

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KEV

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Simulace elektrického zásobníku teplé užitkové vody

vedoucí práce: Bohumil Skala

2012

autor: Jan Jirsa

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan JIRSA**
Osobní číslo: **E09B0019K**
Studijní program: **B2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Simulace elektrického zásobníku teplé užitkové vody**
Zadávající katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište možnosti ohřevu teplé užitkové vody, uveďte výhody a nevýhody, ztráty.
2. Vývojovým diagramem charakterizujte funkci termostatu zásobníku a HDO.
3. Uveďte možnosti omezení tepelných ztrát.
4. Simulujte funkci zásobníku TUV pro zvolené režimy provozu.
5. Shrňte dosažené výsledky.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
 Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran
 Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
 Seznam odborné literatury:


1. Internet
2. Přednášky z předmětu KFY/TFYE

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Bohumil Skala, Ph.D.**
 Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2011**
 Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**


 Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
 děkan




 Prof. Ing. Václav Kús, CSc.
 vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Jirsa, Simulace elektrického zásobníku teplé užitkové vody

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky, Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta elektrotechnická, 2012, 23 str., vedoucí: Doc. Ing. Bohumil Skala, Ph.D.

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na možnosti elektrického ohřevu vody pro domácnost, zejména pak na simulaci ohřevníku se zásobníkem. Cílem této práce je popsat možnosti ohřevu TUV a jeho regulace. Simulace ohřevníku vody a k tomu připojená aplikace jsou vytvořeny za účelem vhodného výběru ohřevníku vody pro danou domácnost s ohledem na ekonomičnost provozu, způsoby využívání a potřeby domácnosti. Aplikace by měla umožnit snadnou orientaci v nabízených modelech a pomocí simulace vybrat nejvhodnější variantu. Přínosná by měla být i pro uživatele mimo elektrotechnický obor. Mohla by sloužit jako návod při výběru ohřevníku vody v e-shopech či kamenných prodejnách.

Klíčová slova

TUV, elektrický ohřevník se zásobníkem, ekonomičnost ohřevu

Abstract

Jirsa, Simulation of electric water heater with reservoir

Department of Electromechanics and Power Electronics,

University of West Bohemia in Pilsen

Faculty of electrical engineering, 2012, 23 pages, head: Doc. Ing. Bohumil Skala, Ph.D.

The presented thesis is focused on the options of electric water heating for households, especially on electric water heater with reservoir. Target of the thesis is to describe the possibilities of water heating and its regulation. Heater simulation and an application made for this purposes is designed to help with selection of water heater for a given household with regards to economical operation, ways of use and needs of the household. The application should allow easy orientation in offered models and with the use of the simulation choose the most suitable option even for a user unfamiliar with the field and could serve as a help with selection of water heater in e-shops or stores.

Key words

Hot water, electric water heater with reservoir, economy point of view of heating

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 1.6.2012

Jan Jirsa

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Bohumilovi Skalovi, Ph.D., za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

ÚVOD	1
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	4
1 MOŽNOSTI ELEKTRICKÉHO OHŘEVU UŽITKOVÉ VODY.....	5
1.1 KONSTRUKCE ELEKTRICKÉHO OHŘEVNÍKU SE ZÁSObNÍKEM	10
2 MOŽNOSTI REGULACE, PRINCIP, HDO	12
2.1 VÝVOJOVÝ DIAGRAM ELEKTRONICKÉ REGULACE TEPLoty S HDO	15
3 VZNIK A OMEZENÍ TEPELNÝCH ZTRÁT	16
4 APLIKACE PRO SIMULACI PROVOZU OHŘEVNÍKU TUV	17
4.1 K ČEMU APLIKACE SLOUŽÍ	17
4.2 POPIS FUNKCÍ POUŽÍTÝCH V APLIKACI.....	19
ZÁVĚR	22
POUŽITÁ LITERATURA	24
PŘÍLOHA.....	25
KÓD PROGRAMU APLIKACE PRO VISUAL BASIC FOR APPLICATION:	25

Úvod

Tato bakalářská práce je zaměřena na možnosti elektrického ohřevu teplé užitkové vody (TUV) pro běžnou domácnost. V dnešní době je mnoho způsobů, jak zajistit potřebu teplé vody v domácnosti. Při navrhování ohřevu TUV je důležité přihlídnout k typu domácnosti. Zda vybíráme typ ohřevu pro rodinný dům nebo byt v několikapatrové budově. Velice moderním a ekonomicky výhodným způsobem je možnost ohřevu pomocí solárních panelů nebo kombinací solárního ohřevu a ohřevu vody krbem nebo ústředním topením. Tento způsob je výhodný vzhledem k tomu, že vyřešíme ohřev vody pro topení a TUV jedním systémem. Jinak řečeno, TUV je jakýmsi sekundárním produktem centrálního vytápění bytu. Použijí se kombinované zásobníky a ohřev TUV je zabezpečen horkou vodou určenou pro vytápění objektu. Jako nejlepší variantu považují zásobník TUV kombinovaný se třemi zdroji tepla a to: solární ohřev, ohřev pomocí horké vody určené pro vytápění a elektrického odporového ohřevu pomocí topného tělesa v zásobníku. Další možností je ohřivač průtokový, který může být řešen buď jako elektrický nebo plynový. Jeho výhodou je, že teplá voda nemůže nikdy dojít, ale pro častější využívání přestává být finančně výhodný. Je tedy vhodný spíše na občasné využití na veřejných nebo rekreačních místech. Jednotlivé způsoby ohřevu včetně průtokového budou zmíněny v kapitole zabývající se možnostmi ohřevu teplé vody.

Tato práce je zaměřena pouze na ohřev pomocí elektrických ohřevníků se zásobníkem. V teoretické části budou popsány funkce ohřevníku, způsoby izolace, omezení ztrát a samotná konstrukce. Je zaměřena na možnosti regulace pomocí termostatu a pomocí dálkového spínání HDO. Tématem této bakalářské práce je simulace elektrického ohřevníku vody. Pracuji jako datový analytik a součástí mého zaměstnání je hledání nejvhodnějších variant a postupů pro zpracovávání množství nejrůznějších dat s cílem vybrání nejekonomičtější varianty pro zákazníka. Právě proto jsem se rozhodl, že simulaci zaměřím na výběr vhodného typu ohřevníku z hlediska ekonomičnosti provozu pomocí správně zvoleného objemu, příkonu a vhodnému nastavení pracovní teploty, neboli teploty, na kterou má ohřevník celý objem ohřát. K simulaci jsem využil programy Microsoft Excel a Visual Basic for Application, což jsou běžně využívané programy pro práci s daty v mé profesi. Na této simulaci se snažím ukázat, že správná volba ohřevníku může ušetřit spotřebiteli nemalé finanční prostředky. Samozřejmě jsem v simulaci zohlednil různé cenové tarify za odběr elektřiny a tak mohu zobrazit rozdíly při využívání různých tarifů. Mimo ceny za kilowatt hodinu jsem v aplikaci kalkuloval i s časem, pro který je k dispozici tzv. nízký tarif – někdy

nesprávně nazýván „noční proud“. Toto jsem zohlednil z důvodu, že při některých krátkých intervalech by ohřevník nestačil ohřát vodu na požadovanou teplotu a nebyl by tedy vhodný pro zadané podmínky. Jako vstupní hodnoty pro simulaci jsem určil počet osob a četnost využívání jednotlivých režimů. Zároveň je zde možné vypočítávat potřebu teplé vody podle času, po který by chtěl mít uživatel dostupnou teplou vodu nepřetržitě tekoucí. Tuto funkci by mohli využít uživatelé, kteří si chtějí garantovat nadstandardně dlouhé sprchy, a tabulková hodnota pro sprchu je pro ně nedostačující. Právě tato doplňková funkce zajistí zjištění vstupních hodnot i pro nestandardní případy. Aplikace porovná hodnoty vypočtené podle počtu osob a garantovaného času sprchy a vybere pro výpočty tu vyšší. Samozřejmě je tato potřeba čistě teoretická a přibližná, ale na základě těchto údajů již lze přibližnou potřebu odhadnout.

Aplikaci jsem se snažil vytvořit jednoduchou a uživatelsky přívětivou tak, aby mohla sloužit kupujícím bez představy o potřebě teplé vody. Mohla by sloužit jako vodítko pro zákazníky v různých e-shopech nebo velkých marketech, kde je k dispozici spousta zboží, ale bohužel většinou bez dostatečného popisu nebo odborné rady. Tato aplikace by měla posloužit k správnému výběru ohřevníku. Především slouží k nasimulování různých potřeb TUV domácnosti a k demonstrování lišící se ekonomické výhodnosti. Pomocí výsledného grafu cen ohřevu můžeme dobře sledovat, jak se liší náklady při stejné potřebě ale odlišných typech a režimech provozu. Je zajímavé sledovat, jak je cena rozdílná, např. při použití ohřevníku s vyšším objemem, ale nižší provozní teplotou a naopak. Ze simulace můžeme zjistit, že v některých případech je vhodnější ohřevník s vyšším příkonem, protože elektrický proud protéká kratší dobu a spotřeba je tak menší. Aplikace nezohledňuje postupné dohřívání objemu. Vzhledem ke konstrukci ohříváčů je předpokladem, že hranice mezi studenou a teplou vodou je úzká, a že celý objem bude vyčerpán téměř na ráz, např. ráno nebo večer, kdy je spotřeba nejvyšší a většinou ji využívá celá rodina během krátkého intervalu. Tato simulace je zaměřena pouze na správný výběr ohříváče a jen těžko se dá předem určit v jakém rozsahu a s jakým časovým odstupem bude voda využívána. Dá se tedy říci, že je počítáno s nejvyšším možným zatížením a v běžném provozu zde budou ještě větší rezervy. Jde o to, vybrat takový ohřevník, který má dostatek teplé vody pro celou domácnost a zároveň je co nejekonomičtější. Prioritou není stlačit náklady na minimum, ale poskytnout dostatečný komfort uživateli, uspokojit veškerou jeho potřebu bez omezení a i přes tento zaručený komfort vybrat nejekonomičtější řešení. Při navrhování technického zabezpečení budov je často počítáno s tabulkovými hodnotami pro výběr vhodného ohřevníku TUV.

