

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví

DIPLOMOVÁ PRÁCE



**Posouzení investice do zařízení pro rekuperaci tepla
z odpadních vod**

**Investment Assessment on Equipment for Wastewater
Heat Recovery**

Vypracoval: Bc. Michaela Pachová

Studijní program – STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor – Stavební management

Vedoucí práce: Doc. Ing. Eduard Hromada, Ph.D.

Praha 2024

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Pachová** Jméno: **Michaela** Osobní číslo: **459828**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Stavební management**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Posouzení investice do zařízení pro rekuperaci tepla z odpadních vod

Název diplomové práce anglicky:

Investment assessment on equipment for wastewater heat recovery

Pokyny pro vypracování:

Rámcový obsah práce:

- Možnosti rekuperace tepla z odpadních vod (centralizovaný a decentralizovaný odpadní systém)
- Návrh variant řešení objektu
- Ekonomické vyhodnocení variant - náklady na pořízení, provozní náklady, možnosti dotace
- Vyhodnocení variant s využitím bodovací metody

Seznam doporučené literatury:

KABELE, Karel. Energetické a ekologické systémy 1: zdravotní technika, vytápění. 2. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04722-4.
VALÁŠEK, Jaroslav, Zdeněk ŽABIČKA, Jana PERÁČKOVÁ, Karel KABELE a Stanislav BEŇO. Zdravotnětechnická zařízení budov. 2., dopl. vyd. Bratislava: Jaga group, 2006. Architektura, stavebnictví, bydlení. ISBN 80-807-6038-1.
WALLIN, Jorgen. Case studies of four installed wastewater heat recovery systems in Sweden. Case Studies in Thermal Engineering [online]. 2021, 26 [cit. 2023-07-18]. ISSN 2214157X. Dostupné z: doi:10.1016/j.csite.2021.101108.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

doc. Ing. Eduard Hromada, Ph.D. katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví FSV

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **28.09.2023** Termín odevzdání diplomové práce: **08.01.2024**

Platnost zadání diplomové práce: _____

doc. Ing. Eduard Hromada, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomantka bere na vědomí, že je povinna vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Praze dne 05.01.2024

.....
Bc. Michaela Pachová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Doc. Ing. Eduard Hromada, Ph.D. za odborné vedení, ochotu, cenné rady a trpělivost během konzultací.

**Posouzení investice do zařízení pro rekuperaci tepla
z odpadních vod**

**Investment Assessment on Equipment for Wastewater
Heat Recovery**

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou získávání tepla z odpadních vod a jeho potenciálem v decentralizovaných systémech. Práce je strukturovaná do tří hlavních částí, a to technologické, ekonomické a praktické části. V technologické části jsou analyzovány druhy odpadních vod, zejména splaškové a šedé odpadní vody. Dále je popsán proces získávání tepla z odpadních vod prostřednictvím různých technologií, jako jsou výměníky tepla a tepelná čerpadla a jejich aplikace v různých bodech kanalizační sítě. V ekonomické části je představena teorie rozhodování, která se zaměřuje na jednokriteriální a vícekritériální metody hodnocení variant včetně způsobů stanovení vah kritérií. Praktická část se soustředí na popis řešeného projektu a stanovení variant řešení a jejich důkladné hodnocení s ohledem na náklady, vliv na životní prostředí, technologickou náročnost a další klíčové aspekty. Celkové vyhodnocení variant poskytuje srovnání zhodnocení jejich efektivity, návratnosti investic a dalších relevantních faktorů. Závěrem této části je výběr nejlepší varianty. Bylo zjištěno, že získávání tepla z odpadních vod je proveditelné a efektivní i v rodinných domech při nízkém navýšení pořizovacích nákladů a při krátké době návratu investice.

Klíčová slova:

rekuperační tepla, odpadní voda, teorie rozhodování, doba návratnosti, dotace

Abstract

This thesis deals with the issue of extracting heat from wastewater and its potential in decentralized systems. The work is structured into three main parts: technological, economic, and practical section. In the technological section are analyzed various types of wastewater, especially sewage and greywater. Furthermore, the process of heat extraction from wastewater through different technologies, such as heat exchangers and heat pumps, and their application at various points in the sewage network, is described. The economic section introduces decision-making theory, focusing on single-criterion and multi-criterion evaluation methods, including ways to determine criterion weights. The practical section focuses on describing the project, defining solution variants and thoroughly evaluating them considering costs, environmental impact, technological complexity, and other key aspects. The overall evaluation of the variants provides a comparison and assessment of their effectiveness, return on investment, and other relevant factors. The conclusion of this section involves selecting the best variant. It has been found that extracting heat from wastewater is feasible and efficient even in residential houses, with a low increase in acquisition costs and a short return on investment period.

Key words:

Heat recovery, wastewater, decision-making theory, payback period, subsidies

OBSAH

| | |
|---|----|
| 1. Úvod | 17 |
| 2. Cíl práce | 19 |
| 3. Metodika Práce..... | 20 |
| Část I - Technologická část | 21 |
| 4. Druhy odpadních vod..... | 21 |
| 4.1. Splašková odpadní voda | 21 |
| 4.1.1. Šedá voda | 22 |
| 5. Získávání tepla z odpadních vod | 25 |
| 5.1. Místa odběru tepla z kanalizace..... | 25 |
| 5.2. Výměníky tepla..... | 26 |
| 5.3. Tepelné čerpadlo..... | 28 |
| 6. Odběr z veřejné kanalizace | 30 |
| 6.1. Veřejná stoková síť | 30 |
| 6.2. ČOV – předčišťovací zařízení | 30 |
| 6.3. Sewer mining | 31 |
| 6.3.1.Externí výměník tepla – typ 1 | 31 |
| 6.3.2.Externí výměník tepla – typ 2 | 33 |
| 6.4. Vnitrokanalizační výměník..... | 34 |
| 6.4.1.Vnitrokanalizační výměník – typ 1 | 34 |
| 6.4.2.Vnitrokanalizační výměník – typ 2..... | 35 |
| 6.4.3.Vnitrokanalizační výměník – typ 3..... | 36 |
| 7. Decentralizovaný systém | 38 |
| 7.1. Odběr z paty objektu..... | 38 |
| 7.2. Odběr v místě spotřebičů | 41 |
| 7.2.1.Horizontální výměníky | 42 |
| 7.2.2.Vertikální výměníky | 50 |
| Část II - Ekonomická část..... | 55 |
| 8. Teorie rozhodování | 55 |
| 8.1. Jednokriteriální metody hodnocení..... | 59 |
| 8.2. Vícekriteriální metody hodnocení | 60 |
| 8.2.1.Stanovení vah kritérií | 61 |

| | |
|---|-----|
| 8.2.2.Pravidlo dominance | 67 |
| 8.2.3.Skupiny metod vícekritériálního hodnocení variant..... | 68 |
| Část III - Praktická část | 70 |
| 9. Popis projektu..... | 70 |
| 10. Identifikace rozhodovacího procesu, analýza a formulace problému..... | 72 |
| 11. Stanovení variant řešení | 73 |
| 11.1.Stanovení variant prvků | 73 |
| 11.2.Stanovení kritérií..... | 74 |
| 11.2.1.Stanovení vah kritérií | 75 |
| 11.3.Dílčí hodnocení variant prvků..... | 76 |
| 11.4.Výběr nejvhodnějších variant..... | 78 |
| 12. Popis návrhu řešení | 80 |
| 12.1.Řešení č. 1 | 80 |
| 12.2.Řešení č. 2 | 81 |
| 12.3.Řešení č. 3 | 81 |
| 13. Vyhodnocení variant | 82 |
| 13.1.Původní návrh | 84 |
| 13.1.1.Náklady na pořízení..... | 84 |
| 13.1.2.Náklady na provoz..... | 89 |
| 13.1.3.Vliv na životní prostředí..... | 91 |
| 13.1.4.Dotace..... | 92 |
| 13.2.Řešení č. 1 | 92 |
| 13.2.1.Náklady na pořízení..... | 92 |
| 13.2.2.Náklady na provoz..... | 97 |
| 13.2.3.Vliv na životní prostředí..... | 102 |
| 13.2.4.Dotace..... | 102 |
| 13.2.5.Návratnost investice | 102 |
| 13.2.6.Technologická náročnost provedení..... | 103 |
| 13.2.7.Rekonstrukce | 103 |
| 13.2.8.Opravy | 103 |
| 13.2.9.Estetika | 103 |

| | |
|--|-----|
| 13.3.Řešení č. 2..... | 103 |
| 13.3.1.Náklady na pořízení | 103 |
| 13.3.2.Náklady na provoz | 108 |
| 13.3.3.Vliv na životní prostředí | 111 |
| 13.3.4.Dotace | 111 |
| 13.3.5.Návratnost investice..... | 111 |
| 13.3.6.Technologická náročnost provedení | 112 |
| 13.3.7.Rekonstrukce..... | 112 |
| 13.3.8.Opravy..... | 112 |
| 13.3.9.Estetika..... | 112 |
| 13.4.Řešení č. 3..... | 112 |
| 13.4.1.Náklady na pořízení | 112 |
| 13.4.2.Náklady na provoz | 117 |
| 13.4.3.Vliv na životní prostředí | 120 |
| 13.4.4.Dotace | 120 |
| 13.4.5.Návratnost investice..... | 121 |
| 13.4.6.Technologická náročnost provedení | 121 |
| 13.4.7.Rekonstrukce..... | 121 |
| 13.4.8.Opravy..... | 121 |
| 13.4.9.Estetika..... | 121 |
| 14. Celkové vyhodnocení variant..... | 122 |
| 15. Závěr | 126 |
| Seznam použité literatury..... | 128 |
| Seznam obrázků | 134 |
| Seznam tabulek | 136 |
| Seznam příloh..... | 137 |

1. ÚVOD

V posledních letech se stává získávání tepla z odpadních vod stále významnějším tématem v kontextu udržitelného rozvoje a snižování energetické náročnosti budov. Tato práce se zaměřuje na analýzu splaškové odpadní vody, a její potenciál pro získávání tepla.

Toto téma jsem si vybrala z několika důvodů. Za prvé, osobní zájem o udržitelné technologie a jejich aplikace v moderním světě. S rostoucím důrazem na ochranu životního prostředí a hledáním alternativních zdrojů energie je důležité zkoumat inovativní způsoby, jak zlepšit energetickou efektivitu a současně snižovat ekologickou stopu.

Druhým důvodem je akademická a vědecká významnost tématu. Během studia jsem získala zájem o oblasti jako jsou obnovitelné zdroje energie, inženýrství životního prostředí a udržitelný rozvoj. Toto téma mi umožňuje prohloubit své znalosti v těchto oblastech.

Nakonec, věřím, že moje práce může mít praktický dopad. Získávání tepla z odpadních vod nabízí potenciál pro snížení energetické náročnosti budov a může být klíčovým prvkem v budoucích strategiích udržitelného městského plánování. Tento přístup má potenciál významně přispět k dosažení environmentálních cílů a podpořit přechod k udržitelnějším energetickým systémům.

Daná problematika je klíčovým tématem i na úrovni Evropské unie. Dva z klíčových cílů pro rok 2030 stanovených rámcem Evropské unie pro klima a energetiku jsou [1]:

- Minimálně 32% podílu na obnovitelné energii
- Minimálně 32,5% zlepšení energetické účinnosti

Abychom byli schopni vyrovnat se s výzvami spojenými se změnou klimatu, je nutné přejít na nové energetické systémy [2]. Jednou z cest ke splnění těchto požadavků je využití tepla z odpadní vody a tím snížit spotřebu energie na vytápění a ohřev teplé vody. Toto opatření pak také vede ke splnění požadavků na energetickou náročnost budov dle průkazu energetické náročnosti budovy a ke snížení emisí CO₂ [3].

V současné době se energie z odpadních vod v České republice obvykle nezískává. Podle studií se značná část energie (až 90 %) potřebné pro správu městských vodovodních systémů

spotřebuje na ohřev vody z vodovodu. Navíc 85 % energie obsažené v odpadní vodě je ve formě tepla, zatímco zbytek je tvořen organickým materiálem a živinami [4].

V průměru každý obyvatel České republiky denně spotřebuje přibližně 40 l teplé vody, přičemž na ohřev se spotřebuje cca 2,2 kWh tepelné energie [5]. Například teplota odpadní vody při sprchování má ve chvíli odtékání do kanalizace teplotu 35 – 40 °C [6]. Sprchování ale není jediný případ, kdy necháváme vodu s hromadou použitelné energie odtéct. Ve skutečnosti je to 30 – 40 % celkové energetické náročnosti budovy, která odtéká do kanalizace v podobě teplé odpadní vody. Tyto procenta se však v posledních letech stále zvyšují, zejména u novostaveb, v důsledku lepších vlastností zateplovacích materiálů, využívání vzduchotechniky s rekuperací a tepelných čerpadel [7].

Značnou část spotřebované energie jsme ale schopni získat zpátky pomocí rekuperace tepla z odpadních vod. Švédská studie, která analyzovala čtyři systémy na rekuperaci tepla, zjistila, že energetická účinnost těchto systémů se pohybuje v rozmezí 17 – 42% a zpětné získané teplo za rok činí 1.586 až 13.108 kWh/m² plochy výměníku tepla [8].

Různé systémy rekuperace tepla z odpadních vod se již tradičně používají v zemích jako Kanada, Holandsko nebo Skandinávské země. V Německu a dalších zemích Evropy jsou již legislativně zakotveny [6].

