možností přepínání mezi jednotlivými částmi systému. Výpočtovou část tvoří sestava tabulek s možností zadávání a sledování výpočetních dat. V těchto tabulkách je dodržována konvence, kde pole pro zadávání dat jsou podbarvena žlutou barvou a pole, která se počítají potom barvou zelenou.

Z hlediska designu systému jsou komponenty rozděleny do dvou základních bloků. Prvním blokem jsou komponenty zděděné ze základní třídy ParentKomponenta (viz. obrázek 3.2), druhým blokem jsou komponenty zděděné ze základní třídy Komponenta (viz. obrázek 3.3). Základní třída ParentKomponenta obstarává

komponenty, které uživatel přímo vidí v jednotlivých záložkách. Jedná se o kompletně zapouzdřené komponenty. Každá třída odvozená od třídy ParentKomponenta potom vytváří jednu nebo více instancí tříd odvozených od základní třídy Komponenta. V případě tříd odvozených od třídy Komponenta se jedná o čisté samostatné objekty určené k dalšímu použití. Veškeré výpočty a ovládání je realizováno na úrovni tříd odvozených od základní třídy Komponenta. Veškerá komunikace s okolím je potom realizována prostřednictvím tříd odvozených od třídy ParentKomponenta.



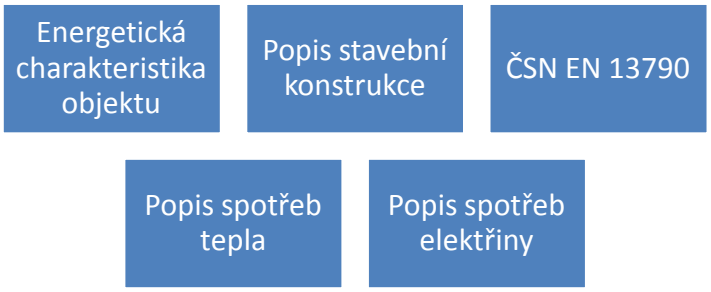
Obrázek 3.2 UML diagram tříd odvozených od base class ParentKomponenta



Obrázek 3.3 Ukázka UML diagramu tříd odvozených od base class Komponenta

3.1.3 Popis modulu „Zadání vstupních dat“

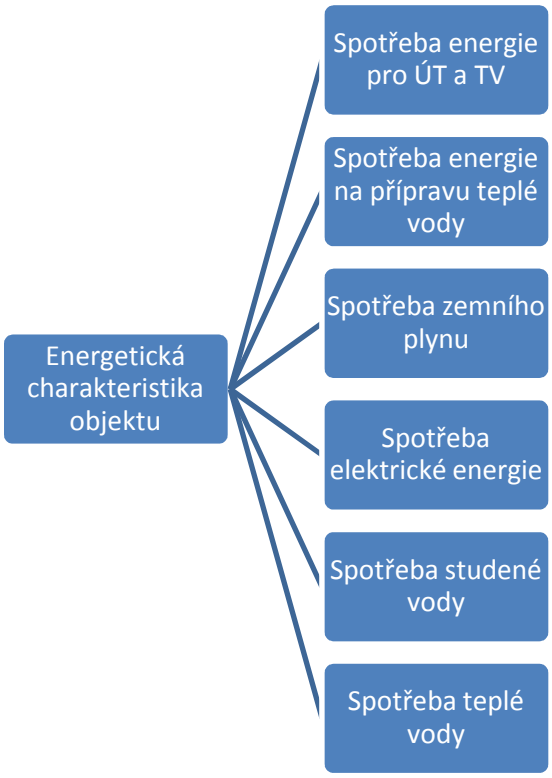
Modul „Zadání vstupních dat“ funguje jako vstupní část celého výpočtu, kdy do připravených polí uživatel zadává vstupní data o analyzovaném objektu. Tento modul sestává z pěti faktických částí, které jsou dále děleny na podskupiny. Základní rozdělení modulu je znázorněno na obrázku 3.4.



Obrázek 3.4 Základní rozdělení modulu Zadání vstupních dat

3.1.3.1 Energetická charakteristika objektu

Energetickou charakteristikou objektu se v našem případě rozumí analýza vstupů energií do objektu. V našem případě jsou vstupní data rozdělena do několika částí podle druhu a využití energetického vstupu do objektu. Rozdělení podmodulu je znázorněno na obrázku 3.5. Jednotlivé energetické vstupy jsou počítány jako ***energetická reference*** a jejich konečná hodnota je průměrována ze tří po sobě jdoucích let.



Obrázek 3.5 Diagram rozdělení energetických vstupů v podmodulu Energetická charakteristika objektu

3.1.3.1.1 Vstupní analýza energetických vstupů do objektu

Spotřeba energie pro ÚT a TV

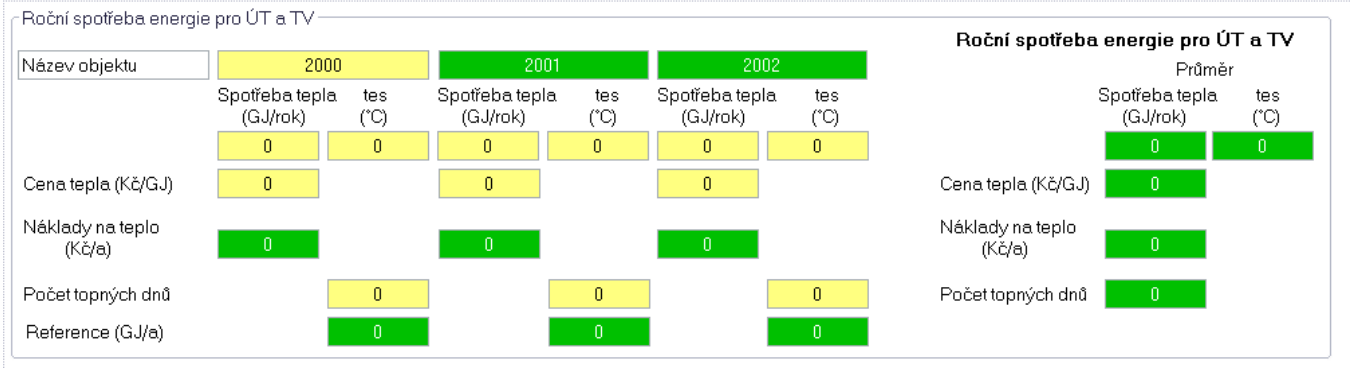
Podmodul pro spotřebu energie pro ÚT a TV je zobrazen na obrázku 3.6.

V této sekci uživatel zadává tyto údaje:

- Název celého objektu, na kterém je prováděna analýza (důvod umístění tohoto vstupu právě v této sekci je ryze pragmatické, důvodem je to, že tato sekce je při načtení projektu zobrazena jako první a název objektu by měl být vyplněn jako jeden z prvních)
- Úvodní rok, od kterého jsou počítány další dva roky pro stanovení reference
- Spotřeba tepla za jednotlivé roky v *GJ/rok* (udává se počet GJ spotřebovaných v daném roce pro vytápění ústředním topením)
- Výpočtová vnější teplota za jednotlivé roky v *°C* (viz. Kapitola 2.2.3.3)
- Cena tepla za jednotlivé roky v *Kč/GJ* (udává se cena za jednotku tepla v daném roce)
- Počet topných dnů v daném roce

Výpočet prováděný v této části:

- Náklady na teplo v daném roce a průměr nákladů z všech uvažovaných let
- Referenční spotřeba tepla v daném roce
- Dále uvažované hodnoty zadávané jako vstup tohoto podmodulu (referenční spotřeba tepla, referenční venkovní teplota, referenční cena tepla, referenční náklady na teplo, průměrný počet topných dnů)



Obrázek 3.6 Screenshot GUI podmodulu Spotřeba energie pro ÚT a TV

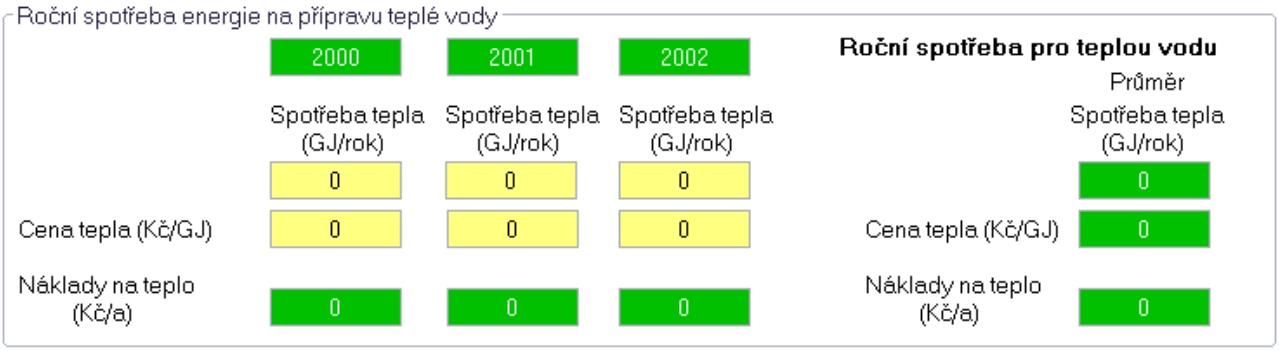
Spotřeba energie pro přípravu teplé vody

V této sekci viz. obrázek 3.7 uživatel zadává tyto údaje:

- Cena tepla v příslušném roce *(Kč/GJ)*
- Spotřeba tepla za jednotlivé roky v *GJ/rok* (udává se počet GJ spotřebovaných v daném roce pro TV)

Výpočet prováděný v této části:

- Pro přehlednost jsou převzaty letopočty z předešlé komponenty
- Náklady na teplo v *(Kč/a)* za jednotlivé roky
- Dále uvažované hodnoty zadávané jako vstup tohoto podmodulu (referenční spotřeba tepla, referenční cena tepla, referenční náklady na teplo)



