



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

MOŽNOSTI REKUPERACE TEPLA Z ODPADNÍ ŠEDÉ VODY

GRAY WATER HEAT EXCHANGERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VIKTOR DEVEČKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Bc. JAN FIŠER, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Viktor Devečka

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Možnosti rekuperace tepla z odpadní šedé vody

v anglickém jazyce:

Gray water heat exchangers

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Energetická spotřeba budov ve vyspělých zemích představuje cca 40% celkové spotřeby energie. Vzhledem k tomuto významnému podílu je tedy nezbytné zabývat se snižování této náročnosti a to jak z hlediska ekonomického tak především z hlediska ekologického. Jednou z oblastí s vysokým potenciálem úspor je zpětné získávání tepla z odpadní šedé vody a jeho využití pro předhřev studené vody. Efektivita regenerace tepla je však u těchto zařízení závislá na vhodném umístění zařízení, správném návrhu provozních parametrů a vlastnostech navazujících systémů.

Cíle bakalářské práce:

Proveďte literární rešerši na dané téma a vyhledejte v současné době dostupné výrobky v ČR v daném oboru. Pro vybrané umístění, typy a způsoby provozu rekuperačních výměníků voda/voda proveďte studii energetických úspor. Zhodnoťte výhodnost a oprávněnost případného použití takovýchto zařízení.

Seznam odborné literatury:

- [1] www.tzb-info.cz
- [2] TYWONIAK J.: Nízkoenergetické domy, Grada 2005
- [3] časopis Alternativní energie, CEMC, Praha

Vedoucí bakalářské práce: Bc. Ing. Jan Fišer, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne



doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

Abstrakt

Pri súčasnom napredovaní stavebného priemyslu, a zvyšovaní sa nárokov na pohodlie a komfort bývania sa zvyšujú aj energetické nároky budov. Po vykurovaní sú druhé najväčšie náklady vynakladané na prípravu teplej úžitkovej vody. Jej používanie produkuje šedú odpadovú vodu s vysokou zostatkovou tepelnou energiou, ktorá sa vypúšťa do kanalizácie. Tieto tepelné straty sú problém, ktorý rieši rekuperačný systém tepla zo šedej odpadovej vody.

Predložená práca pojednáva o možnostiach využívania tepla zo šedých odpadových vôd. Zameraná je hlavne na využívanie tepelnej energie odpadových vôd na zníženie nákladov prípravy teplej úžitkovej vody. V práci je analyzovaná spotreba energií v budovách. Následne sa práca zameriava na možnosti využívania tepla zo šedých odpadových vôd. Oboznamuje so spôsobmi rekuperácie a popisuje rekuperačný systém. V práci sú uvedení výrobcovia rekuperačných systémov, ktorý ponúkajú svoje produkty na českom a slovenskom trhu. V závere sú uvedené dve modelové štúdie zhodnocujúce účinnosť rekuperácie.

Kľúčové slová

šedá odpadová voda, rekuperačný výmenník tepla, lokálny, centrálny rekuperačný systém, teplá úžitková voda, energetická štúdia, termostatická batéria, odpadové teplo

Abstract

In the present development of building industry and increasing demands for convenience and comfort of living, energy demands of buildings are also getting higher. After heating, the second largest costs are for the production of hot water. Use of hot water produces grey water with high residual thermal energy, which is drained into sewage. The heat recovery system of grey water solves this heat loss problem.

This paper deals with the possibilities of using the heat of grey water. It is aimed mainly at the use of heat energy from grey water to reduce the cost of preparation of hot water. The paper analyzed the energy consumption in buildings. Subsequently, it focuses on the methods of using heat from grey water. It familiarizes with the methods of thermal energy recovery and describes drain water heat recovery system. Drain water heat recovery systems' producers from Czech and Slovak market are named. In conclusion, there are two modeling studies evaluating heat recovery system's efficiency.

Keywords

grey water, energy recovery heat exchanger, local, central drain water heat recovery system, hot water, energy analysis, thermostatic faucet, waste heat

Bibliografická citácia

DEVEČKA, V. *Možnosti rekuperace tepla z odpadní šedé vody*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojného inženýrství, 2013. 46 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Bc. Jan Fišer, Ph.D..

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že som bakalársku prácu na tému Možnosti rekuperácie tepla zo šedej odpadovej vody vypracoval samostatne s použitím literatúry a prameňov uvedených v zozname.

Dátum:

.....

Viktor Devečka

Pod'akovanie

Týmto by som rád poďakoval Ing. Bc. Jánovi Fišerovi Ph.D. za ústretový prístup a cenné pripomienky a rady, pri vypracovávaní bakalárskej práce.

OBSAH:

1 Úvod	10
2 Ciele a Limity práce.....	11
2.1 Vymedzenie cieľov práce	11
2.2 Vymedzenie limitov práce	11
3 Energetická bilancia obytných jednotiek	12
3.1 Spotreba energie na prípravu TUV	14
3.2 Dôvody využívania a produkcia šedej odpadovej vody	16
3.3 Šedá odpadová voda(ŠOV).....	17
3.3.1 Norma pre ŠOV	17
3.3.2 Definícia ŠOV	18
3.3.3 Delenie ŠOV.....	18
4 Možnosti využitia šedej odpadovej vody.....	18
4.1 Možnosti predhriatia a ohrevu TUV odpadovým teplom	19
4.2 Rekuperačné systémy šedá voda - voda.....	19
4.2.1 Lokálna rekuperácia tepla z ŠOV	20
4.2.2 Centrálna rekuperácia tepla z ŠOV	21
4.2.3 Centrálna rekuperácia tepla z ŠOV s kombinovaným využívaním.....	23
4.2.4 Použitie rekuperácie so zásobníkom na ŠOV.....	23
4.2.4 Centrálny zásobník ŠOV ako zdroj pre tepelné čerpadlo voda - voda	25
5 Rekuperačný systém	25
5.1 Rekuperačný výmenník tepla	26
5.1.1 Umiestnenie tepelných výmenníkov.....	26
5.2 Ponuka rekuperačných výmenníkov na trhu	28
5.3 Súčasti rekuperačného systému.....	31
5.3.1 Termostatická batéria.....	31
6 Modelová energetická štúdia	33
6.1 Produkcia ŠOV	34
6.2 Systém s vaňovým výmenníkom	35
6.3 Systém s centrálnne umiestneným výmenníkom	37
6.4 Súčasný stav využívania rekuperačného systému v praxi	39
6.5 Vyhodnotenie výsledkov a diskusia	39
7 Záver	41
Zoznam použitých zdrojov:	43
Zoznam použitých skratiek a symbolov:	45
Zoznam obrázkov:	45
Zoznam grafov:	46
Zoznam tabuliek:	46

1 Úvod

V dôsledku rýchleho rozvoja ekonomík a spoločnosti v priebehu dvadsiateho storočia došlo v Európe k výraznému nárastu spotreby energie. Tento trend nenastal len v priemysle, ale s rozvojom technológií sa dostáva aj do domácností v snahe zvýšiť životný komfort a pohodlie. Keďže so zvyšujúcou sa celkovou celosvetovou spotrebou energií neustále rastie aj jej cena, je prirodzené, že v priemysle, tak ako aj v domácnostiach, je v súčasnosti snaha o znižovanie spotreby. Tento krok vedie aj k ochrane životného prostredia, pretože väčšina energie sa produkuje za pomoci fosílnych palív, ktorých ťažba a spaľovanie výrazne zaťažuje životné prostredie.

Energetické štúdie, či už štatistické alebo konkrétne vypracované pre dané objekty, nám ponúkajú jasný pohľad na spotrebu domácností v jednotlivých oblastiach ako sú: vykurovanie, ohrev teplej úžitkovej vody, varenie, svietenie, používanie bielej techniky a ostatných prevažne elektronických zariadení. Vďaka nim je možné jednoznačne určiť, kde by sa mali naše snahy o úsporu energií zameriavať a tým aj pozitívne prispieť k ochrane životného prostredia.

Veľká pozornosť sa venuje hlavne vykurovaniu, ktoré tvorí v domácnostiach 55-80% spotreby energie. Toto percento závisí hlavne na úsporných opatreniach, ktoré sa v súčasnosti rýchlo rozvíjajú, a aj vďaka dotáciám Európskej únie, zavádzajú a aplikujú do reálneho života. Ďalej je v súčasnosti kladený dôraz na znižovanie spotreby priamo elektrických spotrebičov ako je osvetlenie, biela technika a ostatné domáce spotrebiče a ich vyvíjanie na úroveň spotreby označenej ako A+ a lepšie.

Stále malý dôraz sa kladie na znižovanie energie vynaloženej na ohrev teplej úžitkovej vody. Štúdie preukazujú, že spotreba energie vynaložená na tento účel predstavuje 20-30%, čiže je to druhý najväčší spotrebiteľ energie v domácnostiach, hneď po vykurovaní a jeho váha v súčasnosti stále rastie. V dnešnej dobe sa zavádzajú mnohé inovačné opatrenia, ktoré šetria energiu na prípravu teplej úžitkovej vody (ďalej už len TUV), ako sú solárne kolektory alebo tepelné čerpadlá využívajúce nízko – potenciálne tepelné zdroje. Aj primárne zdroje a zásobníky TUV prechádzajú inováciami na zvýšenie efektívnosti. Hlavný dôvod prečo je tento podiel spotrebovanej energie stále taký vysoký je, že jednou z hlavných fyzikálnych vlastností vody je vysoká merná tepelná kapacita. Táto vlastnosť je výhodná pri vykurovaní alebo pri akumulovaní tepelnej energie vo forme teplej vody v dostatočne odizolovaných nádobách. Naopak pri výrobe a spotrebe TUV je táto vlastnosť nežiaduca, pretože na jej ohrev spotrebujeme veľké množstvo tepla a teda aj energie a následne, po použití TUV, z nej vznikne teplá šedá odpadová voda, ktorá sa v súčasnej dobe väčšinou ďalej nevyužíva, no stále nesie veľké množstvo energie vo forme tepla, ktoré je možno po rekuperácií znovu využiť.

V predloženej práci som sa zaoberal primárne spätným získavaním tepla zo šedej odpadovej vody a jeho následným využitím na predhrievanie TUV. Tým pádom sa znižuje spotreba energie vynaložená na tento účel. Teplo je udržiavané v uzavretom okruhu a to prináša úspory.

2 Ciele a Limity práce

2.1 Vymedzenie cieľov práce

- Vysvetlenie pojmu Šedá voda, jej charakter a produkcia v domácnostiach.
- Vyhľadanie produktov dostupných na súčasnom trhu potrebných na uskutočnenie rekuperácie tepla zo šedej odpadovej vody s použitím rekuperačného výmenníku voda/voda.
- Návrh modelovej domácnosti a zhodnotenie jej energetickej bilancie, čo sa týka spotreby energie na ohrev TUV a následná produkcia šedej odpadovej vody.
- Aplikácia jednotlivých typov a spôsobov rôznych rekuperačných systémov na modelovú domácnosť.
- Zhodnotenie množstva energie ušetreného rekuperáciou.

2.2 Vymedzenie limitov práce

- Práca sa nezaoberá vyšetrením rekuperácie pri konkrétnych prevádzkových podmienkach, ale len pri navrhovaných modelových podmienkach.
- Práca sa nezaoberá ekonomickou stránkou rekuperácie, teda nezohľadňuje investície potrebné na nákup a inštaláciu systému následne rýchlosť návratu týchto investícií.
- Práca nenavrhuje nové rekuperačné systémy, ale iba aplikuje už existujúce systémy na modelové podmienky.

3 Energetická bilancia obytných jednotiek

Platby za energie v súčasnosti patria k jedným z najvyšších položiek domácností ale aj firiem pri platbách za prevádzkovanie budov. Pri neustále zvyšujúcej sa cene a spotrebe energie sa tomuto problému začína venovať patričná pozornosť. To je tiež dôvod a podnet, prečo sa už aj budovy začali označovať známami energetickej hospodárnosti, tak ako to poznáme napríklad u elektrických spotrebičov. Toto ohodnotenie získavajú na základe výsledkov štúdie vypracovanej konkrétne pre každý objekt a označuje sa aj ako Energetická bilancia (štúdia) budovy. Pri zavádzaní a nastavovaní úsporných opatrení, zohráva táto štúdia dôležitú úlohu kvôli tomu, aby sa finančné prostriedky využívali efektívne a ich návratnosť bola zaručená v reálnej dobe od ich zavedenia. V súčasnosti sú vypracované aj všeobecné energetické štúdie, ktoré sú vyhotovené z veľkého množstva štúdií vyhotovených pre konkrétne objekty a priemerujú ich výsledky. Práve z týchto všeobecných štúdií vo svojej práci vychádzam, pretože cieľom práce je zhodnotenie možnosti rekuperácie tepla zo šedej odpadovej vody pre priemernú domácnosť.

Vykurovanie je jednou z najväčších položiek energetickej spotreby. V podnebnom pásme strednej Európy je vykurovanie obytných priestorov nevyhnutnou podmienkou pre zaistenie tepelného komfortu v zimnom období. Podiel na spotrebe energie v domácnosti tvorí 55 až 80%, táto hodnota závisí na izolačných vlastnostiach, použitej vetracej technike a vlastnostiach vykurovacieho systému. Preto sa mu v dnešnej dobe venuje najväčšia pozornosť. Vytvárajú a vylepšujú sa nové izolačné systémy, vykurovacie zariadenia a ventilačné systémy, ktoré rekuperujú teplo a tým pádom zabezpečujú stálu teplotu vo vykurovaných priestoroch a tepelnú pohodu pri zníženej spotrebe energií. Pri samotnom vykurovaní má spotrebiteľ na výber veľké množstvo kvalitných alternatívnych zariadení ako sú tepelne čerpadlá, solárne panely. Trendy smerujú aj k návratu k starším, no modernizovaným spôsobom vykurovania ako je uhlie, drevo, brikety, krbové vložky so zabudovanými výmenníkmi a k vykurovacím olejom. Pozadu neostávajú ani elektrika a plyn. Prepracované plynové kondenzačné kotle prinášajú veľké úspory a zvýšený komfort prakticky okamžite. Pri správnom nastavení vykurovacieho systému, ako uvádzajú niektoré štúdie, sme schopní znížiť jeho podiel výrazne pod 50%, avšak na úkor toho sa nám začnú zvýrazňovať ostatné položky.

Ohrev TUV je druhým energeticky najnáročnejším procesom v rámci uvažovanej domácnosti. Táto téma je podrobne rozpracovaná v nasledujúcej kapitole.