Podle údajů popsaných výše je tedy zřejmé, že tento systém rekuperace je funkční a má smysl uvažovat nad možnostmi uplatnění v naší zemi. Pro účely této práce proto nebudu ověřovat účinnost jednotlivých zařízení spíše než porovnávat účinnosti variant uplatnění systému v rodinných domech a jejich ekonomickou náročnost na pořízení a provozování. Toto je provedeno ve třetí (praktické) části diplomové práce. V první a druhé části teoreticky popíšu princip rekuperace tepla z odpadních vod a možnosti systémů pro rodinné domy, stejně jako metody využité pro ekonomické vyhodnocení a výběr nejlepší varianty. Závěrem práce je vyhodnocení navržených variant systému z pohledu jak finančního, tak technologického.

2. CÍL PRÁCE

Cílem práce je prověřit, zda je rekuperace tepla z odpadních vod vhodná a výhodná i pro rodinné domy a porovnat možná řešení systému z pohledu jejich účinnosti a finanční náročnosti na pořízení a provoz. Cílem je také porovnat návratnost investice do tohoto zařízení s dalšími technologiemi pro snižování energetické náročnosti budovy, jako jsou tepelné čerpadla nebo solární panely.

3. METODIKA PRÁCE

Tato diplomová práce je rozdělena do tří částí, a to technologické, ekonomické a praktické části. V technologické části jsou analyzovány druhy odpadních vod, které jsou předmětem řešení rekuperace tepla. Možnosti této rekuperace z hlediska místa odběru tepla a zařízení k tomu potřebného, jsou zkoumány následně. Technologická část je však zaměřena hlavně na rozbor konkrétních celkových systémů pro získávání tepla z odpadních vod a jejich rozdělení.

Druhá část práce, tedy ekonomická, bude zaměřena na teoretický rozbor teorie rozhodování z pohledu na jednokriteriální a multikriteriální rozhodování. Relevantní informace pro tuto teoretickou rešerši byly získány prostřednictvím knih a elektronických a odborných článků.

K vypracování praktické části byly identifikovány a extrahovány klíčové prvky z prvních dvou částí práce, které jsou následně aplikovány na konkrétní projekt. Jedná se zejména o výběr decentralizovaného systému vhodného pro daný projekt a využití bodovací metody pro výběr nejvhodnějšího výměníku a Saatyho hodnotící metody pro výběr nejvýhodnější varianty návrhu. Pro výpočet pořizovacích nákladů, jako jednoho z kritérií pro výběr nejlepší varianty, byl použit software KROS 4.

ČÁST I - TECHNOLOGICKÁ ČÁST

V první části diplomové práce je proveden průzkum dostupných informací ke problematice rekuperace tepla z kanalizace a sepsání rešerše podle získaných znalostí.

4. DRUHY ODPADNÍCH VOD

Odpadní voda je voda použitá v domácnostech, průmyslu, zdravotně technických zařízeních a dalších objektech, která má po použití jinou jakost a voda odtékající z objektů a zařízení, jestliže může ohrozit jakost podzemních nebo povrchových vod. Odpadní vody se dělí podle původu a jakosti [9].

Dělení podle původu [9]:

- Dešťové neboli povrchové odpadní vody (voda ze srážek a tání sněhu);
- Splaškové;
- Průmyslové;
- Infekční;
- Podzemní.

4.1. SPLAŠKOVÁ ODPADNÍ VODA

Zejména se jedná o domovní splaškovou odpadní vodu ale také silně znečištěnou dešťovou vodu a předčištěnou průmyslovou odpadní vodu. Odtokové množství je relativně stálé po celý rok [10] [11]. Složení splaškové odpadní vody je významně ovlivněno znečišťujícími látkami, které pocházejí ze záchodů, kuchyní a prádeln. Hlavní složkou tohoto druhu odpadní vody jsou fekálie a moč, které obsahují různé organické a anorganické látky. Mimo to obsahuje také mikroorganismy jako bakterie, plísňové kvasinky, viry, prvoky a houby. Splašková voda je proto z hygienického hlediska nebezpečná [9].

Podle způsobu odvádění splaškové vody se používají označení [9]:

- Černá voda – voda obsahující fekálie a moč;
- Žlutá voda – voda obsahující moč;

- Šedá voda – splašková voda bez fekálií a moče. Voda pochází z van, umyvadel, dřezů, praček nebo myček nádobí.

4.1.1. ŠEDÁ VODA

Podle normy ČSN EN 16941-2 – Zařízení pro využití nepitné vody na místě - Část 2: Zařízení pro využití čištěné šedé vody, je šedá voda definována jako voda splašková odpadní kromě odpadních vod z WC a pisoárů [12] [3].

Nejčistší forma šedé vody je tzv. lehká šedá voda. Pochází z van, sprch a umyvadel. Po jejím očištění je možné tuto vodu využít pro tepelnou energii anebo jako vodu užitkovou.

Z praček pochází také relativně čistá voda, která v sobě nese cenný zdroj energie. Nicméně využití této vody opět jako užitkové vody v domácnostech bytových budov a veřejných objektech je omezeno předpisy Zákona o ochraně veřejného zdraví podle znění k 1.1.2022.

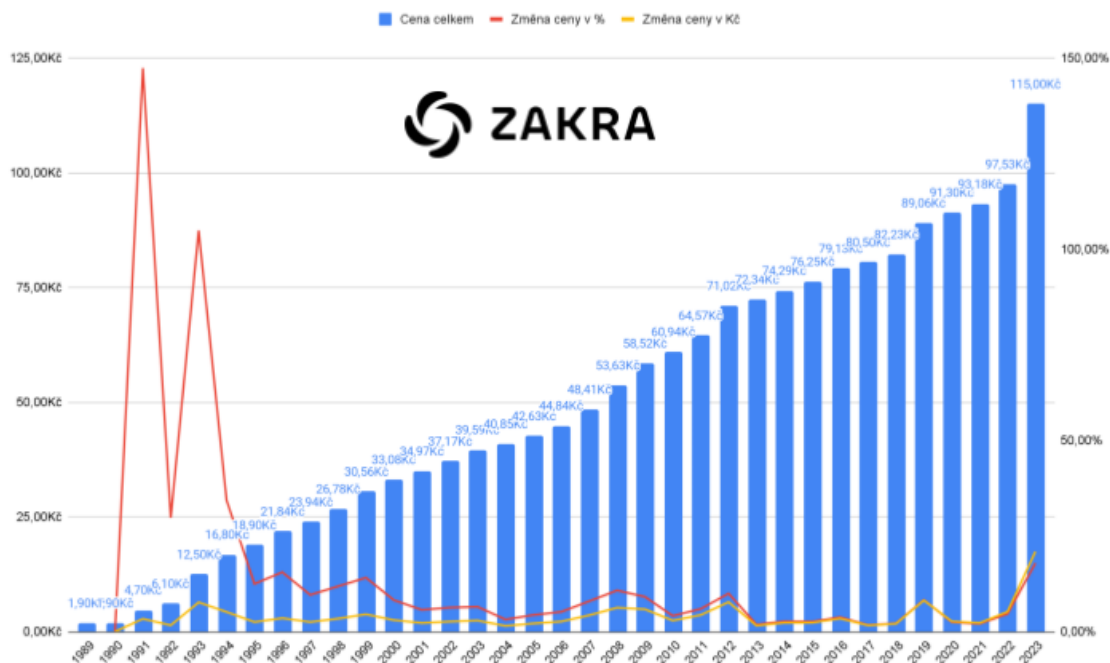
Více znečištěná šedá voda, která vzniká v myčkách nádobí a kuchyňských dřezech, obsahuje značné množství tuků a organických nečistot. Její úprava pro opětovné využití jako užitkové vody je náročná z hlediska technického i ekonomického. Navzdory tomu, že zákon o ochraně veřejného zdraví neumožňuje tuto kuchyňskou odpadní vodu použít znovu v domácnostech bytových domů a veřejných budovách, je možné ji využít k rekuperaci energie [3].

Tab. č. 1 Orientační hodnoty spotřeby teplé vody na jedno použití [3]

| Odběrné místo | Odběrné množství teplé vody [l/použití] |
|-----------------------------------|---|
| Kuchyňský dřez | 30 |
| Myčka nádobí | 25 - 45 |
| Umyvadlo | 17 |
| Umyvadlo na mytí rukou | 9 |
| Vana (podle objemu) | orientačně 150 a více litrů |
| Velká vana 1,8x0,75 | 200 |
| Sprchová kabina (doba užití 6min) | |
| ÚSPORNÁ SPRCHA S MÍŠICÍ BATERIÍ | 40 |
| Normální sprcha s míšicí baterií | 90 |
| Luxusní sprcha s míšicí baterií | 180 |

Tab. č. 2 Orientační hodnoty spotřeby teplé vody na den [3]

| Druh odběru | Teplota vody [°C] | Denní potřeba vody [l] |
|-----------------------------|-------------------|------------------------------|
| Mytí rukou | 37 | 3 - 6 |
| Mytí hlavy | 40 | 5 - 10 |
| Sprchování | 40 | 50 (přesněji v tabulce č. 1) |
| Vanová lázeň | 40 | 150 |
| Vanová lázeň se sprchováním | 50 | 150 - 200 |
| Mytí nádobí | 50 - 60 | 5 - 10 |
| Úklid | 50 - 60 | 5 - 10 |



Obrázek 1 Vývoj průměrné ceny vody (vodné + stočné) včetně DPH od roku 1989 [13]

Jak je vidět na Obrázku 1, cena vody nepřestajně stoupá a jinak to nebude ani v roce 2024. Z důvodů vysoké inflace v roce 2023, trvajícím nákladům na výrobu a čištění vody a nejistoty ohledně budoucích cenových trendů se v roce 2024 předpokládá cenový nárůst za vodné a stočné v rozmezí o 11 – 25 %. Průměrná cena za vodné a stočné tak může vystoupat až na 143,75 Kč. [14]

Protože tato diplomová práce je zaměřena na splaškovou odpadní vodu, nebude se dále zabírat bližším popsáním dalších druhů odpadních vod.

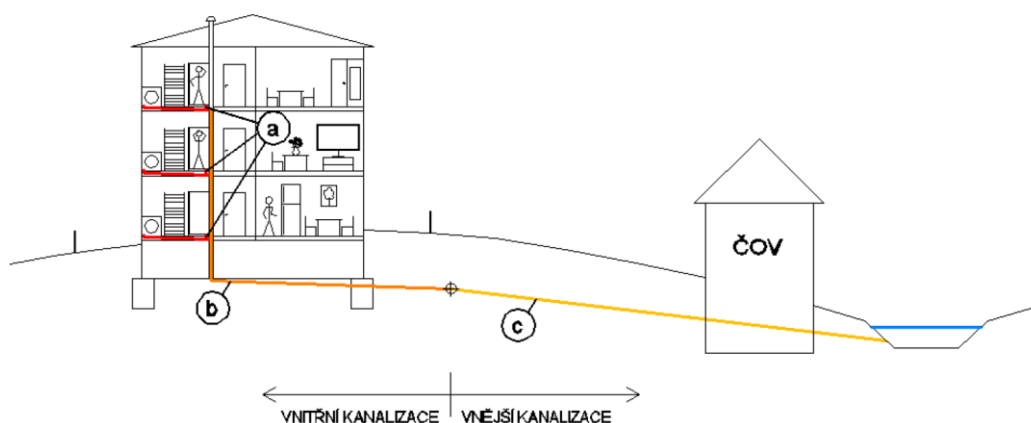
5. ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA Z ODPADNÍCH VOD

Využití tepelné energie se nabízí jak v líniových objektech (kanalizační potrubí), tak i v objektech na kanalizační síti nebo přímo na místech kde odpadní voda vzniká. K využití obnovitelné energie a snížení spotřeby primární energie, např. z fosilních paliv, lze využít buď přímé výměníky tepla nebo systémy s tepelnými čerpadly. Systémy využívání tepla z odpadní vody nejen poskytují přístup k obnovitelným energetickým zdrojům, ale také nabízejí zajímavou návratnost investice [15].

5.1. MÍSTA ODBĚRU TEPLA Z KANALIZACE

Zjednodušeně můžeme rozdělit místa odběru tepla do tří bodů, podle umístění a teploty odpadní vody:

- Uvnitř objektu – voda z koupelen a praček má nejvyšší potenciál pro rekuperaci. Tato voda dosahuje teploty až 38°C.
- V patě objektu – voda z domácnosti ochlazená o vodu z toalet. Výhodou je větší množství vody, které mimo koupelny a pračky obsahuje také vodu z kuchyně.
- Veřejná kanalizace – voda ve veřejné stoce je ochlazená o vodu dešťovou a výraznými tepelnými ztrátami. Teplota se pohybuje kolem 10 – 20 °C. Výhodou je dostatečné a stále množství odpadní vody pro rekuperaci.



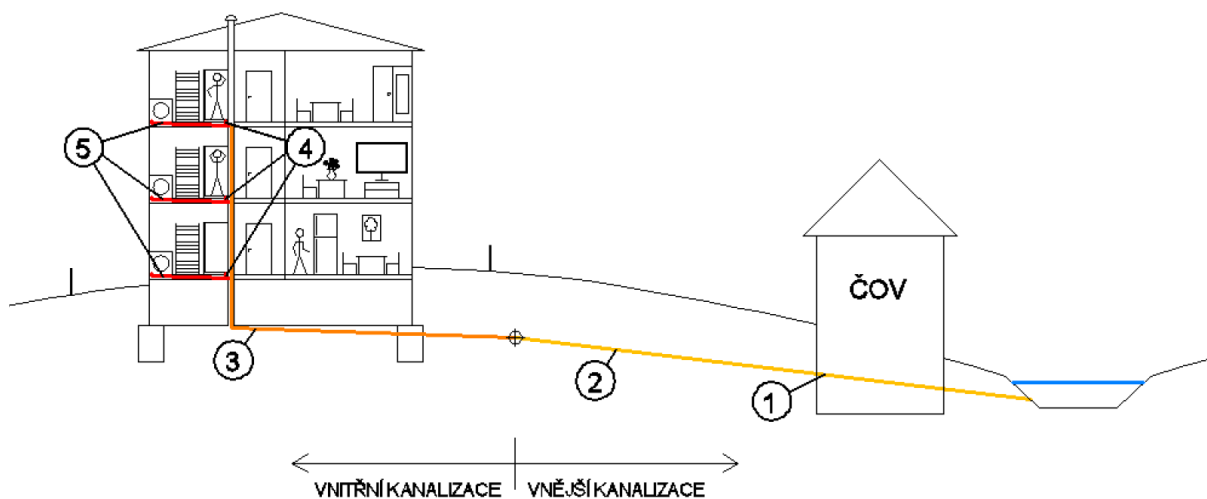
Obrázek 2 Cesta odpadní vody a její teplota

Teplota ve stoce je v průběhu roku poměrně stálá a největší výkyvy teploty nastávají v létě a zimě. Za léta dosahuje odpadní voda ve veřejné síti maximálních teplot i přes 20°C, zatímco v zimě, kdy je teplota odpadní vody nejnižší, se její teplota pohybuje v průměru 10 – 15 °C.

teplota odpadní vody ve stokovém systému klesá o několik stupňů také během noci. Odpadní voda na svém místě vzniku představuje nejvýhodnější zdroj tepelné energie [15].