Obrázek 3.7 Screenshot GUI podmodulu Spotřeba energie pro přípravu TUV

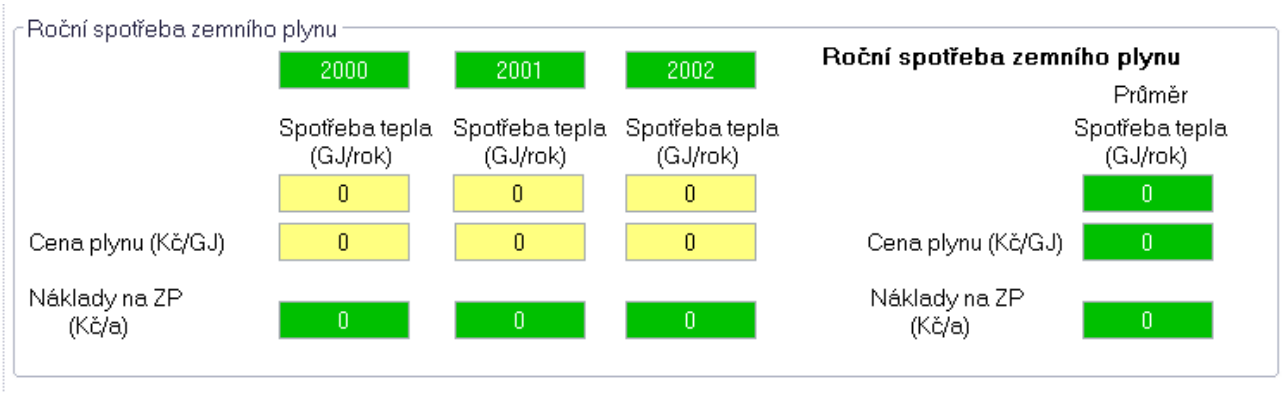
Spotřeba zemního plynu

V této sekci viz. obrázek 3.8 uživatel zadává tyto údaje:

- Cena plynu *(Kč/GJ)*
- Spotřeba plynu za jednotlivé roky v *GJ/rok* (udává se počet GJ spotřebovaných v daném roce)

Výpočet prováděný v této části:

- Pro přehlednost jsou převzaty letopočty z předešlé komponenty
- Náklady na ZP v *(Kč/a)* za jednotlivé roky
- Dále uvažované hodnoty zadávané jako vstup tohoto podmodulu (referenční spotřeba tepla, referenční cena ZP, referenční náklady na ZP)



Obrázek 3.8 Screenshot GUI podmodulu Spotřeba zemního plynu

Spotřeba elektrické energie

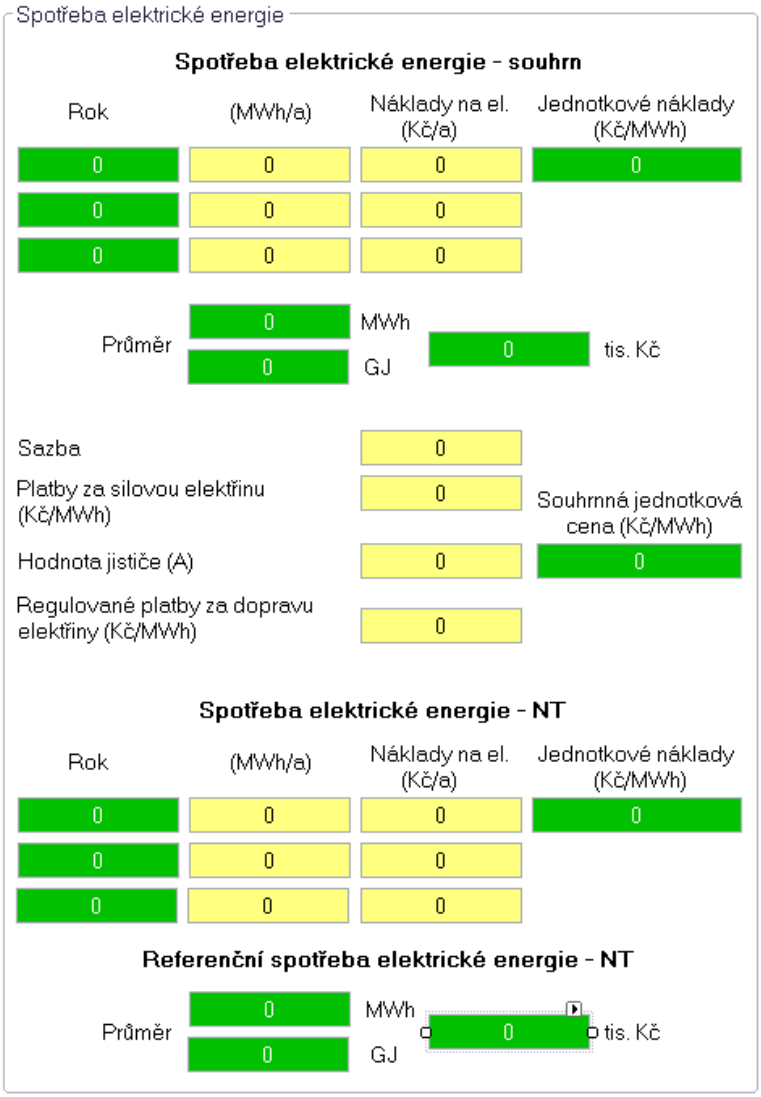
V této sekci viz. obrázek 3.9 uživatel zadává tyto údaje:

- Údaje o spotřebě energie za jednotlivé roky *(MWh/a)*
- Náklady za elektrickou energii za jednotlivé roky *(Kč/a)*
- Jednotlivě údaje k výpočtu spotřeb energie (sazba, platby za silovou elektřinu *(Kč)*, hodnota jističe *(A)*, regulované platby za dopravu elektřiny *(Kč/MWh)*
- Tytéž vstupy jsou v komponentě ještě jednou pro elektrickou energii NT

Výpočet prováděný v této části:

- Pro přehlednost jsou převzaty letopočty z předešlé komponenty

- Jednotkové náklady *(Kč/MWh)*
- Dále uvažované hodnoty zadávané jako vstup tohoto podmodulu (referenční spotřeba elektřiny *(MWh)* resp. *(GJ)*, referenční cena ZP, aktuální cena elektřiny)
- Souhrnná jednotková cena *(Kč/MWh)*



Obrázek 3.9 Screenshot GUI podmodulu Spotřeba elektrické energie

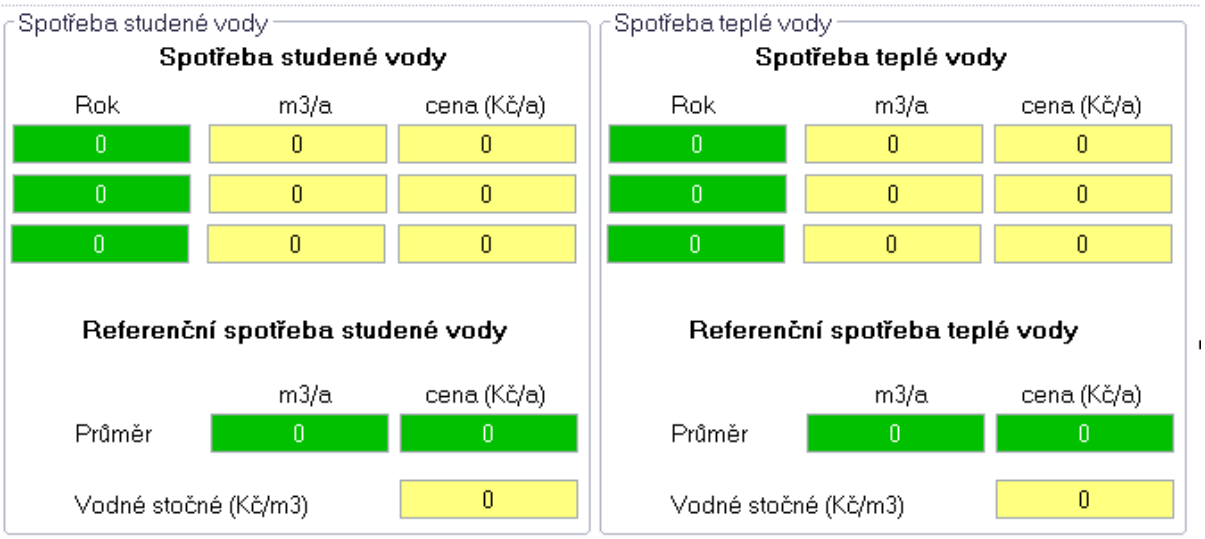
Spotřeba studené resp. teplé vody

V této sekci viz. obrázek 3.10 uživatel zadává tyto údaje:

- Údaje o spotřebě studené resp. teplé vody za jednotlivé roky *(m^3/a)*
- Cena za studenou resp. teplou vodu za jednotlivé roky *(Kč/a)*
- Vodné, stočné *(Kč/m^3)*

Výpočet prováděný v této části:

- Pro přehlednost jsou převzaty letopočty z předešlé komponenty
- Průměrná cena za studenou resp. teplou vodu *(Kč/a)*
- Průměrná spotřeba resp. teplé vody *(m^3/a)*

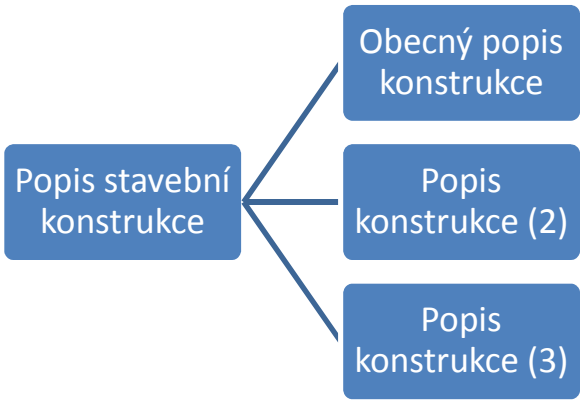


Obrázek 3.10 Screenshot GUI podmodulu Spotřeba studené a teplé vody

3.1.3.1.2 Vstupní analýza stavební konstrukce

Sekce Popis stavební konstrukce se skládá ze tří samostatných stránek komponent. První stránka do sebe zahrnuje zadání obecných parametrů stavebních dílů a obecné posouzení konstrukce podle normy ČSN 730540 z 02/2007. Druhá a třetí

stránka se potom věnuje základní charakteristice budovy z hlediska rozměrů, tepelných ztrát budovy a dalších důležitých stavebně technických parametrů.