Existují normy pro určení objemu TUV, ale vzhledem k rozdílným potřebám každé domácnosti by měla tato simulace podle konkrétních potřeb být při návrhu ohřevu užitečná. Je již běžné, že v některých domácnostech se instalují různé masážní sprchy nebo perličkové vany s velkým objemem, a tak se potřeba domácnosti může poměrně výrazně lišit od tabulkových hodnot.

V závěru této práce porovnáám finanční náklady na ohřev TUV pro domácnost při použití ohřevníku vybraný výpočtovou aplikací a ohřevníku zvoleného na základě normy ČSN. Pro toto porovnání jsem zvolil domácnosti o počtu jedné až čtyř osob.

Seznam symbolů a zkratek

TUV – teplá užitková voda, dle nových norem se již uvádí jen teplá voda

NT – nízký tarif

VT – vysoký tarif

HDO – hromadné dálkové ovládání

RHDO – rádiové hromadné dálkové ovládání

VBA – Visual Basic pro Aplikace

t_1 – teplota vstupní vody ($^{\circ}\text{C}$)

t_2 – teplota výstupní vody ($^{\circ}\text{C}$)

m_1 – hmotnost vstupní vody (kg)

m_2 – hmotnost výstupní vody (kg)

Q - energie (Wh)

P - příkon ohřívače (kW)

Pz - tepelné ztráty (kWh / 24 hod)

η - účinnost ohřevu

c - měrná tepelná kapacita (voda 1,163 Wh/kg .K)

1 Možnosti elektrického ohřevu užitkové vody

Je mnoho způsobů ohřevu vody, od ohřevu na tuhá paliva (kotel, krb) přes solární ohřevy, tepelá čerpadla, plynové kotle, až po ohřev elektrický. Potřeba teplé vody je ve vyspělých zemích naprosto nezbytná. Jelikož se náklady na energie potřebné k bydlení stále zvyšují, je nutné hledat možnosti jejich snížení. Náklady na ohřev teplé užitkové vody pro domácnost jsou velkou částí celkových nákladů za energii pro domácnost, proto je tato práce zaměřena na výběr vhodné varianty elektrického ohřevu vody. Podle typu elektrického ohřevu můžeme dělit ohřevníky na:

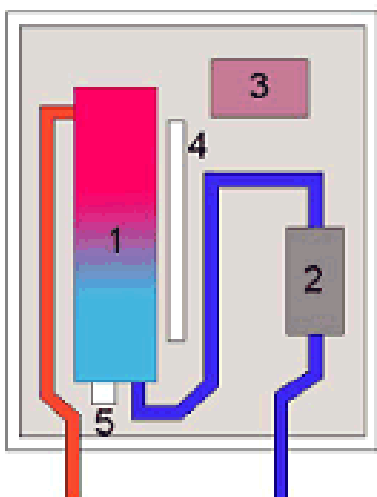
- Průtokový ohříváč
- Ohříváč se zásobníkem tlakový
- Ohříváč se zásobníkem beztlakový

Průtokový ohříváč:

Průtokový ohříváč je vhodný k občasnému použití, například v rekreačních objektech nebo ve veřejných objektech, kde potřeba není tak častá a máme zde garantovanou teplou vodu neustále. Je tedy vhodný tam, kde je spotřeba nárazová a s variabilním objemem. Pro častou potřebu není vhodný především z ekonomického hlediska. Příkony průtokových ohříváčů se pohybují řádově výš, než u akumulčních se zásobníkem. Přibližnou hodnotu potřebného příkonu zjistíme pomocí tzv. Faustova vztahu, který říká, že příkon je přibližně roven dvojnásobku průtoku vody, tzn., že při průtoku 9 l/min potřebujeme na ohřev vody o teplotě 37 – 40 °C ohříváč o příkonu 18 kW [1]

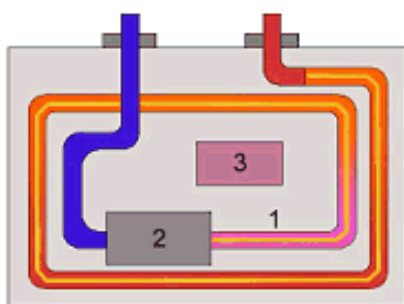
Další nevýhoda průtokového ohříváče vyplývá z výše zmíněného vztahu pro příkon z pohledu jištění. Požadované příkony jsou poměrně vysoké a potřebují vyšší jištění a přípojku na 3 fázový rozvod. Pro spotřebič s příkonem 18 kW je potřebný jistič o hodnotě 3x32A, což se vzhledem k poplatkům na základě hodnoty jističe stává nevýhodné. Pokud by domácnost využívala další spotřebiče o vyšších příkonech a toto jištění by bylo již nutné, pak by i průtokový ohříváč mohl být zajímavou variantou. Moderní průtokové ohříváče poskytují již dostatek komfortu a je možné jich využívat namísto ohřevníků se zásobníkem, ale vždy je dobré zvážit ekonomičnost celého zařízení.

Pokud se jedná o zmíněnou komfortnost, jde především o funkci regulace požadované teploty. Staré typy průtokových ohřivačů měly nevýhodu v neustálém kolísání teploty výstupní vody způsobené změnou průtoku buď na straně přítoku, nebo na straně spotřeby. Například použití masážní hlavice sprchy s proměnou tryskou bylo nemožné. Moderní průtokové ohřivače jsou konstruovány buď jako hydraulické nebo hydraulicko-elektronické. První zmíněný typ je schopen regulovat průtok vody, čímž zabezpečí nekolísání výsledné teploty. Hydraulicko-elektronické navíc ještě snímjí teplotu vstupní vody a dokáží regulovat i výkon ohřívání. I přes vyjmenované funkce průtokových ohřivačů však tento způsob není příliš rozšířen a průtokový ohřivač se realizuje spíše pro ohřívání vody pro mytí v umyvadle do příkonu 5 kW, tedy pomocí jednofázového rozvodu. Na obrázku níže je zobrazena konstrukce hydraulicky řízeného průtokového ohřivače a graf potřebného příkonu podle průtoku a výsledné teploty. [1]



Obr. 1 Hydraulicky řízený průtokový ohřivač pro více odběrných míst (3 fáze) [1]

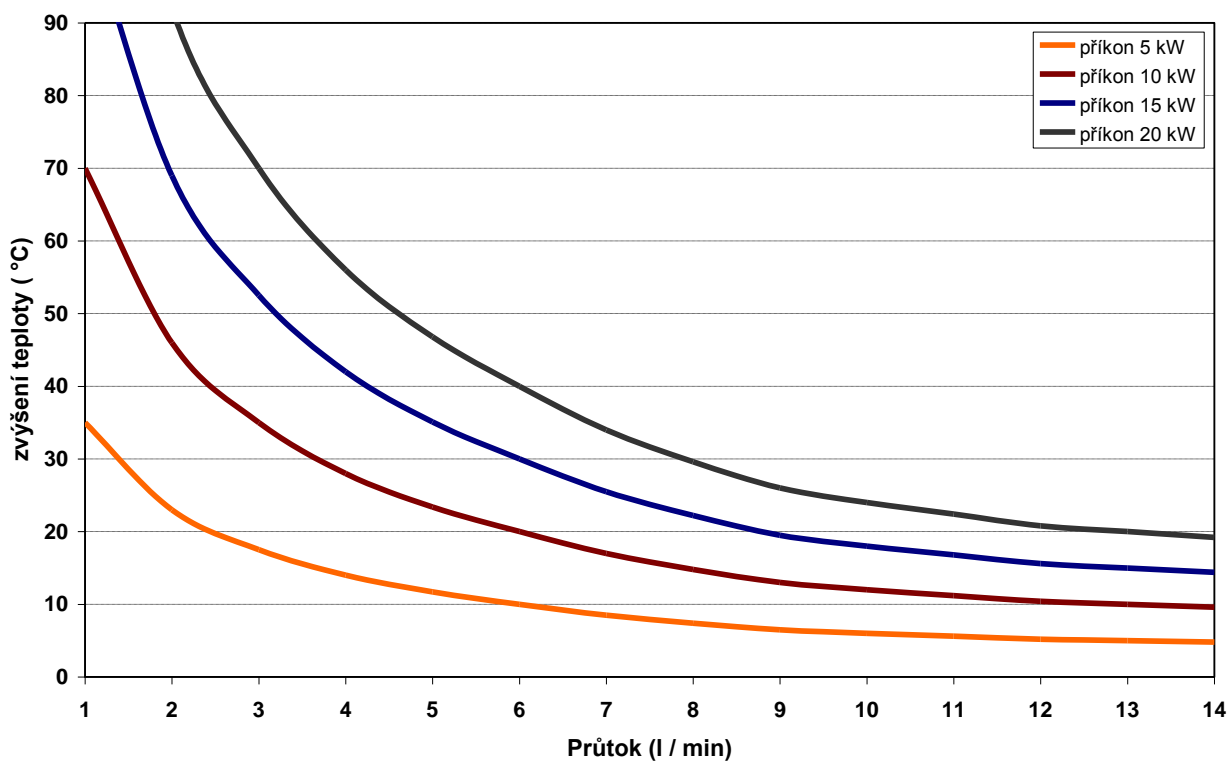
- 1...topná vložka
- 2...regulace
- 3...tepelná pojistka
- 4...svorkovnice
- 5...vypouštění



Obr. 2 Hydraulicky řízený průtokový ohřivač pro jedno odběrné místo (1 fáze) [1]

- 1...trubkové topné těleso
- 2...regulace
- 3...tepelná pojistka

Potřebný příkon průtokového ohřivače na ohřátí vody



Obr. 3. Graf potřebného příkonu průtokového ohřivače

Ohřevníky se zásobníkem:

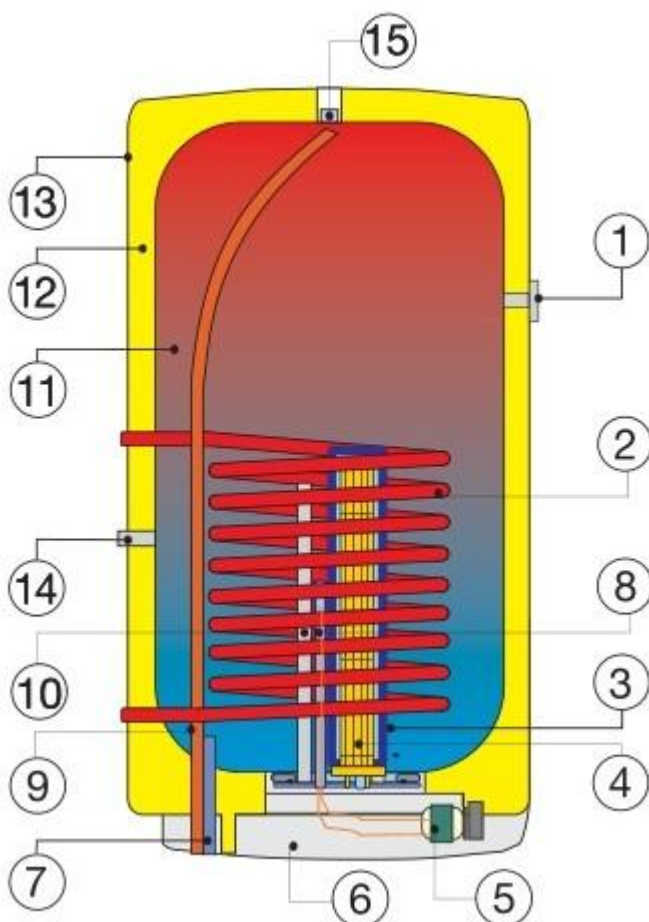
Jak již bylo zmíněno, mohou být konstruovány jako beztlakové nebo tlakové. Beztlakové ohřevníky se zásobníkem jsou zpravidla využívány pro menší objemy. V tomto typu zásobníku se neprojeví tlak vody z vodovodního řádu a je zde použit přepad. Pro odběr vody je pak nutno použít baterii určenou pro beztlakové zásobníky. Konstrukčně je takový zásobník jednoduchý, avšak vzhledem k roztažnosti kapalin, tedy vody, musí být řešen přepad např. do umyvadla, nebo pro přepad musíme mít zvláštní napojení na odpad. Používá se tedy přímo nad odběrným zařízením a zpravidla pouze pro jedno odběrné místo.

Druhý typ konstrukce, tlakový zásobník, umožňuje více odběrných míst. Tlaková nádoba je pod stálým tlakem vody shodným s tlakem ve vodovodním řádu. Pokud je tlak vody vyšší než přípustný pro daný typ zásobníků, osazuje se přívodní potrubí redukčním ventilem. Ohřevníky se zásobníkem musí mít na rozdíl od ohřevníků průtokových velice dobře řešenou tepelnou izolaci pro snížení ztrát prostupem tepla. Také je vhodné ohřevníky umísťovat do místností s co nejvyšší teplotou vzduchu. Umístění ohřevníku by také mělo korespondovat s umístěním odběrných míst z důvodu omezení ztrát vzniklých při dopravě vody potrubím. Nejen, že zde vznikají tepelné ztráty izolací (ochlazování potrubím), ale musíme brát v potaz i objem vody v celé délce potrubí, který se zbytečně odtočí do odpadu. Ztrátám a jejich omezením se budu více věnovat v samostatné kapitole.

Další rozdělení ohřivačů se zásobníkem podle konstrukce je na závěsné a stojací. Závěsné se konstruují do objemu 200 l a to vzhledem k celkové hmotnosti celého zařízení. Dle způsobu montáže můžeme dělit na zásobníky pro svislou montáž a pro vodorovnou montáž. Z hlediska umístění a montáže je možné také rozdělit ohřevníky podle umístění, nad umyvadlo nebo pod umyvadlo. Pod umyvadlo se umísťují ohřevníky se zásobníkem 5 až 15 litrů jako alternativa k průtokovým ohřivačům na občasné použití např. ohřevník typu DZ Dražice Close-IN 10/15 s příkonem 2,2 kW s dobou ohřevu z 10°C na 60°C za 20 respektive 25 minut.

Kombinované ohřevníky se zásobníkem:

Velice moderní a často používaný je ohřevník kombinovaný. Zásobník je konstruován tak, že lze připojit externí zdroj tepla pro ohřev TUV. Je vhodný použít tam, kde je lokální kotel pro vytápění bytu. Výhodou je, že pokud je v zimě v provozu kotel pro vytápění, ať už elektrický, plynový nebo na tuhá paliva, můžeme do zásobníku přivádět horkou vodu z tohoto systému a tím ohřívat i TUV. Pokud např. v létě kotel v provozu není, ohříváme TUV elektricky. Konstrukce takového ohřevníku typu DZ Dražice je zobrazen na obrázku obr.4



Obr.4 Kombinovaný ohřevník typu DZ Dražice [3]

- 1 – indikátor teploty
- 2 – spirálový výměník tepla
- 3 – jímka topného tělesa
- 4 – suché keramické topné těleso
- 5 – provozní a bezpečnostní termostat s vnějším ovládním
- 6 – kryt elektroinstalace
- 7 – napouštěcí trubka studené vody
- 8 – jímka provozního a bezpečnostního termostatu
- 9 – vypouštěcí trubka teplé vody
- 10 – hořčíková anoda
- 11 – ocelová smaltovaná nádoba
- 12 – polyuretanová bezfreonová izolace 42 mm
- 13 – plášť ohřivače
- 14 – vývod teplé vody (cirkulace)
- 15 – další vývod teplé vody

1.1 Konstrukce elektrického ohřevníku se zásobníkem

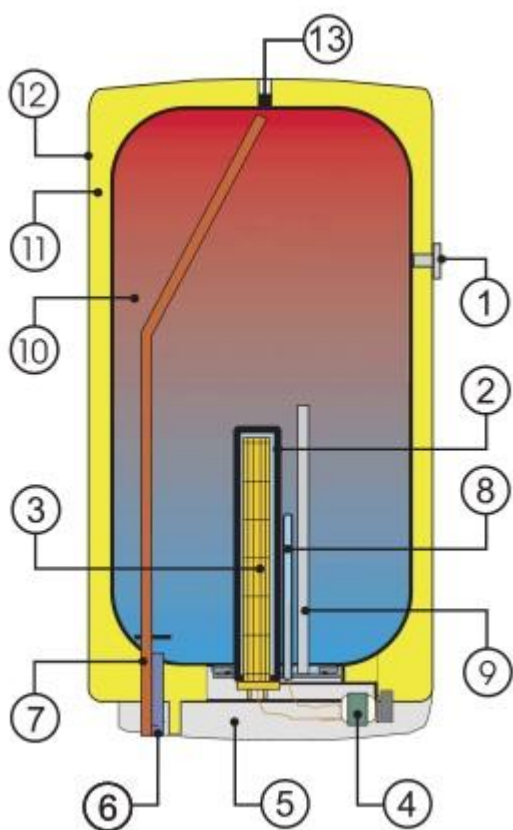
V této kapitole se zaměřím na popis konstrukce elektrického tlakového ohřevníku se zásobníkem, pro který je navržena i výpočtová aplikace. Konstrukční řešení i použité obrázky jsou pro ohřevníky společnosti Družstevní závody DZ Dražice-strojírna s.r.o. Jako podklady byly použity informace z katalogu dostupného na webu firmy. [3]

Hlavní částí celé konstrukce je zásobník vody, což je ocelová smaltovaná nádoba, která je izolovaná od okolního prostředí pomocí polyuretanové bezfreonové izolace běžně o tloušťce 42 až 50 mm. Ohřev je zajištěn suchým keramickým topným tělesem. Přívod studené vody je realizován trubkou do spodní části ohřevníku. Konstrukce přívodu vody musí dbát na to, aby byla studená voda přiváděna kolem topného tělesa rovnoměrně a nevznikla při ohřívání turbulence, která by zapříčinila nežádoucí promíchání studené vody s již ohřátou. Konstrukce je řešena tak, že je voda v zásobníku vrstvena. Ve spodní části je voda studená, poté je relativně úzký pás, kde se mísí studená a teplá voda a v horní části je vrstva horké vody. Tato vrstva se postupně posouvá níže, podle toho, jak ohřevník dohřívá studenou vodu, která stoupá do horní vrstvy. Z tohoto důvodu je odvod teplé vody řešen z horní části zásobníku, aby z vývodu tekla teplá voda až do okamžiku, kdy je téměř celý zásobník naplněn studenou vodou. V aplikaci je počítáno již se stavem, kdy je celý objem ohřátý z doby trvání vedlejšího tarifu, a při využívání teplé vody je již ohřevník blokován a tedy již vodu nedohřívá, proto v aplikaci s tímto jevem mísení teplé a studené vody není potřeba počítat.

Dále je ohříváč vybavený termostatem ve spodní části, který po ohřátí celého objemu na zadanou teplotu zamezí přívod proudu do topného tělesa. Nechybí zde ani teploměr umístěný v horní třetině zásobníku tak, aby nebyla teplota zkreslena teplotou přiváděné vody. Některé typy jsou vybaveny i multifunkčním displayem, který zobrazuje kromě teploty také množství zbývající vody smíchané na teplotu 40°C, zda je v provozu režim proti zamrznutí, údaj o spotřebované energii, režim regulace či hlášení poruchy. Tyto informace poskytují např. ohřevníky DZ Dražice řady OKHE Smart.

Při konstrukci je potřeba dbát i na protikorozi ochranu. Vnitřek nádoby je posmaltován a vybaven hořčíkovou anodou, která upravuje elektrický potenciál vnitřku zásobníku a snižuje tak nebezpečí prorezavění. Hořčíková anoda může být nahrazena titanovou, která nepodléhá opotřebení a nemusí se po několika letech měnit tak, jako hořčíková. Posledním konstrukčním prvkem, je vývod teplé vody pro cirkulaci teplé vody v potrubí, která uživateli zajistí, že má teplou vodu ihned po otevření kohoutku / baterie v kterémkoli odběrném místě.