Detailněji pak můžeme rozdělit místa odběru takto:

- | | | |
|---|---|-------------------------|
| 1) Odběr u čističky odpadních vod (ČOV) | } | Centralizovaný systém |
| 2) Odběr z veřejné stokové sítě | | |
| 3) Odběr z paty objektu | } | Decentralizovaný systém |
| 4) Odběr v místě vany nebo sprchového koutu | | |
| 5) Odběr v místě spotřebičů | | |



Obrázek 3 Místa odběru tepla z kanalizace

5.2. VÝMĚNÍKY TEPLA

Výměníky využívají principu zpětného získávání tepla, kdy je teplo obsažené v primárním teponosném médiu předáváno do ohřívané vody. Tím se snižuje teplotní rozdíl, který je potřeba dodatečně dohřát hlavním zdrojem tepla [3].

Z hlediska funkce se výměníky dělí na [3]:

- Rekuperační výměníky – obě média (ohřívající i ohřívané) jsou oddělena nepropustnou stěnou.

- Regenerační výměníky – ohřívané a ohřívající médium vtékají za sebou s určitým časovým opožděním do prostoru, které je vyplněné akumulací hmotou. Tato hmota přijímá teplo od ohřívajícího média a předává ho ohřívanému médiu.
- Směšovací výměníky – obě média se v tomto výměníku směšují.

Protože se v tomto případě u ohřívajícího média jedná o odpadní vodu, která je kontaminovaná nečistotami, není možné připustit, aby byla v jakýmkoli kontaktu s ohřívanou vodou. Z tohoto důvodu je u zpětného získávání tepla z odpadní vody (dále jen ZZTOV) možné využít jedině rekuperační výměník.

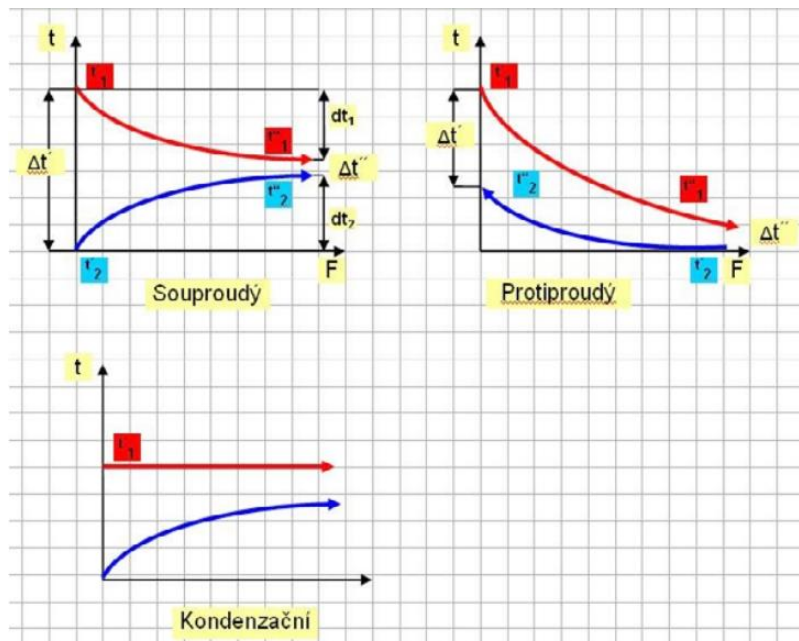
Nepropustná stěna slouží jako prostředník u předání tepla mezi médii. Proto pro ni také používáme název teplosměnná plocha. Pro co nejefektivnější přenos tepla by měla být tato plocha co největší s vysokou tepelnou vodivostí. Důležitý je také způsob a rychlost proudění média, respektive doba, po kterou si obě média předávají teplo. Obecně platí, čím větší teplosměnná plocha a delší doba kontaktu, tím vyšší účinnost výměníku [3].

Podle provedení teplosměnné plochy dělíme výměníky na [16] [9]:

- Trubkové – svazek trubek je zasunutý do válcové nádoby. Povrch svazku trubek tvoří teplosměnnou plochu. Teplonosná látka může proudit uvnitř trubek nebo vně ve válci a ohřívána voda je na druhé straně teplosměnných stěn.
- Deskové – skládá se ze sady profilovaných desek, které tvoří teplosměnnou plochu. Desky vytváří systém dvou oddělených kanálů pro průtok obou médií. Deskové výměníky mají 3 – 5 krát vyšší účinnost než trubkové výměníky.

Podle směru proudění se výměníky dělí na [3] [16]:

- Souproudé – obě média proudí stejným směrem. Prostorově náročnější než křížové ale s vyšší účinností.
- Protiproudé – média proudí v opačných směrech. Prostorově stejně náročné jako souproudé ale při stejné teplotě ohřívajícího média má vyšší účinnost. Proto se využívá nejčastěji.
- Křížové – směr proudění médií je na sebe kolmý. Výměníky jsou menší, ale s nižší účinností.



Obrázek 4 Schéma teplot média různých typů výměníků a vliv na účinnost [3]

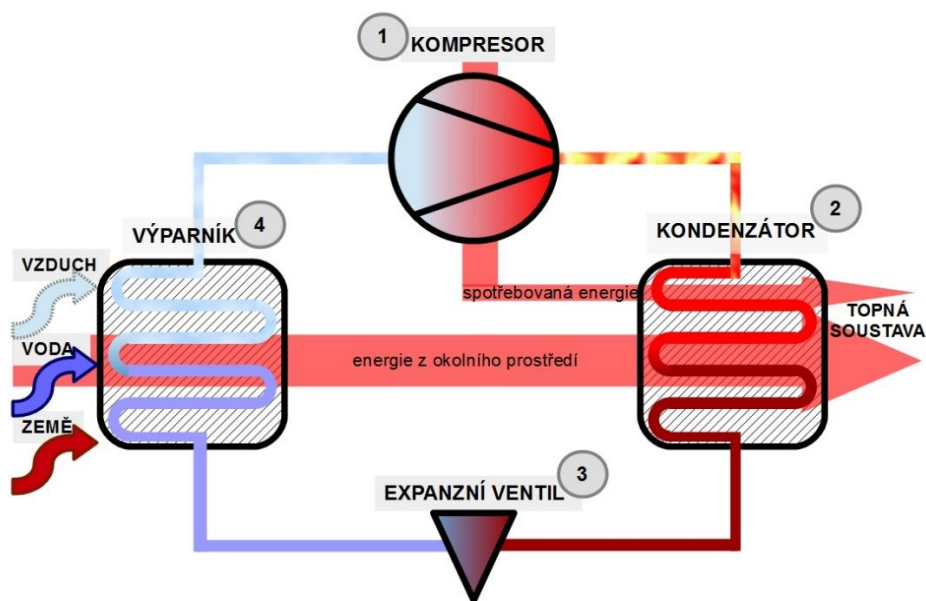
5.3. TEPELNÉ ČERPADLO

Tepelné čerpadlo funguje na stejném principu jako chladicí přístroje, až na to, že celý proces běží naopak. Čerpadlo odebírá z okolí tepelnou energii na nízké teplotní hladině a převádí ho na vyšší hladinu použitelnou pro vytápění a ohřev teplé vody [11].

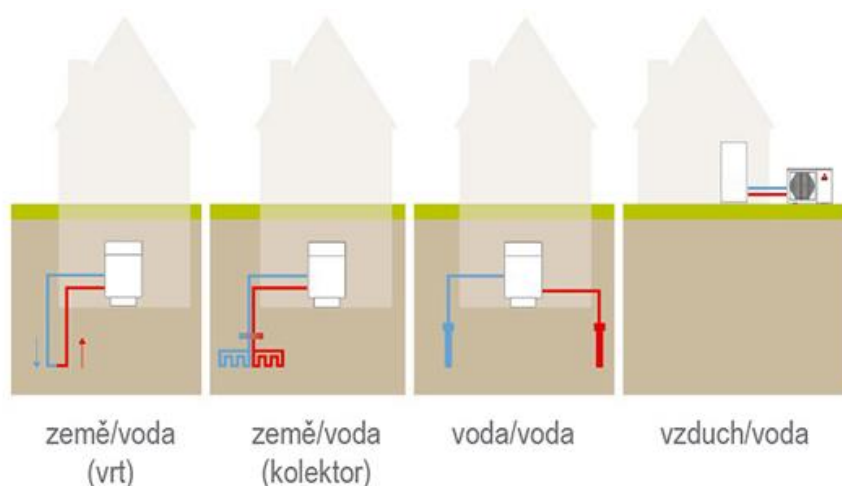
Zdrojem odebírané energie může být vzduch (venkovní nebo odváděný z větracích zařízení), voda (podzemní, povrchová, odpadní), nebo zemní teplo. Na druhé straně přijímacím médiem je buď voda nebo vzduch. Nejběžnější jsou typy čerpadel vzduch-voda, zemně-voda, voda-voda (viz Obrázek 5).

K přenosu tepla slouží chladivo kolující uvnitř čerpadla. Stroj se skládá z kompresoru, kondenzátoru, expanzního ventilu a výparníku. Ohřáté chladivo v plynném skupenství vstupuje do kompresoru, kde se stlačením zvýší jeho teplota. Horký plyn pak v kondenzátoru předává teplo např. topné soustavě a současně mění skupenství na kapalné. Po kondenzátoru přechází chladivo přes expanzní ventil, který sníží tlak a tím i teplotu chladiva. Za ventilem totiž následuje výparník, do kterého musí chladivo vstoupit o teplotě nižší, než je teplota tepelného zdroje. Ve výparníku se tedy chladivo opět ohřívá a přechází do plynného skupenství a následně opět přechází kompresorem (viz Obrázek 4) [17].

Kompresory jsou většinou poháněné elektrickou energií, ale vyskytují se i s plyným pohonem. Elektřina je použita pro stlačení chladiva a tím přispívá k jeho dalšímu ohřátí. V případě elektrického napájení se 1 kilowatt (kW) výkonu motoru rovná 3 – 4 kilowattům tepelného výkonu (ekvivalent použité práce). Tepelná energie využita pro ohřátí přijímacího média se proto skládá z energie z okolního prostředí a z vynaložené práce (na Obrázku 4 jako spotřebovaná energie) [11].



Obrázek 5 Schéma tepelného čerpadla [17]



Obrázek 6 Základní druhy tepelných čerpadel [18]

6. ODBĚR Z VEŘEJNÉ KANALIZACE

V lokalitách s rozvětveným kanalizačním systémem se naskýtá řada možností získávání tepelné energie. Pro určení vhodného umístění je nezbytné nejdříve ověřit, zda dané místo disponuje dostatečným množstvím splaškové vody pro úplné či částečné pokrytí potřebné tepelné energie pro objekt [19].

Pro získávání tepla z kanalizačního systému je doporučován minimální průtok odpadní vody 15 l/s (v úvahu se bere průměrná hodnota průtoku). Průtok odpadní vody (v l/s) by měl být zhruba 1/32 potřeby tepla (v kW) potřebného pro vytápění nebo ohřev vody. Maximální odebraný výkon (v kW) by poté měl odpovídat osminásobku průměrné hodnoty průtoku splaškové vody (v l/s) [19].

Zpětné získávání tepla z odpadních vod (ZZTOV) veřejné kanalizace nazýváme taky centralizovaným systémem. Tento systém má dvě hlavní technické řešení rekuperace, a to pomocí výměníků tepla mimo kanalizaci nebo pomocí výměníků tepla přímo v kanalizaci. Jinak nazváno systém externího výměníku tepla nebo také sewer mining a vnitrokanalizačního výměníku. Oba systémy jsou vhodné pro různé aplikace, jako jsou obytné budovy, kancelářské budovy, projekty dálkového vytápění, bazény, průmysl, školy a další [15] [20]. Jak již bylo zmíněno v kapitole 5.1., můžou být výměníky umístěny buď na veřejnou stokovou síť nebo u ČOV.

Projekty rekuperace tepla centralizovanými systémy byly realizovány ve městech jako například Amstetten v Rakousku, Kolín nad Rýnem v Německu nebo Göteborg ve Švédsku.

6.1. VEŘEJNÁ STOKOVÁ SÍŤ

Jak již bylo řečeno, výhodou tohoto způsobu odběru tepla je dostatečné a nepřetržité množství odpadní vody. Proto má odběr ze stokové sítě velký potenciál pro získání tepla pro velké stavby, nacházejících se v hustěji zastavěném území s hustou kanalizační sítí [19].

6.2. ČOV – PŘEDČIŠŤOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Odběr tepla z předčišťovacího zařízení na přítoku nebo odtoku je další možností rekuperace z veřejné sítě. Odběr na přítoku do ČOV, kde je vysoký průtok odpadní vody, se její ochlazení pohybuje kolem 1 °C a nemá tak výraznější vliv na technologii čištění. Při odběru na odtoku z ČOV je ochlazení vody naopak pozitivní pro vztah k recipientu [15].

Nevýhodou je však poloha zařízení, které je často umístěno mimo zastavěné území, a tedy daleko od místa spotřeby získávaného tepla. V případě, že by takto získané teplo mělo být dopravováno do zastavěné části území, vznikali by tak vysoké tepelné ztráty. Jako druhá možnost se však nabízí využít toto teplo pro vytápění stavebního objektu, který se zvykne nacházet v každém areálu ČOV [19] [15].

Způsoby umístění výměníků jsou u tohoto umístění stejné, jak u odběru z veřejné stokové sítě a jsou popsány v kapitolách 6.3. a 6.4.

6.3. SEWER MINING

Jedná se o postup pro získávání a využívání kanalizační vody pro další účely, např. zavlažování, průmyslová výroba atd. Stejně tak je možné ho použít i pro odebírání tepla. Kanalizační voda je odebírána, akumulována a po odevzdání tepla navracena do stokového systému. V tomto systému je často nezbytné provést předčištění odpadní vody před kontaktem se zařízením na výměnu tepla, a to minimálně pomocí perforovaného koše na vstupu do akumulární nádrže. Ochlazenou odpadní vodu lze při opětovném zaústění do stokového systému využít pro splach šrabků z perforovaného koše zpět do kanalizace [15].

Nevýhodou systému je závislost chodu na průtoku a teplotě odpadní vody. Pro instalaci zařízení potřebného pro úpravu a čerpání splaškové vody je také nutné mít dostatečnou dostupnou plochu [15] [20].

Výhody tohoto systému spočívají v jeho vysoké technické flexibilitě, protože mohou být použity standardizované produkty, a to díky skutečnosti, že věci jako návrh kanalizačního potrubí, průřez a sklon nepodléhají ovlivnění ani omezení návrhu a typu výměníku tepla. Instalace je snadná a přístupná pro údržbu a servis [15] [20].

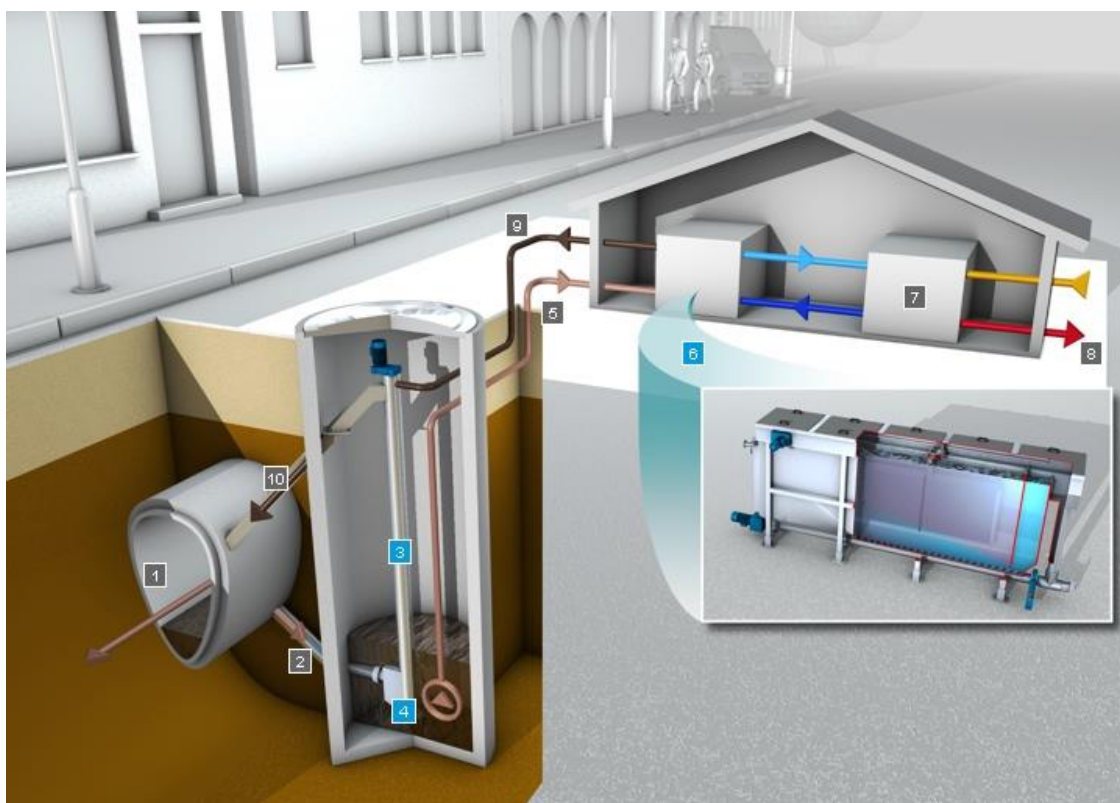
Dva typy externího výměníku tepla jsou popsány v podkapitolách níže.

6.3.1. EXTERNÍ VÝMĚNÍK TEPLA – TYP 1

Příkladem je řešení společnosti HUBER Technology nazvané HUBER ThermWin. Principem tohoto systému je odtékání části kanalizační vody přes prostup ve dně stoky do tzv. mokré studny, kde se voda shromažďuje. V tomto prostoru je nainstalováno čistící zařízení, které předčišťuje odpadní vodu předtím, než je buď dále čerpána do tepelného čerpadla, kde dojde k výměně tepla a kompresi, nebo je ošetřená odpadní voda čerpána do externího tepelného

výměníku a následně zpracována v tepelném čerpadle. Po výměně tepla je odpadní voda vrácena zpět do kanalizace pomocí potrubí připojeného ke kanalizační trubce [20].

Díky procesu čerpání a filtraci odpadní vody lze využít kompaktní a ekonomicky výhodné tepelné výměníky, které generují stabilní a snadno zpracovatelný proud pro získávání tepelné energie. Pro filtraci jsou použity HUBER vertikální česle ROTAMAT® RoK 4 pro čištění v šachtách, které jsou velice kompaktní a čerpají splašky svým vertikálním dopravním šnekem. Navracené splašky splachují zachycené nečistoty přes přepad zpátky do kanalizace [21].



Obrázek 7 Koncept systému HUBER ThermWin [21]

Popis k Obrázku č.3:

- 1 Stoka
- 2 Vývod ze stoky
- 3 Česle ROTAMAT® RoK 4
- 4 Čistící síto RoK 4
- 5 Přefiltrovaná odpadní voda
- 6 Kompaktní tepelný výměník HUBER RoWin
- 7 Tepelné čerpadlo a akumulční nádrž
- 8 Rozvod teplé vody pro spotřebitele

9 Přívod ochlazené vody do stoky

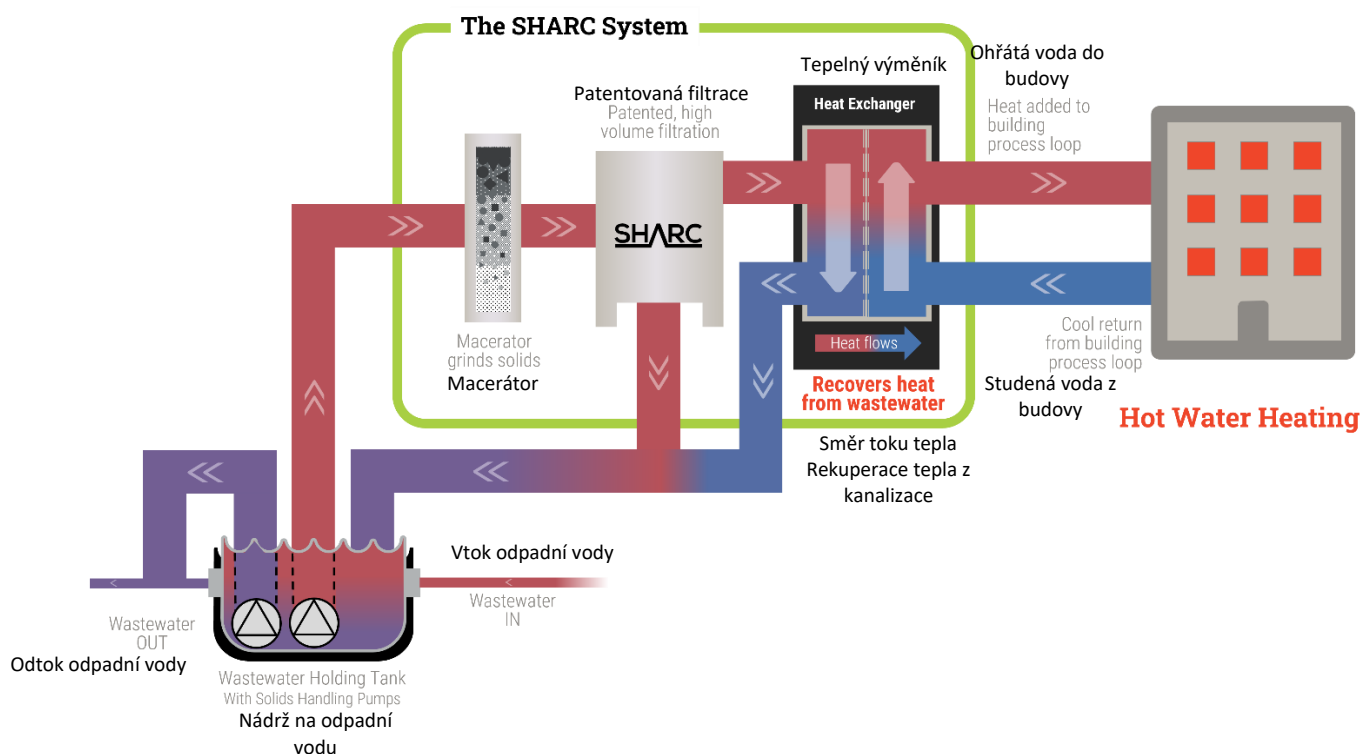
10 Přívod nečistot a vody do stoky

Toto technické řešení je vhodné pro vytápění okolních budov, typicky větších budov, jako jsou sportoviště, bazény, školy, školky, obytné budovy, administrativní budovy nebo průmysl [20]. Společnost Huber Technology vyvinula kontrolní seznam pro systém ThermWin, který pomáhá určit a odhadnout, zda je technicky rozumné a proveditelné použití tohoto systému pro konkrétní projekt [20].

6.3.2. EXTERNÍ VÝMĚNÍK TEPLA – TYP 2

Dalším technologickým řešením, které využívá systémy s vnějšími výměníky tepla na kanalizaci k získávání energie z odpadní vody, je vést předčištěnou odpadní vodu přes meziokruh do výparníku tepelného čerpadla. Příkladem tohoto typu řešení je systém SHARC od společnosti International Water Systems. Systém SHARC zpracovává surovou odpadní vodu z mokré studna. Vyčištěná odpadní voda je následně čerpána přes externí tepelný výměník, který rekuperuje teplo z odpadní vody, a to je dále zpracováváno v tepelném čerpadle. Vyčištěná voda se následně vrací do stoky [20].

International Water Systems uvádí, že tento systém má filtrační systém odolný proti ucpaní a snižuje problémy se zápachem a znečištěním [20].



Obrázek 8 Koncept systému SHARC [22]

6.4. VNITROKANALIZAČNÍ VÝMĚNÍK

U použití technologie vnitrokanalizačního výměníku probíhá výměna tepla uvnitř stoky. Výměník tepla je buď nainstalován na dně kanalizačního potrubí, kde se teplo předává do mezi okruhu tepelného čerpadla, nebo mohou být trubky obklopeny smyčkami obsahujícími teplotné médium, které přenáší teplo do tepelného čerpadla.

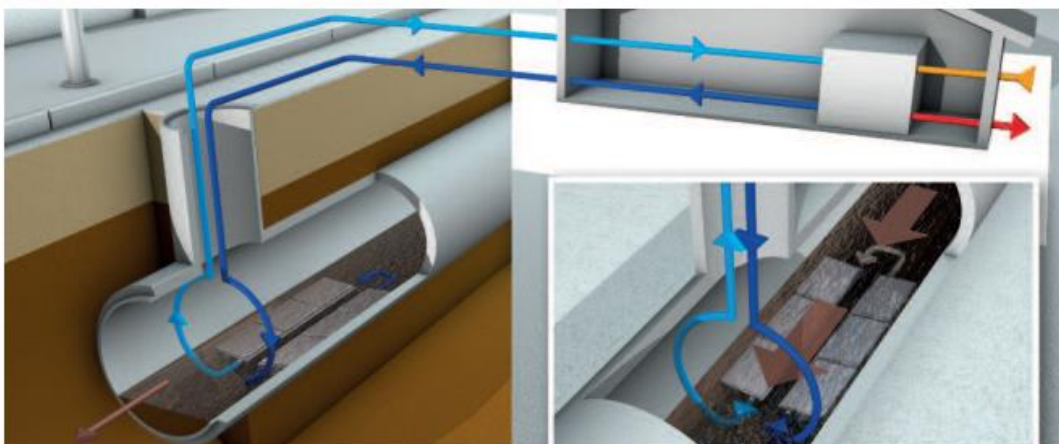
Nevýhodami tohoto systému jsou vyšší náklady na instalaci a také skutečnost, že systém je vysoce závislý na konstrukci kanalizace a jejím stavu. Podobně jako u sewer mining, i zde je závislost na průtoku a teplotě odpadní vody. U tohoto systému se také vyskytuje možnost zanášení povrchu výměníku tepla. Pro prevenci těchto problémů lze implementovat opatření, jako je čištění odpadní vody pomocí různých filtračních technik před jejím vpuštěním do veřejné kanalizační sítě, využití speciálních materiálů a upravených povrchových struktur výměníků tepla, spolu s optimalizací průtoku.