Obrázek 3.11 Diagram rozdělení popisu konstrukce v sekci Popis stavební konstrukce

Popis stavební konstrukce (1)

V této sekci viz. obrázek 3.12 uživatel zadává tyto údaje:

- Označení jednotlivých konstrukčních dílů se slovním popisem
- Stávající stav konstrukce z hlediska součinitele prostupu tepla konstrukcí *(W/m²K)*
- Posouzení jednotlivých konstrukčních dílů z hlediska ČSN 73 0540 z 02/2007 (Jednotlivá posuzovací kritéria jsou nad rozsah této práce, čtenář si je může nastudovat v [1])

Výpočet prováděný v této části:

- Přepočet součinitele prostupu tepla konstrukcí podle vztahu *Ro = 1 / U (m²K/W)*

Popis a parametry vybraných funkčních stavebních dílů

Popis a parametry stavebních dílů

Označení konstrukce	Funkční stavební díl	Umístění, obecná identifikace	Stávající stav Ro (m2K/W)	Stávající stav U (W/m2K)
SO1	obvodový plášť	*Svislé vnější stavební konstrukce*	0	0
SCH1	střecha	*Vnější vodorovné kontrukce*	0	0
PDL	podlahy	*Vnitřní vodorovné konstrukce*	0	0
OZ1	výplně otvorů	*Výplně otvorů*	0	0

Zhodnocení dle ČSN

Zhodnocení dle ČSN 73 0540 - 2/2007

Název konstrukce	Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce ROSi>ROSi,N	Součinitel prostupu tepla (W/m2K) U < UN	Zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce (kg/m2a) Mc = 0 NEBO Mc < Mc,N	Intenzita výměny vzduchu (1/h) nN < n < 1,5nN	Průvzdušnost obvodového pláště Ilvn > Ilv	Pokles dotykové teploty podlahy RO10N>RO10
SO1	+	-		-		
SCH1	+	-	+			+
PDL	-	+	+			+
OZ1	+	-			-	

Poznámka: Symboly "+" nebo "-" vyjadřují vyhovuje nebo nevyhovuje z hlediska příslušné normy

Obrázek 3.12 Screenshot GUI podmodulu Popis stavební konstrukce (1)

Popis stavební konstrukce (2)

V této sekci viz. obrázek 3.13 uživatel zadává tyto údaje:

- Plochu jednotlivých stavebních konstrukcí *(m^2)* – jednotlivé konstrukce jsou převzaty z předešlého listu
- Vnitřní výpočtovou teplotu *(°C)*
- Další ukazatele popisující budovu z hlediska stavební konstrukce (charakteristické číslo budovy, charakteristické číslo místnosti, tok vzduchu ventilátorem *(m^3/s)*, celková plocha podlah *(m^2)*, Užitná plocha podlah *(m^2)*)

Výpočet prováděný v této části:

- Základní tepelná ztráta prostupem jednotlivých konstrukcí
  $Q_i = U \cdot A \cdot (T_i - T_e)$ *(W)*
- Základní tepelná ztráta prostupem všech konstrukcí $Q_0 = \sum Q_i$ *(W)*

- Tepelná ztráta prostupem Q_p *(W)*
- Tepelná ztráta přirozeným větráním Q_v *(W)*
- Celková tepelná ztráta Q = $Q_0 + Q_p + Q_v$ *(W)*
- Další dílčí výpočty popisující budovu z hlediska stavební konstrukce (průměrný součinitel prostupu tepla, součet ploch vnějších konstrukcí, …)

Popis stavební konstrukce (3)

V této sekci viz. obrázek 3.14 uživatel nezadává žádné údaje, jedná se čistě o výpočtovou sekci. Výpočet prováděný v této sekci (z důvodu úspory jsou vynechány výpočty, které jsou provedeny jinde a do této sekce jsou z důvodu přehlednosti pouze převzaty):

- Roční potřeba tepla Q_{GJ} *(GJ/a)* resp. Q_{MWh} *(MWh/a)* – jedná se o celkový úhrn tepla spotřebovaného v daném objektu
- Projektované tepelné ztráty $Q_{max} = Q$ (viz Popis stavební konstrukce (2))
- Teplotní koeficienty
  - Počet denostupňů
  - Výpočtová vnitřní teplota
  - Venkovní výpočtová teplota
  - Průměrná venkovní teplota
  - Skutečně dosahovaná průměrná vnitřní teplota
- Časové koeficienty
  - Počet dnů vytápění
  - Doba plného vytápění
  - Doba tlumeného vytápění

Tepelná charakteristika budovy

Základní charakteristika budovy

Základní tepelná ztráta prostupem Q0 (W)	0	W	Intenzita přirozené výměny vzduchu n = 1/h	0	p1	0
Tepelná ztráta prostupem Qp (W)	0	W	Intenzita přirozené výměny vzduchu 2 n = 1/h	0	p2	0
Tepelná ztráta přirozeným větráním Qv (W)	0	W	Tepelná ztráta nuceným větráním Qnv (W)	0	p3	0,1
Celková tepelná ztráta Q (W)	0	W				

Konstrukce	U (W/m2K)	A (m2)	Ti (°C)	Te (°C)	U * A * (Ti-Te)	A * (Ti-Te)	Rozdělení Qp podle konstrukcí		iL (m3*s-1/, Pa^-0.67)	L (m)
SO1	0	0	20	-17	0	0	0	0	0	0
SCH1	0	0	20	-17	0	0	0	0	0	0
PDL	0	0	20	-17	0	0	0	0	0	0
OZ1	0	0	20	-17	0	0	0	0	0	0

Charakteristické číslo budovy B = (Pa0,67)	9
Charakteristické číslo místnosti M = (-)	0,7
Tok vzduchu ventilátorem V = (m3/s)	0
Průměrný součinitel prostupu tepla kc	0
Součet ploch vnějších kontrukcí (m2)	0
suma (iL * L)	0
Vnější objem prostoru Vm = m3	0
Celková podlahová plocha Ac (m2)	0
Užitná podlahová plocha Au (m2)	0
Ti * Vm	0

Obrázek 3.13 Screenshot GUI podmodulu Popis stavební konstrukce (2)

Tepelná charakteristika budovy

Základní charakteristika budovy - výpočet

Základní tepelná ztráta prostupem Q0 (W)	0	W	Intenzita přirozené výměny vzduchu n = 1/h	0	p1	0
Tepelná ztráta prostupem Qp (W)	0	W	Intenzita přirozené výměny vzduchu 2 n = 1/h	0	p2	0
Tepelná ztráta přirozeným větráním Qv (W)	0	W	Tepelná ztráta nuceným větráním Qnv (W)	0	p3	0
Celková tepelná ztráta Q (W)	0	W				

Konstrukce	U (W/m2K)	A (m2)	Ti (°C)	Te (°C)	U * A * (Ti-Te)	A * (Ti-Te)	Rozdělení Qp podle konstrukcí		iL (m3*s-1/, Pa^-0.67)	L (m)
SO1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SCH1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PDL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OZ1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Charakteristické číslo budovy B = (Pa0,67)	0	**Roční potřeba tepla (GJ/a)**	0
Charakteristické číslo místnosti M = (-)	0	Roční potřeba tepla (MWh/a)	0
Tok vzduchu ventilátorem V = (m3/s)	0	Projektované tepelné ztráty Qmax (kW)	0
Průměrný součinitel prostupu tepla kc	0	Počet denostupňů (D°)	0
Součet ploch vnějších kontrukcí (m2)	0	Výpočtová vnitřní teplota Ti (°C)	0
suma (iL * L)	0	Venkovní výpočtová teplota dle ČSN 73 0540-3/2005 Te (°C)	0
Vnitřní objem prostoru Vm = m3	0	Počet dnů vytápění d (dnů)	242
Celková podlahová plocha Ac (m2)	0	Průměrná venkovní teplota Tes (°C)	5
Užitná podlahová plocha Au (m2)	0	Skutečná dosahovaná prům. vnitřní teplota Tis (°C)	0
		Doba plného vytápění (h)	0
		Doba tlumeného vytápění (h)	0
		Součinitel hmotnosti konstrukce f (1)	0
		Součinitel nesoučnasnosti přirážek e (1)	0

Obrázek 3.14 Screenshot GUI podmodulu Popis stavební konstrukce (3)

3.1.3.1.3 Zhodnocení dle ČSN EN 13790

V této sekci viz. obrázek 3.15 je prováděn výpočet hodnot používaných ke zhodnocení dle normy. Jedná se o samostatný výpočet, z hlediska přenosu dat jsou převzata data přímo popisující danou konstrukci. Vstupní zadávaná data:

- Činitel teplotní redukce
- Tepelná ztráta *ΔU (W/m²K)*
- Intenzita výměny vzduchu

Počítané hodnoty:

- V této sekci se z hlediska výpočtu jedná především o přepočet tepelných ztrát z hlediska zadaných údajů. Podle těchto hodnot je potom prováděno posouzení dle příslušné normy. Protože se jedná o samostatný modul, který není přímo využíván k analýze, bližší údaje zde nebudou uvedeny a čtenář bude odkázán na příslušnou normu ČSN EN 13 790 [1].