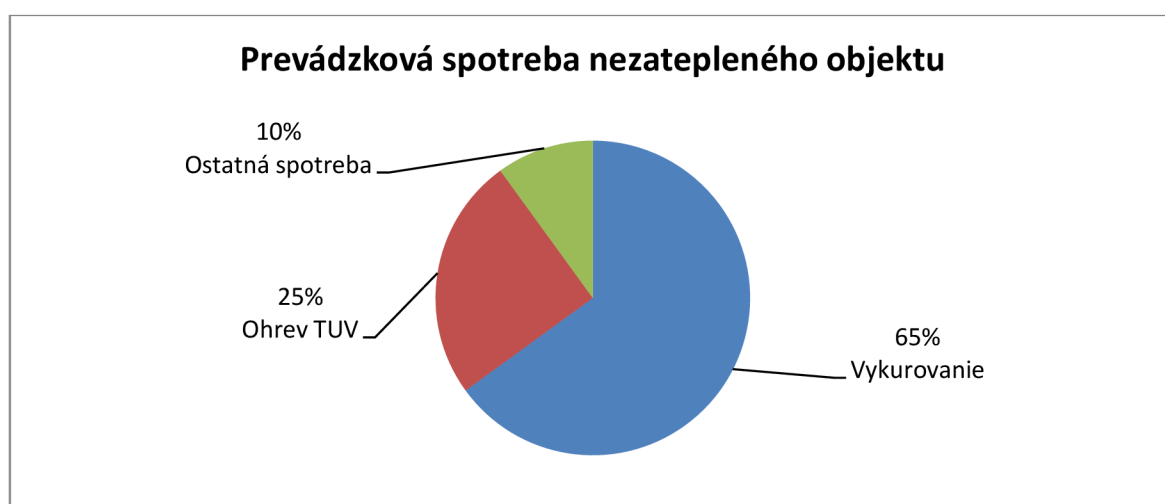
Varenie, pečenie tvorí zhruba 5 až 10% spotreby energie. Spotrebiče slúžiace k úprave a spracovaniu potravín tvoria, kvôli vysokým teplotám pri ktorých pracujú, energeticky náročné vybavenie domácností. Preto je vhodné dodržiavať určité pravidlá pri výbere, obsluhu a údržbe týchto spotrebičov. Napríklad sklokeramické dosky znižujú spotrebu o 30% v porovnaní s klasickými elektrickými varičmi. Zásady úspory energií pri varení sú nasledovné: používanie mikrovlnných rúr, rýchlovarných kanvíc, kávovarov alebo tlakových hrncov, vypínaním platničiek a rúr na pečenie s predstihom a teda využívanie zostatkového tepla a používanie pokrievok a správneho riadu.

Chladienie potravín tvorí 2 až 6% spotreby energie. Zaslúži si pozornosť najmä preto, lebo ako jeden z mála spotrebičov chladnička a mraznička pracujú

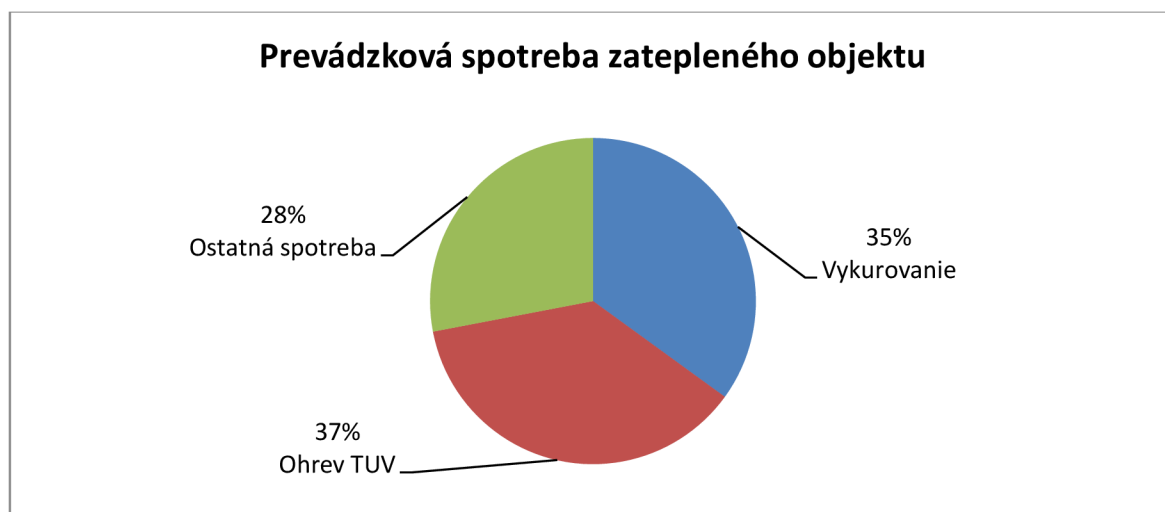
nepretržite. Preto pri porušení zásad správneho používania sa môže spotreba aj pri moderných typoch zvýšiť aj niekoľkonásobne.

Ostatné elektrické spotrebiče spotrebujú v priemere 5 až 10% energie. Do tejto skupiny patrí osvetlenie, pračka, žehlička, umývačka riadu, zábavná a výpočtová technika a ostatné. V tejto skupine je množstvo výrobkov, ktoré sú vyrábané z vysokou úspornosťou a užívatelia majú k dispozícii množstvo informácií ako si vybrať tie vyhovujúce produkty a ako ich efektívne využívať.

Je podstatné rozlišovať obývané objekty na ktorých boli vykonané určité opatrenia energetický úspor, ako sú zateplenie fasády a rozvodov TUV a na objekty, v ktorých dané opatrenia nie sú uskutočnené. Z následných grafov je zrejmá zmena pomerov spotrieb jednotlivých energií. Grafy boli zhotovené z priemerných hodnôt zistených z dostupných zdrojov. Pri správnom a dostatočnom zavedení energetických úspor môže spotreba energie na ohrev TUV prekročiť spotrebu energie na vykurovanie.[1], [2]



Graf 3.1: Podiel energetických nárokov na prevádzku nezatepleného objektu



Graf 3.2: Podiel energetických nárokov na prevádzku zatepleného objektu

3.1 *Spotreba energie na prípravu TUV*

Spotreba energie na prípravu TUV tvorí v bežnej domácnosti 20-30%. Pri zateplených objektoch s moderným vykurovaním sa energetické nároky na prípravu TUV môžu rovnať energetickým nárokom na vykurovanie. Na správne stanovenie energetickej náročnosti ohrevu TUV v budove, je nutné vedieť množstvo teplej vody a tepla potrebného na jej prípravu. Ohrev vody je energeticky náročný proces kvôli vysokej mernej tepelnej kapacite vody, ktorá je zhruba $4,18 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Táto vlastnosť je výhodná pri vykurovaní, ale pri ohreve TUV, ktorá po použití väčšinou odteká do kanalizácie so stále vysokou teplotou je nevýhodou. Tieto energetické nároky sú smerodajné najmä pre domácnosti, ubytovacie zariadenia, ako hotely a penzióny, rekreačné zariadenia, ako kúpaliská, plavárne a sauny. V objektoch tohto typu spotreba TUV lineárne rastie s počtom ľudí žijúcich v domácnostiach alebo využívajúcich rekreačné zariadenia, pričom energia využitá na vykurovanie zostáva prakticky konštantná. Tým pádom percentuálny význam aj množstvo energie spotrebovanej na ohrev TUV môže vyrovnať alebo aj prekročiť energiu spotrebovanú na vykurovanie.

Zavádzanie moderných, ekologických a energeticky nízko náročných spôsobov na ohrev TUV je podporované aj cez projekty európskej únie. Hlavné trendy sa v súčasnosti obracajú najmä na využívanie solárnych tepelných sústav, ktoré využívajú slnečný svit a sú momentálne najrozšírenejším alternatívnym zdrojom TUV pre jednoduchosť inštalácie a výpočtu ich potreby oproti ostatným alternatívnym zdrojom. Druhým významným zdrojom je využívanie tepelných čerpadiel založených na využívaní zdrojov nízko-potenciálneho tepla, ako je energia pôdy alebo potokov. Aj klasické spôsoby ohrevu vody, ako sú bojler a elektrické či plynové prietokové ohrievače sú momentálne na vysokej úrovni a poskytujú podstatne vyššie účinnosti ako v minulosti. Tak isto aj s návratom ku vykurovaniu drevom, sú moderné krbové vložky a pece vybavené výmenníkmi tepla, ktoré sa dajú pripojiť buď k vykurovacej sústave, alebo aj k zásobníku TUV. No ani jeden s týchto systémov nerieši množstvo energie a tepla, ktoré sa stráca pri vypúšťaní teplej šedej odpadovej vody do kanalizácie.

Pri navrhovaní sústavy ale aj počítaní predpokladaných úspor je jedným z hlavných parametrov návrhu spotreba TUV na jedného obyvateľa/osobu a deň. Nasledujúca tabuľka uvádza spotrebu pre vybrané druhy budov, zariadení a prevádzok. Z nich je zrejmé, kde sa oplatí vynakladať prostriedky na zavádzanie úsporných zariadení a využívanie alternatívnych zdrojov a rekuperačných zariadení. Týmito hodnotami a zaoberajú momentálne viaceré výskumy a normy, teda sa dajú očakávať ich ďalšie úpravy a spresňovanie. Pre Českú republiku sa používa stále preklad európskej normy. V konečnom dôsledku tieto čísla závisia hlavne na samotných užívateľoch a ich nárokoch, ale aj na technickom stave rozvodov TUV, izolácií a použitých vodovodných baterií. [3]

Druh budovy	Špecifická potreba teplej vody $V_{w,f,day}$ [l/(merná jednotka . deň)]	Merná jednotka
Rodinný dom	40 až 50	obyvateľ
Bytový dom	40	obyvateľ
Ubytovacie zariadenie	28	lôžko
Hotely	56-132	lôžko
Reštaurácie	10 až 20	jedlo
Kaviarne	20 až 30	miesto na sedenie
Domov mládeže	50	lôžko
Domov dôchodcov	40	lôžko
Nemocnice	56 až 88	lôžko
Administratívne budovy	10 až 15	osoba
Škola	5 až 10	osoba
Športové zariadenia	101	inštalovaná sprcha
Priemyselné závody	30	sprchový kúpeľ

Tab. 3.1) Špecifické potreby teplej vody o teplote 60 °C v rôznych budovách podľa ČSN EN 15316-3-1, [3]

Základom pri znižovaní spotreby TUV by mali byť niektoré úsporné opatrenia samozrejmosťou.

Medzi tieto zásady patrí:

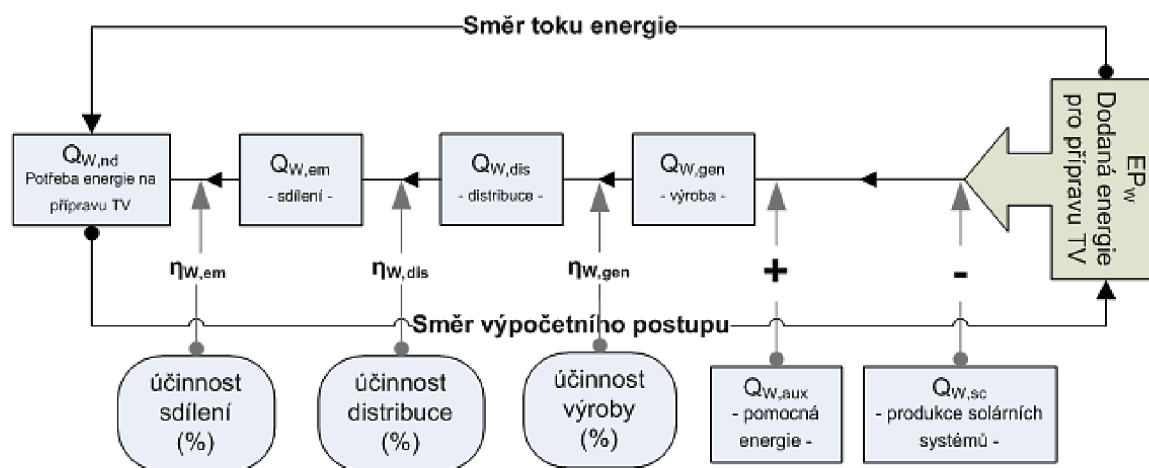
- dodržiavanie doporučenej teploty vody, čo znamená nezaťažovať ohrievacie zariadenia na maximum, zabraňuje to aj usádzaniu vodného kameňa, ktorý ničí výhrevné telesá, znižuje prietok a zvyšuje tepelný odpor pri ohreve.
- nahradiť kúpanie vo vani sprchovaním, len pri sprchovaní môže byť plne využitý rekuperačný systém na úsporu TUV
- používanie pákových alebo ešte šetrnejších termostatických batérií
- neumývať riad a nádoby pod tečúcou vodou, namiesto toho používať úsporné umývačky riadu
- maximálne využívať kapacitu pračky a umývačky riadu
- prívody teplej vody musia byť dostatočne zaizolované a musia byť ťahané čo najkratšími trasami kvôli zníženiu strát vedením
- výmena starého zdroja na prípravu TUV
- zvážiť používanie lokálneho prietokového ohrievača vody, ktorý by mal byť nastavený na konvenčnú teplotu aby sme ohriatu vodu nemuseli miešať studenou
- správna voľba veľkosti ohrievača a zásobníku TUV
- používanie úsporných výtokových hlavíc a perlátorov
- rýchle odstránenie netesností v rozvodoch TUV, platí hlavne pre hromadný spôsob prípravy vody, napríklad v panelových domoch [5],[11]

Správne stanovenie energie spotrebovanej na prípravu TUV za určitý časový úsek (denný alebo ročný), je parameter s vyššou citlivosťou vzhľadom k výsledku výpočtu. Týmto výpočtom sa zaoberá norma ČSN EN 15316-3, ktorá sa skladá z troch

časť. Tieto časti rešpektujú nastavený postup výpočtu energetických spotrieb v zmysle výroba tepla – distribúcia tepla – zdieľanie tepla (prenos tepla). Celková dodaná energia do systému prípravy teplej vody sa stanoví podľa vzťahu [4]

$$Q_{W,gen,out} = Q_W + Q_{W,dis,ls} + Q_{W,st,ls} + Q_{W,p,ls} \quad [4]$$

Kde: $Q_{W,gen,out}$ je celkový výkon zdroja tepla, [MJ/deň];
 Q_W potreba tepla na ohrev vody, [MJ/deň];
 $Q_{W,dis,ls}$ strata tepla v rozvodoch teplej vody, [MJ/deň];
 $Q_{W,st,ls}$ strata tepla v zásobníku teplej vody, (ak je použitý), [MJ/deň];
 $Q_{W,p,ls}$ strata tepla potrubím okruhu zdroja tepla, (ak je použitý), [MJ/deň]. [4]



Obr. 3.1: Schéma znázorňujúca potrebu energie na ohrev TUV [4]

3.2 Dôvody využívania a produkcia šedej odpadovej vody

Spotreba vôd v celosvetovom meradle neustále narastá, čo je očakávaný faktor vzhľadom k rozvíjajúcemu sa priemyslu, ekonomike rozvojových krajín, neustálemu rastu obyvateľstva a zvyšovaniu životnej úrovne a komfortu. Postupné znečisťovanie životného prostredia kvôli týmto faktorom spôsobuje ubúdanie zdrojov pitnej vody. Preto sa vo vyspelých krajinách zavádza systém udržateľného rozvoja a začala sa jeho aplikácia v oblasti technických zariadení budov. Momentálne sa v Európe ustálila spotreba vody na hodnote 150l/osobu/deň zatiaľ čo napríklad v Severnej Amerike je spotreba vody stále na hodnote 300l/osobu/deň.[7] Uvedomovanie si zriedkavosti vody v niektorých regiónoch sveta a lepší management vodných zdrojov podľa princípov udržateľného rozvoja vedie k lepšej kontrole spotreby vody v budovách.