Výhodou je naopak nižší spotřeba pomocné energie ve srovnání s externími výměníky.

Tři typy vnitrokanalizačního výměníku tepla jsou popsány v podkapitolách níže.

6.4.1. VNITROKANALIZAČNÍ VÝMĚNÍK – TYP 1

TubeWin od Huber Technology využívá prvky výměníku tepla instalované přímo na dně kanalizační trubky. Prvky výměníku jsou vyrobeny z nerezové oceli a připojeny paralelně nebo sériově přes mezi okruh k tepelnému čerpadlu. Protože jsou výměňkové prvky instalovány uvnitř kanalizace, nepotřebují dodatečný prostor. Díky svému plochému a kompaktnímu designu mohou být výměňkové moduly instalovány v kanalizacích od průměru 1000 mm a jsou zcela ponořeny i při malých průtocích odpadní vody [20] [21].



Obrázek 9 Koncept systému Huber TubeWin [21]

Použití systému je podobné systému ThermWin (viz. Kapitola 6.3.1. „Externí výměník tepla – typ 1“), protože je vhodný pro vytápění blízkých budov, jako jsou sportoviště, bazény, školy, školky, obytné budovy, administrativní budovy nebo průmysl [20].

6.4.2. VNITROKANALIZAČNÍ VÝMĚNÍK – TYP 2

Společnost Rabtherm Energy Systems vyvinula kanalizační prvky s integrovaným výměníkem tepla. Existuje celá řada sériových a technických řešení těchto systémů, které lze použít jak ve stávajících kanalizacích, tak i integrovat do nových kanalizací. Systém odběru tepla se dodává ve čtyřech alternativách [20] [23]:

- a) Integrované výměníky tepla v kanalizačním potrubí (nové kanalizace)
- b) Kanalizace vybavená energetickým systémem Rabtherm
- c) Tlakový trubkový výměník tepla



Obrázek 10 Alternativy zleva doprava a), b), c) [23]

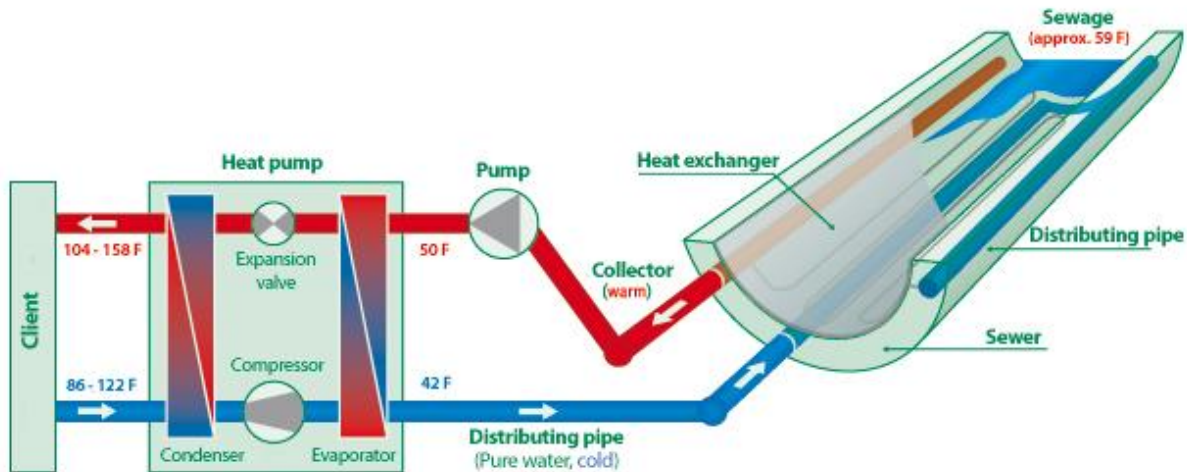
K výměně tepla dochází prostřednictvím nerezových výměníků tepla na dně kanalizace, které jsou napojeny přímo na tepelné čerpadlo se dvěma trubkami (rozvod do a sběr z prvků výměníku tepla). Třetí potrubí přivádí zpětný tok z tepelného čerpadla na dno kanalizačního potrubí [20].

Výměníky tepla lze instalovat jak do kanalizací nových budov, tak při reorganizaci stávajících systémů. Systém lze použít i se spádem potrubí pod jedno procento nebo v přepadových kanálech [23].

Kritéria pro optimální využití systémů RABTHERM:

- Kanalizace min. průměr (400) – 800 mm;
- Množství odpadní vody v průměru min. 12 l/s;

- Délky výměníků min. 9 m a max. 200 m;
- Min. topný výkon: 80 kW;
- Vzdálenost kanalizace ke spotřebiteli max. 200 m (kultivované), 300 m (prázdné);
- Primární teplota (uživatelská) max. 70 °C;
- Výkon po tepelném čerpadle, cca 2-5 kW/m² výměníku.



Obrázek 11 základní schéma systému integrovaných výměníků tepla [23]

Výhodou tohoto systému je, že odpadní voda není třeba čistit, protože se nepoužívá přímo v tepelném čerpadle, čímž se snižují problémy se zanášením v systému tepelného čerpadla. Rabtherm Energy System také vyvinul řešení pro snížení biologického znečištění na prvku výměníku tepla v kanalizačním potrubí. S tímto patentovaným anti vegetativním systémem se výkon výměníků tepla zvýší o 30-40 % [20] [23].

Nevýhodou systému je nutnost nahrazení stávající kanalizace pro účel rekuperace tepla.

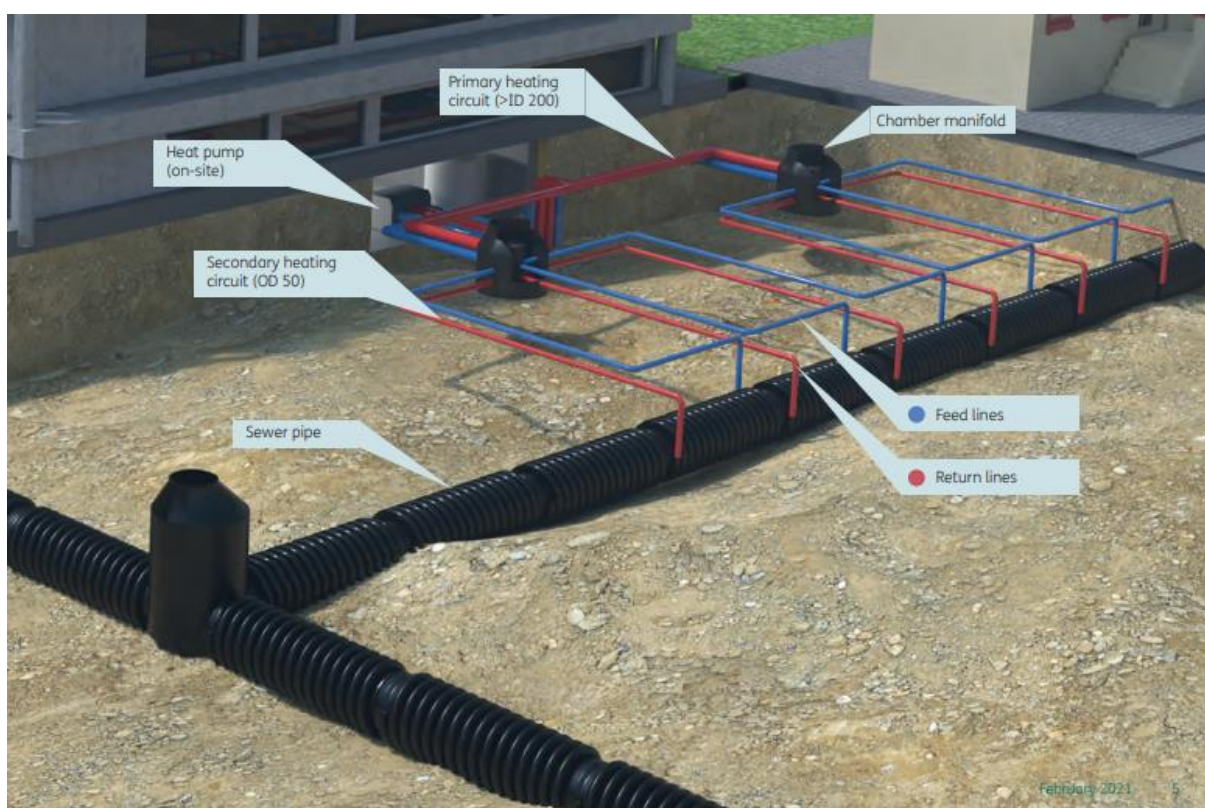
6.4.3. VNITROKANALIZAČNÍ VÝMĚNÍK – TYP 3

PKS-Thermpipe od Frank GmbH je určen pro vytápění okolních budov. Kanalizační potrubí je obklopeno smyčkami, které předávají teplo tepelnému čerpadlu nebo kotli. U tohoto systému bude instalována PKS Thermpipe místo standardního kanalizačního potrubí [20].

Pro přenos tepelné energie se využívá standardní spirálovitě vinutá trubka na vnější trubce. Ve spirálové trubce proudí studená voda, která odebírá teplo jak z kanalizačního potrubí, tak z ohřáté půdy kolem [24].



Obrázek 12 Průřez PKS-Thermpipe [24]



Obrázek 13 Koncept použití systému PKS-Thermpipe [24]

Výhodou systému je vysoká životnost a snížení problémů se zanášením čerpadla protože do něj proudí čistá voda [20].

Nevýhoda systému je stejná jak u řešení od RABTHERMU, tedy nutnost výměny stávající kanalizace [20].

7. DECENTRALIZOVANÝ SYSTÉM

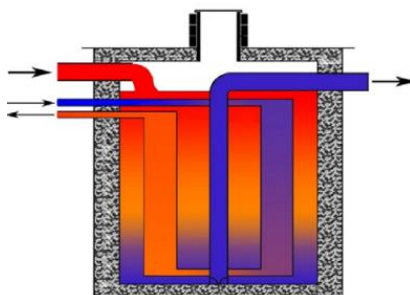
Decentralizovaný systém ZZTOV, také nazývaný jako lokální, využívá teplo z odpadní vody přímo v místě jejího vzniku. Ve stejném momentě, kdy je energie odebírána, je předávána vodě určené ke spotřebě. Protože v porovnání s centralizovaným systémem je trasa dodání zpětně získaného tepla výrazně kratší, jsou tepelné ztráty významně nižší [15].

Stejně jako u centralizovaných systémů, i zde platí, čím větší a konstantní průtok tím větší efektivita řešení. Proto je systém odebírání tepla z kanalizace uvnitř budovy nejvhodnější pro objekty jako nemocnice, průmyslové stavby, plovárny apod [19]. Nicméně lze systém využít i pro menší stavby jako bytové a rodinné domy, a to jak při odběru z paty objektu, tak v místě spotřebičů (viz kapitola 5.1.).

7.1. ODBĚR Z PATY OBJEKTU

Jedná se o využití tepelné energie šedé odpadní vody z celého objektu. Šedá voda je svedena do akumulární nádoby, která zároveň plní funkci rekuperačního výměníku tepla. Ochlazená odpadní voda dále odtéká do kanalizačního řádu na základě sifonového efektu. Voda v akumulární nádrži zajišťuje vyrovnání v případě nekontinuálního toku. Nádrž je dvouplášťová a tepelně izolovaná [3] [25].

Do nádrže pak potrubím proudí studená voda z vodovodního řádu a ta dále pokračuje do rozvodů objektu. Trubka v nádrži působí jako teplosměnná plocha, která předává teplo mezi odpadní a pitnou vodou [3] [25].



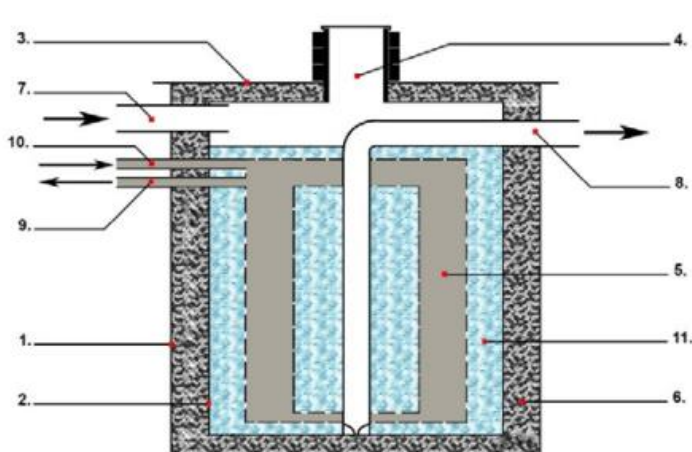
Obrázek 14 Teplotní rozvrstvení v akumulárním výměníku [25]

Voda přehřátá ve výměníku je přivedena do budovy a připojena do zdroje teplé vody. Může se jednat o elektrický bojler, zásobník tepelného čerpadla nebo plynového kotle a podobně. Tuto ohřátou vodu je také možno napojit přímo do pračky a myčky nádobí, které si vodu samy

dohřívají pouze o rozdíl teploty mezi přehřátou vodou a požadovanou výslednou teplotou. Toto řešení má za následek významnou úsporu energie oproti řešení, kdy si zařízení ohřívá vodu o průměrné teplotě 10 °C [3].