Zhodnocení dle ČSN EN 13790

Zhodnocení dle ČSN EN 13790

Konstrukce	Plocha konstrukce - vnější rozměry A (m2)	Součinitel prostupu tepla U (W/m2K)	Převažující vnitřní výpočtová teplota Ti (°C)	Venkovní výpočtová teplota Te (°C)	Činitel teplotní redukce b (1)	Měrná ztráta prostupem (W/K)	U (W/m2K)	Ztráta prostupem (W) Htau = A * U * b * (Ti - Te)
SO1	0	0	0	0	1,00	0	0,15	0
SCH1	0	0	0	0	1,00	0	0,15	0
PDL	0	0	0	0	1,00	0	0,15	0
OZ1	0	0	0	0	1,00	0	0,15	0

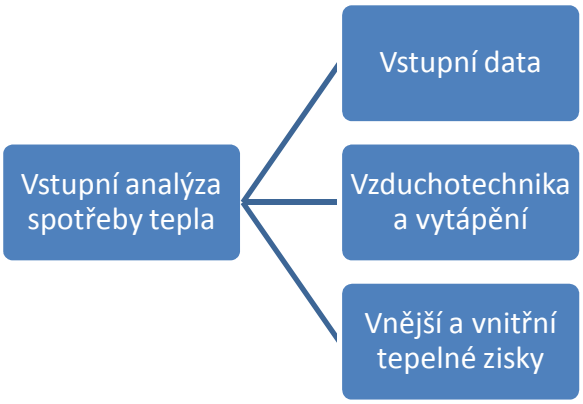
Vnější objem vytápěné zóny budovy V (m3)	0
Celková plocha oochl. konstrukcí na systémové hranici A (m2)	0
Vnitřní vytápěný objem zóny budovy Vi (m3)	0
Intenzita výměny vzduchu n (1/h)	0,45
Měrná ztráta prostupem Ht (W/K)	0
Měrná tepelná ztráta větráním Hv (W/K)	0
Měrná tepelná ztráta budovy H (W/K)	0
Ztráta prostupem Ht (W)	0
Ztráta větráním Hv (W)	0
Tepelná ztráta budovy H (W)	0

Obrázek 3.15 Screenshot GUI podmodulu Zhodnocení dle ČSN EN 13 790

3.1.3.1.4 Vstupní analýza spotřeby tepla

Vstupní analýza spotřeby tepla sestává z několika podmodulů (viz. obrázek 3.16):

- Vstupní data – zde se zadávají resp. dopočítávají obecná vstupní data o objektu
- Vzduchotechnika a vytápění – v této sekci se zadávají resp. dopočítávají vstupní údaje o instalovaných vzduchotechnikách
- Využití tepelných zisků – v této se sekci se zadávají resp. dopočítávají vstupní data o dostupných tepelných ziscích (teplo vytvářené pobytem osob, propustností slunečního záření apod.)



Obrázek 3.16 Diagram rozdělení modulu Vstupní analýza spotřeby tepla

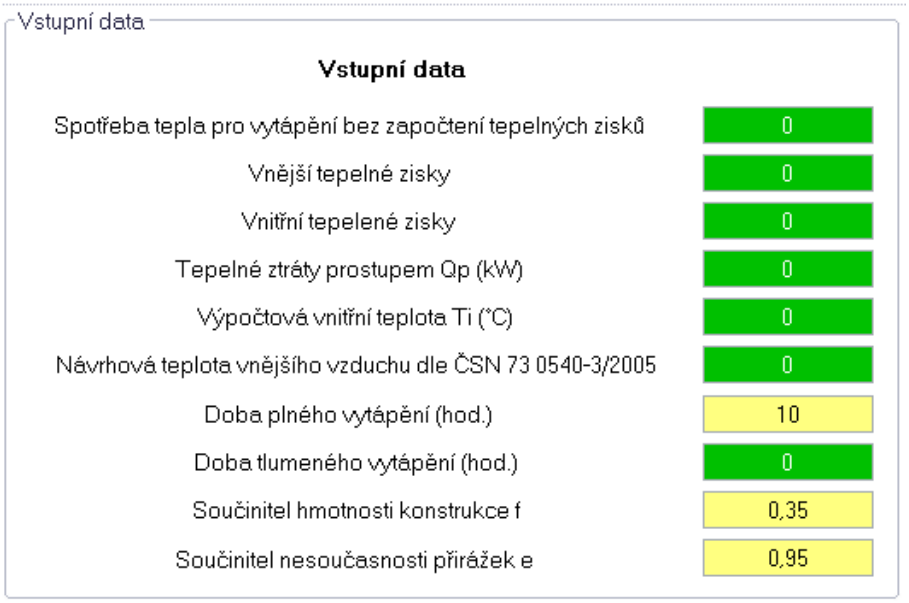
Vstupní data

V této sekci viz. obrázek 3.17 uživatel zadává tyto údaje:

- Doba plného vytápění T_p *(hod./den)*
- Součinitel hmotnosti konstrukce
- Součinitel nesoučasnosti přirážek

Výpočet prováděný v této části:

- Spotřeba tepla pro vytápění bez započtených tepelných zisků $Q = Q_{ÚT} + Q_{ETZ} + Q_{ITZ}$ *(GJ)* (jedná se o celkový úhrn potřeby tepla pro vytápění při zanedbání tepelných zisků)
- Doba tlumeného vytápění $T_t = 24 - T_p$ *(hod./den)*
- Další hodnoty přenesené z jiných sekcí nebo listů (vnější resp. vnitřní tepelné zisky, tepelné ztráty prostupem, výpočtová vnitřní teplota, návrhová teplota



Obrázek 3.17 Screenshot GUI podmodulu Vstupní analýza spotřeby tepla – vstupní data

Vzduchotechnika a vytápění

Sekce vzduchotechnika (dále VZT) viz obrázek 3.18 slouží pro popis stávajícího stavu zařízení výměny vzduchu. Tyto zařízení je možné rozdělit dvou výpočtových skupin

- Zařízení bez rekuperace
- Zařízení s rekuperací

V této sekci uživatel zadává tyto údaje:

- Referenční výpočtová vnitřní teplota T_{is} *(°C)*
- Ztráty v rozvodech *(%)* (jako výchozí nastaveno 2%)
- Ztráty ve zdroji *(%)*
- VZT bez rekuperace
  - Doba denního provozu *(hod.)*
  - Skutečná vnitřní teplota vzduchu *(°C)*
  - Výpočtová vnitřní teplota vzduchu *(°C)*
  - Množství odváděného vzduchu *(m^3/s)*
- VZT s rekuperací
  - Účinnost rekuperátoru
  - Zbylé hodnoty nutné pro výpočet jsou převzaty z ostatních bloků – zejména z bloku VZT bez rekuperace

Výpočet prováděný v této části:

- Teplo total *Q (GJ)* – celkový úhrn tepla

$$Q = Q_{ÚT} + Q_{TV} + Q_{VZT} + Z_r + Z_z,$$

  kde $Q_{ÚT}$ je teplo spotřebované na vytápění *(GJ)*,
  Q_{TV} je teplo spotřebované na ohřev TUV *(GJ)*,
  Q_{VZT} je teplo ztracené nucenou klimatizací *(GJ)*,
  Z_R jsou ztráty v rozvodech *(GJ)*,
  Z_Z jsou ztráty ve zdroji *(GJ)*

- Teplo total II – vyjádření tepla *Q (GJ)* jako součet vstupů zadaných v sekci Energetická charakteristika objektu. Toto číslo slouží jako orientační kontrola pro uživatele.
- Teplo pro ústřední vytápění $Q_{ÚT}$ *(GJ)* – úhrn tepla

$$Q_{ÚT} = 3600 \cdot Q_p \cdot e \cdot d \cdot (t_p + (t_t \cdot f)) \cdot (t_{is} - t_{es})/((t_i - t_e) \cdot 10^6) - (Q_{ETZ} + Q_{ITZ}),$$

  kde Q_p jsou tepelné ztráty prostupem *(kW)*,
  e je součinitel nesoučasnosti přirážek,

d je počet topných dnů,

t_p je doba plného vytápění *(hod)*,

t_t je doba tlumeného vytápění *(hod)*,

f je součinitel hmotnosti konstrukce,

t_{is} je výpočtová vnitřní referenční teplota *(°C)*,

t_{es} je průměrná teplota za sledovaná léta *(°C)*,

t_i je výpočtová vnitřní teplota *(°C)*,

t_e je návrhová venkovní teplota *(°C)*,

Q_{ETZ} jsou vnější tepelné zisky *(GJ)*,

Q_{ITZ} jsou vnitřní tepelné zisky *(GJ)*

- Počet denostupňů $D°$ $D = d \cdot (t_{is} - t_{es})$
- Ztráta tepla nucenou klimatizací Q_{VZT} *(GJ)*

$$Q_{VZT} = 1300 \cdot 3{,}6 \cdot V_{ov} \cdot (t_{si} - t_{oh}) \cdot n \cdot t_p \cdot 10^{-6},$$