Je to funkce poskytující uživateli komfort a ještě šetří vodu, která by byla zbytečně odtočena do odpadu. Nevýhodou ale je, že tím vznikají vyšší ztráty tepla a ohřevník musí častěji dohřívat nebo klesá objem horké vody. Je tedy na zvážení, zda tuto funkci instalovat. Dalším způsobem okamžité dostupnosti teplé vody je použití samoregulačních topných kabelů připevněných na potrubí pomocí samolepící fólie. Odporový prvek těchto kabelů mění svůj odpor v závislosti na změně teploty, a tak topí pouze v místech s poklesem teploty. Je však také na zvážení, zda toto dohřívání instalovat, protože elektrický výkon těchto kabelů se pohybuje v rozmezí 8 až 12 W / m a v případě dlouhého potrubí od ohřevníku k odběrnému místu spotřeba elektrické energie značně stoupne. O této konstrukci bude zmíněno v kapitole zabývající se vznikem a zamezení tepelných ztrát. [1]



- 1 - indikátor teploty
- 2 - jímka topného tělesa
- 3 – suché keramické těleso
- 4 – provozní a bezpečnostní termostat s vnějším ovládním
- 5 – kryt elektroinstalace
- 6 – napouštěcí trubka studené vody
- 7 – vypouštěcí trubka teplé vody
- 8 – jímka provozního a bezpečnostního termostatu
- 9 – hořčiková anoda
- 10 – ocelová smaltovaná nádoba
- 11 – polyuretanová bezfreonová izolace 42 mm
- 12 – plášť ohřivače
- 13 – další vývod teplé vody (cirkulace)

Obr.5 Konstrukce tlakového ohřivače se zásobníkem [3]

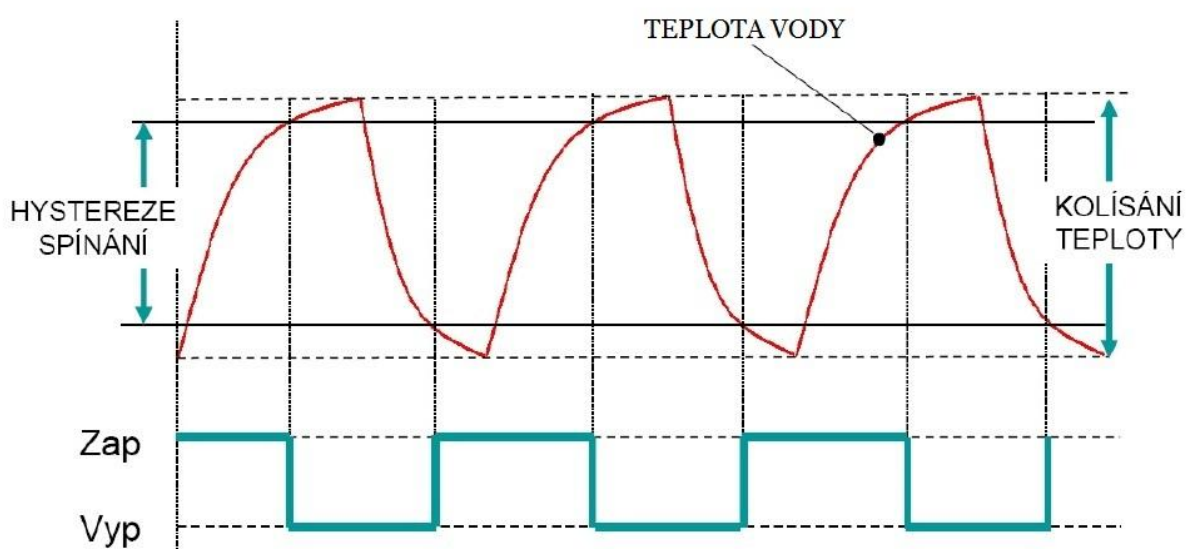
2 Možnosti regulace, princip, HDO

Jelikož elektrotepelná zařízení mají značný příkon, je potřeba, aby byla spuštěna pouze v předem určený čas a nezatěžovala příliš rozvodnou soustavu. K tomuto účelu slouží blokovací zařízení. Blokovací relé nebo stykač je ovládaný přijímačem HDO nebo spínacími hodinami.

HDO je zkratka pro Hromadné Dálkové Ovládání. Je to elektrický signál ve tvaru impulsního kódu, který je superponován na základní frekvenci energetické sítě, tedy 50 Hz. Frekvence ovládacího signálu je různá, podle typu systému. Systém typu I – M, který byl budován v 60. a 70. letech, používá frekvence 760 a 1060 Hz. Modernější a spolehlivější systém typu I - I budovaný od 80. let používá frekvence 183,3 a 216,67 Hz. Tento signál je šířen do každé fáze v rozvodnách 110 / 22 kV distribuční sítě a šíří se i přes transformátory do sítí nízkého napětí ke spotřebiteli. Vzhledem k nízké frekvenci je schopen přenést pouze jednoduchý kód ale k ovládní dané skupiny odběrných míst je dostačující. Přenos takového signálu je možný do vzdálenosti až stovek kilometrů. HDO umožňuje zapínat spotřebiče (jističe) v časech nízkého tarifu (NT) a zároveň blokovat spotřebiče ve vysokém tarifu (VT) a tak ekonomicky rozvrhnout spotřebu do levnějšího tarifu a zároveň rozdělit zátěž rozvodné soustavy.

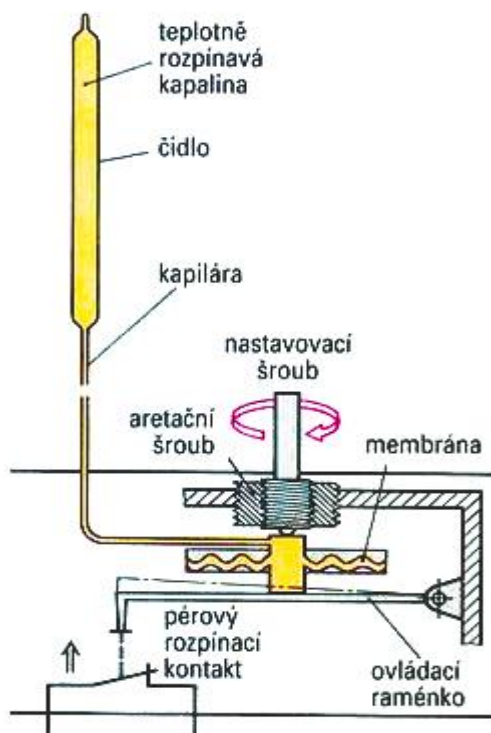
Druhý zmíněný způsob blokování je pomocí spínacích hodin. Jedná se o hodinový strojek dříve mechanický, nyní elektrický s 24 hodinovým režimem. Na spínacích hodinách jsou nastaveny časy nízkého tarifu a tak v daný čas sepnou kontakty spínacího relé, čímž způsobí sepnutí nebo blokování elektrotepelných spotřebičů. Tyto spínací hodiny je zapotřebí synchronizovat s časy v rozvodných závodech. Tuto synchronizaci musí provádět pracovník rozvodných závodů, neboť jsou tyto hodiny zaplombované. Nevýhodou spínacích hodin je, že nelze měnit pásmo nízkého tarifu na dálku a nelze tak reagovat na aktuální stav sítě. Toto řešení je nahrazováno systémem HDO a časové spínače jsou realizované pouze v místech bez pokrytí signálu HDO. Kromě systému HDO existuje ještě systém bezdrátového dálkového ovládní nazývaný RHDO – Rádiové Hromadné Dálkové Ovládání. [2] [7]

Regulace teploty může být řešena elektronicky nebo mechanicky. Při elektronické regulaci je v regulačním obvodu teplotní čidlo, podle kterého obvod spíná a vypíná ohřev. Obecně při elektronické regulaci platí, že musí být nastavena určitá hystereze z důvodu zabránění rozkmitání regulačního obvodu. Je tedy nastavena různá teplota sepnutí a teplota vypnutí. Tento rozdíl bývá 1 až 2 °C. Princip této hystereze je zobrazen na obrázku obr.6 [10]