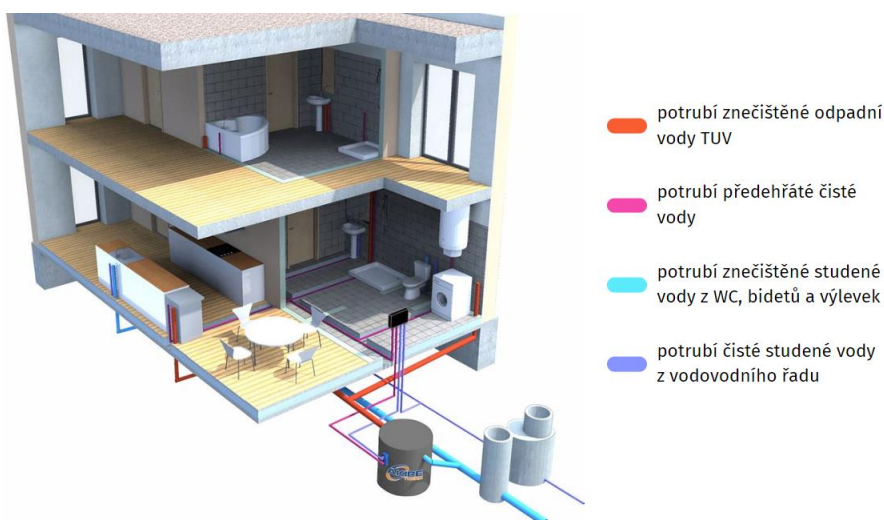
Díky dostatečně velké teplosměnné ploše a akumulárnímu zásobníku dokáže tento rekuperační výměník vrátit až 80% tepelné energie z odpadní vody zpátky do objektu formou přehřáté přívodní vody [3].

Nevýhodou tohoto řešení je prostorová náročnost. Akumulační nádrž může být umístěna uvnitř nebo vně objektu, vždy ale níž než nejnižší položený připojený zařizovací předmět. Nutností je také rozdělení kanalizace na dva samostatné systémy, a to pro splaškovou a šedou vodu [3] [25].



1. Vnější plastová nádoba
2. Vnitřní plastová nádoba
3. Víko nádoby
4. Vstupní čistící hrdlo
5. Výměník (teplosměnná plocha)
6. Tepelná izolace dvouplášťového skeletu
7. Přívodní hrdlo odpadní TUV z objektu
8. Odtok studené užitkové vody do kanalizačního řádu
9. Výstup přehřáté pitné vody do objektu
10. Vstup chladné pitné vody z řádu
11. Akumulovaná TOV

Obrázek 15 Popis prvků akumulárního výměníku [3]



Obrázek 16 Zapojení akumulárního výměníku [25]

Dále uvádím varianty výměníků, se kterými bude dále pracováno v ekonomickém vyhodnocení.

Výměník AKIRETHERM HOME

Tab. č. 3 Vlastnosti výměníku AKIRETHERM HOME [25]

| | |
|---|--|
| VÝROBCE | AKIRE |
| ZEMĚ | ČR |
| OZNAČENÍ | AKIRETHERM HOME |
| ROZMĚRY [mm] | 1000 x 1000 (výška x průměr) |
| OBJEM [l] | |
| Celkový objem zásobníku vč. nerezového výměníku | 399,4 |
| Z toho vinitý nerezový výměník | 32,9 |
| HMOTNOST [kg] | |
| Bez kapalin | 86,5 |
| včetně kapalin (provozní) | 486 |
| ÚČINNOST [%] | 71 - 79 |
| ŽIVOTNOST | 30 let |
| KONSTRUKCE | Nádrž výměníku je kruhová dvouplášťová nádoba, sestavená z vnitřní a vnější nádoby, které jsou vystředěné ve vertikální ose, s dvojitým dnem a víkem nádoby. Meziprostor je vyplněn tepelně izolačním materiálem. Konstrukce nádoby splňuje statické podmínky pro osazení do terénu s obsypem. |
| DIMENZE POTRUBÍ KANALIZACE | DN110 (vstup i výstup šedé vody) |
| DIMENZE POTRUBÍ VODY | DN20 |
| MATERIÁLY | polypropylen PP-B podle ČSN EN 1778 |
| PRINCIP | Popsán v kapitole 7.1. |
| ÚDRŽBA | |
| Krátkodobá | 1x za 3 měsíce nasypat do kontrolního otvoru RV ½ kg hydroxidu sodného. Dojde k vyčištění teplosměnných ploch vlnkové trubky od usazenin. Lze též nasypat do kterékoliv výpusti v objektu (umyvadlo, vana sprcha) a spláchnout dostatečným množstvím vody, která dopraví hydroxid sodný do rekuperačního výměníku. |
| Dlouhodobá | Kontrolním otvorem rekuperačního výměníku se vyčerpá malým kalovým čerpadlem objem, následně se vnitřní prostor vymyje tlakovou vodou nebo Wap. Toto čištění si může provozovatel objednat u dodavatelské firmy. Cyklus 1x za 2 roky, u zvýšeného provozu, zejména s technologickou vodou, je cyklus čištění kratší. |
| VLASTNÍ SPOTŘEBA ENERGIÍ | NE |
| CENA BEZ DPH | 98 250,00 Kč |
| DOTACE | Nová zelená úsporám |
| NÁVRATNOST | V rodinných domech - 3 roky V ubytovacích nebo průmyslových zařízení i do 1 roku |
| NA ČESKÉM TRHU | ANO |
| DALŠÍ | sníží energetickou náročnost objektu o 38 % |

7.2. ODBĚR V MÍSTĚ SPOTŘEBIČŮ

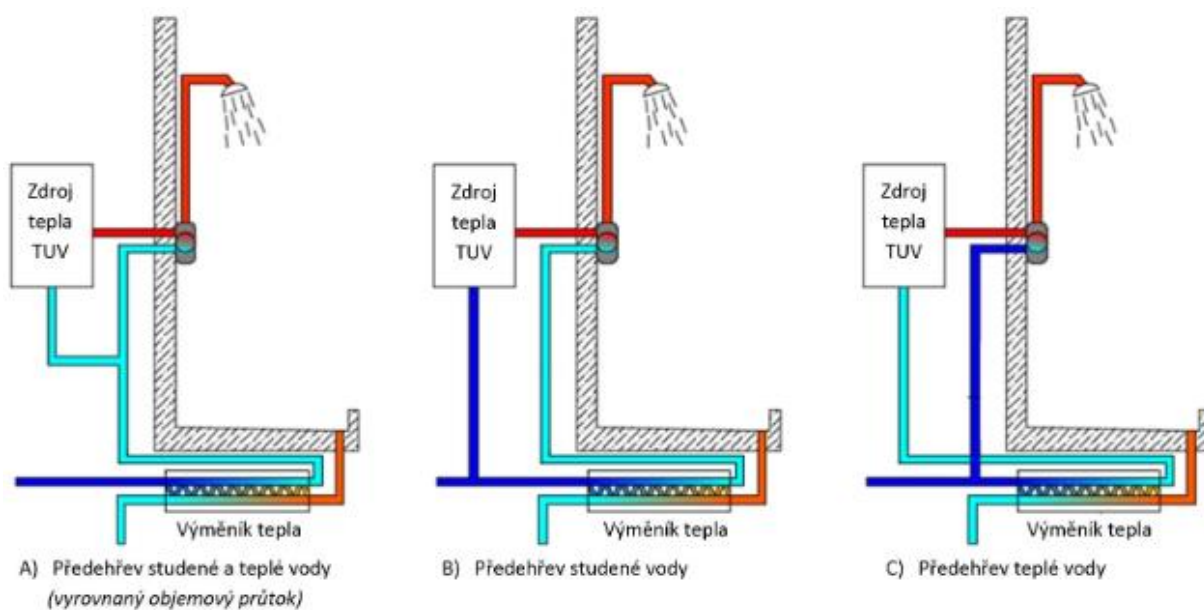
Tyto decentralizované systémy se používají nejčastěji v případech, kdy objekt nemá dostatečný prostor pro umístění akumulční nádrže, nebo u budov s velkou rozlohou a s nižším odběrem teplé vody různě rozprostřeným po budově. Pro lokální rekuperační výměník bez zásobníku je nezbytný současný přítok teplé a studené vody a odtok teplé šedé vody [3].

Rekuperační výměník využívá protiproudého toku pro zvýšení efektivnosti předání tepla mezi dvěma médii, a tak je ohřátá studená voda přivedena ke sprchové baterii nebo přívodu u myčky nádobí nebo pračce, případně ke zdroji tepla. Díky tomu je pro požadovanou teplotu potřeba méně energie k dohřátí vody a tím se redukuje náklady na ohřev vody.

Zařízení ZZTOV pro odběr tepla v místě vzniku teplé odpadní vody se instaluje do potrubí ideálně co nejbližší za sifon a zároveň v blízkosti vývodů vodovodního potrubí k zařizovacímu předmětu. Je doporučeno, aby se v případě takového technologického řešení u sprchy místo pákové či směšovací baterie instalovala termostatická baterie. Ta automaticky reguluje poměr teplé a studené vody pomocí termostatického článku. Teplotní úroveň vody se totiž po celý proces sprchování dynamicky mění [15].

Výměník tepla a ohřátou studenou vodu lze do systému připojit třemi způsoby (obr. 16) [15]:

- Současné připojení do místa odběru studené vody a ke zdroji tepla TUV – předehřev studené a teplé vody;
- Připojení do místa odběru studené vody – předehřev studené vody;
- Připojení ke zdroji tepla TUV – předehřev teplé vody.



Obrázek 17 Možnosti připojení výměníku tepla do systému [15]

Výměník dokáže ohřát vodu o teplotě 10 °C až o 15 °C za průměrné teploty odpadní vody 38-40°C. Díky vodě předehřáté na 25 °C může výměník ušetřit 20-30 % nákladů na ohřev TUV. Účinnost výměníků se obvykle pohybuje mezi 20-60 % v závislosti na zvoleném typu. Účinnost je samozřejmě ovlivňována rychlostí průtoku vody a délkou sprchování, přičemž platí, čím kratší je doba sprchování, tím více se projevují tepelné ztráty při náběhu a doběhu výměníku a tím nižší je celková účinnost. Naopak účinnost roste, pokud je předehřátá studená voda napojena nejen na termoregulační hlavici ale také na hlavní zdroj tepla. Tímto způsobem dojde k vyrovnání odtoku a nátoků a tím ke zvýšení účinnosti zpětného získávání tepla [3].

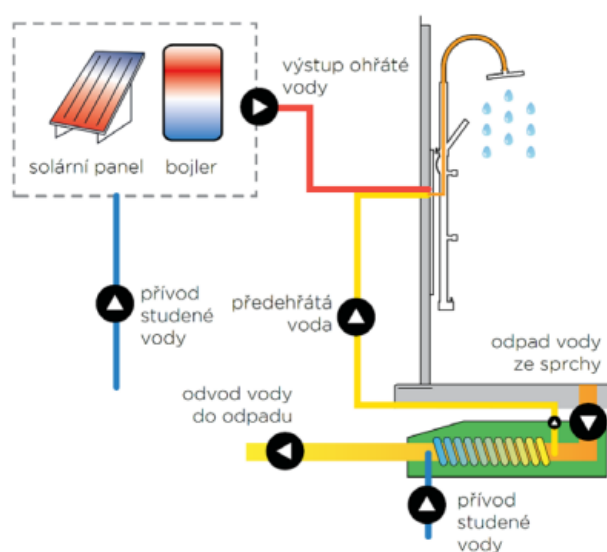
Podle technického provedení lze lokální výměníky rozdělit na:

- Horizontální (plášťové)
- Vertikální (trubka v trubce)

7.2.1. HORIZONTÁLNÍ VÝMĚNÍKY

Velkými výhodami horizontálních systémů ZZTOV jsou jeho nízké nároky na prostor a instalace v rámci jednoho podlaží, a to přímo do podlahy sprchy nebo do sprchové vaničky [3]. Další výhodou, která je jedinečná právě pro horizontální výměníky, je nízká náročnost na rekonstrukci v případě instalace do stávajících prostor [3].

Ve většině případů odtéká odpadní voda měděným potrubím, na jehož vnější straně se nachází soustava trubiček, kterou v opačném směru proudí studená voda. Studená voda je ohřívána na přibližně 27 °C [3].


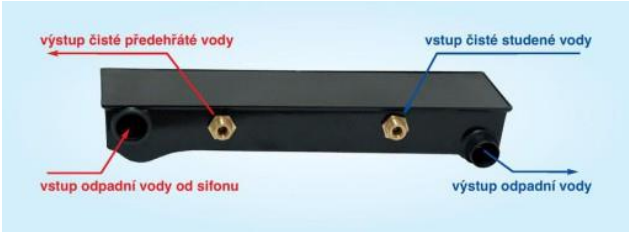


Obrázek 18 Schématický nákres horizontálního výměníku [3]

Dále uvádím varianty výměníků, se kterými bude pracováno v ekonomickém vyhodnocení.