kde V_{OV} je množství odváděného vzduchu *(m³/s)*,

t_{si} je skutečná vnitřní teplota vzduchu *(°C)*,

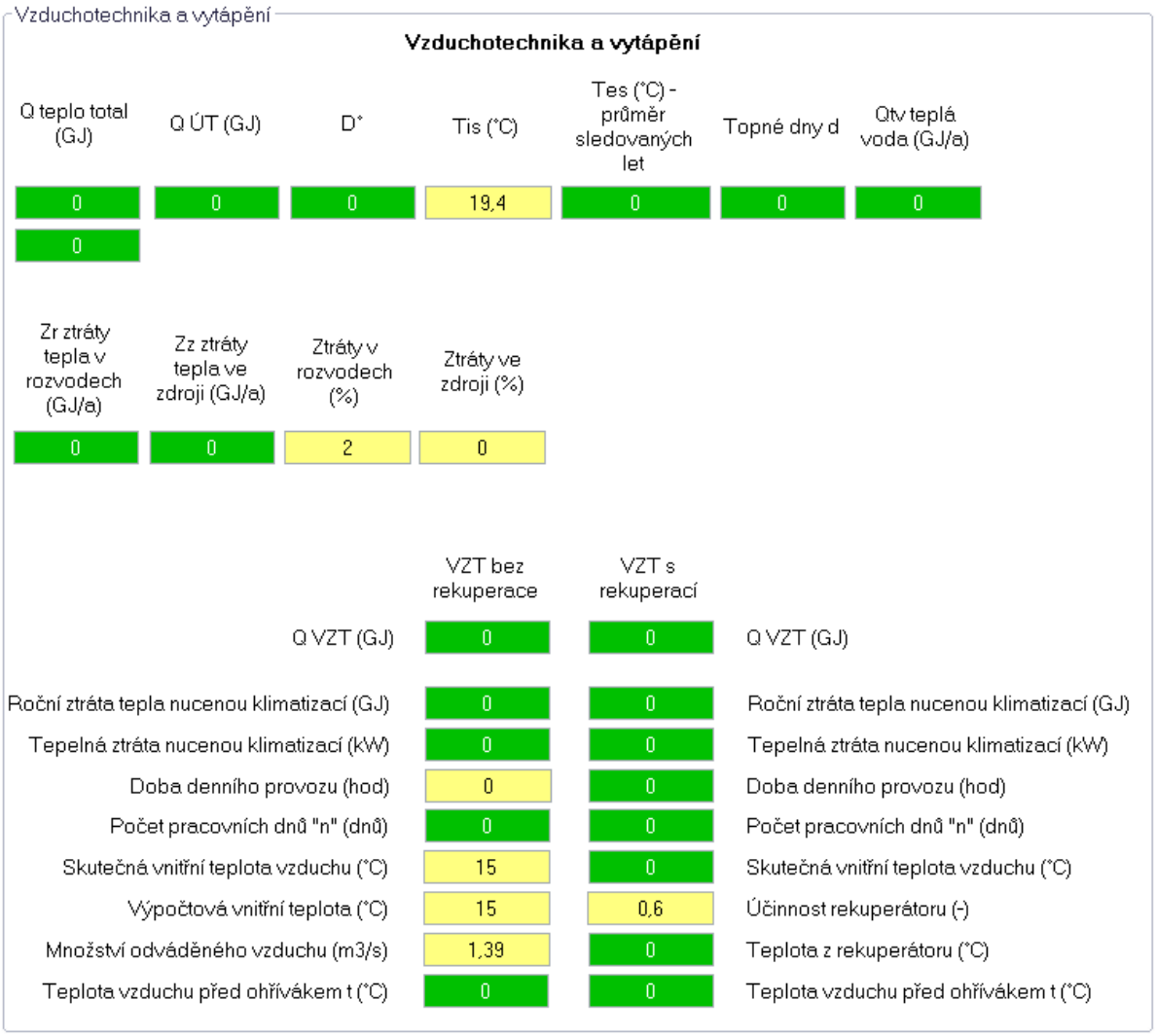
t_{OH} je teplota vzduchu před ohřívákem *(°C)*,

n je počet dnů

- Tepelná ztráta nucenou klimatizací Q_K *(kW)*

$$Q_K = 1300 \cdot V_{OV} \cdot (t_i - t_e) \cdot 10^{-3}$$

- Teplota vzduchu pře ohřívákem t_{OH} je rovna t_{es} *(°C)*



Obrázek 3.18 Screenshot GUI podmodulu Vstupní analýza spotřeby tepla - vzduchotechnika

Vstupní analýza tepelných zisků

Sekce vstupní analýza tepelných zisků viz obrázek 3.19 slouží pro popis tepelných zisků. Tepelné zisky je možné rozdělit do dvou základních skupin.

- Vnější tepelné zisky (okny) – tyto tepelné zisky má smysl brát v potaz pouze v případě, že jsou funkční ***termostatické regulační ventily (TRV)*** na otopných tělesech
- Vnitřní tepelné zisky (teplo získané z pobytu osob)

V této sekci uživatel zadává tyto údaje:

- V případě funkčních TRV
  - Průsvitné plochy oken na jednotlivé světové strany *(m^2)*
  - Propustnost slunečního záření – jako výchozí je nastaveno *0,85*, liší se podle stáří a kvality oken
- Průměrný počet osob nacházejících se v objektu
- Měrný tepelný zisk *(kW/osoba a den)*
- Vnitřní tepelná kapacita *(kJ/m^2K)*
- Další ukazatele pro zpřesnění výpočtu tepelných zisků (a_0, t_0)

Výpočet prováděný v této části:

- Globální sluneční záření *(kWh/m^2rok)* a činitel využití slunečního záření jsou v aplikaci definovány jako konstantní hodnoty, které vycházejí z norem ČSN 730542 – A2 resp. ČSN 730542 – A4
- Množství tepla Q_{TZ} *(GJ/a)* vyjádřené z tepelných zisků průsvitnou částí oken na jednotlivé uvažované světové strany
- Průměr topných dnů $\phi = d/365$
- Celkové množství tepla z vnějších tepelných zisků Q_{ETZ}
- Celkové množství tepla z vnitřních tepelných zisků Q_{ETZ}
  - Další údaje popisující stav využití tepelných zisků v objektu
  - Stávající stupeň využití tepelných zisků
  - Max. stupeň využití tepelných zisků dle ČSN EN 13 790

Využití tepelných zisků

Analýza tepelných zisků

ER - spotřeba tepelné energie pro ÚT za rok: 0

Vnější tepelné zisky - okny - pouze v případě funkčních TRV

Orientace	Globální sluneční záření (kWh/m2rok)	Činitel využití slunečního záření	Plocha průsvitné části okna (m2)	Propustnost slunečního záření	Množství tepla (GJ/a)
J	416,99	0,8	0,0	0,85	0
V, Z	211,23	0,91	0,0	0,85	0
JV, JZ	348,32	0,84	0,0	0,85	0
SV, SZ	103,65	0,97	0,0	0,85	0
S	77,02	1	0,0	0,85	0
	ČSN 730542 - A2	ČSN 730542 - A4		ČSN 730540 - C2	
			Celkem	0	0

Propustnost slunečního záření

0

Vnitřní tepelné zisky - od lidí

Měrný tepelný zisk (kWh/osobu a den)	Průměrný počet osob nacházejících se v objektu	Počet dní pobytu v roce	Množství tepla (GJ/a)
0	0	0	0

Vyhodnocení

Stávající stupeň využití tepelných zisků (GJ/a)	0
Max. stupeň využití tepelných zisků dle ČSN EN 13 790	0
100% vnějších tepelných zisků (GJ/a)	0
100% vnitřních tepelných zisků (GJ/a)	0
Spotřeba tepla bez využití tepelných zisků (GJ/a)	0
Celková užitná plocha (m2)	0
Vnitřní tepelná kapacita (kJ/m2K)	0
Měrná tepelná ztráta (W/K)	0
t (h)	0
a0	0
t0 (h)	0
a	0
n	0
Y	0

Obrázek 3.19 Screenshot GUI podmodulu Vstupní analýza spotřeby tepla – Analýza tepelných zisků

3.1.3.1.5 Vstupní analýza spotřeby elektrické energie

Vstupní analýza spotřeb elektrické energie spočívá v klasifikaci doporučených potřeb energie a analýze současných potřeb. Ta je závislá hlavně na stavu spotřebičů, ve standardních budovách zejména potom osvětlení a dalších příkonem významných zařízení. V případě SWEA Systemu je analýza spotřeb energie oddělena od ostatních úsporných opatření a v této verzi je implementována pouze jako podpora pro výpočet stávajících potřeb elektrické energie.

V této sekci viz. obrázek 3.20 uživatel zadává tyto údaje:

- Typ spotřebiče
- Instalovaný el. příkon *(kW)*
- Součinitel soudobosti – závislé od stáří s kvality zařízení
- Doba provozu *(hod/a)*
- Kolísání spotřeby – výchozí *1*

Výpočet prováděný v této části:

- Spotřeba elektrické energie *(MWh/a)* resp. *(GJ/a)*
- Náklady *(Kč/a)*
- Soudobý příkon *(kW)*

Analýza spotřeby elektrické energie - vstupy

Spotřeba elektrické energie

Spotřebič	Instalovaný el. příkon (kW)	Spotřeba el. energie (MWh/a)	Spotřeba el. energie (GJ/a)	Náklady (Kč/a)	součinitel soudobosti	V provozu (hod/a)	Kolísání spotřeby	Soudobý příkon (kW)
Osvětlení	0,0	0	0	0	1,000	8760	1	0
Motory - výtahy	0,0	0	0	0	0,113	8760	1	0
Tepelné spotřebiče,...	0,0	0	0	0	0,150	1760	1	0
Motory - čerpadla, ..	0,0	0	0	0	0,500	1200	1	0
VZT	0,0	0	0	0	1,000	8760	1	0
Ostatní	0,0	0	0	0	1,000	8760	1	0

Obrázek 3.20 Screenshot GUI podmodulu Vstupní analýza spotřeby elektřiny

3.1.4 Popis modulu „Analýza“

Analytická část systémů sestává ze tří hlavních částí viz. obrázek 3.21. První část je samostatný list s vypočtenou ***referenční spotřebou*** tepelné energie. Druhou a třetí část tvoří celky věnující se návrhu dílčích energeticky úsporných opatření. Tyto dvě části se liší především způsobem, jakým jsou opatření navrhována. Druhá část – ***Úprava technologie využití tepelné energie*** řeší problém úspor energie nasazením nové kvalitnější technologie, např. kvalitního řízení vytápění apod. Třetí část – ***Úprava stavební konstrukce budovy*** řeší problém úspor energie stavebním zásahem do konstrukce budovy za účelem zlepšení tepelně izolačních vlastností apod.

Co se týče GUI a i samotných výpočtů je modul analýza velmi podobný modulu zadávání vstupních dat. Velmi zjednodušeně je možno analýzu přirovnat k zadávání vstupních dat o objektu po nasazení dílčího opatření. Výpočtové vztahy potom zůstávají stejné, jen výsledné spotřeby se liší. Co se týče společných dat, která se přímo vztahují k danému objektu a která se nemění (např. rozměry objektu apod.), ta se samozřejmě mezi oběma moduly přenášejí, aby nebylo nutné je opakovaně zadávat.