Šedú odpadovú vodu možno z energetického hľadiska rozdeliť na studenú a teplú. Studená odpadová voda je nevyužitelná, čo sa týka rekuperačného systému, ale má stále veľký význam v spätnom využití v ostatných smeroch recyklácie a šetrenia vody. Teplá šedá odpadová voda má veľký význam aj čo sa týka energetickej stránky spätného využívania, ale je potrebné toto teplo jej odobrať čo najskôr po jej vytvorení, teda po použití TUV aby bola návratnosť čo najefektívnejšia. Z tabuľky 1. Môžeme ľahko vyvodit', že pri oddelení odpadového

potrubia so šedou odpadovou vodou od potrubia odpadovej vody znečistenej fekáliami, je množstvo vyprodukovanej teplej šedej odpadovej vody na stanovenú jednotku a deň rovné spotrebe TUV. Teplota šedých vôd z pračiek kolíše v rozmedzí 28 až 32°C, z vaní, sprch a umývadiel medzi 18 až 38°C. Táto odpadová voda nesie so sebou stále využiteľnú energiu vo forme tepla spotrebovaného na jej ohriatie a pri zavedení rekuperačného systému je možné určitú časť energie znova využiť a tým pádom ušetriť energiu. Následne sa môže ochladená šedá odpadová voda bez problémov využiť na ďalšiu recykláciu. [6], [7]

3.3 Šedá odpadová voda(ŠOV)

Vo svetovom meradle je využívanie šedých odpadových vôd v určitých oblastiach zavedenou bežnou praxou. Jedná sa hlavne o krajiny a oblasti, kde je cena vody príliš vysoká alebo sa jedná o krajinu s obmedzenými zdrojmi pitnej vody.

V Českej ani Slovenskej republike nie je zatiaľ situácia na takej úrovni, aby náklady na prechod využitia vyčistenej odpadovej vody boli plne zdôvodnené, pretože nie je aktuálna potreba zaoberať sa šedými odpadovými vodami ako zdrojom z kvalitatívneho hľadiska. Problémom nie je len technická stránka, ale tiež názor širokej verejnosti na opätovné využívanie vyčistených odpadných vôd. Spätne využívanie vyčistených šedých odpadových vôd tak v Českej republike neobmedzuje žiadny zákon, vyhláška ani predpis. Pre konkrétne oblasti využitia by sa takáto voda skúmala z hľadiska ukazovateľov kvality pitnej vody, teda podľa vyhlášky č.252/2004 Sb., ktorou sa stanovujú hygienické požiadavky na pitnú a teplú vodu a početnosť a rozsah kontrol pitnej vody. Posúdenie, či je vhodné využívať vyčistenú odpadovú vodu, by prebiehalo individuálne so zohľadnením požiadaviek na kvalitu vody v danej oblasti použitia. [6]

3.3.1 Norma pre ŠOV

V Českej ani Slovenskej republike nie je momentálne zavedená žiadna norma, ktorá by sa zaoberala kvalitou šedých odpadových vôd. Je teda potrebné pozrieť sa na situáciu v tejto oblasti do zahraničia. Vo Veľkej Británii bola v roku 2010 vydaná norma zaoberajúca sa systémom šedých odpadových vôd (BS 8525), ktorá obsahuje odporúčania týkajúce sa kvality šedých vôd a ich monitorovania.[6]

V súčasnosti sa ale pripravuje ČSN 75 6780 Využitie šedých a dažďových vôd v budovách a na prilahlých pozemkoch. Tá by mala byť univerzálnym návodom, ako problematiku šedých vôd riešiť.[8]

Podľa tejto normy je nevyhnutné, aby systém šedých vôd bol navrhnutý tak, že bude zaistená vhodná výroba vody pre daný účel a nevznikne žiadne riziko na ohrozenie zdravia obyvateľstva. Nie je nutné časté testovanie vzoriek vody, avšak sledovanie kvality vody by malo byť uskutočňované počas údržby, aby bol overený výkon potrubí a systémov spracúvajúcich šedú vodu. Pokiaľ systém nepracuje uspokojivo, mali by byť zistené príčiny a prípadné problémy zo spotrebou vody zo systému. Testovanie vody ihneď po uvedení systému do prevádzky sa neodporúča, pretože systémy sú obecné plnené z verejného vodovodu, aby sa uľahčilo testovanie príslušenstva. Kvalita vody preto ihneď po vykonaní údržby nie je tým pádom reprezentatívna pre bežné šedé odpadové vody. [6]

3.3.2 Definícia ŠOV

Šedá odpadová voda dostala pomenovanie podľa sfarbenia a zahŕňa odpadové vody neobsahujúce fekálie a moč, ktoré odtekajú z umývadiel, pračiek, vaní, sprch, drezov a pod. Šedé odpadové vody sa ďalej produkujú v hoteloch, reštauráciách, relaxačných centrách, wellnessoch, na kúpaliskách, ubytovacích zariadeniach a miestach kde sa zhromažďujú ľudia. Ich chemicko-fyzikálne vlastnosti sa líšia v závislosti na tom kde boli vyprodukované. Miesto produkcie má taktiež vplyv aj na zákal a látky plávajúce vo vode. Podľa toho môžeme vodu rozdeliť na vodu vhodnú k recyklácií a podmienene vhodnú k recyklácií. Po úprave ŠOV získavame kvalitnú úžitkovú vodu, ktorú označujeme ako bielu vodu. Tá má potom široké využitie pri splachovaní toaliet, polievaní záhrad či praní. [5]

3.3.3 Delenie ŠOV

Musíme rozlišovať šedé odpadové vody, ktoré sú využiteľné pre rekuperáciu, a ktoré nie. Ide o energetický potenciál tejto vody, čiže teplotu. Pri lokálnom rekuperačnom systéme sa využívajú energetické úspory systému len v prípade spotreby TUV. Avšak pri zavádzaní centrálnych rekuperačných systémov (napríklad v bytovom dome) treba brať do úvahy aj ostatných producentov odpadových vôd, ktorí môžu produkovať odpadovú vodu aj o nižšej teplote, teda prakticky o teplote studenej vody. Tým pádom sa nami produkovaná teplá šedá odpadová voda mieša so studenou čiže sa celá úspornosť a účinnosť rekuperácie stráca. Preto je potrebné inštaláciu systému v takýchto podmienkach zvážiť. Pri veľkých prevádzkach typu hotely, internáty, ubytovne, sa dá predpokladať vyššie percento produkcie šedej odpadovej vody so zvýšenou teplotou zo sprch a umývadiel a produkcia studenej odpadovej vody je nižšia. [5]

4 Možnosti využitia šedej odpadovej vody

Šedá odpadová voda predstavuje hodnotný obnoviteľný zdroj, ktorý pri správnom využití umožňuje šetrenie vody, môže znížiť spotrebu pitnej vody, napríklad pri jej využívaní na splachovanie WC, a energie v obývaných objektoch. Opätovné využívanie šedej vody, môže viesť tiež k zníženiu vypúšťania odpadových vôd do kanalizácie, tým pádom by sa redukovali náklady vynaložené na jej čistenie a teda aj na infraštruktúru. Pre konkrétneho spotrebiteľa to prináša okamžitú úsporu na vodnom a stočnom. Spätné využívanie šedých vôd je významné pre administratívne budovy, hotely, nemocnice, školy, rekreačné zariadenia, rodinné domy a potravinársky priemysel. Zaviesť systém rekuperácie a spätného využívania šedých vôd v týchto objektoch je vhodné nie len pri ich výstavbe, ale taktiež pri ich rekonštrukciách. Je však potrebné spočítať rentabilitu využívania šedej vody v rámci budovy.

Dôležitým faktorom pri spätnom využívaní šedých odpadových vôd je rozdelenie odpadného potrubia na potrubie, ktoré odvádza tento typ vody a potrubie odvádzajúce odpadovú vodu z toaliet, teda vodu znečistenú fekáliami.

Tento krok prináša so sebou zvýšené náklady ale vzhľadom na zvyšujúcu sa cenu vody a energií sa stáva významnejším a rentabilnejším.

Šedú vodu môžeme využívať buď priamo alebo nepriamo. Medzi priame spôsoby parí napr. využívanie tejto vody na splachovanie v toaletách, čo výrazne zníži spotrebu pitnej vody, alebo na umývanie podláh. Ďalej sa do tejto skupiny zahrňuje využívanie šedej odpadovej vody na polievanie záhrad a zavlažovanie trávnikov, pri tomto spôsobe sa ale odporúča z vody aspoň čiastočne odstrániť čistiace prostriedky použitím filtrov. Podľa predpisov by sa takto skladovaná voda mala spotrebovať do 24 hodín. Vodu používanú na tieto účely je možné doplniť aj dažďovou vodou, ktorá je vizuálne čistejšia. Avšak ani šedá ani dažďová voda nedosahujú kvalitu pitnej vody ani po úprave, je nutné všetky potrubia so šedou a dažďovou vodou zreteľne označiť aby bolo zrejmé, že sa nejedná o pitnú vodu.

Keďže odpadová šedá voda vyprodukovaná v kúpeľniach a kuchyniach je prevažne teplá, obsahuje stále dostatok energie, ktorá sa dá pri odobraní ďalej využiť. Tento spôsob považujem za nepriame využívanie šedej odpadovej vody a ďalej sa mu budem venovať v nasledujúcom texte. [6], [7], [8]

4.1 Možnosti predhriatia a ohrevu TUV odpadovým teplom

Panelové domy, kancelárske budovy, hotely, rodinné domy s ventilačnými systémami produkujú veľké množstvo odpadového tepla vo forme vzduchu odvedeného ventiláciou. Jedná sa o teplo ktoré je vypúšťané do okolitého prostredia ventilačným potrubím pri vetraní toaliet, kúpeľní a celých obytných priestorov. Pri zavedení rekuperačnej jednotky vzduch - voda, môžeme toto teplo získavať naspäť vo forme TUV. Tento rekuperačný systém ponúka firma CIAT TRADE s.r.o. Jednotka Ecociat sa montuje na strechu alebo do podkrovia týchto objektov.

Druhý spôsob predhrievania TUV, je spôsob, ktorému sa v tejto práci venujem primárne a to je získavanie tepla zo šedej odpadovej a jeho využívanie na ohrev studenej vody, ktorá sa mieša v termostatickej batérii s TUV a tým pádom sa znižuje spotreba TUV. Ďalší spôsob využitia tohto konkrétneho systému je v predhrievaní studenej vody vtekajúcej do zariadenia určeného na ohrev TUV a zásobníku TUV. Výhodnosť jednotlivých riešení závisí na požiadavkách zákazníka, rozsahu použitia a zavedenia daného systému. [9]

4.2 Rekuperačné systémy šedá voda - voda

Jedná sa o rekuperčný systém, ktorý je veľmi výhodný pretože prináša úsporu a efekt okamžite po jeho nainštalovaní, a je aktívny priamo v mieste spotreby. Odoberanie tepla z odpadnej šedej vody môže prebiehať buď lokálne alebo centrálné. O voľbe, ktorú metódu je výhodnejšie použiť rozhoduje prietok šedej odpadovej vody. Pre menšie aplikácie a rodinné domy je investične zaujímavejšia lokálna rekuperácia tepla, ktoré reaguje na aktuálnu spotrebu. U väčších aplikácií je možno odpadnú vodu akumulovať odobrať z nej potrebné teplo a až potom ju vypustiť do kanalizačnej siete alebo čističky odpadových vôd. Účinnosť tejto rekuperácie závisí hlavne na vstupných faktoroch produkcie šedej odpadovej vody a teda spotrebe TUV. Medzi tieto faktory patrí napríklad množstvo, zloženie, teplota, typ zariadenia ktoré ju produkuje, aká je návštevnosť zariadenia,

frekvencia prevádzky a najmä životný štýl obyvateľstva, ktoré využíva tieto zariadenia. Aj napriek mnohým týmto faktorom závislosti, môže byť využitie energie z týchto vôd rentabilné. Preto sa touto tematikou zaoberá aj vývojový projekt TAČR. Najvýhodnejšie sa javí individuálne posúdenie každého objektu. Logické je, že ekonomické aj energetické výsledky budú omnoho lepšie na miestach, kde je vyššia produkcia šedých odpadových vôd a kde sa vypúšťa voda s vyššou teplotou. Teda miesta kde sa s teplou vodou nešetří alebo sa šetriť nedá.

Pre zavedenie týchto spôsobov rekuperačných systémov je potrebné uskutočnenie stavebných úprav a úprav na vedeniach s teplou vodou a s odpadovou vodou. Najpodstatnejšou časťou rekuperačnej jednotky je rekuperačný výmenník tepla, ktorý prenáša teplo z teplej šedej odpadovej vody na studenú vodu. V prvom spôsobe putuje predhriata voda následne na ďalší ohrev, teda nie je potrebné také veľké množstvo energie na dosiahnutie požadovanej teploty TUV. Druhým spôsobom je ohrievanie studenej vody vstupujúcej do do termostatickej batérie na zmiešavanie s TUV a tým pádom znižuje jej spotrebu. Na základe umiestnenia rekuperačného výmenníka a spôsobu jeho prevedenia sa tieto rekuperačné systémy rozlišujú na centrálné, alebo lokálne, pri nich sa využíva termostatická batéria kvôli zabezpečeniu stálej teploty vytekajúcej z kohútika. Centrálné rekuperačné systémy sa umiestňujú na hlavnom zbernom potrubí so šedou odpadovou vodou a odvádzajú predhriatu studenú vodu na ďalší ohrev. Môžu byť spojené so zásobníkom na šedú odpadovú vodu, ale zavedenie zásobníku je výhodné len pri veľkých prevádzkach a veľkej produkcii šedej odpadovej vody s vysokou teplotou, aby prípadná studená šedá odpadová voda zbytočne neodoberala energiu.