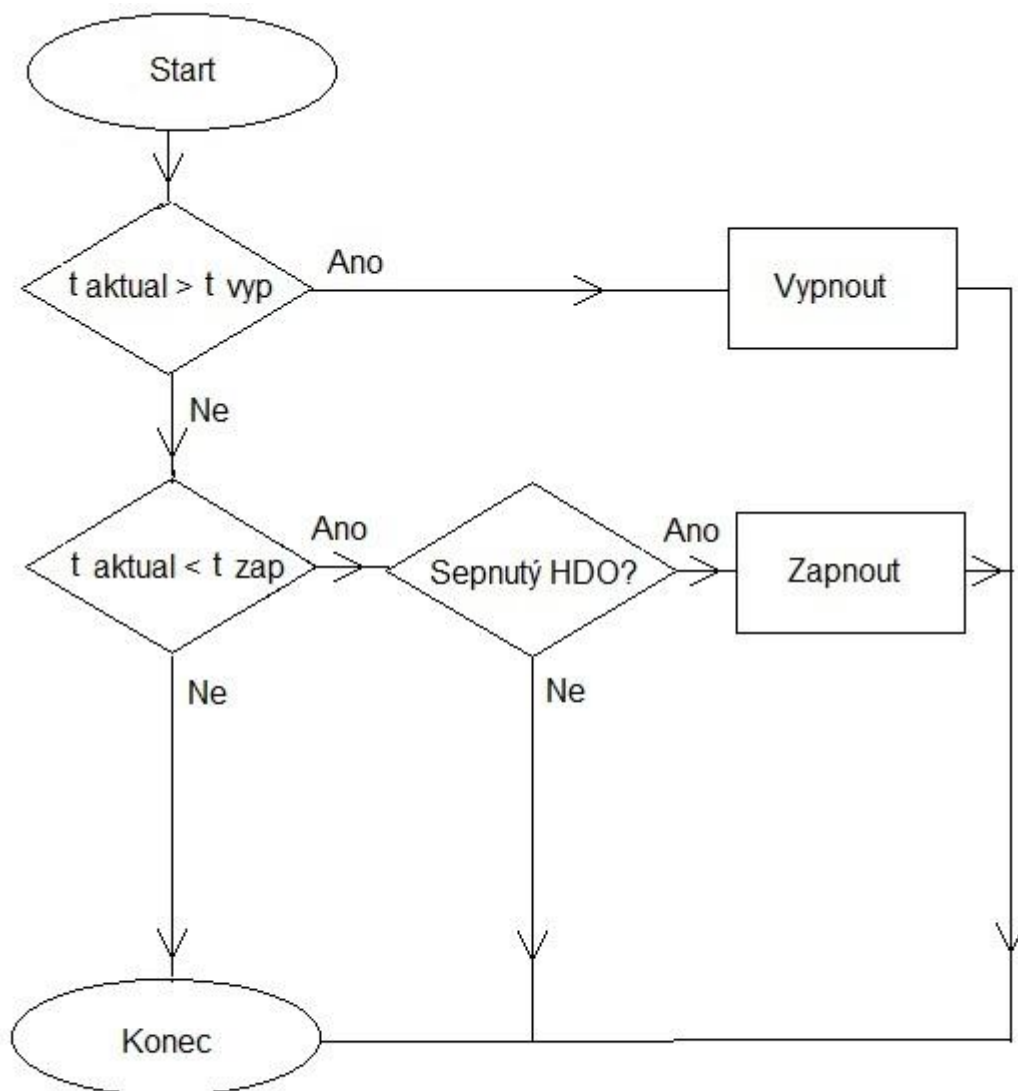
Obr.6 Princip spínání termostatu [10]

Při regulaci pomocí mechanického termostatu je využívána teplotní roztažnost materiálu. V zásobnících teplé vody je často použit kapilárový termostat. Jako teplotní čidlo je použita kapilára s kapalinou o vysokém bodu varu. Tato kapalina se vlivem teploty roztahuje nebo smršťuje a tlakem kapaliny působí na membránu, která ovládá mechanický kontakt. K nastavení teploty slouží nastavovací šroub, kterým ovládáme vzdálenost membrány od kontaktu. Princip takového termostatu je zobrazen na obrázku obr.7 [9]



Obr.7 Princip kapilárového termostatu [9]

2.1 Vývojový diagram elektronické regulace teploty s HDO



Obr.8 Vývojový diagram elektronické regulace

Na tomto vývojovém diagramu je zobrazen princip elektronické regulace teploty vody. Regulační obvod testuje, zda aktuální teplota vody (t_{aktual}) je vyšší než nastavená vypínací teplota (t_{vyp}). Vypínací teplotu je vhodné nastavit o 1 až 2 °C vyšší, než je teplota zapínací, (t_{zap}) z důvodu hystereze. Obvod tedy testuje, zda je teplota vyšší než vypínací. Pokud ano, ohřev vypne, pokud ne, testuje, zda je teplota nižší než zapínací. Je-li teplota nižší, testuje, zda je sepnuté HDO. Pokud je splněna podmínka nižší teploty a zároveň sepnuté HDO, zapne regulační obvod ohřev, pokud ne, zůstává stav stejný jako před testováním.

3 Vznik a omezení tepelných ztrát

Tepelné ztráty v zásobníku teplé vody vznikají rozdílem teplot okolí a ohřáté vody. Teplá voda bude mít vždy vyšší teplotu, než bude teplota vzduchu okolí, a tak začne fyzikální proces předávání energie (v tomto případě tepla) z teplejšího prostředí do chladnějšího, dokud se teploty nevyrovnají. Tomuto procesu lze zabránit pouze dobrou tepelnou izolací tak, aby tepelnému prostupu pláštěm bylo co nejvíce zabráněno. Slouží k tomu izolace pláště zásobníku s co nejvyšším tepelným odporem. Kromě tepelné izolace hraje roli i teplota okolí. Pokud chceme minimalizovat tepelné ztráty, je důležité, aby rozdíl teplot vody a okolí byl co nejmenší. Volíme tedy umístění ohřevníku do místnosti s co nejvyšší teplotou. Je proto lepší ohřevník umístit např. do koupelny nebo technické místnosti bytu s pokojovou teplotou než třeba do sklepa, kde v zimě teplota klesá někdy i o více než 10°C oproti teplotě v bytě. Tyto tepelné ztráty způsobené prostupem tepla pláštěm zásobníku do okolí udává vždy výrobce. V případě zásobníků firmy DZ Dražice, které jsou momentálně na trhu, se tyto ztráty pohybují v rozmezí 0,8 až 1,4 kWh / 24 hodin.

Dalším faktorem ovlivňujícím celkové ztráty, jsou ztráty vzniklé ochlazováním vody v potrubí během distribuce do odběrného místa. Tyto ztráty jsou závislé na kvalitě tepelné izolace potrubí a na četnosti používání teplé vody. Pokud teplou vodu využíváme často, vždy zbylá voda v potrubí postupně chladne a tak je při dalším odběru odtočena do odpadu a do zásobníku. Poté musí přitéci nová studená voda, čímž se buď zmenší objem dostupné horké vody, nebo musí ohřevník tuto novou vodu dohřát a roste tak cena za energii. Toto lze ovlivnit vhodným umístěním ohřevníku tak, aby bylo potrubí co nejkratší. Pokud jsou odběrná místa daleko od sebe, lze použít pro každé odběrné místo vlastní systém ohřevu, např. doplňkový průtokový ohřivač. Další možností k zamezení ztrát je použití již zmíněných samoregulačních topných odporových kabelů na potrubí. Jedná se o dva paralelně umístěné vodiče, mezi kterými je odporový prvek. Odpor tohoto prvku se mění v závislosti na změně teploty, což zajišťuje, že největší odpor je v místě s nejvyšší změnou teploty a v tomto místě také zákonitě nejvíce topí. Tyto kabely jsou možné instalovat na potrubí kovové, ale i na některé plastové. Instalace je jednoduchá, kabely jsou přilepené k potrubí pomocí samolepicí fólie. Po nalepení těchto topných kabelů je zapotřebí potrubí tepelně izolovat. Délky topných kabelů jsou dostupné až do 150 m s výkonem 8 až 12 W / m. Tloušťka izolace se volí v závislosti na průměru potrubí. Toto technické řešení lze použít i jako protimrazovou ochranu potrubí.

4 Aplikace pro simulaci provozu ohřevníku TUV

4.1 K čemu aplikace slouží

Pro simulování provozu ohřevníku TUV jsou zvoleny programy Microsoft Excel a Visual Basic for Application (VBA). Pomocí VBA jsou vytvořena makra pro zjednodušení a zpřehlednění celé aplikace. Hlavním cílem aplikace je vybrání nejvhodnějšího ohřevníku TUV podle zadaných kritérií. Jako hlavní kritéria pro výběr vhodného ohřevníku je použit počet osob v domácnosti a způsob využívání teplé vody. Výpočet je založený na průtoku a doby využití. Vlastním měřením bylo ověřeno, jaký průtok a doba využívání je běžná pro jednotlivé režimy. Pro potřebu výpočtů v aplikaci je vycházeno z těchto hodnot:

- Sprcha – 50 l
- Vana – 80 l
- Mytí rukou – 6 l
- Mytí nádobí – 25 l

Uživatel pouze zvolí způsoby a četnost využití a dle těchto hodnot aplikace vypočte potřebný objem vody. Tyto předpokládáné hodnoty objemu mohou být změněny na listu „požadavky“ v buňkách D3 až G3. Například hodnota objemu vany se může velice lišit podle vybraného typu, některé nadstandardní vany s masážemi mohou mít objem výrazně vyšší, a tak je zde možnost hodnoty, se kterými je počítáno jako s konstantami, změnit. Tento list je v aplikaci schovaný (excel funkce – hide/unhide). Pro přehlednost jsou schované také další listy s pomocnými výpočty, uživatel vidí list pouze s výsledky a výslednými grafy. Pro výpočet je předpokládáno, že uživatel bude využívat vodu o teplotě 40°C a přiváděná studená voda bude o teplotě 10°C. Tyto teploty by mohli být v aplikaci volitelné, ale jelikož by měla aplikace sloužit jako pomocník prodejci či projektantovi k rychlému a snadnému zvolení ohřevníku TUV, je uvažováno o těchto teplotách jako o konstantních, protože prodejce v obchodě nebo projektant v kanceláři by jen těžko určoval teplotu studené vody a rozdíl by byl zanedbatelný.

Další funkcí aplikace je výpočet ceny za ohřev celého objemu ohřevníku a tedy i ceny ohřevu teplé vody pro celou domácnost za dvanáctihodinový cyklus. Vycházeno je z ceníku ČEZu pro oblast západ z listopadu 2011. Na základě dat společnosti ČEZ aplikace také kalkuluje s tzv. nízkým tarifem (NT), nesprávně někdy označovaným jako noční proud. Dále na základě dat o čase spínání NT aplikace testuje, zda je možné ohřevník naplno využít s užitím nízkého tarifu. V různých oblastech se liší doba sepnutí HDO, a tak aplikace musí testovat, zda čas ohřevu na potřebnou teplotu není větší, než čas na který je sepnutý tzv. nízký tarif. Potřeba teplé vody je uvažovaná ve dvanáctihodinovém cyklu (ráno a večer) vzhledem k běžné potřebě člověka i vzhledem k časům spínání HDO.