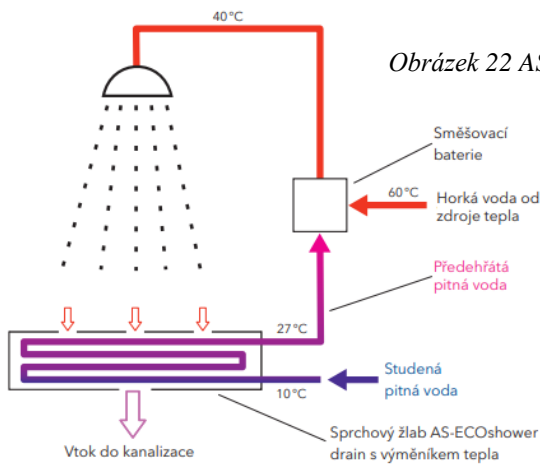

Sprchový výměník NELA

Tab. č. 4 Vlastnosti výměníku NELA [26]

| | |
|-----------------------------------|--|
| VÝROBCE | Sakal |
| ZEMĚ | Česká republika |
| ROZMĚRY [mm] | 552 x 144 x 87 |
| HMOTNOST [kg] | 1,8 |
| ÚČINNOST [%] | 40,5 - 45 |
| MAX TLAK VODY [bar] | 16 |
| MAX TEPLOTA [°C] | 90 |
| DIMENZE POTRUBÍ KANALIZACE | DN40 |
| PŘIPOJENÍ POTRUBÍ VODY | G 1/2" (DN20) |
| MATERIÁLY | |
| Skříň výměníku | Vakuový výtazek z plastu ABS. |
| Absorbér | Výlisek z nerezového plechu AISI 316 |
| PRINCIP | <p>Rekuperace tepla se uskutečňuje na protiproudém principu předání tepla. Výměník je schován v plastové krabici, ze které vedou čtyři otvory. Je tvořen profilovanými deskami z leštěného nerezového plechu, po kterých stéká ohřátá odpadní voda. Teplo odtékající vody při sprchování se přitom předává studené vodě proudící v protiproudu vzhůru, ta je oddělena dvojitou stěnou výměníku od odtékající vody. Voda ohřátá z cca 10 °C na cca 27 °C se přivádí na „studenou stranu“ směšovací baterie (a k ohřívači vody).</p> |
| |  <p>Obrázek 20 zapojení do sprchového koutu [26]</p> |
| |  <p>Obrázek 19 Schéma napájení výměníku NELA [26]</p> |
| ÚDRŽBA | Doporučené přípravky založené na biologické bázi. Čistící roztok stačí nalít do sifonu. Půlroční interval čištění při běžném provozu stačí. Znečištění způsobuje snížení výkonu. |
| VLASTNÍ SPOTŘEBA ENERGIÍ | NE |
| CENA BEZ DPH | |
| aton.cz | 5 900,00 Kč |
| destovka.eu | 8 586,80 Kč |
| ÚSPORA | 480 kWh (když se sprchuje jeden člověk jedenkrát denně cca 6 min) |
| NA ČESKÉM TRHU | ANO |


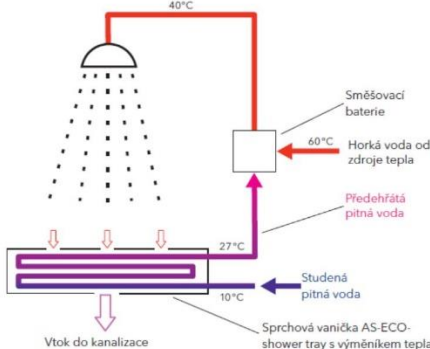
Sprchový výměník AS-ECOshower drain

Tab. č. 5 Vlastnosti výměníku AS-ECOshower drain [27] [28]

| | |
|-----------------------------------|---|
| VÝROBCE | Wagner Solar GmbH |
| ZEMĚ | Německo |
| OZNAČENÍ | AS-ECOshower drain 900 |
| ROZMĚRY [mm] | 960 x 186 x 132 |
| HMOTNOST [kg] | 12 |
| ÚČINNOST [%] | 47,7 - 54 |
| DIMENZE POTRUBÍ KANALIZACE | DN50 |
| PŘIPOJENÍ POTRUBÍ VODY | 1/2" AG |
| MATERIÁLY | |
| Skříň výměníku | nerezová ocel |
| Absorbér | měď |
| PRINCIP | <p>Výměník tepla je umístěn přímo pod krytem z nerezové oceli, který je možno volitelně pokrýt dlažbou podlahy sprchy. Rekuperace tepla se uskutečňuje na principu protiproudů. Voda ohřátá z cca 10 °C na cca 27 °C se přivádí do přívodu studené vody směšovací baterie (a ke zdroji tepla).</p>  <p>Obrázek 21 Schéma zapojení výměníku AS-ECOshower drain [28]</p>  <p>Obrázek 22 AS-ECOshower drain [27]</p> |
| ÚDRŽBA | Po odstranění vrchního krytu se dá rozdělovací deska vyjmout a vypláchnout. Spirálový výměník tepla je pak přímo přístupný pro čištění. Výměník tepla se může osprchovat nebo vyčistit kartáčem. |
| VLASTNÍ SPOTŘEBA ENERGIÍ | NE |
| CENA BEZ DPH | |
| destovka.eu | 35 446,30 Kč |
| DOTACE | Nová zelená úsporám |
| ÚSPORA | Například 4členná rodina pohodlně ušetří při sprchování ročně až 180 m ³ plynu, popř. 180 l topného oleje. |
| NA ČESKÉM TRHU | ANO |


Výměník do koupelny AS-ECOshower tray

Tab. č. 6 Vlastnosti výměníku AS-ECOshower tray [29] [30]

| | | |
|-----------------------------------|---|-------------------------------|
| VÝROBCE | Wagner Solar GmbH | |
| ZEMĚ | Německo | |
| OZNAČENÍ | AS-ECOshower tray 900 | AS-ECOshower tray 1200 |
| ROZMĚRY [mm] | 900 x 900 x 200 | 1200 x 900 x 200 |
| HMOTNOST [kg] | neuveдено | |
| ÚČINNOST [%] | 48,3 | |
| DIMENZE POTRUBÍ KANALIZACE | DN50 | |
| PŘIPOJENÍ POTRUBÍ VODY | 1/2" AG | |
| MATERIÁLY | | |
| Skříň výměníku | sanitární akryl, nerezová ušlechtilá ocel | |
| Absorbér | měď | |
| PRINCIP | <p>Rekuperace tepla obsaženého v odtékající vodě ze sprchování se uskutečňuje na principu protiproudu. Odtékající voda se přitom odvádí přes výměník tepla a její energie se předává přiváděné studené vodě. Teplá odpadní voda ze sprchy předehřívá studenou pitnou vodu např. z 10°C na 27°C a ta je přiváděna do směšovací baterie (a ke zdroji tepla). Odpadní a pitnou vodu odděluje dvojitá stěna výměníku.</p> | |
| |  <p>Obrázek 23 AS-ECOshower tray [29]</p> | |
| |  <p>Obrázek 24 Schéma zapojení výměníku AS-ECOshower tray [29]</p> | |
| ÚDRŽBA | Po odstranění odtoku se dá rozdělovací deska vyjmout a spirála přenášející teplo je přímo přístupná pro čištění. V případě potřeby se dá výměník tepla snadno osprchovat také vyčistit kartáčem. | |
| VLASTNÍ SPOTŘEBA ENERGIÍ | NE | |
| CENA BEZ DPH | | |
| vodashop.cz | 8 181,82 Kč | neuveдено |
| destovka.eu | 8 181,82 Kč | |
| DOTACE | neuveдено | |
| ÚSPORA | Efektivní rekuperace tepla z vody na sprchování. Například 4členná rodina pohodlně ušetří při sprchování ročně až 180 m ³ plynu, popř. 180 l topného oleje. | |
| NA ČESKÉM TRHU | ANO | |


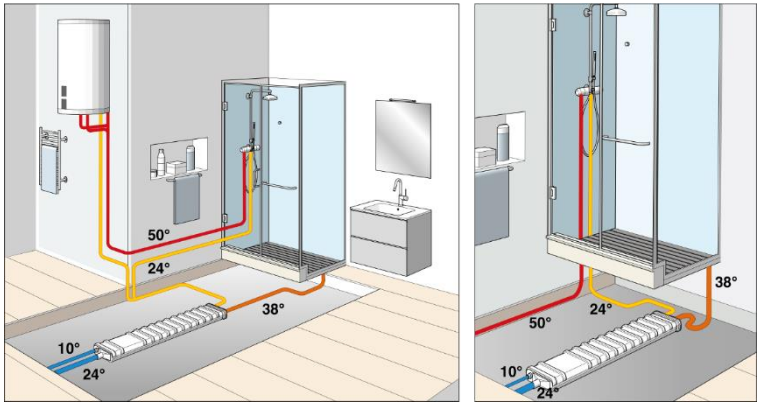
Sprchový výměník AS-DRAINCHANNEL

Tab. č. 7 Vlastnosti výměníku AS-DRAINCHANNEL [31]

| | | | |
|----------------------------|---|----------------------|----------------------|
| VÝROBCE | Counter Flow Products B.V. | | |
| ZEMĚ | Holandsko | | |
| OZNAČENÍ | AS-DRAINCHANNEL X-800/3 | AS-DRAINCHANNEL X2.1 | AS-DRAINCHANNEL X2.2 |
| ROZMĚRY [mm] | 860 x 186 x 112 | 866 x 240 x 115 | 866 x 240 x 154 |
| HMOTNOST [kg] | neuveďeno | | |
| ÚČINNOST [%] | 36,4 - 38,1 | 39,7 - 41,6 | 56,4 - 57,3 |
| DIMENZE POTRUBÍ KANALIZACE | DN50 | | |
| PŘIPOJENÍ POTRUBÍ VODY | G 1/2" | R 1/2" | R 1/2" |
| MATERIÁLY | | | |
| Skříň výměníku | nerezová ocel | | |
| Absorbér | měď | | |
| PRINCIP | <p>Snadno přístupný výměník tepla z mědi odolné vůči korozi je umístěn přímo pod vkusným krytem z nerezové oceli, který je možno volitelně pokrýt dlažbou podlahy sprchy. Díky jednoduché a efektivní konstrukci je zaručen trvale vysoký výkon a úspora. Rekuperace tepla obsaženého v odtékající vodě ze sprchování se uskutečňuje na principu protiproudu. Odtékající voda se přitom odvádí přes výměník tepla a její energie se předává přiváděné studené vodě. Voda ohřátá z cca 10°C na cca 27°C se přivádí do přívodu studené vody směšovací baterie (a ke zdroji tepla) a spotřeba energie se tak velmi pohodlně a jednoduše snižuje.</p> | | |
| |  | | |
| | <p>Obrázek 25 AS-DRAINCHANNEL [31]</p> | | |
| ÚDRŽBA | Po odstranění vrchního krytu se dá rozdělovací deska vyjmout a vypláchnout. Spirálový výměník tepla je pak přímo přístupný pro čištění. V případě potřeby se dá výměník tepla osprchovat nebo vyčistit kartáčem. | | |
| VLASTNÍ SPOTŘEBA ENERGIÍ | NE | | |
| CENA BEZ DPH | | | |
| vodashop.cz | 32 148,74 Kč | 40 082,64 Kč | neuveďeno |
| DOTACE | Nová zelená úsporám | | |
| NA ČESKÉM TRHU | ANO | | |


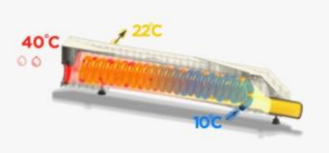
Výměník REDI Ecoshower

Tab. č. 8 Vlastnosti výměníku REDI Ecoshower [32] [33]

| | |
|-----------------------------------|---|
| VÝROBCE | REDI s.p.a. |
| ZEMĚ | Itálie |
| OZNAČENÍ | Ecoshower |
| ROZMĚRY [mm] | 813,6 x 288 x 81 |
| HMOTNOST [kg] | 2,3 |
| ÚČINNOST [%] | 30 - 75 |
| MAX TLAK VODY [bar] | 10 |
| MAX TEPLOTA [°C] | 80 |
| DIMENZE POTRUBÍ KANALIZACE | DN50 |
| PŘIPOJENÍ POTRUBÍ VODY | 1/2" |
| MATERIÁLY | |
| Skříň výměníku | Polipropylen |
| Absorbér | nerezová ocel |
| PRINCIP | <p>Výměník je schován v plastové krabičce, ze které vedou čtyři otvory. Instalován je do podlahy.</p>  <p style="text-align: right;"><i>Obrázek 27 REDI Ecoshower [32]</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Obrázek 26 Schéma zapojení výměníku REDI Ecoshower [32]</i></p> |
| ÚDRŽBA | bez údržby |
| VLASTNÍ SPOTŘEBA ENERGIÍ | NE |
| CENA BEZ DPH | |
| eshop.panfitinka.cz | 24 166,94 Kč |
| DOTACE | neuvedeno |
| ÚSPORA [%] | 15 - 35 |
| NA ČESKÉM TRHU | ANO |



Výměník ZYPHO iZi

Tab. č. 9 Vlastnosti výměníku ZYPHO iZi [34] [35]

| | | |
|-----------------------------------|--|------------------|
| VÝROBCE | ZYPHO | |
| ZEMĚ | Portugalsko | |
| OZNAČENÍ | iZi30 High Flow | iZi40 Eco Shower |
| MAX PRŮTOK [l/min] | 25 | 12,5 |
| ROZMĚRY [mm] | 540 x 130 x 170 | |
| HMOTNOST [kg] | 5 | |
| ÚČINNOST [%] | 25-31 | 29-39 |
| MAX TLAK VODY [bar] | 6 | |
| MAX TEPLOTA [°C] | 60 | |
| DIMENZE POTRUBÍ KANALIZACE | DN40 | DN40 |
| PŘIPOJENÍ POTRUBÍ VODY | 1/2" | 1/2" |
| MATERIÁLY | | |
| Skříň výměníku | ABS | |
| Absorbér | měď | |
| PRINCIP | <p>Výměník je schován v plastové krabici. Je tvořen zatočenou měděnou trubičkou, ve které proudí čistá voda. Odpadní voda tuto trubičku obtéká a předává tak teplo. Výměník lze buď přímo instalovat k odtoku, nebo ho lze napojit až v potřebné kolmé vzdálenosti na odpadní potrubí.</p>  <p>Obrázek 28 Možnosti použití výměníku ZYPHO iZi [34]</p>  <p>Obrázek 29 Průběh teplot ve výměníku ZYPHO iZi [34]</p> | |
| ÚDRŽBA | neuveďeno | |
| VLASTNÍ SPOTŘEBA ENERGIÍ | NE | |
| CENA BEZ DPH | | |
| cityplumbing.co.uk | 13 655,37 Kč | |
| koncept-ekotech.com | neuveďeno | neuveďeno |
| DOTACE | neuveďeno | |
| NA ČESKÉM TRHU | ANO | |
| DALŠÍ | Je dodáván samostatně nebo v sestavách s odpadní armaturou pro instalaci pod sprchovou vaničkou, pod vanou, s vpustí nebo liniovým žlabem. | |