Oddelenie potrubia so šedou odpadovou vodou od potrubia s čiernou odpadovou vodou by malo byť pri využívaní týchto systémov samozrejmosťou, pretože zvyšuje účinnosť aj životnosť systému a uľahčuje údržbu. Taktiež je výhodné zaizolovať tieto potrubia najmä pri centrálnom systéme na zvýšenie účinnosti rekuperácie. [8],[10],[11]

4.2.1 Lokálna rekuperácia tepla z ŠOV

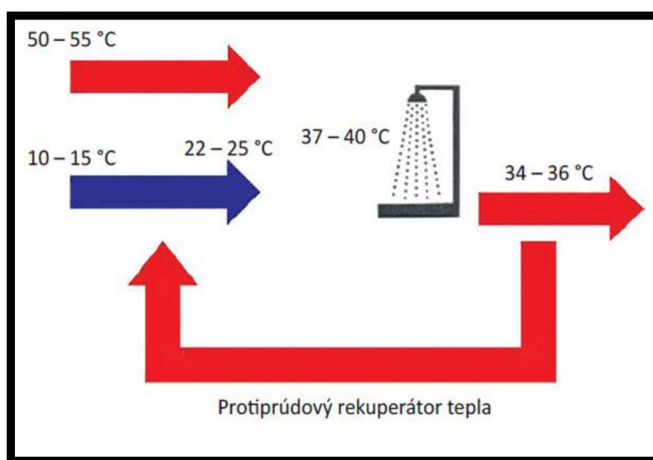
Lokálna rekuperácia je výhodnejšia pre rodinné domy a byty bez vlastného zdroja TUV. V týchto objektoch nie je spotreba TUV uskutočňovaná vo veľkých objemoch a odpadové potrubie tu dosahuje aj tak výraznú dĺžku, na ktorej by sa teplo strácalo. V bytoch ďalej nie je priestor na uskutočnenie oddelenia odpadového potrubia so šedou a čiernou odpadovou vodou. Najefektívnejšie a najjednoduchšie je zavedenie vaňového rekuperátora šedej vody. Tento rekuperátor sa umiestňuje na odpadné potrubie šedej vody priamo pod vaňu alebo pod sprchovací kút, pričom nie je problém pripojiť na toto potrubie aj odpadové potrubie umývadla s kúpeľne, čím sa môže efektívnosť rekuperácie len zvýšiť. Pri tomto usporiadaní a zavedení lokálnej rekuperácie je nutné použiť termostatickú batériu, ktorá zabraňuje výraznému kolísaniu teplej vody vychádzajúcej z vodovodného kohútika, ku ktorému by dochádzalo na základe ohrevu studenej vody vtekajúcej do batérie. Rekuperátor má v sebe integrovaný protiprúdový výmenník tepla, ktorý odoberá teplo teplej šedej odpadovej vode a následne ho predáva do prítoku studenej vody do termostatickej batérie. Termostatická batéria udržuje stály prietok a teplotu vytekajúcej vody. Znížená spotreba TUV je zabezpečená vďaka zvýšenej teplote

studenej vody pritekajúcej do systému, čiže nie je potrebné také veľké množstvo TUV na dosiahnutie požadovanej výtokovej teploty.

Tento princíp je funkčný bohužiaľ len pri sprchovaní, čiže keď šedá odpadová voda odteká priamo po použití odpadovým potrubím cez rekuperačné zariadenie. Pri vaňových kúpeľoch sa daný efekt nedostavuje z dôvodu, že teplá voda sa spotrebováva v inom čase ako odteká šedá voda rekuperátorom, čiže sa systém míňa účinku. Na odpadové potrubie vedúce do lokálneho rekuperačného systému je možné pripojiť v podstate všetky zdroje produkujúce šedú odpadovú vodu s využiteľnou teplotou, na zvýšenie účinnosti ale pri lokálnej rekuperácii sa ohrieva len studená voda privádzaná len k jednému odbernému miestu, čiže pre plné využitie by bolo potrebné svoj denný režim nastaviť napríklad podľa spúšťania jednotlivých spotrebičov produkujúcich požadovanú odpadovú vodu. [10]



Obr. 4.1: Lokálna rekuperačná jednotka na predhrievanie studenej vody v sprchovom kúte[11]



Obr. 4.2: Schéma energetického zisku při využívaní rekuperácie tepla z ŠOV[11]

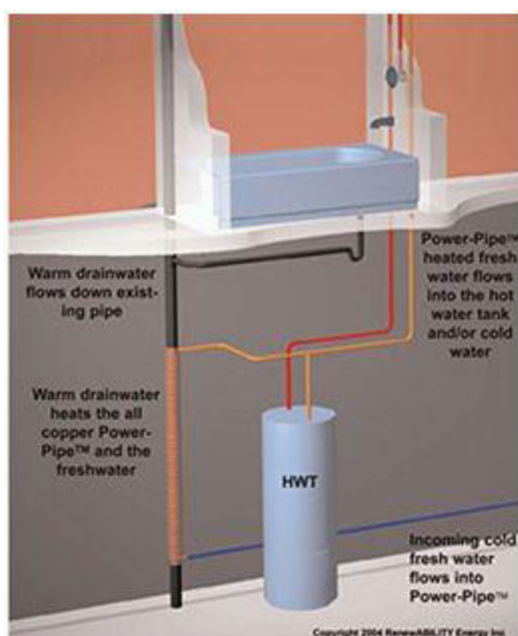
4.2.2 Centrálna rekuperácia tepla z ŠOV

Centrálneho systému rekuperácia tepla zo šedej odpadovej vody je výhodnejší najmä pre väčšie objekty, ako sú rodinné domy s väčším počtom členov rodiny, pri panelových domoch s centrálnou výrobou TUV, Hotely a rekreačné zariadenia. V týchto zariadeniach je výhodné tento systém zavádzať priamo pri výstavbe alebo pri kompletnej rekonštrukcii aby sa oddelilo potrubie zo šedou a čiernou odpadovou vodou, kvôli zvýšeniu účinnosti, návratnosti a návratnosti investície ale hlavne aj kvôli zjednodušeniu údržby. Pri tomto systéme sa umiestňuje rekuperačný výmenník na centrálnu zbernú potrubie šedej odpadovej vody. Výmenník je možné umiestniť na všetky stupačky šedej odpadovej vody a to do zvislej alebo horizontálnej polohy. Je však otáznosť, ktorá z pozícií rekuperačného výmenníka je účinnejšia, pretože pri zvislom umiestnení je teplota šedých odpadových vôd vyššia, ale pretekajú výmenníkom omnoho rýchlejšie, čiže čas na prechod tepla medzi médiami výmenníka a odpadovou vodou je kratší. Zatiaľ čo pri umiestnení

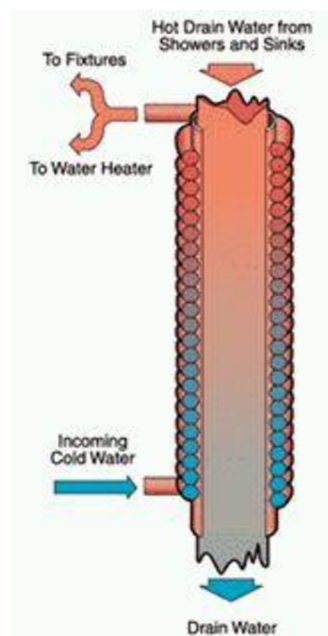
výmenníka v časti odpadového potrubia kde ma takmer horizontálnu polohu, je prietok odpadových vôd pomalší, ale šede vody majú už zníženú teplotu, pretože už prekonalí značný úsek v odpadovom potrubí. Za úvahu by v oboch prípadoch stálo zaizolovanie odpadového potrubia, ktoré by znížilo straty tepla šedej odpadovej vody.

Centrálny systém rekuperácie sa líši aj v spôsobe ohrievania studenej vody. Pri prvom spôsobe môžeme ohrievať studenú vodu púšťanú do rozvodov priamo k odberným miestam ako pri lokálnej rekuperácii. Tento spôsob rekuperovania ma vyššiu účinnosť, ale studená voda vytekajúca z kohútikov priamo na odberných miestach by mala v podstate stále zvýšenú teplotu, ktorá by nebola založená na konkrétnych požiadavkách odberateľa, čo je v podstate nežiaduci faktor, pretože by sa teplo a energie získané rekuperáciou mohlo spotrebovávať neefektívne na nepotrebných miestach a následne by sa nevyužívalo v mieste potreby. Tým pádom by sa systém minul účinku a bol by nerentabilný.

Pri zavedení Centrálnej rekuperácie je výhodnejšie využívať získané teplo na predhrievanie studenej vody, ktorá následne putuje na ďalšie dohriatie na požadovanú teplotu a do zásobníka TUV. Tento princíp je menej účinný, pretože sa získaná energia vo forme tepla nevyužíva okamžite a v zásobníku dochádza k následným stratám. Ale daný spôsob je výhodnejší pre samotného spotrebiteľa, ktorý má zaručenú stálu teplotu výtokovej studenej vody a teplo získané rekuperáciou sa využíva následne na požadovaný účel, teda na zníženie spotreby energie na ohrev TUV. Ďalšia nezanedbateľná výhoda predhrievania vody pred ohrievačom a zásobníkom TUV je to, že nemusí byť použitá termostatická batéria, ktorá je citlivým prvkom celého systému a výrazne ho predrahuje, hlavne pri zavádzaní vo veľkých objektoch.[12]



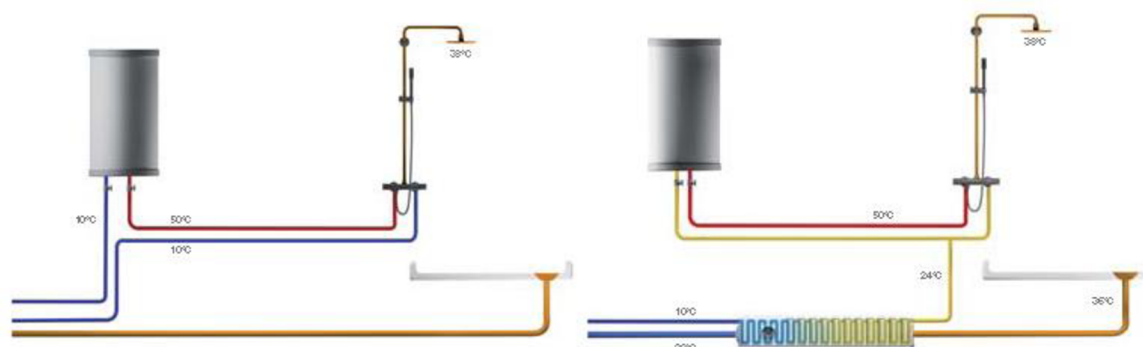
Obr. 4.3: Schéma pripojenia tepelného výmenníka na centrálne zberné potrubie ŠOV[12]



Obr. 4.4: Nákres rúrkového výmenníku Power-pipe, určeného na pripojenie odpadovému potrubiu[12]

4.2.3 Centrálna rekuperácia tepla z ŠOV s kombinovaným využívaním.

Pri tomto spôsobe zapojenia sa odvádza predhriata studená voda na priame zmiešanie s TUV v termostatickej batérii na miesto odberu a zároveň sa časť vody odvádza na nasledovné dohriatie do zdroja TUV. Tento spôsob je náročnosťou inštalácie najnáročnejší a jeho zavedenie v už postavenej budove by bolo veľmi obtiažne. Tepelný výmenník sa inštaluje na centrálné zberné potrubie kde odoberá teplo s pritekajúcej šedej vody. Na vývode ohriatej studenej vody je nainštalovaný rozbočovač, ktorým sa odvádza táto voda aj na miesto spotreby napr. sprcha, aj na ďalšie dohriatie do zdroja TUV. Tento spôsob je výhodné využívať vo veľkých sprchách, práčovniach a prevádzkach, kde sa predpokladá spotreba TUV ale nie o plnej výrobnéj teplote. Keďže pri tomto type inštalácie rekuperačného systému je v rozvode so studenou vodou, voda o vyššej teplote (nad 15°C), pre domácnosti, obytné domy alebo hotely je tento spôsob zapojenia nežiaduci, pretože je často využívaná a potrebná aj studená voda o nízkej teplote. Kombinovaná spotreba predhriatej vody spôsobuje zvýšený prietok studenej vody výmenníkom, čiže sa vody nestihne ohriať na tak vysokú teplotu. Logicky by mal byť prietok studenej vody a ŠOV výmenníkom zhodný. Aj keď sa studená voda neohreje na takú vysokú teplotu ako pri jej vysokú teplotu ako pri jednoduchších spôsoboch rekuperácie z grafov pre rekuperačné výmenníky vyplýva, že energetické zisky sú vyššie. Pri zavádzaní tohto spôsobu rekuperácie, je potrebné zhodnotiť návratnosť a náklady potrebné na jeho realizáciu v porovnaní s ostatnými systémami.[13]

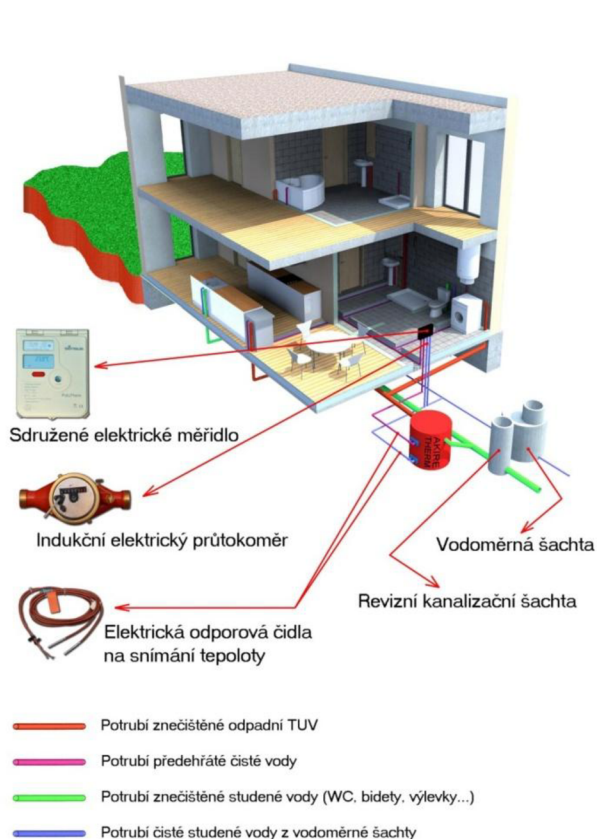


Obr. 4.5: Schéma pripojenia tepelného výmenníku na kombinované využívanie predhriatej vody[13]

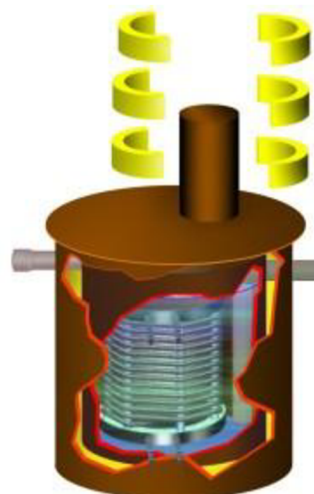
4.2.4 Použitie rekuperácie so zásobníkom na ŠOV