Aplikace by mohla sloužit i jako pomocník pro projektování novostaveb, je zde ale předpoklad, že pro projektanta nebude problém všechny možnosti propočítat. Aplikace by mohla sloužit především prodejcům a zákazníkům, kteří si přímo v prodejně (či na stránkách e-shopu) mohou nasimulovat různé možnosti využití a vybrat vhodný ohřevník. Aplikace je schopna vybírat z ohřevníků TUV firmy DZ Dražice - strojírna s r.o., ale do listu „katalog“ lze zadat data různých výrobců a různých typů. Také sazby a časy sepnutí NT lze zadat od více poskytovatelů a pro různé oblasti. Hodnoty v katalogu ohřevníků nemusí být zcela přesné, použity jsou hodnoty z katalogu firmy DZ Dražice, který je volně dostupný na internetových stránkách výrobce [3] a zejména časy potřebné k ohřevu na teplotu 60°C jsou již zaokrouhlené (udává je výrobce). Čas potřebný k ohřevu na teplotu 40°C, 50°C, 70°C a 80°C aplikace počítá na základě příkonu ohřevníku a ztrátám udávaných výrobcem. Vztah pro tento výpočet je:

$$T = \frac{Q}{P\eta} = \frac{mc(t_2 - t_1)}{P\eta} \quad (1) \quad \eta = \frac{mc\Delta t}{(P + P_z)T} \quad (2)$$

Q....energie (Wh)

m...množství vody (l)

t₂, t₁...teplota horké vody, teplota studené vody (°C)

P...příkon ohřivače (kW)

P_z....tepelné ztráty přepočtené na ztráty za 1 hodinu

η....účinnost

c....měrná tepelná kapacita (voda 1,163 Wh/kg .K)

4.2 Popis funkcí použitých v aplikaci

Tato kapitola vysvětlí použité funkce a princip výpočtů hodnot, podle kterých aplikace určí nejvodnější typ ohřevníku. Je zde popsán podrobný postup výpočtů a systém výběru z katalogu.

Aplikace je vytvořena pomocí doplňkového editoru programování Visual Basic for Application v programu MS Excel. Pro jednoduchost ovládání jsou vstupní hodnoty zadávány do tzv. formuláře vytvořeného pomocí VBA. Po stisknutí tlačítka START na listu „results“ je vyvolán tento vstupní formulář a uživatel může zadat vstupní hodnoty. Nejdříve zadáme počet osob. Ve formuláři je zvoleno výběrové pole se seznamem. Je zde předdefinovaný seznam 1 až 8 osob. Většího počtu osob v domácnosti není předpokládáno, a ani žádný ohřevník z katalogu by nebyl schopen potřebu více lidí uspokojit. Předdefinované seznamy, které jsou ve formuláři použity, pomohou zamezit chybám vzniklým nesprávným zadáním (např text místo čísla, desetinné čísla nebo čísla příliš vysoká). Pokud není zadána žádná hodnota, program uživatele upozorní po stisknutí tlačítka „zapsat vstupní hodnoty“. Dalšími poli formuláře jsou průtok a čas, tato pole být zadána nemusí. Následují pole pro zadání četnosti použití. Zde je možné zadat pouze číselný údaj, musí být vyplněn alespoň jeden druh použití, jinak opět program uživatele upozorní a nepustí jej k dalšímu kroku. Posledním polem je výběr tarifu, kde je opět seznam předdefinovaný a uživatel pouze vybírá z nabídky. Zdroj pro tento seznam se nachází na listu „požadavky“ ve sloupci L a je tedy možné jej upravovat. Pokud jsou vyplněna všechna povinná pole, stiskne se tlačítko „Spustit výpočet“ a aplikace spustí výpočet pomocí VBA makra a pomocných výpočtů v souboru Excel. Nakonec výsledné hodnoty zapíše na list „results“. Formulář lze ukončit tlačítkem „Konec“

Uživatel má na výběr z již zmíněných režimů. Sprcha, vana, mytí rukou a mytí nádobí. Ke každému režimu je přiřazena hodnota očekávané potřeby teplé vody. Tato hodnota je na listu „požadavky“ v buňkách D3 až G3 a lze tedy měnit. Dále má uživatel možnost zvolit si čas, po který chce mít garantovanou teplou vodu, jinak řečeno, jaký by měl být maximální čas plného využívání teplé vody bez ohledu na způsob použití. Tato potřeba vody je tedy čas vynásobený maximálním průtokem. Tento průtok je rovněž volitelnou hodnotou. Pomocí funkce **max()** Excel vybere vyšší z těchto výsledných hodnot. Tento výsledek bude sloužit jako referenční hodnota pro makro VBA, které testuje tuto buňku, respektive testuje hodnotu z katalogu každého typu a porovnává s touto hodnotou, a do listu „výpočet“ vloží do sloupce B ID ohřevníku, splňující tuto podmínku. Toto makro lze spustit také z listu „výpočet“

tlačítkem „zjistit vyhovující objemem“. Pro spuštění by ale musely být odkryty schované listy, toto tlačítko je zde pouze pro případ hledání chyby procesu, protože při běžném procesu se spouští celý kód a toto tlačítko tak umožní spustit krok po kroku. Celý kód zmiňovaného makra je obsažen v příloze.

Ke zjištění, kolik daný ohřevník dokáže poskytnout teplé vody o teplotě 40°C, je vycházeno z fyzikálního vztahu o mísení teplé a studené vody. Teplota studené vody je uvažována 10°C, samozřejmě se bude lišit podle ročního období, ale pro potřebu výpočtu můžeme vycházet z konstantní teploty 10°C. Teplota horké vody je vždy maximální teplota, na kterou je ohřevník schopný vodu ohřát. Tento krok tedy vybere ohřevníky, které jsou schopny požadovaný objem vody ohřát avšak vzhledem k předpokladu, že ohřevník hřeje na maximální možnou teplotu. Tento krok pouze zúží výběr vhodných ohřevníků, ale prakticky použitelné typy vyberou až kroky následné. Fyzikální vztah pro mísení teplé a studené vody tedy je:

$$t_v = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2} \quad (3)$$

kde m_1 je hmotnost (která je přibližně rovná objemu, protože hmotnost vody o objemu 1l je 0,9945 kg) studené vody, t_1 je teplota studené vody (tedy 10°C), indexy 2 označují parametry horké vody. Jestliže jsou dané hodnoty t_v (40°C), t_1 (10°C), m_2 (objem ohřevníku v katalogu) a t_2 (maximální teplota z katalogu, na kterou je daný ohřevník schopen vodu ohřát), výsledný vztah pro výpočet hmotnosti (tedy vlastně objemu) studené vody, který můžeme maximálně do horké vody přimíchat, aby výsledná teplota nebyla menší než požadovaných 40°C, je:

$$m_1 = m_2 \frac{t_2 - t_v}{t_v + t_1} \quad (4)$$

tento objem studené vody, který je možno maximálně přimíchat, se vypočítává na listu, který je pojmenovaný „pomocné výpočty“. Na listu „katalog“ je pak kalkulační buňka, ve které je sečtena hodnota objemu ohříváče s hodnotou vypočtenou vzorcem 4. Podle této buňky makro vybírá vhodný objem. Makro vypíše ID ohřevníků splňujících objemovou podmínku.

Další kroky provádí aplikace na listu „výpočty pro grafy“. Na tomto listu jsou předdefinovány vzorce pro výpočet doby ohřevu a ceny ohřevu v různých teplotních režimech ohřevníku. Možnými režimy jsou: ohřev na 40°C, 50°C, 60°C, 70°C a 80°C. Tyto režimy jsou zde kvůli testování, zda je z ekonomického hlediska lepší menší objem a vyšší teplota ohřevu, nebo nižší teplota a objem vyšší. Pro jednotlivé režimy zde jsou vypočteny i časy potřebné k ohřátí celého objemu na danou teplotu z důvodu testování vlivu příkonu ohříváče a času ohřevu na cenu. Jak je vysvětleno později, právě doba ohřevu bude rozhodující vzhledem k času, po kterém je sepnutý vedlejší tarif. Ceny i doby ohřevu můžeme porovnat na výsledných grafech. Zobrazují se zde pouze hodnoty, které splňují požadavek, tzn., pokud daný režim požadavku nevyhovuje, sloupec s cenou zde chybí, aby uživatelé nemátl. Do tabulky s těmito výpočty se samozřejmě dostanou pouze ohřevníky s požadovanými parametry a to pomocí excelovské funkce **vlookup()**, která na základě vypsání ID na listu „výpočty“ hledá ID v katalogu a nalezené hodnoty vloží do této tabulky. Tato tabulka je navržena pouze jako pracovní s pomocnými výpočty, pro přehlednost aplikace je celý list s výpočty schován. Jsou zde pomocné sloupce, které testují pomocí funkce **IF()**, zda dané parametry splňují nebo ne. Výsledkem testování je Y nebo N, na základě kterých další funkce **IF()** vloží N/A v případě nesplnění podmínek do kalkulačních buněk a graf tyto buňky nezohlední.

Další použitou funkcí je **AND()**, která pouze zjišťuje, zda jsou splněny obě podmínky, tedy, zda zásobník vyhovuje objemem a současně stihne ohřát celý objem během sepnutého vedlejšího zlevněného tarifu. Pokud jsou obě podmínky splněny spoučasně, výstupní hodnota je logická TRUE nebo FALSE. Pro potřebu makra jsou zde další pomocné sloupce, které pouze překlápí N/A na logickou funkci FALSE, je to jen z důvodu zjednodušení kódu makra, který pouze testuje, zda je hodnota TRUE nebo FALSE. Toto makro také lze spustit na listu „výpočet“ tlačítkem „zjistit vyhovující objemem i rychlostí ohřevu“, ale tato možnost je opět pouze pro kontrolu, protože je kód obsažen v celkovém výpočtu. Makro vypíše ID vhodných ohřevníků do sloupců C až G na listu „výpočty“. Tentokrát je již výběr pro každou teplotu nahřívání zvlášť.

Závěr

Závěrem porovnejme finanční náklady na ohřev teplé vody při určení vhodného ohřevníku pomocí normy ČSN a pomocí výpočtové aplikace. Výpočet objemu potřebné teplé vody pro domácnost je poměrně složitý. Musí zohledňovat mnoho faktorů a i přesto je značně nepřesný, jelikož každý uživatel je zvyklý využívat teplou vodu v jiném rozsahu. Dle [8] existují tři způsoby výpočtu potřeby teplé vody.