Obrázek 3.21 Základní rozdělení modulu Analýza

3.1.4.1 Referenční spotřeba energie

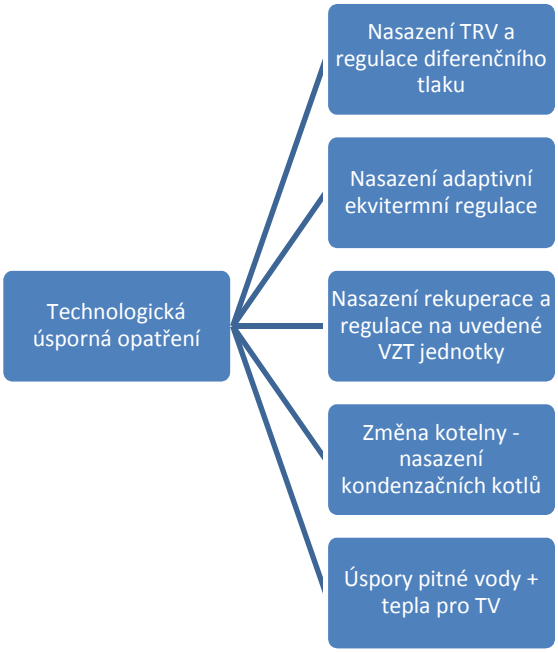
Referenční spotřeba je stávající spotřeba objektu respektive stávající spotřeby energie v jednotlivých okruzích spotřeby při normovaných okrajových podmínkách – např. venkovní teplotě, normového způsobu využití, štítkových hodnot zařízení apod. Referenční spotřeba je dále důležitá jako porovnávací hledisko v diskuzi navržených opatření. Ve speciálních případech energetických projektů např. projektů EPC [1] je

potom referenční spotřeba přímo smluvní výchozí hodnotou, od které se odvíjí úspora nákladů na energii žádanou veličinou pro realizaci projektu.

Komponenta Referenční spotřeba vychází z komponenty „Vstupní analýza spotřeb tepla“ viz. odstavec 3.1.3.4. Hlavní rozdíl mezi těmito dvěma komponentami je v zpřístupnění zadávacích polí. V této komponentě jsou všechna pole nastavena do needitovatelného módu, celá komponenta je výpočetní, hodnoty v polích, které se v příbuzné základní komponentě „Vstupní analýza spotřeb tepla“ popisované v odstavci 3.1.3.4 přímo uživatelsky zadávaly se přenášejí.

3.1.4.2 Úprava technologie

Tato sekce je už věnována přímo návrhu energeticky úsporných opatření v oblasti úpravy technologie zpracování tepla a tepelné hospodářství. SWEA System obsahuje v této verzi několik vybraných energeticky úsporných opatření, které je možno na daný objekt aplikovat. Dostupná energeticky úsporná opatření z této sekce jsou znázorněna na obrázku 3.22.



Obrázek 3.22 Schéma vybraných energeticky úsporných opatření

Co se týče výpočtu energeticky úsporných opatření je zde ve většině případů použita stejná komponenta jako pro modul „Vstupní analýza spotřeb tepla“. Základní rozdíl je podobně jako u výpočtu referenční spotřeby v nastavení módu editovatelnosti u dílčích komponent. V případě návrhu energeticky úsporných opatření zasažením do technologie vytápění je u komponenty editovatelné vždy jen pole, které přímo souvisí s daným opatřením, ostatní pole se počítají nebo jsou převzaty ze základní komponenty.

Editovatelnost a needitovatelnost jednotlivých polí u dílčích komponent se řídí technickými požadavky na dané opatření a u každého opatření vyplývá přímo z jeho technické podstaty. Více je popsáno v Kapitole 2 tohoto dokumentu, kde jsou navrhovaná opatření popsána detailně.

Výjimkou mezi navrhovanými opatření z hlediska použité komponenty je opatření „Úspora pitné vody + tepla pro TV“. Toto opatření má svou vlastní komponentu (viz. obrázek 3.23), která přesně koresponduje s technickou podstatou navrhovaného opatření.

Úspora pitné vody + tepla pro TV

Jelikož se jedná o samostatnou odlišnou komponentu, která zde ještě nebyla popsána, následující odstavec bude věnován popisu dané komponenty.

V této sekci uživatel zadává tyto údaje:

- Počet vodovodních baterií *(kus)*
- Jednotkové náklady na baterie *(Kč/kus)*
- Měrná potřeba tepelné energie pro přípravu teplé vody *(GJ/m²a)* rozdělena podle typu budovy na ***nebytové*** budovy a ***bytové*** budovy.

Výpočet prováděný v této části:

- Roční spotřeba vody celkem

$$V_{celkem} = V_{SVTUV} + V_{pitná}\ (m^3),$$

kde V_{SVTUV} je množství vody pro přípravu TV *(m³)*,

$V_{pitná}$ je spotřeba pitné vody *(m³)*

- Úspora vody

$$V_n = V_{celkem} \cdot p \ (m^3),$$

kde p je procentuální úspora

- Úspora tepla pro přípravu TV

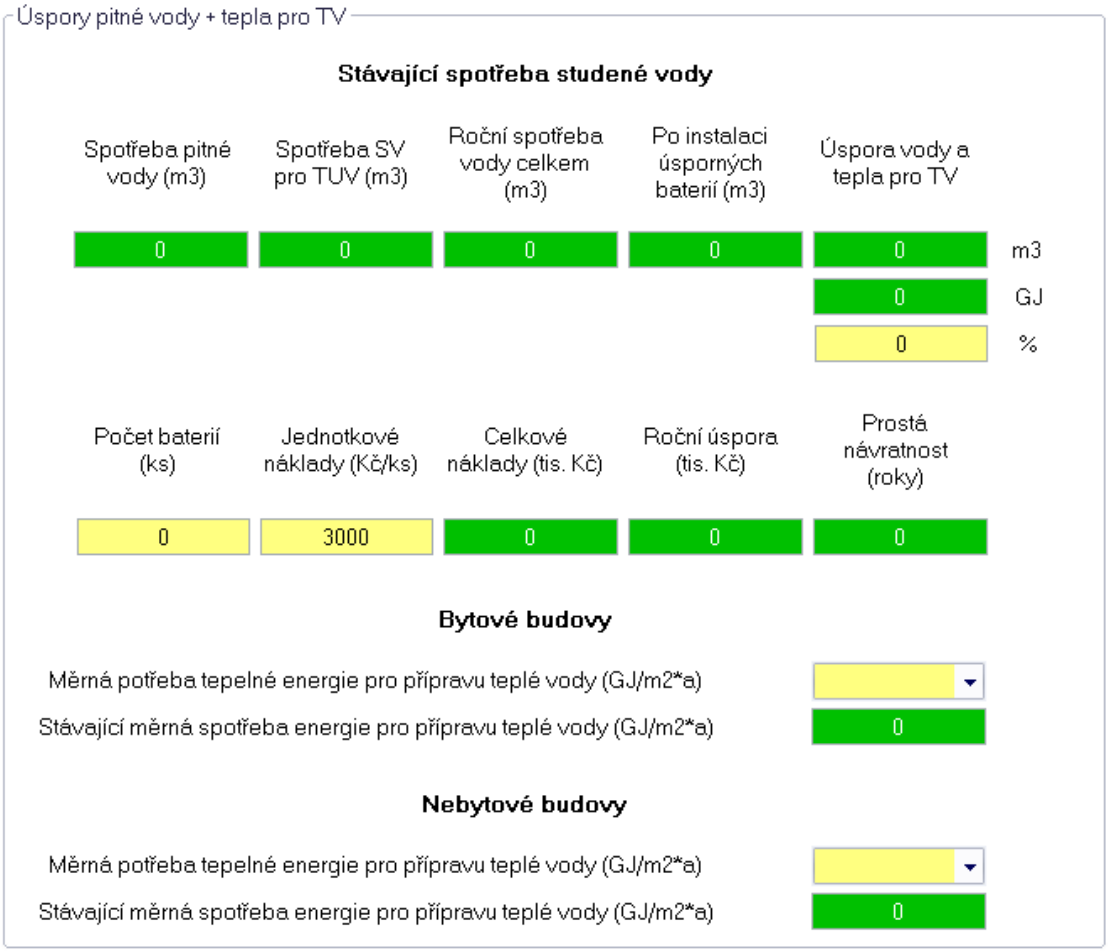
$$Q_n = V_{celkem} \cdot Q_{tv} \ (m^3),$$

kde Q_{tv} je množsví tepla pro přípravu TUV *(GJ)*

- Spotřeba vody po instalaci úsporných baterií

$$V_{usp} = V_{celkem} - V_n \ (m^3)$$

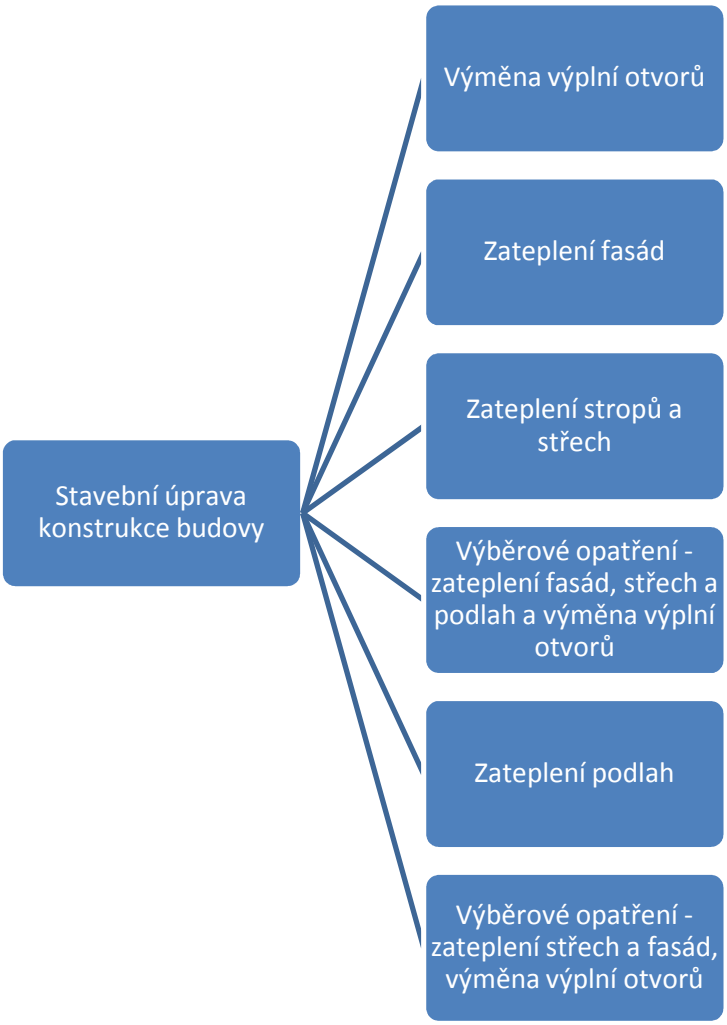
- Celkové náklady na výměnu baterií a prostá doba návratnosti vycházejí z uspořených nákladů na spotřebu vody v důsledku investice do výměny baterií. Tento výpočet je intuitivní, není zde popsán, podrobněji je rozebrán v [1].