Pre dostatočne veľké objekty je tu možnosť využitia rekuperačného zariadenia so zásobníkom šedej odpadovej vody. Toto zariadenie má za úlohu zachytávať veľké množstvo šedej odpadovej vody so zostatkovým teplom a následne ho odoberať a ďalej využívať. To sa ale oplatí iba pri veľkých objektoch ako sú napríklad rekreačné zariadenia, kúpaliská alebo priemyselné chemické alebo potravinárske závody, v ktorých je veľká spotreba TUV, teda z toho vyplývajúca aj

produkcia šedej odpadovej vody. Tento spôsob a usporiadanie rekuperačného systému umožňuje plynulejšie a efektívnejšie odoberať teplo z odpadovej vody a lepšie reaguje na kolísajúcu spotrebu TUV. Jeho konštrukcia nie je náročná a ako médium do obežnej sústavy výmenníku môžeme pustiť samotnú studenú vodu, ktorá po predhriatí putuje na dohrievanie do zdroja TUV. Pri rekuperačnom výmenníku so zásobníkom je potrebné správne navrhnuť veľkosť rezervoára na odpadovú vodu aby sa voda obmieňala ideálnou rýchlosťou, teda aby nedochádzalo pri malom prítoku do veľkej nádoby ku zbytočným stratám tepla z odpadovej vody a tým by sa rekuperácia míňala účinkom. Ohriatu studenú vodu je výhodnejšie posielat' na ďalší ohrev na požadovanú teplotu, z dôvodov ktoré som spomenul už pri Centrálnom rekuperačnom systéme bez zásobníka ako sú potreba studenej vody o stálej teplote a používanie klasických pákových batérií namiesto termostatických, ktoré je potrebné inštalovať pri Lokálnom rekuperačnom systéme.[14]



Obr. 4.6: Schéma pripojenia centrálného rekuperačného výmenníku so zásobníkom ŠOV[14]



Obr. 4.7: Rekuperačná jednotka so zásobníkom ŠOV[14]

4.2.4 Centrálny zásobník ŠOV ako zdroj pre tepelné čerpadlo voda - voda

Pre dostatočne veľké objekty, viz predchádzajúca kapitola, produkujúce veľké množstvo odpadovej šedej vody je možnosť inštalácie tepelného čerpadla, ktoré využíva ako zdroj tepla zásobník, v ktorom sa zhromažďuje šedá odpadová voda. Jedným z úskalí tohto opatrenia je, že tepelné čerpadlo je schopné ochladiť odpadovú vodu pod bod mrazu. Pokiaľ by sme nechali tepelné čerpadlo odobrať teplo zo šedej vody bez kontroly teploty, tak sa môže stať že zásobník zamrzne, čím by sa mohol rekuperačný systém a zásobník neopraviteľne poškodiť. Prácu tepelného čerpadla je preto potrebné pozorne kontrolovať zavedením meracích prístrojov, z ktorých údaje bude vyhodnocovať integrovaný program. Teplo zo zásobníka je potrebné odoberať iba pri požadovanom prietoku a teplote šedej vody a určitej spotrebe TUV o požadované teplote. Pri prekročení limitnej teploty alebo spotreby musíme tepelnému čerpadlu umožniť odoberanie tepla z iného zdroja, ako je napríklad vrt alebo neďaleký potok. Prípadne kombinovať tepelné čerpadlo s iným zdrojom tepla. [12]



Obr. 4.8: Schéma pripojenia centrálného rekuperačného výmenníku so zásobníkom ŠOV[12]

5 Rekuperačný systém

Celý rekuperačný systém je tvorený dvomi zariadeniami, ktoré je potrebné zabezpečiť na fungovanie, a treťou súčasťou je teplá šedá odpadová voda, ktorá je zdrojom rekuperovanej energie vo forme tepla. Prvým zariadením je samotný rekuperačný výmenník, ktorý sprostredkováva teplo tým, že ho odberá zo šedej

odpadovej vody a následne ho predáva studenej vode, čím udržuje tepelnú energiu v uzavretom okruhu a teda je priamym sprostredkovateľom úspor. Druhá technická časť rekuperačného systému, termostatickú batériu, je nevyhnutné použiť len pri lokálnej rekuperácii alebo pri centrálnej rekuperácii kde sa ohrieva studená voda vtekajúca priamo do odberných miest. Termostatická batéria zabezpečuje stálu teplotu výtokovej vody a stály prietok. Tým pádom spĺňa aj bezpečnostnú úlohu. Práca sa má zaoberať aj výberom produktov a ich opisom. V nasledujúcej stati bližšie predstavujem a opisujem jednotlivé časti rekuperačných systémov a ponúkam prehľad výrobkov dostupných na trhu.[8],[9],[13]

5.1 Rekuperačný výmenník tepla

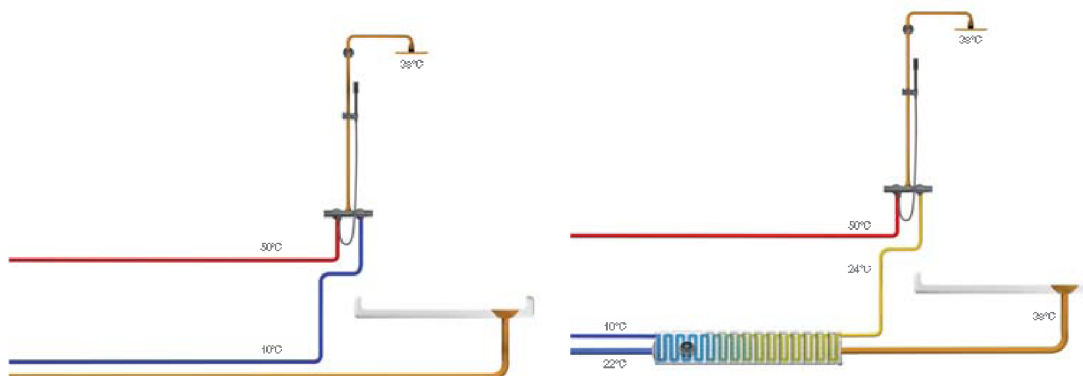
Tepelný výmenník zabezpečuje prechod tepelnej energie zo šedej odpadovej vody do studenej vody, a teda je sprostredkovateľom rekuperácie. K predaniu energie dochádza na teplo-výmenných plochách výmenníka. V ideálnom prípade ak by sme zanedbali tepelné odpory teplovodných stien výmenníka medzi tekutinami by sa predalo všetko teplo z odpadovej vody studenej vode, ale to väčšinou nie je možné kvôli kolísavému prietoku, určitej dĺžke nábehového času a zotrvačnosti, ktoré sú spôsobené najmä prietokom vody. Do úvahy treba zobrať aj sekundový prietok výmenníkom jednotlivých zložiek, na základe ktorého sa dajú z grafu určiť tepelné zisky. V súčasnosti sa pohybujú kapacity od 0,2l/s až po 8l/s. Výrobcovia ponúkajú aj výrobu rekuperačných zariadení presne na mieru zákazníkov.

Na trhu sú doskové a rúrkové rekuperačné výmenníky. Vyrábané sú z ohľadom na životnosť a hlavne s ohľadom na zanášanie a prípadné čistenie alebo sanitáciu, keďže nimi preteká znečistená voda nesúca aj biologický odpad a mechanické častice. Americká firma vyrábajúca rekuperačný výmenník Power-pipe určený na centrálny spôsob zapojenia, garantuje jeho životnosť na 50 rokov vďaka jednoduchej a bez údržbovej medenej konštrukcií. [15]

5.1.1 Umiestnenie tepelných výmenníkov

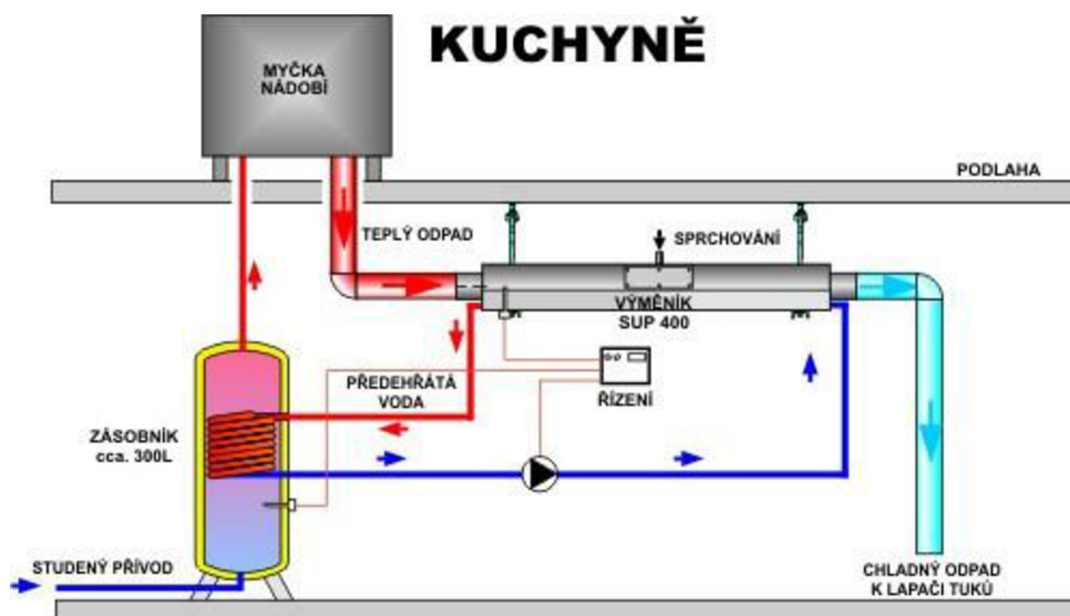
Základné rozdelenie podľa umiestnenia tepelných výmenníkov je na lokálne a centrálné. Výrobcovia už zavádzajú rôzne kombinácie, ktoré sú náročnejšie na pripojenie ale mali by dosahovať vyššie úspory na spotrebe TUV a energie.

- **Umiestnenie pri lokálnej rekuperácii:** Pri lokálnom umiestnení rekuperátora sa využíva rekuperovaná energia priamo v mieste spotreby. Medzi tieto výmenníky patrí Malý kúpeľňový výmenník, ktorý sa umiestňuje priamo pod vaňu alebo sprchový kút.[13]



Obr. 5.1: Spôsob inštalácie výmenníku pri lokálnej rekuperácii tepla [13]

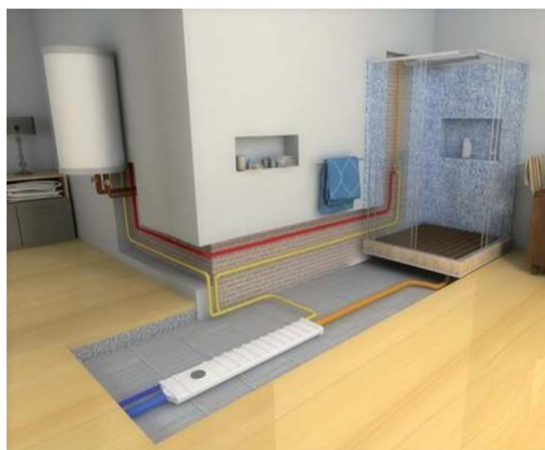
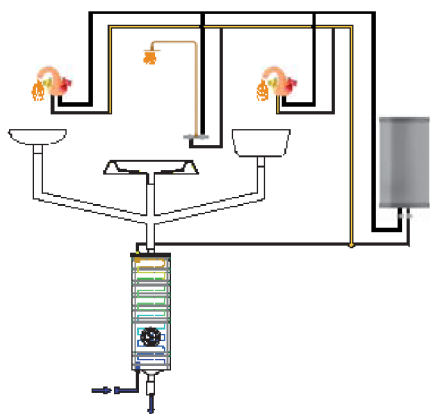
- **Umiestnenie pri centrálnej rekuperácii:** Pri centrálnom umiestnení rekuperátora vo väčších prevádzkach alebo v bytových domoch je výhodnejšie zapojiť rekuperátor na centrálné zberné potrubie ŠOV. Takto ohriata voda sa odvádza na ďalší ohrev do centrálného zdroja TUV.[15]



Obr. 5.2: spôsob inštalácie výmenníku pri centrálnej rekuperácii tepla[15]

- **Umiestnenie pri kombinovanej rekuperácii:** Pri tomto type umiestnenia je rekuperačný výmenník umiestnený väčšinou na centrálnom zbernom mieste ale ohriata studená voda sa odvádza aj na ďalší ohrev do zariadenia

pripravujúceho TUV aj priamo do miesta spotreby TUV do termostatickej batérie.[13]



Obr. 5.3: Schéma inštalácie výmenníku pri kombinovanom využívaní predhriatej studenej vody[13]

5.2 Ponuka rekuperačných výmenníkov na trhu

Na trhu sa zatiaľ nenachádza veľké množstvo výrobcov v tomto odvetví. Môže to byť spôsobené nízkym záujmom spoločnosti o využívanie ŠOV. Tento problém a spôsob jeho riešenia sa zatiaľ ešte len rozvíjajú, ale postupne so zvyšujúcim sa záujmom spoločnosti budú pribúdať aj dômyselnejšie riešenia, výrobcovia a produkty dostupné na českom alebo slovenskom trhu.

V súčasnosti sú na českom trhu traja výrobcovia a jeden americký:

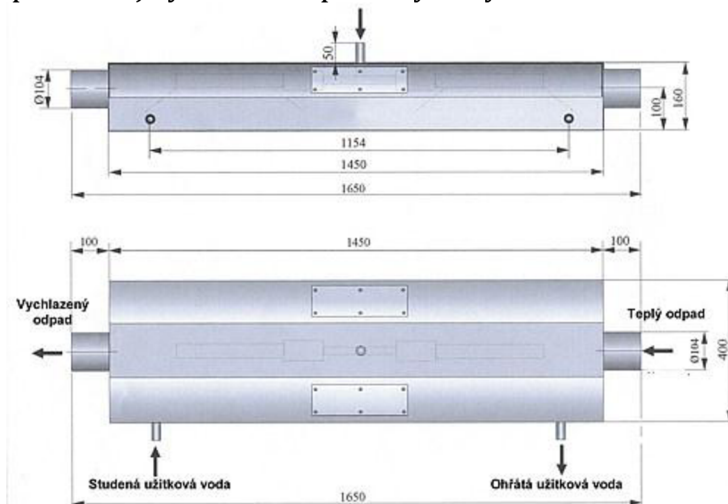
1. **Sakal:** Ide o českého výrobcu, ktorý má najväčšiu ponuku rekuperačných výmenníkov na trhu od malých kúpeľňových výmenníkov až po výmenníky určené pre priemyselné prevádzky od pretoku 0,2l/s až po 8l/s. Vo svojej práci som vychádzal práve z údajov od tohto výrobcu pretože ako jediný mal uvedené dostatočné množstvo technických údajov, vhodných pre výpočty. Výmenníky sú konštruované ako protiprúdové doskové výmenníky. Lokálna rekuperácia: V ponuke majú **malý kúpeľňový výmenník** určený na montáž pod vaňu alebo sprchu.[15]



Obr. 5.4: SAKAL - Malý kúpeľňový výmenník [15]

Centrálne rekuperácia: Výmenníky označené ako **SUP-400** a **SUP-980** sú určené do rodinných domov a kuchýň. Rekuperačné Jednotky **SUP-1**, **SUP-2**, **SUP-3**, **SUP-S**, **SUP-SX**, sú určené do veľkých prevádzok podľa požadovaného výkonu a prietoku.