- pomocí normy DIN 4708
- pomocí tzv. přednostní přípravy TUV, kdy se krátkodobě přeměruje výkon z otopné soustavy na ohřev TUV
- pomocí normy ČSN 06 0320.

Postup určení potřeby podle normy DIN 4708 je poměrně obsáhlý a zabral by celou kapitolu. Tento způsob výpočtu vychází z tzv. definice jednotkového bytu, který je definován čtyřmi místnostmi, ve kterém bydlí průměrně 3 až 4 osoby. Je zde uvažována obsazenost pokojů, reflektuje i komfortnost vybavení bytu a uvažuje pouze s největším spotřebičem. Jsou zde definovány různé druhy van i různých typů sprch a výsledná hodnota je tak přesnější. Další zmíněný postup výpočtu je pro tuto práci nevyužitelný, protože se tato práce zabývá pouze ohřevem pomocí zásobníku bez vnějšího (kombinovaného) ohřevu a tedy i výpočet potřeby bude počítán pro případ samostatného ohřevu TUV. Poslední zmíněný způsob výpočtu, pomocí normy ČSN 06 0320 je nejjednodušší ale také asi nejméně přesný. V této normě je popsán způsob výpočtu potřeby pro mytí osob, mytí nádobí a úklid. Pro výpočet potřeby pro mytí osob vychází z počtu osob, počtu dávek, průtoku teplé vody a času. Potřeba pro mytí nádobí je počítána na základě objemu jedné dávky a počtu jídel za danou periodu. Obdobně je počítána potřeba pro úklid, která vychází z objemu dávky v dané periodě a plochy bytu. V praxi norma doporučuje počítat s denní potřebou 82 l teplé vody na osobu a den. [8]

V závěru této práce budou porovnány finanční náklady na ohřev teplé vody pro domácnosti čítající 1, 2, 3 a 4 osoby. Předpokládané využívání teplé vody ve dvanáctihodinovém cyklu bude: sprcha 1x, mytí nádobí 2x, mytí rukou 3x. Dle normy ČSN tedy volíme ohříváče s objemy 80l, 160l, 240l, 320l, příkon 2,2 kW, pracovní teplota 60°C. Výsledné ceny ohřevu při použití takto navrženého ohříváče a ohříváče doporučeného aplikací jsou v tabulce Tab.1

osob	doporučený typ dle ČSN	doporučená teplota	cena (Kč)	doporučný typ pomocí aplikace	doporučená teplota	cena (Kč)	rozdíl (Kč)
1	OKCE 50 2kW	60°C	6	OKCE 50 2kW	80°C	9	-3
2	OKCE 125 2.2 kW	60°C	17	OKCE 125 2.2 kW	50°C	14	3
3	OKCE 160 2.2 kW	60°C	23	OKCE 250 2.2 kW	40°C	19	4
4	OKCE 220 2.2 kW	60°C	29	OKCE 220 3 kW	50°C	22	7

* Cena vypočtená z tarifu D61d při ceně 2,08 Kč/kWh

Tab.1 Porovnání nákladů na ohřev vody celého objemu zásobníku v závislosti na vybraném typu a zvolené teplotě

Jak je vidět v tabulce, ceny za ohřev objemu ohřevníku se liší a je tedy patrné, že správná volba může uspořit až 7 Kč za jeden cyklus, tedy pravděpodobně za den. Pouze u varianty jednoho člověka v domácnosti vyšel tabulkový návrh lépe, ale pouze z důvodu, že aplikace doporučuje ohřev na 80°C, protože vychází z vyšší spotřeby než 50l na den. Pokud bychom teplotu omezili na 60°C, bude cena stejná. Je tedy patrné, že aplikace volí ohřevníky dle finančních nákladů na provoz správně. Cenu by ještě ovlivnila podmínka ohřívání na minimální teplotu 60°C z důvodu omezení bakterií ve vodě, toto aplikace nezohledňuje. Jedná se pouze o simulaci za účelem vyhledání nejlevnějšího provozu. V reálné praxi, kde by uživatel požadoval zohlednit minimální teplotu alespoň na 60°C aplikace dokáže poradit také, a to na základě přiložených grafů, kde je zobrazena cena ohřevu všech typů splňující objemový požadavek pro každou teplotu a tak lze z těchto grafů vyčíst další možné řešení.

Závěrem je shrnut postup volby ohřevníku pro domácnost. Nejdříve zohledníme, jak je domácnost vytápěna a zda bude ohřev TUV řešen separátně nebo bude součástí vytápěcího systému. Poté zvážíme četnost využívání TUV, zda se jedná o domácnost s trvalým využíváním nebo o rekreační objekt s nepravidelnou spotřebou.

Pokud dospějeme k závěru, že nejvhodnějším typem ohřevu TUV je elektrický akumulární ohřevník se zásobníkem, bude nejdůležitější určit, jaká spotřeba teplé vody je reálná. Tento výpočet je velmi důležitý a mohla by být vytvořena aplikace pouze k tomuto účelu. Pokud víme potřebný objem, stačí již jen vybrat odpovídající ohřevník tak, aby měl dostatečný objem a zároveň nebyl příliš objemný a neplýtval energií při ohřívání zbytečného množství vody. Zvážíme nastavení pracovní teploty a zvolíme vhodný tarif pro využívání elektrického ohřevu. Postup popsáný v tomto odstavci využívá navržená aplikace, která by mohla pomoci při výběru vhodného ohřevníku, ale především demonstruje rozdíly v ceně ohřevu v závislosti na vybraném typu a nastavené pracovní teplotě.

Použitá literatura

- [1] Kabrhel, M., Peterka, J.: Stavíme energeticky úsporný dům www.tzb-info.cz 1.3.2012
- [2] Hradílek Z. a kol.: Elektrotepelná zařízení, Vydavatelství IN-EL, Praha 1997
- [3] www.dzd.cz 1.3.2012
- [4] Valášek, J.: Zdravotechnická zařízení a instalace. Bratislava: 2001, Jaga group. ISBN 80-88905-65-6
- [5] www.pre.cz 20.3.2012
- [6] Weber M., Breden, M.: Excel VBA – Velká kniha řešení, Computer Press, a.s, Brno 2007
- [7] www.wikipedia.cz 4.5.2012
- [8] Vavříčka, R.: Metody návrhu zásobníku teplé vody, www.tzb-info.cz 8.5.2012
- [9] www.kutil.elektrika.cz 13.5.2012
- [10] www.pruvodcestavbou.cz/regulace-vytapeni 13.5.2012

Příloha

Kód programu aplikace pro Visual Basic for Application:

```
Private Sub ComboBox_tarif_Change()

Sheets("požadavky").Cells(2, 3).Value = ComboBox_tarif.Value

End Sub

Private Sub CommandButton1_Click()

If ComboBox_pocetosob = "" Then MsgBox ("Zadejte počet osob")

If ComboBox_tarif = "" Then MsgBox ("Vyberte tarif")

If Sheets("požadavky").Cells(4, 4).Value = 0 And Sheets("požadavky").Cells(4,5).Value = 0
And Sheets("požadavky").Cells(4, 6).Value = 0 And Sheets("požadavky").Cells(4,7).Value=0
Then MsgBox ("Vyberte alespoň jeden způsob využívání teplé vody")

Sheets("požadavky").Cells(3, 3).Value = ComboBox_pocetosob.Value

End Sub

Private Sub CommandButton2_Exit(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean)

End Sub

Private Sub CommandButton3_Click()

Dim a, b, c, id, radka1, radka2 As Integer

Dim j, k, rada1, rada2 As Integer

Dim cena1, cena2, cisloradky, cislosloupce, g, id_nejvhodnejsi As Integer

Dim teplota As String

Application.ScreenUpdating = False ' nezobrazuje sheety na kterých pracuje
```

' unhide pracovních sheetu

Sheets("pozadavky").Visible = xlSheetVisible

Sheets("vypocet").Visible = xlSheetVisible

Sheets("katalog").Visible = xlSheetVisible

Sheets("rychlost ohřevu").Visible = xlSheetVisible

Sheets("vypocty pro grafy").Visible = xlSheetVisible

Sheets("tarify").Visible = xlSheetVisible

Sheets("pomocne_vypocty").Visible = xlSheetVisible

Sheets("vypocet").Select

Range("B3:B65356").Clear

Sheets("pozadavky").Select

a = Cells(7, 3).Value

b = Cells(20, 3).Value

'porovna požadovanou hodnotu a vybere tu větší (možnost zadat buď četnost užívání jednotlivých spotřeb nebo podle zadaného času a průtoku)