Obrázek 3.23 Screenshot GUI podmodulu Úspora pitné vody + tepla pro TV

3.1.4.3 Úprava stavební konstrukce

Tato sekce je věnována další sféře návrhu energeticky úsporných opatření v oblasti úpravy stavební konstrukce budovy. SWEA System obsahuje v této verzi několik vybraných energeticky úsporných opatření, které je možno na daný objekt aplikovat. Dostupná energeticky úsporná opatření z této sekce jsou znázorněna na obrázku 3.24.



Obrázek 3.24 Schéma vybraných energeticky úsporných opatření

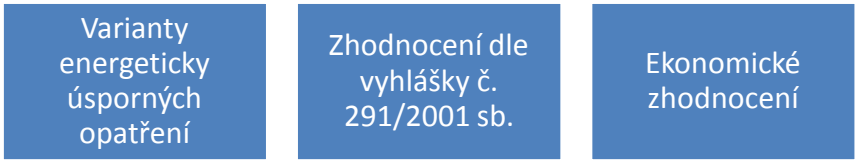
Stavební řešení energeticky úsporných opatření jsou založena na zlepšení tepelně – izolačních vlastností obvodových konstrukcí budovy. Pro návrh je používaná stejná komponenta jako v odstavci 3.1.3.1.2, konkr. třetí případ komponenty s názvem

„Konstrukce 3“. Opět jako v předešlém odstavci je hlavní rozdíl mezi základní komponentou používanou pro vstupní data a komponentou používanou pro analýzu v módu editovatelnosti polí. Ve všech komponentách používaných pro analýzu je povolená editace u pole s hodnotou soucinitele prostupu tepla jednotlivými konstrukcemi *U (W/m²K).* Standardní stavební opatření je možno paušalizovat z hlediska právě výše zmiňované veličiny.

3.1.5 Popis modulu „Vyhodnocení“

Vyhodnocovací část systémů sestává ze tří hlavních částí viz. obrázek 3.25. První část je samostatný list s určením kombinací možných variant energeticky úsporných opatření. Druhý list je věnován zhodnocení celku dle vyhlášky č. 291/2001 sb. Třetí list je potom věnován ekonomickému zhodnocení navržených opatření především z hlediska stavebních úprav.

Co se týče GUI je modul Vyhodnocení navržen v podobném rázu a při dodržení všech konvencí navržených v předchozích dvou modulech.

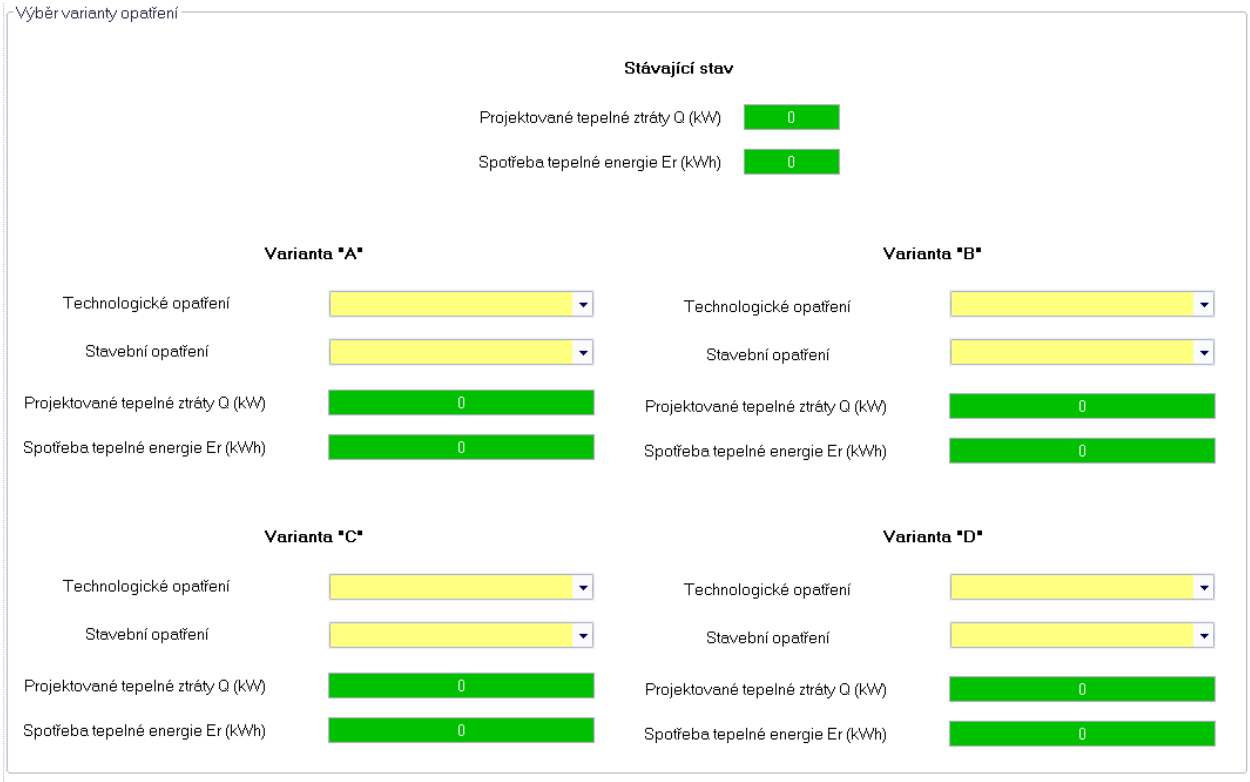


Obrázek 3.25 Základní rozdělení modulu Vyhodnocení

3.1.5.1 Varianty energeticky úsporných opatření

Tento modul je věnován závěrečnému zhodnocení a pospojování dílčích variant opatření do konečných celků energeticky úsporných opatření. Každá varianta sestává z dvou dílčích dříve navržených energeticky úsporných opatření. První z dílčích opatření je technologického rázu, druhé potom rázu stavebního. K dispozici je také stávající resp. referenční stav k okamžitému porovnání.

Ovládání tohoto modulu je tedy prosté a spočívá čistě jen ve výběru dílčích opatření pro jednotlivé varianty. GUI modulu je k náhledu na obrázku 3.26.



Obrázek 3.26 Screenshot GUI podmodulu Varianty opatření

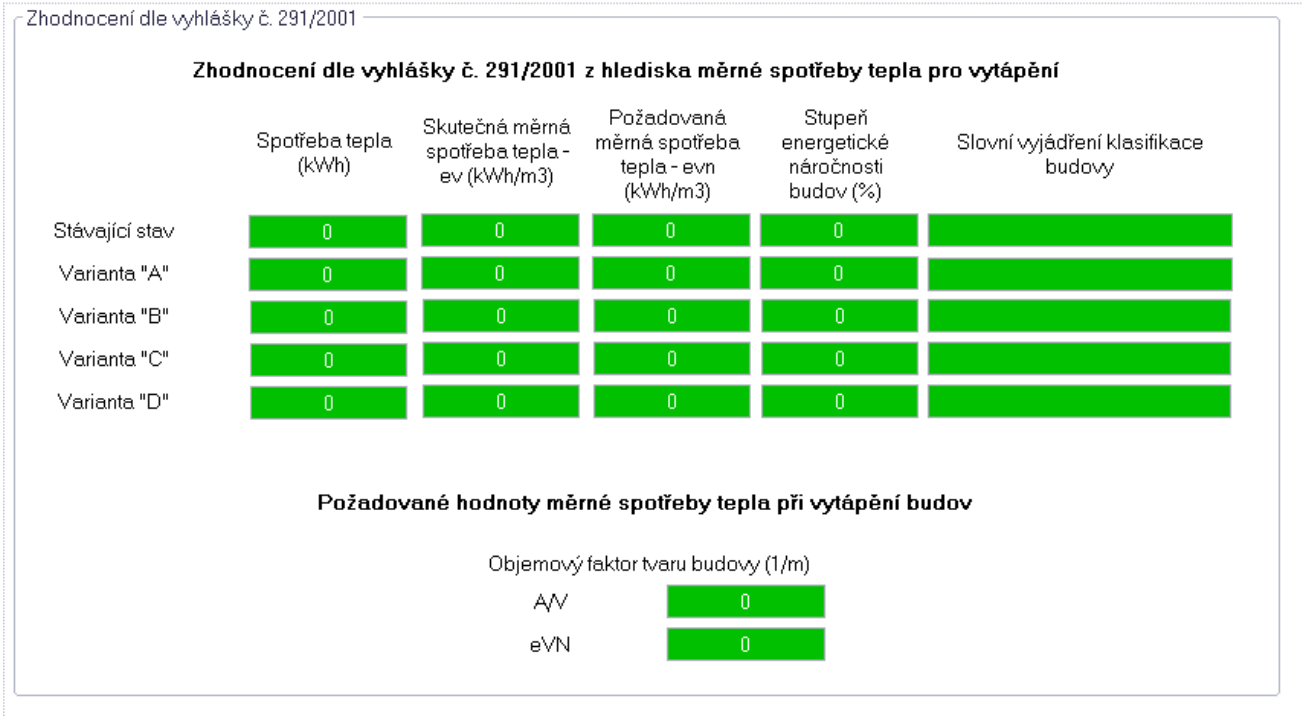
3.1.5.2 Zhodnocení dle vyhlášky č. 291/2001 sb.