Firma Sakal ponúka aj výrobu rekuperačných výmenníkov na mieru.[15]



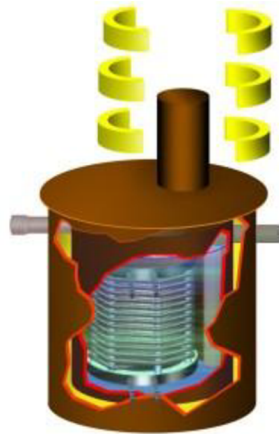
Obr. 5.5: SAKAL - Výmenník SUP400-1 [15]

- IVAR-CS:** Česká firma, ktorá má svoje spektrum produktov zamerané na vodu, kúrenie, plyn a čerpadlá. V ponuka majú dva rekuperačné výmenníky s označením **IVAR.BEE 600** a **IVAR.BEE 1300**. Tieto výmenníky sú rozdielne výkonom a ako v predchádzajúcom prípade sa jedná o doskové protiprúde výmenníky. Oba sa dajú zapojiť do všetkých spôsobov rekuperácií a sú určené do bytov, domov, rekreačných zariadení, hotelov. Na základe odporúčania výrobcu usudzujem, že nie sú vhodné na použitie v priemyselných prevádzkach.[16]



Obr. 5.6: IVAR - Výmenníky IVAR:BEE 600 a 1300 [16]

3. **Akiretherm:** Jedná sa o podstatne rozmernejšie rekuperačné jednotky, ktoré majú zásobník na šedú odpadovú vodu. V zaizolovanej nádobe slúžiacej ako zásobník ŠOV je vložený rúrkový výmenník. Je určená na pripojenie na centrálné odpadové potrubie ŠOV. V ponuke majú rekuperačnú jednotku určenú na vonkajšie a vnútorné zapojenie. Kvôli rozmerom a komplikovanému prevedeniu sa jedná o relatívne drahý systém, ktorý je vhodný do väčších prevádzok.[14]



Obr. 5.7: Výmenník AKIRETHERM [14]

4. **RenovABILITY:** Americký výrobca ponúka rekuperačný výmenník **Power-pipe**, určený na pripojenie na centrálnu zbernú potrubie v bytoch a rodinných domoch. Jedná sa o veľmi jednoduchú medenú konštrukciu rúrkového výmenníku vďaka ktorej by mala byť dosiahnutá dlhá životnosť. Výmenníky sa vyrábajú v rôznych rozmeroch a výkonoch podľa požiadaviek zákazníka. [17]



Obr. 5.8: RenovABILITY - Výmenník POWER-PIPE [17]

5.3 *Súčasti rekuperačného systému*

1. Rekuperačný výmenník tepla (viz.:5.1)
2. Termostatická batéria: Je dôležitou súčasťou lokálneho a kombinovaného rekuperačného systému, v ktorých sa predhriata voda privádza priamo k spotrebiteľovi do sprchy alebo umývadla. Tá zabezpečuje stálu teplotu výstupnej vody a tým bráni pred obarením. Výhodné je ju použiť aj pri ostatných spôsoboch rekuperácie, kde môže teplota TUV taktiež kolísť. (viz.:5.3.1)
3. Armatúry: Na funkciu rekuperačného systému je potrebné zabezpečiť jeho pripojenie do vodnej siete v budove pomocou vodoinštalácie a armatúr. V závislosti na type použitého výmenníku a jeho spôsobe pripojenia sa vodoinštalácia výrazne mení. Niektoré spôsoby pripojenia je možné realizovať kvôli komplikovanosti pripojenia len v novostavbách. Pretože v starších objektoch by si vyžadovala prestavba vysoké náklady, ktoré by mohli urobiť systém nerentabilným.
4. Tepelná izolácia: Pri zapájaní armatúr treba myslieť aj na dostatočnú tepelnú izoláciu aby sa minimalizovali tepelné straty a tým sa zvyšovala účinnosť a zrýchlila návratnosť investícií.
5. Regulačný systém: Na zníženie spotreby vody sa používa regulačný obehový systém, ktorý udržiava v rozvodoch TUV stálu teplotu vody. Tým sa dodávky TUV zrýchlia a nie je potrebné odpúšťať vodu a teda sa šetrí aj voda aj energie.

5.3.1 **Termostatická batéria**

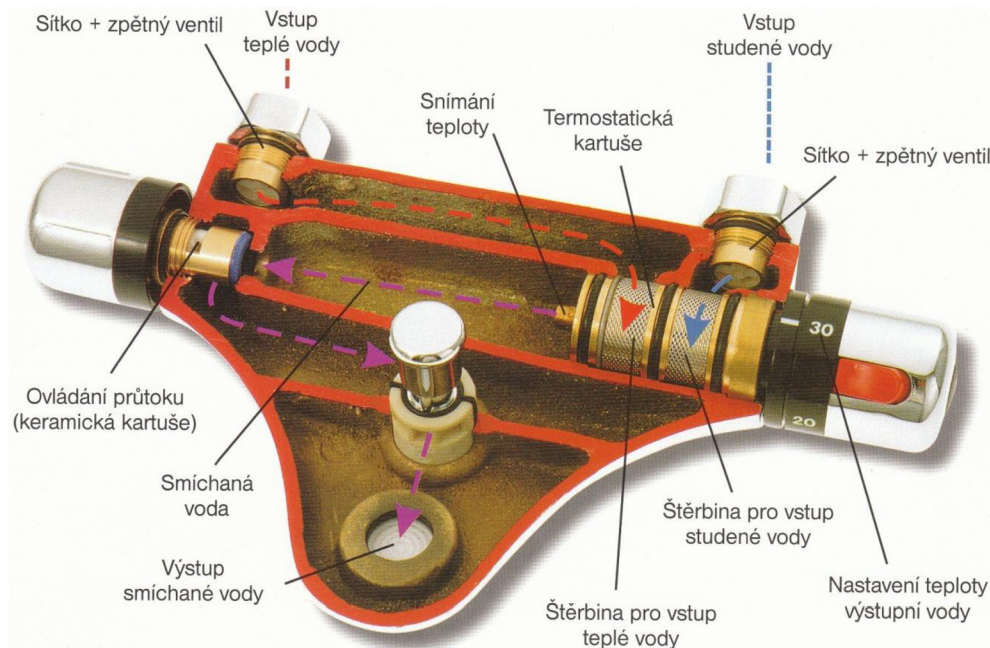
Tento typ batérií má byť nástupcom pákových batérií a má ponúkať vyšší komfort pri púšťaní a miešaní teplej vody. S tým by mali súvisieť aj úspory pri spotrebe TUV, keďže z kohútiku by nám mala prakticky ihneď tiecť voda požadovanej teploty, čiže nie je potreba odpúšťania a studenej vody a mala by byť schopná aj vyrovnávať kolísanie tlaku v potrubí. Taktiež by mala byť bezpečná, a teda zabrániť obareniu horúcou vodou, ktoré môže nastať buď kolísavým tlakom v rozvodoch vody, alebo dodávkou TUV, ktorá nemá konštantnú teplotu, čo môže byť spôsobené nekvalitou alebo nízkym výkonom zdroja TUV. Taktiež by mala byť schopná odstaviť prívod TUV v prípade že vznikne porucha v dodávke studenej vody, teda úplne odstaviť prívod vody. Ďalším bezpečnostným faktorom je, že cez batériu prúdi už zmiešaná voda, takže nevznikne nebezpečenstvo popálenia ani pri náhodnom chytení batérie. Taktiež nemôžeme v tesnom priestore sprchového kúta zmeniť teplotu alebo prietok náhodným nárazom do batérie. Stránka bezpečnosti je dôležitá najmä v rekreačných zariadeniach a v domácnostiach s malými deťmi.

Medzi nevýhody termostatických batérií patria relatívne vysoké obstarávacie náklady a možnosť poruchy. Batéria je náročnejšia aj na údržbu a citlivá na tvrdú vodu a zanesenie vodným kameňom. [18]

5.3.1.1 **Princíp funkcie termostatickej batérie a popis**

Termostatická batéria sa tvarom vracia ku kohútikovým batériám. S tým rozdielom, že na jednej strane sa nastavuje požadovaný prietok a na strane druhej požadovaná teplota výstupnej vody. Stálu teplotu výstupnej vody zabezpečuje

keramická termostatická kartuša. Niektoré batérie využívajú ako termostatický prvok pružinu zo zliatiny nikel – titán, ktoré okamžite reagujú na teplotu vody svojou rozťažnosťou. Najmodernejšie technológie termostatických batérií využívajú rozťažnosť látky na báze vosku, ktorá má vysokú spoľahlivosť a dlhú životnosť. Tieto batérie sú opatrené aj bezpečnostnými prvkami. Pre spustenie vody s teplotou nad 38°C je potrebné na kohútiku regulujúcom teplotu vody odistiť poistku (zatlačiť gombík), až potom je možné nastaviť vyššiu teplotu. Kvalitnejšie a teda aj drahšie batérie majú dômyselný systém prúdenia vody v ich vnútri, ktorý udržiava konštantnú teplotu na povrchu.[18]



Obr. 5.9: Schéma a princíp funkcie termostatickej batérie[18]

5.3.1.2 Správna funkcia termostatickej batérie

Termostatická batéria je komplikovanejšie zariadenie ako klasické kohútikové alebo pákové batérie. Keďže sú od nej očakávané reálne výstupy, čo je voda o požadovanej teplote a požadovanom prietoku, je potrebné zabezpečiť vstupy, ktoré prispievajú aj k predĺženiu životnosti batérie.

Pre termostatickú batériu je potrebné zabezpečiť dostatočnú dodávku teplej úžitkovej vody, ktorá by mala dosahovať teplotu aspoň 50°C. To je potrebné k zaručeniu správnej funkcie batérie hlavne pri vyšších požadovaných výstupných teplotách, aby bola vytvorená určitá rezerva, a teda aby termostat pracoval správne. V bytoch s centrálnym zásobovaním TUV alebo domoch kde je prísun TUV zabezpečený bojlerom tento problém nenastáva. Nastáva buď pri zlej izolácii potrubia vedúceho TUV, kedy dochádza k oneskoreným dodávkam TUV alebo pri použití ako zdroja teplej vody lokálne prietokové ohrievače, ktoré majú určité nábehové časy alebo centrálné prietokové ohrievače, ktoré bývajú súčasťou kotlov

určených na vykurovanie a pri používaní viacerých odberných miest súčasne majú problém s dostatočnou dodávkou TUV.

Ďalší činiteľ ktorý môže negatívne ovplyvniť správne fungovanie termostatickej batérie je kolísajúci tlak. Ak dodávku vody v rodinnom dome zabezpečuje domáca vodáreň, tlak v potrubí neustále kolíše v rozmedzí niekoľkých atmosfér v relatívne krátkych časových intervaloch. Tým pádom vzniká rozdiel aj v tlakoch TUV a studenej vody, čo má nepriaznivý vplyv nie len na teplotu výstupnej vody ale aj na samotný termostat.

Kvalita vody tiež zohráva úlohu pri správnej funkcii batérie. Už výrobcovia batérií odporúčajú zistiť dopredu kvalitu vody a v prípade potreby odporúčajú montáž filtrov. Tie zbavujú vodu pevných nečistôt, odstraňujú vysokú tvrdosť vody, teda ju chránia proti zaneseniu a napomáhajú vyrovnávať kolísavý tlak vo vodovodnom potrubí.

Zabezpečenie správnych prevádzkových faktorov termostatickej batérie napomáha mimo komfortu, zníženej spotreby a bezpečnosti aj k predĺženiu životnosti batérie, ktorá je pri jej vysokej za cene obstaranie podstatná.[19]

6 Modelová energetická štúdia

1. **Vaňový výmenník:** Ako prvý modelový objekt je zvolená kúpeľňa so sprchovým výmenníkom v byte obývanom štvorčlennou rodinou. Pre určenie množstva spotreby TUV budem vychádzať z tabuľky 1. V byte sa nenachádza vlastné zariadenie na výrobu TUV. Keďže sa jedná o lokálny rekuperačný systém, nedá sa počítať s odpadovou vodou vyprodukovanou práčkou, umývaním riadu alebo z ostatných zdrojov.

Výmenník	Sakal, Malý kúpeľňový výmenník
Umiestnenie	Sprcha
Počet osôb	4
Spotreba TUV/os.	40 l

Tab. 6.1: Zadanie pre prvý modelový príklad

2. **Centrálny výmenník:** Druhý modelový objekt je rodinný dvoj dom s dvomi päťčlennými rodinami, ktorý má jeden zdroj na prípravu TUV a bude sa posudzovať efektívnosť úspor energie v celom objekte. V dome bude zavedený centrálny systém rekuperácie a bude umiestnený na centrálnom zbernom potrubí. Do šedej odpadovej vody využitej na rekuperáciu sa bude počítať aj odpadová voda vyprodukovaná pri umývaní riadu a praní. Pri určovaní týchto hodnôt budem vychádzať z priemerných spotrieb vody, pričom teplotu odpadovej vody budem voliť stále konštantnú. Keďže spotreba vody je udávaná za jeden deň, bude sa predpokladať, že spoločne v celom objekte bude aspoň raz do dňa pustená jedenkrát práčka a dvakrát umývačka riadu. K ostatným činnostiam ako varenie a umývanie domu nie sú presné údaje spotreby TUV, ale dá sa predpokladať, že efektívnosť rekuperácie budú len zvyšovať.