If a > b Then c = a Else c = b

Sheets("katalog").Select ' v c je hodnota hledaného objemu

Range("J1").Select

lastrow = Cells(2, 10).End(xlDown).Row

radka1 = 2

radka2 = 3

For i = 1 To lastrow

d = Cells(radka1, 10).Value

If d > c And d < 3 * c Then id = Cells(radka1, 1).Value Else GoTo nestaci

Sheets("vypocet").Cells(radka2, 2) = id

radka2 = radka2 + 1

nestaci:

radka1 = radka1 + 1

Next

Sheets("vypocet").Select

Sheets("vypocet").Select

Range("C3:G65356").Clear

Sheets("vypocty pro grafy").Select

'hleda splnující obe podmínky pro 40°C

Range("AJ3").Select

lastrow1 = Cells(3, 36).End(xlDown).Row

rada1 = 3

rada2 = 3

For i = 1 To lastrow1

j = Cells(rada1, 36).Value

If j = True Then id2 = Cells(rada1, 1).Value Else GoTo nesplnuje

 Sheets("vypocet").Cells(rada2, 3) = id2

rada2 = rada2 + 1

nesplnuje:

rada1 = rada1 + 1

Sheets("vypocty pro grafy").Select

Next

'hleda splnující obe podmínky pro 50°C

Range("AK3").Select

lastrow1 = Cells(3, 37).End(xlDown).Row

rada1 = 3

rada2 = 3

```
For i = 1 To lastrow1
```

```
    j = Cells(rada1, 37).Value
```

```
    If j = True Then id2 = Cells(rada1, 1).Value Else GoTo nesplnuje1
```

```
    Sheets("vypocet").Cells(rada2, 4) = id2
```

```
    rada2 = rada2 + 1
```

```
    nesplnuje1:
```

```
    rada1 = rada1 + 1
```

```
    Sheets("vypocty pro grafy").Select
```

```
    Next
```

```
'hleda splnujici obe podminky pro 60°C
```

```
    Range("AL3").Select
```

```
    lastrow1 = Cells(3, 38).End(xlDown).Row
```

```
    rada1 = 3
```

```
    rada2 = 3
```

```
    For i = 1 To lastrow1
```

```
        j = Cells(rada1, 38).Value
```

```
        If j = True Then id2 = Cells(rada1, 1).Value Else GoTo nesplnuje2
```

```
        Sheets("vypocet").Cells(rada2, 5) = id2
```

```
        rada2 = rada2 + 1
```

```
        nesplnuje2:
```

```
        rada1 = rada1 + 1
```

```
        Sheets("vypocty pro grafy").Select
```

```
        Next
```

```
'hleda splnujici obe podminky pro 70°C
```

```
    Range("AM3").Select
```

```
    lastrow1 = Cells(3, 39).End(xlDown).Row
```

```
rada1 = 3
```

```
rada2 = 3
```

```
For i = 1 To lastrow1
```

```
    j = Cells(rada1, 39).Value
```

```
    If j = True Then id2 = Cells(rada1, 1).Value Else GoTo nesplnuje3
```

```
    Sheets("vypocet").Cells(rada2, 6) = id2
```

```
    rada2 = rada2 + 1
```

```
    nesplnuje3:
```

```
    rada1 = rada1 + 1
```

```
    Sheets("vypocty pro grafy").Select
```

```
    Next
```

```
'hleda splnujici obe podminky pro 80°C
```

```
    Range("AN3").Select
```

```
    lastrow1 = Cells(3, 40).End(xlDown).Row
```

```
    rada1 = 3
```

```
    rada2 = 3
```

```
    For i = 1 To lastrow1
```

```
        j = Cells(rada1, 40).Value
```

```
        If j = True Then id2 = Cells(rada1, 1).Value Else GoTo nesplnuje4
```

```
        Sheets("vypocet").Cells(rada2, 7) = id2
```

```
        rada2 = rada2 + 1
```

```
        nesplnuje4:
```

```
        rada1 = rada1 + 1
```

```
        Sheets("vypocty pro grafy").Select
```

```
        Next
```

'hledá nejlevnější ohřátí celého objemu

```
Sheets("vypocet").Activate
```

```
cena1 = Cells(3, 8).Value
```

```
cisloradky = 3
```

```
cislosloupce = 8
```

```
id_nejvhodnejši = Cells(cisloradky, cislosloupce - 5).Value
```

```
For g = 1 To 20
```

```
    cena2 = Cells(cisloradky, cislosloupce).Value
```

```
    If cena2 <= cena1 Then teplota = Cells(2, cislosloupce).Value
```

```
        If cena2 < cena1 Then id_nejvhodnejši = Cells(cisloradky, cislosloupce - 5).Value
```

```
            If cena2 < cena1 Then cena1 = cena2
```

```
cisloradky = cisloradky + 1
```

```
Next
```

```
cisloradky = 3
```

```
cislosloupce = 9
```

```
For g = 1 To 20
```

```
    cena2 = Cells(cisloradky, cislosloupce).Value
```

```
    If cena2 <= cena1 Then teplota = Cells(2, cislosloupce).Value
```

```
        If cena2 < cena1 Then id_nejvhodnejši = Cells(cisloradky, cislosloupce - 5).Value
```

```
            If cena2 < cena1 Then cena1 = cena2
```

```
cisloradky = cisloradky + 1
```

```
Next
```

```
cisloradky = 3
```

```
cislosloupce = 10
```

```
For g = 1 To 20
```

```
    cena2 = Cells(cisloradky, cislosloupce).Value
```

```
If cena2 < cena1 Then teplota = Cells(2, cislosloupce).Value

    If cena2 < cena1 Then id_nejvhodnejši = Cells(cisloradky, cislosloupce - 5).Value

        If cena2 < cena1 Then cena1 = cena2

cislórady = cislórady + 1

Next

cislórady = 3

cislósłoupce = 11

For g = 1 To 20

cena2 = Cells(cislórady, cislosloupce).Value

    If cena2 < cena1 Then teplota = Cells(2, cislosloupce).Value

        If cena2 < cena1 Then id_nejvhodnejši = Cells(cislórady, cislosloupce - 5).Value

            If cena2 < cena1 Then cena1 = cena2

cislórady = cislórady + 1

Next

cislórady = 3

cislósłoupce = 12

For g = 1 To 20

cena2 = Cells(cislórady, cislosloupce).Value

    If cena2 < cena1 Then teplota = Cells(2, cislosloupce).Value

        If cena2 < cena1 Then id_nejvhodnejši = Cells(cislórady, cislosloupce - 5).Value

            If cena2 < cena1 Then cena1 = cena2

cislórady = cislórady + 1

Next

Sheets("results").Cells(4, 3).Value = id_nejvhodnejši

Sheets("results").Cells(7, 3).Value = teplota

Sheets("results").Cells(8, 3).Value = cena1
```

'format tabulky na liste results

```
Sheets("results").Select
```

```
Range("B2:C8").Select
```

```
With Selection.Font
```

```
.Name = "Arial"
```

```
.Size = 11
```

```
.Strikethrough = False
```

```
.Superscript = False
```

```
.Subscript = False
```

```
.OutlineFont = False
```

```
.Shadow = False
```

```
.Underline = xlUnderlineStyleNone
```

```
.ColorIndex = xlAutomatic
```

```
End With
```

```
With Selection
```

```
.HorizontalAlignment = xlLeft
```

```
.VerticalAlignment = xlBottom
```

```
.WrapText = False
```

```
.Orientation = 0
```

```
.AddIndent = False
```

```
.IndentLevel = 0
```

```
.ShrinkToFit = False
```

```
.ReadingOrder = xlContext
```

```
.MergeCells = False
```

```
End With
```

```
Selection.Interior.ColorIndex = 36
```



```
Range("B2:C8").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlInsideVertical)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
```

```
.ColorIndex = xlAutomatic

End With

With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)

    .LineStyle = xlContinuous

    .Weight = xlThin

    .ColorIndex = xlAutomatic

End With

Columns("D:D").EntireColumn.AutoFit

Columns("C:C").EntireColumn.AutoFit

Range("C2:C8").Select

Selection.NumberFormat = "0"

Range("A1").Select

Sheets("pozadavky").Visible = xlSheetHidden

Sheets("vypocet").Visible = xlSheetHidden

Sheets("katalog").Visible = xlSheetHidden

Sheets("vypocty pro grafy").Visible = xlSheetHidden

Sheets("tarify").Visible = xlSheetHidden

Sheets("pomocne_vypocty").Visible = xlSheetHidden

Application.ScreenUpdating = True

End Sub

Private Sub CommandButton4_Click()

Unload Me

End Sub
```

```
Private Sub TextBox_cas_Change()
```

```
Sheets("pozadavky").Cells(16, 3).Value = TextBox_cas.Value
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TextBox_nadobi_Change()
```

```
Sheets("pozadavky").Cells(4, 6).Value = TextBox_nadobi.Value
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TextBox_prutok_Change()
```

```
Sheets("pozadavky").Cells(12, 3).Value = TextBox_prutok.Value
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TextBox_ruce_Change()
```

```
Sheets("pozadavky").Cells(4, 7).Value = TextBox_ruce.Value
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TextBox_sprcha_Change()
```

```
Sheets("pozadavky").Cells(4, 4).Value = TextBox_sprcha.Value
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TextBox_vana_Change()
```

```
Sheets("pozadavky").Cells(4, 5).Value = TextBox_vana.Value
```

```
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Activate()  
  
Dim vararray As Variant  
  
Dim i As Integer  
  
TextBox_nadobi.Value = ""  
  
TextBox_vana.Value = ""  
  
TextBox_sprcha.Value = ""  
  
TextBox_ruce.Value = ""  
  
TextBox_prutok.Value = ""  
  
TextBox_cas.Value = ""  
  
Sheets("pozadavky").Cells(4, 4).Clear  
Sheets("pozadavky").Cells(4, 5).Clear  
Sheets("pozadavky").Cells(4, 6).Clear  
Sheets("pozadavky").Cells(4, 7).Clear  
Sheets("pozadavky").Cells(12, 3).Clear  
Sheets("pozadavky").Cells(16, 3).Clear  
Sheets("results").Cells(4, 3).Clear  
Sheets("results").Cells(7, 3).Clear  
Sheets("results").Cells(8, 3).Clear  
vararray = Array("1", "2", "3", "4", "5", "6", "7", "8")  
Sheets("results").Range("C4:C8").Select  
Selection.Interior.ColorIndex = 36  
  
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone  
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone  
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)  
    .LineStyle = xlContinuous
```

.Weight = xlThin

.ColorIndex = xlAutomatic

End With

With Selection.Borders(xlEdgeTop)

.LineStyle = xlContinuous

.Weight = xlThin

.ColorIndex = xlAutomatic

End With

With Selection.Borders(xlEdgeBottom)

.LineStyle = xlContinuous

.Weight = xlThin

.ColorIndex = xlAutomatic

End With

With Selection.Borders(xlEdgeRight)

.LineStyle = xlContinuous

.Weight = xlThin

.ColorIndex = xlAutomatic

End With

With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)

.LineStyle = xlContinuous

.Weight = xlThin

.ColorIndex = xlAutomatic

End With

For i = LBound(vararray) To UBound(vararray)

ComboBox_pocetosob.AddItem vararray(i)

Next

With ComboBox_tarif

.RowSource = "pozadavky!L2:L20"

End With

Cells(2, 3).Activate

End Sub