Tento modul jako čistě výpočtový modul provádí zhodnocení jednotlivých dříve navolených variant dle vyhlášky č. 291/2001 sb. Výsledkem tohoto zhodnocení je jednak procentuelně vyjádřený stupeň energetické náročnosti objektu, dále pak je provedena klasifikace pomocí slovního vyjádření. Jednotlivé varianty jsou pro přehlednost konfrontovány se stávajícím stavem.

Vzhledem k tomu, že je tento modul čistě výpočtový, není třeba popisovat žádná ovládání. Co se týče zhodnocení, je provedeno na stupnici *100% – 150%* což odpovídá slovnímu ohodnocení od klasifikace „mimořádně vyhovující“ až po „mimořádně

nevyhovující“. Podrobný popis zhodnocení je nad rámec tohoto dokumentu, čtenáře odkazuji na příslušnou vyhlášku, dle které je zhodnocení implementováno.

GUI modulu je zobrazeno na obrázku 3.27.



Obrázek 3.27 Screenshot GUI podmodulu Zhodnocení dle vyhlášky 291/2001 sb.

3.1.5.3 Ekonomické zhodnocení

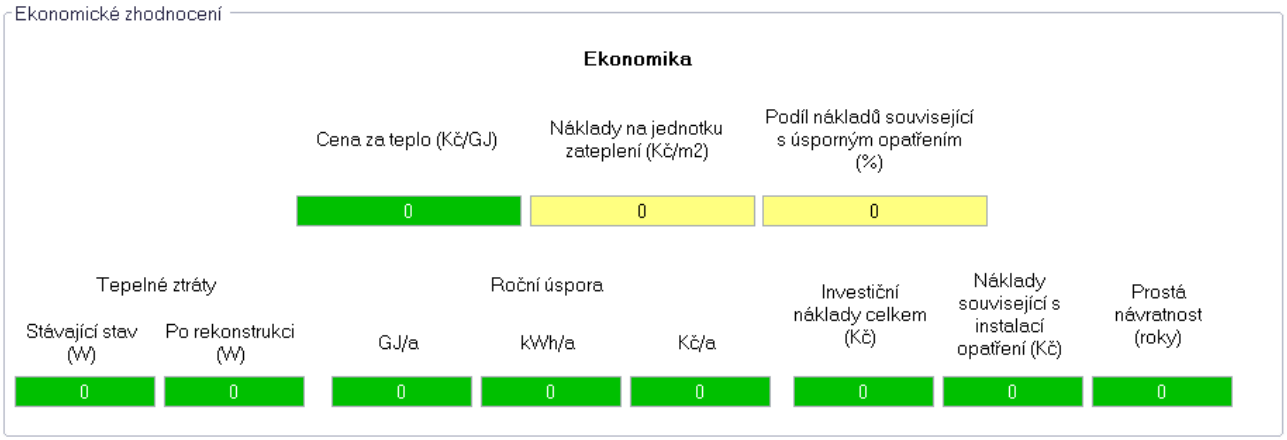
Tento modul jako ekonomicky výpočtový modul provádí zhodnocení dříve navolených opatření z ekonomického hlediska. Výsledkem tohoto zhodnocení je jednak představa o nákladech na stavební úpravy a jednak prostá doba návratnosti dílčí investice. SWEA System zahrnuje ekonomické zhodnocení pouze stavebních úprav. V případě technologických opatření není možné bohužel paušalizovat náklady vzhledem k velké rozdílnosti různých druhů opatření a značné individualitě projektových návrhů.

Vstupní data tohoto modulu viz. obrázek 3.28:

- Náklady na jednotku zateplení *(Kč/m²)*
- Podíl nákladů souvisejících s úsporným opatřením *(%)*

Výpočtová část modulu:

- Cena za jednotku realizovaného opatření *(Kč/a)*
- Celkové investiční náklady *(Kč)*
- Náklady související s instalací opatření *(Kč)*
- Prostá doba návratnosti *(roky)*



Obrázek 3.28 Screenshot GUI podmodulu Ekonomické zhodnocení

3.2 Cílová skupina

SWEA System je primárně navržen pro použití odborné veřejnosti zabývající se návrhem a projektováním energeticky úsporných opatření v budovách. Jelikož se jedná o komplexní systém, který v sobě zahrnuje hrubý popis jak stavební tak technologické části návrhu je systém určen především energetickým auditorům a projektantům.

SWEA System jako celek má ovšem vyšší ambice z hlediska použitelnosti a komfortnosti užívání. Vstupy dat jsou navrženy jednak přímo od uživatele a jednak jako vstupní soubory ve formátu .swea, které mohou být generovány libovolným zařízením

např. PDA. Další ambicí systému je průběžné ukládání dat do DB a vzdálená správa komplexního systému tak, že se návrhový prostředek stane zároveň zařízením určeným pro ***monitoring a targeting*** budov.

Z tohoto velmi hrubého popisu návrhu celého systému je jasné, že cílová uživatelská skupina systému je mnohem větší a zahrnuje nejen např. správce budov, ale i technické pracovníky energetického dozoru apod.

Ambicí SWEA Systemu je přinést na trh nový produkt, který zde dosud chybí. Existují dílčí systémy pro výpočet dílčích veličin, neexistuje ovšem zobecněný systém pro komplexní analýzu jednotlivých spotřebitelských okruhů, které se vzájemně ovlivňují, a který v sobě zahrnuje mmj. i další moduly, které z klasického výpočtového softwaru dělají systém pro trvalé sledování a řízení energetického hospodářství budov.

KAPITOLA 4

4 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo analyzovat požadavky projektantů a energetických auditorů na systém pro analýzu budov a následný návrh energeticky úsporných opatření, dále potom na základě tohoto průzkumu navrhnout a implementovat komplexní systém pro energetickou analýzu. Kompletní systém je potom nutné otestovat a připravit použitelný build pro nasazení do ostrého testování a praxe.

Co se týče analýzy požadavků, po jejím provedení vyplynulo, že odborná veřejnost v daném odvětví postrádá komplexní systém, který by bylo možné použít pro velkou škálu úkonů. Z průzkumu trhu dále vyplynulo, že podobných systémů, které by řešily zadanou problematiku je na trhu velmi málo a žádný z nich není komplexní, tedy řeší jen dílčí problémy, ne analýzu jako celek, která je standardně nutná k vypracování energetického auditu.

Ze zpracovaných požadavků a konzultací s několika odborníky z praxe vyplynul potom návrh systému SWEA. Vzhledem ke střetu profesí – tj. odborník z technické praxe vs. návrhář SW bylo nutné vypracovat strategii tvorby specifikace SW tak, aby zadavatel měl dostatečný prostor pro specifikování požadavků a zhotovitel měl dostatečný prostor pro porozumění požadavkům na systém. Jako takový byl zvolen klasický tabulkový procesor, který jednak otevíral prostor pro definování mnohdy velmi obsáhlých výpočetních vztahů a který zároveň nutil zadavatele dívat se na problematiku z hlediska SW návrháře.

Po vyladění požadavků byl vytvořen návrh systému a pomocí UML byl specifikován hrubý design systému. Posléze byl implementován SW modul systému SWEA, který byl posléze předán k testování. Systém byl následně několikrát testován a prošel několika specifikovanými testy.

Celý projekt SWEA System, který byl započat v rámci této diplomové práce je v současné době ve fázi rozvoje a projekt pokračuje ve vývoji dalších modulů, které jsou

v rámci projektu navrženy. Klíčový modul, a sice SW základ představuje tato diplomová práce, kterou se povedlo úspěšně zrealizovat.

Hlavním přínosem této práce je nastartování velice zajímavého projektu, který má reálnou šanci na úspěch nejen v komerční a obchodní sféře ale také jako dílo s inovačním přínosem.

LITERATURA

[1] DAHLSVEEN, T. *Energetický audit budov*, 1. vyd. Bratislava: JAGA group, v.o.s, 2003, 295 s.

[2] BAŠTA, J. *Hydraulika a řízení otopných soustav*, 1. vyd. Praha: ČVUT, 2003, 252 s.

[3] BAŠTA, K. a kol. *Výkresová dokumentace ve vytápění,* 1. vyd. ČESKÉ BUDĚJOVICE: Společnost pro techniku prostředí, 1999, 40 s.

[4] DVOŘÁČEK, K. *Inteligentní budovy*, 1. vyd. Praha: České energetická agentura, 1996, 36 s.

[5] BAŠTA, J. a kol. *3xTeplo k vytápění, k ohřevu vody*, 2. vyd. Jindřichův Hradec: EKIS Cooptherm, 1998, 102 s.

[6] VANDAS, M. *Technická zařízení budov*, 1. vyd. Praha: Verlag Deshofer, 2003, 451s.

[7] LÁZŇOVSKÝ, M. a kol. *Vytápění rodinných domků*, 1. vyd. Praha: nakl. T. Malina, 1996, 488 s.

[8] *Microsoft MSDN Library*, *http://msdn.microsoft.com/en-us/library/default.aspx*

Použitý software:

Microsoft Visual Studio 2008 .NET

Microsoft Visio 2007

Microsoft Office 2007

PŘÍLOHA A

OBSAH PŘILOŽENÉHO CD

K této práci je přiloženo CD s tímto obsahem:

- **Dokumentace**

  V této složce je uložen tento dokument ve formátu PDF a Microsoft WORD 2007

- **SWEA Build 1.0**

  V této složce je uložen build aplikace SWEA, dále textový soubor s licenčním číslem pro danou kopii aplikace SWEA System.

- **SWEA Source**

  V této složce jsou uloženy zdrojové kódy aplikace SWEA System.

SWEA
System