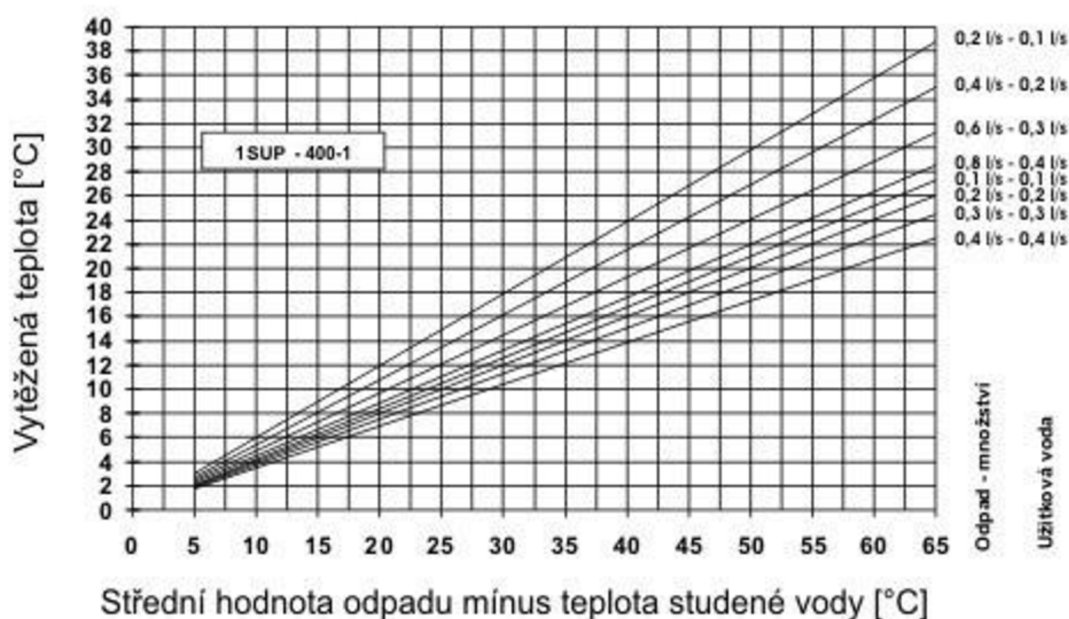
Výmenník	Sakal, SUP 400-1
Umiestnenie	Zberné potrubie ŠOV
Počet osôb	10
Spotreba TUV/os.	50 l
Umývačka riadu	2 ks
Práčka	1 ks

Tab. 6.2: Zadanie pre druhý modelový príklad

Následne budú energetické bilancie v oboch prípadoch prepočítané na 30 dňový mesiac, pretože platby za energie sa odvádzajú v preddavkoch každý mesiac. Na základe toho sa dá predpokladať percentuálne zníženie spotreby energie a na základe toho aj finančných úspor.

Pre prehľadnosť použitých vzorcov pri výpočte účinnosti rekuperácie sú zavedené nasledovné indexy:

TUV: H
 Studená voda: C
 Zmiešaná voda: MIX
 Predhriata voda: X
 Šedá odpadová voda: G



Graf 6.1: Krivky pre výpočet výmenníku SUP-400-1

6.1 Produkcia ŠOV

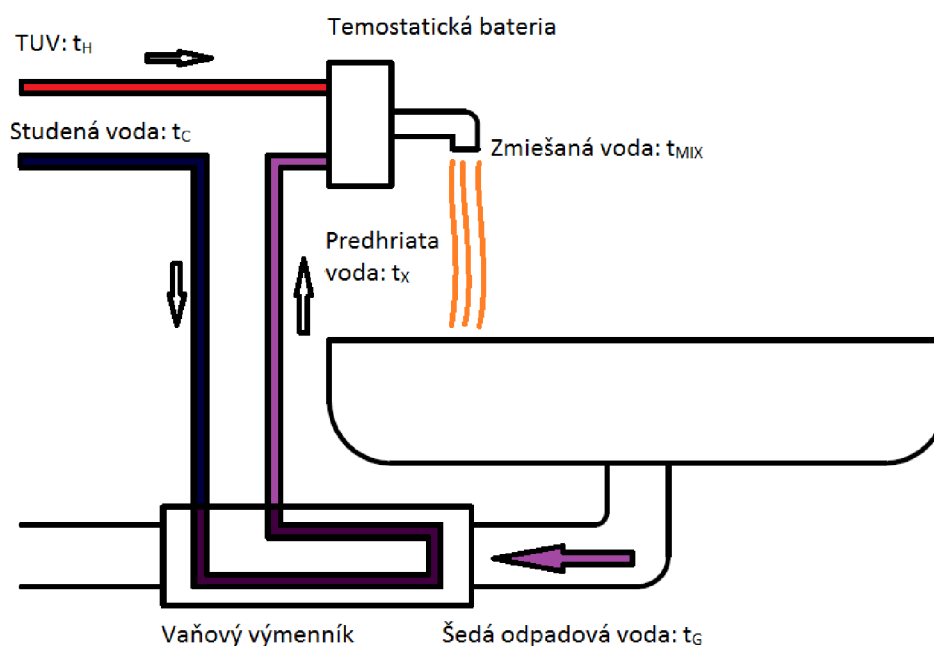
Produkcia šedej odpadovej vody môže byť v rôznych domácnostiach viac či menej odlišná. Záleží na hygienických návykoch obyvateľov a hlavne na osobných požiadavkách na vlastné pohodlie a luxus. Tieto faktory sa výrazne odrážajú na

produkcí ŠOV. Závisí od nich jej kvalita, množstvo a z pohľadu rekuperácie veľmi podstatná teplota vyprodukovanej vody. Ľudia čo produkujú veľké množstvo ŠOV o vysokej teplote majú automaticky aj vysokú spotrebu TUV a teda zavedenie rekuperačného systému má u nich väčší význam a môže im priniesť výrazné úspory. Produkcia ŠOV je tiež závislá na počte členov zdieľajúcich spoločnú domácnosť, na používaní práčok a umývačiek riadu. Pri zavedení práčok a umývačiek je podstatný faktor ich energetickej náročnosti a to či si vyžadujú pripojenie na TUV alebo si pripravujú TUV sami. Od toho závisí ich zohľadňovanie pri úsporách získaných rekuperáciou.

Pri spotrebe TUV o teplote 60°C vychádzam z tabuľky 1. Priemerná teplota používaná v kúpeľniach je podľa dostupných zdrojov 38°C . Teplota studenej (pitnej) vody kolíše medzi sezónami. V zime môže klesnúť až na 5°C v lete sa v potrubíach môže vyhriať až na 15°C . Pre zjednodušenie výpočtu preto volíme strednú teplotu studenej vody na 10°C .

6.2 Systém s vaňovým výmenníkom

Šedá odpadová voda vyprodukovaná počas sprchovania vstupuje do rekuperačného výmenníku umiestneného pod sprchovým kútom alebo vaňou, kde odovzdáva teplo studenej vode. Takto ohriata studená voda vstupuje do termostatickej batérie, kde sa mieša s TUV. Keďže je studená voda ohriata o teplo získané z ŠOV a termostatická batéria udržiava stálu teplotu a prietok na výtoku, automaticky sa zníži spotreba TUV.



Obr. 6.1: Teoretický nákres lokálneho rekuperačného systému s vaňovým výmenníkom.

6.2.1 Energetická bilancia lokálnej rekuperácie

Údaje výmenníkov v príklade vychádzajú z technických parametrov uvedených pre výmenníky firmou SAKAL. V konkrétnom príklade je použitý výmenník označený a ako MALÝ VAŇOVÝ VÝMENNÍK. Tepelné straty ŠOV vychádzajú z dostupnej literatúry.

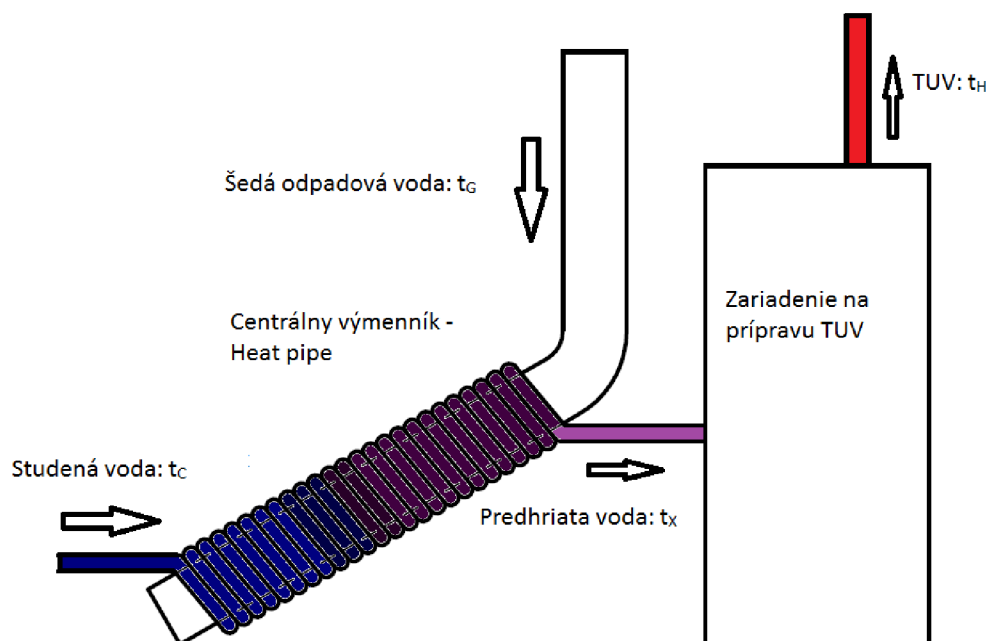
Teplota TUV: t_H [°C]	60
Teplota studenej vody: t_c [°C]	10
Teplota zmiešanej vody: t_{mix} [°C]	38
Teplota ŠOV: t_G [°C]	34
Počet členov domácnosti	4
Spotreba TUV osoba/sprcha [l]	40
Kvocient prestupu tepla	0,6
Podiel TUV v 1l mix	0,56
Spotreba vody na 1 sprchovanie	71,4
Teplotný zisk vo výmenníku na 1l [°C]	14,4
Podiel TUV v 1l mix s rekuperátorom	0,38
Spotreba TUV s rekuperátorom os. [l]	27,3
Spotreba TUV na 4osoby/mesiac [l]	4800
Spotreba TUV na 4os./mes s rekup. [l]	3274,5
Úspora:	
Percentuálna úspora na TUV [%]	31,8
Úspora na TUV mesiac [l]	1525,5

Tab. 6.3: Výsledky energetickej štúdie pre prvý modelový príklad

Z výpočtu vychádza percentuálna úspora 31,8 %. Čo tvorí pri prvom modelovom objekte 1525,5 l ušetrenej TUV na sprchovaní mesačne.

6.3 *Systém s centrálne umiestneným výmenníkom*

Šedá odpadová voda vyprodukovaná spotrebou TUV v celej domácnosti vstupuje do rekuperačného výmenníku umiestneného na centrálnom zbernom potrubí ŠOV, kde predáva teplo studenej vode. Takto ohriata studená voda postupuje zo zariadenia na prípravu TUV. Keďže studená voda je obohatená o teplo odobraté z ŠOV teplo potrebné na ohriatie vody v zariadení prípravu TUV je nižšie, čím vznikajú tepelné úspory. Pri tomto systéme nie je nutné používať termostatickú batériu.



Obr. 6.2: Teoretický nákres centrálného rekuperačného systému.

6.3.1 *Energetická bilancia centrálnej rekuperácie*

Údaje výmenníkov v príklade vychádzajú z technických parametrov uvedených pre výmenníky firmou SAKAL. V konkrétnom príklade je použitý výmenník označený ako SUP-400-1. Tepelné straty ŠOV vychádzajú z dostupnej literatúry.

Teplota TUV: t_H [°C]	60
Teplota studenej vody: t_c [°C]	10
Teplota zmiešanej vody: t_{mix} [°C]	38
Teplota ŠOV: t_G [°C]	30
c_p vody [kJ*kg ⁻¹ *K ⁻¹]	4,18
Počet členov domácnosti	10
Spotreba TUV osoba/deň [l]	50
Spotreba umývačky riadu [l]	13
Teplota potrebná pre umytie riadu [°C]	60
Počet cyklov umývačky za deň	2
Spotreba pračky [l]	50
Teplota potrebná teplota pre pranie [°C]	40
Priemerný počet praní za deň	1
Kvocient prestupu tepla	0,55
Sprcha:	
Podiel TUV v 1l mix	0,56
Spotreba vody na na obyvateľa/deň	89,3
Teplotný zisk vo výmenníku na 1l [°C]	11
Spotreba TUV na 10osôb/mesiac [l]	15000
Spotreba Q na ohrev TUV/mes [kJ]	3605250
Spotreba Q na ohrev TUV/mes [kJ] s recup.	2812095
Percentuálna úspora na Q [%]	22
Umývačka riadu:	
Teplotný zisk vo výmenníku na 1l [°C]	22
Spotreba Q na ohrev TUV/mes [kJ]	163020
Spotreba Q na ohrev TUV/mes [kJ] s recup.	123895,2
Percentuálna úspora na Q [%]	24
Pračka:	
Podiel TUV v 1l mix	0,6
Teplotný zisk vo výmenníku na 1l [°C]	11
Spotreba Q na ohrev TUV/mes [kJ]	188100
Spotreba Q na ohrev TUV/mes [kJ] s recup.	119130
Percentuálna úspora na Q [%]	36,7
Úspora:	
Priemerná percentuálna úspora [%]	22,8
Celková úspora na E [kJ]	901249,8
Celková úspora na E [kWh]	250,3

Tab. 6.4: Výsledky energetickej štúdie pre druhý modelový príklad

Z výpočtu vychádza percentuálna úspora energie 22,8 %. Čo tvorí pri druhom modelovom objekte 250,3 kWh ušetrenej energie na ohrev TUV mesačne.

6.4 *Súčasný stav využívania rekuperačného systému v praxi*

Pri výstavbe moderných budov sa stalo určitou prestížou znižovanie energetických nákladov na prevádzkovanie budov a tým pádom aj získavanie certifikátu o nízkej energetickej náročnosti budovy. Zavádzanie rekuperačných systémov na šedú odpadovú vodu sa stalo v týchto budovách už samozrejmosťou. K prvým budovám v ktorých sú zavedené rekuperačné systémy na ŠOV patrí hotel MOSAIC HOUSE postavený v Prahe 2, ktorý ma aj radu ďalších ekologických prvkov.[20]

Rekuperačné výmenníky sa využívajú už aj v umývačkách riadu alebo práčkach na zníženie ich energetických nárokov.

6.5 *Vyhodnotenie výsledkov a diskusia*

Z výsledkov modelových príkladov je zrejmé, že rekuperácia tepla zo šedej odpadovej vody, môže priniesť značné úspory okolo 20 až 30%. Výrobcami udávané celkové úspory sa pohybujú okolo 40 až 50%. Tieto hodnoty sa oproti výpočtom odlišujú až dvojnásobne.

Zvýšenie úspor: Ak sa TUV pripravuje miestne pre konkrétny byt alebo dom, úspory by bolo možné zvýšiť, keby sa na prípravu TUV používal zdroj tepla menšom objeme, keďže sa spotreba TUV zníži. Ale pri priamom odbere TUV dodávateľa (teplárne alebo centrálny zdroj v bytovom dome) sa nedá uvažovať tento tip úspor.

Zníženie úspor: Na druhej strane účinnosť rekuperácie môže znížiť nábehový čas rekuperácie, t.j. kým výmenníkom začne pretekať ŠOV o dostatočnej teplote a kým začne tepelný prestup medzi tekutinami. Po skončení spotreby TUV taktiež ohriata voda zostane vo výmenníku bez využitia. Taktiež krátkodobá spotreba TUV napr. umývanie rúk sa nedá počítať do úspor.

Vaňový výmenník: Pri rekuperácii s lokálnym výmenníkom tepla sú úspory percentuálne vyššie podľa výpočtov o 10% ako v druhom modelovom objekte, keďže sú teplotné straty na ŠOV nižšie. Na rekuperáciu sa ale využíva len časť ŠOV a nie všetky zdroje ako napr. práčovňa, kuchyňa. Tento spôsob je nákladnejší na realizáciu kvôli potrebe termostatických batérií, ktoré sú nutné pre kolísanie teploty studenej vody. Tento rekuperačný systém je vhodnejší na zavedenie do rekonštruujúcich sa objektov napr. pri prestavbe bytových jadier.

Centrálne umiestnený výmenník: Pri tomto type rekuperácie sú získané úspory percentuálne nižšie ako v prvom modelovom objekte, kvôli uvažovaným stratám tepla v odpadovom potrubí. Avšak tieto úspory sú získané z väčšieho objemu vyprodukovanej ŠOV, keďže sa výmenník nachádza na centrálnom zbernom potrubí

ŠOV. Pri tomto a zapojení rekuperačného výmenníku nie je potreba montáže termostatických batérií, pretože TUV aj studená voda pritekajúca k spotrebiteľovi by mala mať stálu teplotu, čo hlavne pri aplikácií vo veľkých objektoch zníži obstarávacie náklady investície. Avšak je potrebné oddeliť odpadové potrubia s ŠOV od ostatných odpadových vôd. Tieto odpadové vody by znižovali účinnosť rekuperácie a mohli by nastať problémy s údržbou a čistotou celého systému. Preto pri zavádzaní rekuperčného systému s centrálné umiestneným výmenníkom je vo veľkých objektoch (napr. hotely, bytové domy) potrebné vykonať úpravy, ktoré umožnia pripojenie tohto systému.

7 Záver

V súčasnosti celosvetovo narastá a napreduje výstavba budov, či už ide o bývanie kvôli nárastu počtu obyvateľov, výstavbu administratívnych budov, závodov, rekreačných zariadení atď. Nevzrastá však len počet samotných budov, ale aj ich energetická náročnosť, kvôli zvyšujúcim sa životným nárokom obyvateľstva na pohodlie. Pri neustále sa zvyšujúcej cene energií narastá snaha o ich úsporu. Najcitelnejšie úsporné opatrenia týkajúce sa znižovania náročnosti budov na vykurovanie sa začali v poslednom období rýchlo rozvíjať. Vykurovacie jednotky a zateplovanie budov je v súčasnosti na vysokej úrovni a energie využívané na tento účel sa darí úspešne redukovat' o 30-50%. Preto je nutné hľadať nové možnosti ako kde je možné ušetriť energie vynaložené na prevádzkovanie budov. V tomto výrazne pomáhajú energetické štúdie budov, ktoré presne popisujú spotrebu energií v jednotlivých oblastiach. Popri vykurovaní sa druhým najväčším spotrebiteľom energií v budovách stáva príprava teplej úžitkovej vody- TUV.

Pri ohreve vody a príprave TUV je možné vodu čo najefektívnejšie ohriať a následne ju skladovať s minimálnymi stratami. Avšak po jej použití odteka do kanalizácií s veľkým množstvom ešte využiteľnej tepelnej energie. Túto tepelnú energiu pomáha spätne získavať rekuperačný systém odoberajúci teplo znečistenej TUV nazvanej šedá odpadová voda a predáva ho studenej vode ktorá sa okamžite cez termostatickú batériu vracia do miesta spotreby alebo do zariadenia na prípravu TUV. Takto získaná energia buď znižuje priamo spotrebu TUV alebo šetrí energie potrebné na jej prípravu. Ako pri všetkých úsporných opatreniach aj tu je potrebné zvážiť návratnosť investícií a mieru využívania týchto úsporných opatrení. Ich aplikácia v administratívnych budovách, školách, obchodných centrách atď. by mohla byť zbytočná, pretože treba brať do úvahy celkove množstvo spotrebovanej TUV. Na druhej strane v objektoch ako rodinné domy, byty, bytové domy a rekreačné zariadenia ako hotely, plavárne či wellnessy, kde množstvo spotrebovanej TUV prudko narastá, prináša aplikácia systémov rekuperujúcich teplo z ŠOV značné úspory pohybujúce sa okolo 30% percent. Taktiež netreba zabúdať na potravinársky a chemický priemysel. Tu môžu byť náklady vynaložené na prípravu TUV percentuálne v pomere s ostatnými nákladmi vyššie ako pri obývaných objektoch. Teda stúpa aj rýchlosť návratnosti investícií a následne úspor.

Pri zavádzaní rekuperačných systémov TUV je potrebné zvážiť, ktorý typ je pre danú aplikáciu najoptimálnejší. V súčasnosti má klient na výber z troch spôsobov. Lokálny, ktorý je vhodný pre vane sprchy a kuchyne a nevyžaduje si príliš veľké stavené zásahy pri inštalácií. Centrálny, vhodný pre väčšie aplikácie od rodinných domov až po priemysel. A nakoniec Kombinovaný spôsob využívania tepla z ŠOV, ktorý môže priniesť vyššie úspory ako predchádzajúce spôsoby ale je vhodný len do určitých podmienok, kde sa predpokladá stála spotreba TUV ako sú napr. kolektívne sprchy na plavárňach, v telocvičniach atď.

Výrobcov rekuperačných zariadení ŠOV pre domácnosti v súčasnosti nie je veľa ale ich počet postupne narastá. Konkurencia vzniká najmä v inovatívnosti rekuperačných systémov. V Českej republike je s najdlhšou tradíciou na trhu firma SAKAL z Týnu nad Vltavou, ktorá ponúka najväčšie množstvo rekuperačných výmenníkov tepla z ŠOV pre najširšie rozpätie aplikácií. Ďalšie spoločnosti ako IVAR-CS, Akiretherm, RenevABILITY, majú v ponuke len jeden alebo dva produkty. Akiretherm ako jediný výrobca ponúka tepelný výmenník ŠOV so zásobníkom ŠOV,

ktorý môže byť vhodný pre objekty s veľkou spotrebou TUV, ale v porovnaní s cenami ostatných výrobcov vychádza približne 8-10-krát cenovo drahšie.

Rekuperácia tepla zo šedej odpadovej vody je segment úspor energie, ktorý je v súčasnosti len na začiatku vývoja ale rýchlo sa začína rozrastať a využívať. Prináša značné úspory, ktoré sa postupne s rozvojom a zdokonaľovaním výmenníkov a vodoinštalácia môžu zvyšovať. Veľkou výhodou tohto systému je, že nie je závislý na žiadnom ďalšom zdroji energie a prináša úspory na energií z odpadových vôd, ktoré neboli doteraz vôbec využívané. Pri hľadaní zdrojov takýchto úspor pri súčasných technológiách sa bude dariť aj naďalej znižovať energetickú náročnosť budov a prevádzok, čo priaznivo prispieva k zlepšovaniu životného prostredia okolo nás a šetrí nerastné bohatstvo.

Zoznam použitých zdrojov:

1. KAŠPAROVÁ, Monika. *Úspory elektřiny v domácnosti* [online]. 2008 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.energetika.cz/?id=71&cl=356>
2. EON. *Hospodárné užití energie v domácnosti* [online]. 2009 [cit. 2012-04-5]. Dostupné z: http://www.eon.cz/Hospodarne_uziti.pdf
3. VRÁNA, Jakub. *Potřeba vody a tepla pro přípravu teplé vody* [online]. 2010 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov/6839-potreba-vody-a-tepla-pro-pripravu-teple-vody>
4. URBAN, Miroslav. *Výpočet potřeby vody a tepla pro přípravu teplé vody podle ČSN EN 15316-3 Komentář k normě* [online]. 2011 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/7436-vypocet-potreby-vody-a-tepla-pro-pripravu-teple-vody-podle-csn-en-15316-3>
5. DRUŽSTEVNÍ ZÁVODY DRAŽICE - STROJÍRNA, s. r. o. *Úspora vody v domácnosti* [online]. 2009 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/uspory-voda-kanalizace/5985-uspory-vody-v-domacnosti>
6. BIELA, Renata. ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ FAST VUT BRNO. *Kvalita šedých vod a možnost jejich využití* [online]. 2011 [cit. 2012-02-7]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>
7. DERRIEN, Francois. ODD. VODY A BUDOV, CSTB, Francúzsko. *Zpětné využití šedé vody v budovách* [online]. 2009 [cit. 2012-02-07]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/5501-zpetne-vyuziti-sede-vody-v-budovach>
8. PLOTĚNÝ, Karel a Adam BARTONÍK. ASIO, spol. s r.o. *Čištění šedých vod a možnost využití energie z nich* [online]. 2012 [cit. 2013-03-07]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>
9. CIATIK TRADE S.R.O. *Využití odpadního tepla pro přípravu teplé vody* [online]. 2011 [cit. 2012-04-18]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/7773-vyuziti-odpadniho-tepla-pro-pripravu-teple-vody>
10. BARTONÍK, Adam. ASIO. *RECYKLACE TEPLA V BUDOVÁCH – ŠEDÉ VODY* [online]. 2012 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/61.recyklace-tepla-v-budovach-sede-vody>

-
11. ŠANCOVÁ, Lucie, Petr VOGEL, Petr KOTEK, Jan ANTONÍN, František MACHOLDA a Jiří BERANOVSKÝ. EKOWATT. *Úsporná opatření na přípravu teplé vody specificky pro panelové domy* [online]. 2011 [cit. 2012-04-25]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/7220-usporna-opatreni-na-pripravu-teple-vody-specificky-pro-panelove-domy>
 12. EKOWATT. *Zpětné získávání tepla z odpadní vody* [online]. 2010 [cit. 2012-04-25]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/tepla-voda/52-zpetne-ziskavani-tepla-z-odpadni-vody>
 13. IVAR CS, spol. s r. o. *Domovní a bytové rekuperační panely IVAR.BEE usnadňují cestu k Vaším energetickým úsporám* [online]. 2013 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/uspory-vytapani/9729-domovni-a-bytove-rekuperacni-panely-ivar-bee-usnadnuji-cestu-k-vasim-energetickym-usporam>
 14. AKIRETHERM. *Rekuperace, rekuperační jednotka, rekuperace tepla, ohřev vody, úspora energie* [online]. 2012 [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <http://www.rekuperace-rekuperacni-jednotka.cz/uvod.html>
 15. SAKAL. [online]. 2003 [cit. 2012-03-015]. Dostupné z: <http://www.sakal-ovt.cz/>
 16. IVAR-CS. *IVAR.BEE* [online]. 2013 [cit. 2013-04-018]. Dostupné z: <http://www.ivarcs.cz/cz/rekuperace-odpadni-teple-vody-ivar-bee>
 17. RENEWABILITY. *POWER-PIPE* [online]. 2009 [cit. 2013-04-028]. Dostupné z: http://www.renewability.com/power_pipe/index.html
 18. LAUFEN. *Sprchové baterie - termostatická vs páko* [online]. 2013 [cit. 2013-04-028]. Dostupné z: <http://www.laufen-shop.cz/novinka/sprchove-baterie-termostaticka-vs-pako?PHPSESSID=self9jeteu3dkesub66n3sgc91>
 19. IDNES. *Termostatické baterie ušetří peníze ale nejsou pro každého* [online]. 2010 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: <http://bydleni.idnes.cz/termostaticke-baterie-usetri-penize-ale-nejso-pro-kazdeho>
 20. BIELA, Renata. *VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Možnosti úspory pitné vody v budovách* [online]. 2013 [cit. 2013-05-03]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/uspory-voda-kanalizace/9833-moznosti-uspory-pitne-vody-v-budovach>

Zoznam použitých skratiek a symbolov:

Celkový výkon zdroja tepla	$Q_{W,gen,out}$	[M]/deň
Potreba tepla na ohrev vody	Q_W	[M]/deň
Strata tepla v rozvodoch teplej vody	$Q_{W,dis,ls}$	[M]/deň
Strata tepla v zásobníku teplej vody	$Q_{W,st,ls}$	[M]/deň
Tepla potrubím okruhu zdroja tepla	$Q_{W,p,ls}$	[M]/deň
Teplota TUV	t_H	[°C]
Teplota studenej vody	t_C	[°C]
Teplota zmiešanej vody	t_{MIX}	[°C]
Teplota ŠOV	t_G	[°C]
Merná tepelná kapacita vody	c_p	[kJ*kg ⁻¹ *K ⁻¹]

Zoznam obrázkov:

Obr. 3.1: Schéma znázorňujúca potrebu energie na ohrev TUV.....	16
Obr. 4.1: Lokálna rekuperačná jednotka na predhrievanie studenej vody v sprchovom kúte.....	21
Obr. 4.2: Schéma energetického zisku při využívaní rekuperácie tepla z ŠOV.....	21
Obr. 4.3: Schéma pripojenia tep. vým. na centrálné zberné potrubie ŠOV.....	22
Obr. 4.4: Nákres rúrkového výmenníku Power-pipe, určeného na pripojenie odpadovému potrubiu.....	22
Obr. 4.5: Schéma pripojenia tep. vým. na kombinované využívanie predhriatej vody.....	23
Obr. 4.6: Schéma pripojenia centrálného rekup. vým. so zásobníkom ŠOV.....	24
Obr. 4.7: Rekuperačná jednotka so zásobníkom ŠOV.....	24
Obr. 4.8: Schéma pripojenia centrálného rekup. vým. so zásobníkom ŠOV.....	25
Obr. 5.1: Spôsob inštalácie výmenníku pri lokálnej rekuperácii tepla.....	27
Obr. 5.2: spôsob inštalácie výmenníku pri centrálnej rekuperácii tepla.....	27
Obr. 5.3: Schéma inštalácie výmenníku pri kombinovanom využívaní predhriatej studenej vody.....	28
Obr. 5.4: SAKAL - Malý kúpeľňový výmenník.....	28
Obr. 5.5: SAKAL - Výmenník SUP400-1.....	29
Obr. 5.6: IVAR - Výmenníky IVAR:BEE 600 a 1300.....	29
Obr. 5.7: Výmenník AKIRETHERM.....	30
Obr. 5.8: RenevABILITY - Výmenník POWER-PIPE.....	30
Obr. 5.9: Schéma a princíp funkcie termostatickej batérie.....	32
Obr. 6.1: Teoretický nákres lokálneho rekup. systému s vaňovým výmenníkom.....	35
Obr. 6.2: Teoretický nákres centrálného rekuperačného systému.....	37

Zoznam grafov:

Graf 3.1: Podiel energetických nárokov na prevádzku nezatepleného objektu.....	13
Graf 3.2: Podiel energetických nárokov na prevádzku zatepleného objektu.....	13
Graf 6.1: Krivky pre výpočet výmenníku SUP-400-1.....	34

Zoznam tabuliek:

Tab. 3.1: Špecifické potreby teplej vody o teplote 60 °C v rôznych budovách podľa ČSN EN 15316-3-1.....	15
Tab. 6.1: Zadanie pre prvý modelový príklad.....	33
Tab. 6.2: Zadanie pre druhý modelový príklad.....	34
Tab. 6.3: Výsledky energetickej štúdie pre prvý modelový príklad.....	36
Tab. 6.4: Výsledky energetickej štúdie pre druhý modelový príklad.....	38