Výměník ZYPHO Slim 50

Tab. č. 10 Vlastnosti výměníku ZYPHO Slim 50 [36]

| | |
|-----------------------------------|---|
| VÝROBCE | ZYPHO |
| ZEMĚ | Portugalsko |
| OZNAČENÍ | Slim 50 |
| MAX PRŮTOK [l/min] | 25 |
| ROZMĚRY [mm] | 600 x 300 x 50 |
| HMOTNOST [kg] | |
| ÚČINNOST [%] | 45-52 |
| MAX TLAK VODY [bar] | 6 |
| MAX TEPLOTA [°C] | 60 |
| DIMENZE POTRUBÍ KANALIZACE | DN50 |
| PŘIPOJENÍ POTRUBÍ VODY | neuveďeno |
| MATERIÁLY | |
| Skříň výměníku | PP |
| Absorbér | měď |
| PRINCIP | <p>Výměník pro rekuperaci tepla z odpadní vody, se instaluje přímo pod vanu či sprchovou vaničku a zde pak odtékající voda předává teplo vodě vstupní, přičemž se jedná o pasivní, bezúdržbovou technologii. Jeho velkou výhodou je nízká výška a vyšší účinnost.</p>  <p>Obrázek 30 Možnosti použití výměníku ZYPHO Slim 50 [36]</p>  <p>Obrázek 31 Výměník ZYPHO Slim 50 [36]</p> |
| ÚDRŽBA | neuveďeno |
| VLASTNÍ SPOTŘEBA ENERGIÍ | NE |
| CENA BEZ DPH | 33 471,07 Kč |
| DOTACE | |
| NA ČESKÉM TRHU | ANO / NE |
| DALŠÍ | Potvrzeno německým institutem pasivního domu |

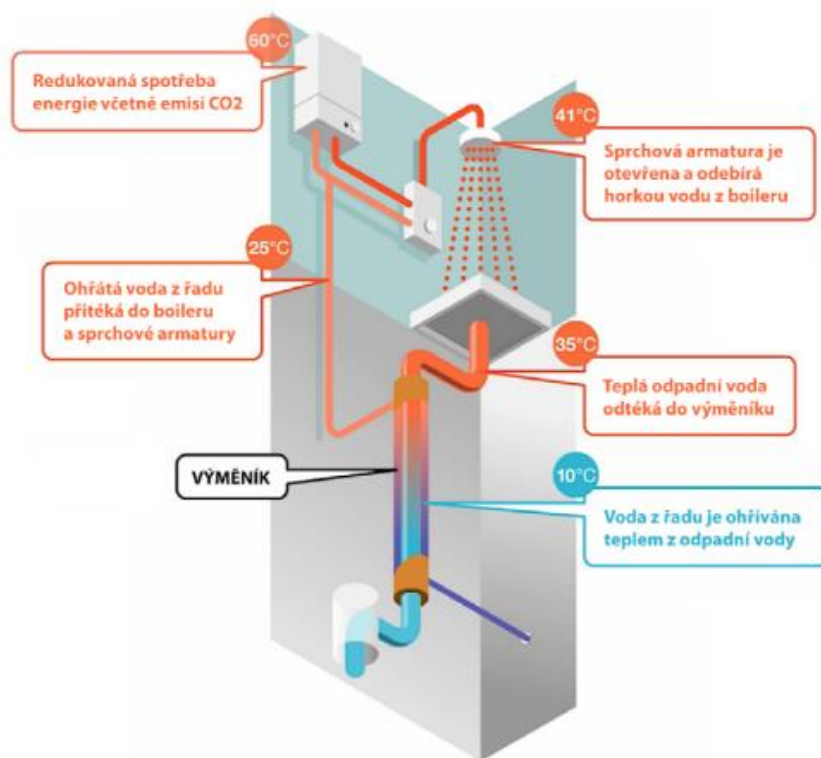
7.2.2. VERTIKÁLNÍ VÝMĚNÍKY

Vertikální výměníky sice jsou vhodné i pro použití u odběru z paty objektu, avšak ve většině případů se používají u odběru z vnitřní kanalizace.

Oproti horizontálním výměníkům je jejich výhodou, že mohou být umístěvané i na odpad z myčky nádobí nebo pračky.

Nevýhodou je požadavek na umístění pod připojeným předmětem, co znamená, že v případě nepodsklepeného objektu není možné napojit první nadzemní podlaží [3].

Tyto výměníky využívají principu trubka v trubce, dvouplášťově měděné trubkové výměníky, jejichž středem odtéká kanalizace a v opačném směru proudí studená pitná voda v tenké vrstvě na vnější straně vnitřní trubky [15].



Obrázek 32 Schéma zapojení vertikálního výměníku [3]

Níže uvádím varianty výměníků, se kterými bude dále pracováno v ekonomickém vyhodnocení.


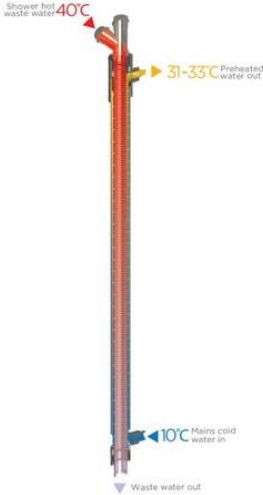
Výměník AS-ECOshower pipe

Tab. č. 11 Vlastnosti výměníku AS-ECOshower pipe [37] [38]

| | | | | |
|--------------------------------------|--|--------------|--------------|-----------------------------|
| VÝROBCE | Wagner Solar GmbH | | | |
| ZEMĚ | Německo | | | |
| OZNAČENÍ | AS-ECOshower pipe 15 | | | AS-ECOshower pipe 20 |
| MAX PRŮTOK [l/min] | 15 | | | 20 |
| ROZMĚRY [mm] (délka x průměr) | 1500 x 63 | 1700 x 63 | 2015 x 63 | 2015 x 63 |
| ÚČINNOST [%] | 52,3 | 55,5 | 60 | 50,2 |
| DIMENZE POTRUBÍ KANALIZACE | DN50 | | | DN50 |
| PŘIPOJENÍ POTRUBÍ VODY | 1/2" AG | | | 1/2" AG a 3/4" AG |
| MATERIÁLY | | | | |
| Vnější trubka | PVC | | | |
| Absorbér | měď | | | |
| PRINCIP | <p>Rekuperace tepla se uskutečňuje na protiproudém principu předání tepla. Odtékající voda stéká gravitací v tenké vrstvě po vnitřní stěně trubkového výměníku tepla. Teplo odtékající vody se předává studené vodě proudící v protiproudu vzhůru. Ta je oddělena dvojitou stěnou výměníku od odtékající vody. Voda ohřátá z cca 10°C na cca 27°C se přivádí na „studenou stranu“ směšovací baterie (a k ohřivači vody).</p> | | | |
| | <p>Obrázek 33 Princip výměníku AS-ECO shower pipe [37]</p> | | | |
| ÚDRŽBA | Je v podstatě bezúdržbová – když se správně nainstaluje, vydrží sprchová trubka po celou dobu „životnosti sprchy“. | | | |
| VLASTNÍ SPOTŘEBA ENERGIÍ | NE | | | |
| CENA BEZ DPH | | | | |
| vodashop.cz | neuveďeno | 15 289,26 Kč | 16 446,28 Kč | neuveďeno |
| destovka.eu | 16 272,70 Kč | | | 17 181,80 Kč |
| DOTACE | neuveďeno | | | |
| ÚSPORA | 4členná rodina pohodlně ušetří při sprchování ročně až 220 m ³ plynu, popř. 220 l topného oleje. | | | |
| NA ČESKÉM TRHU | ANO | | | |

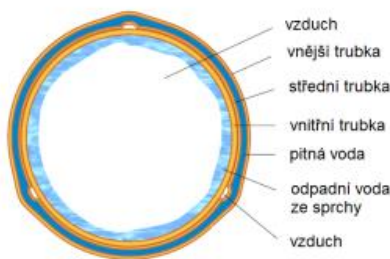

Výměník ZYPHO PiPe

Tab. č. 12 Vlastnosti výměníku ZYPHO PiPe [39]

| | | |
|--------------------------------------|--|--|
| VÝROBCE | ZYPHO | |
| ZEMĚ | Portugalsko | |
| OZNAČENÍ | PiPe 65 | PiPe 75 |
| MAX PRŮTOK [l/min] | 25 | 25 |
| ROZMĚRY [mm] (délka x průměr) | 1600 x 50 (pro instalaci nutná výška 1950mm) | 2000 x 50 (pro instalaci nutná výška 2350mm) |
| ÚČINNOST [%] | 58-67 | 66,2-74,5 |
| MAX TLAK VODY [bar] | 6 | |
| MAX TEPLOTA [°C] | 60 | |
| DIMENZE POTRUBÍ KANALIZACE | DN50 | |
| PŘIPOJENÍ POTRUBÍ VODY | neuvedeno | |
| MATERIÁLY | | |
| Vnější trubka | PVC a nerezová ocel | |
| Absorbér | nerezová ocel 316L | |
| PRINCIP | Stejný princip jako u AS-ECOshower pipe. | |
| |  <p>Obrázek 36 Výměník ZYPHO PiPe 75 [56]</p> | |
| |  <p>Obrázek 35 Průběh teplot ve výměníku ZYPHO PiPe [56]</p> | |
| ÚDRŽBA | neuvedeno | |
| VLASTNÍ SPOTŘEBA ENERGIÍ | NE | |
| CENA BEZ DPH | | |
| cityplumbing.co.uk | 16 756,67 Kč | 18 042,36 Kč |
| koncept-ekotech.com | Neuvedeno | neuvedeno |
| DOTACE | neuvedeno | |
| NA ČESKÉM TRHU | NE | |

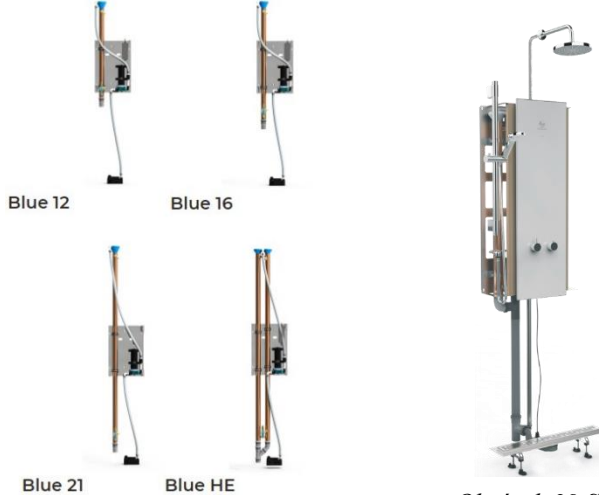

Výměník Q-Blue ShowerSave

Tab. č. 13 Vlastnosti výměníku Q-Blue ShowerSave [40] [41]

| | | | |
|-----------------------------------|--|------|------|
| VÝROBCE | Q-Blue | | |
| ZEMĚ | Holandsko | | |
| OZNAČENÍ | ShowerSave Recoh-Vert QB1 | | |
| MAX PRŮTOK [l/min] | 50 | | |
| ROZMĚRY [mm] (délka) | 1265 | 1675 | 2100 |
| HMOTNOST [kg] | 12 | 16 | 20 |
| ÚČINNOST [%] | 52 | 60 | 64 |
| DIMENZE POTRUBÍ KANALIZACE | DN50 | | |
| PŘIPOJENÍ POTRUBÍ VODY | 1/2" F | | |
| MATERIÁLY | | | |
| Vnější trubka | měď | | |
| Absorbér | měď | | |
| PRINCIP | <p>Stejný princip jako u AS-ECOshower pipe.</p> <div style="text-align: center;">  <p>Obrázek 37 Průřez výměníkem Q-Blue ShowerSave [41]</p>  <p>Obrázek 38 Výměník Q-Blue ShowerSave [41]</p> </div> | | |
| ÚDRŽBA | Výměník nepotřebuje žádnou pravidelnou údržbu, neboť odpadní voda jím proudí rychlostí cca 1 m/ sek. a má tak samočisticí efekt. | | |
| VLASTNÍ SPOTŘEBA ENERGIÍ | NE | | |
| CENA BEZ DPH | 29 328, 25 Kč | | |
| DOTACE | Neuvedeno | | |
| NA ČESKÉM TRHU | ANO | | |
| DALŠÍ | S Q-Blue Showersave vyžaduje kotel ústředního topení méně než polovinu výkonu pro ohřívání vody na sprchování. To může domácnosti ušetřit až 200 m3 plynu ročně. | | |

Sprchový výměník Blue Showersave

Tab. č. 14 Vlastnosti výměníku Blue Showersave [42] [43] [44]

| | | | | |
|-----------------------------------|---|--------------------|--------------------|----------------------|
| VÝROBCE | Q-Blue | | | |
| ZEMĚ | Holandsko | | | |
| OZNAČENÍ | Blue Showersave 12 | Blue Showersave 16 | Blue Showersave 21 | Blue Showersave 21HE |
| ROZMĚRY [mm] (délka) | 380 x 150 x 1800 | 380 x 150 x 1800 | 380 x 150 x 2085 | 380 x 150 x 2085 |
| HMOTNOST [kg] | 11,5 | 12,7 | 13,9 | 22 |
| ÚČINNOST [%] | 47,5-52,5 | 55-57,5 | 60-62,5 | 70-72,5 |
| JMENOVITÝ PŘÍKON [W] | 42 | 42 | 42 | 42 |
| MAX TLAK VODY [bar] | 5 | | | |
| MAX TEPLOTA [°C] | 70 | | | |
| DIMENZE POTRUBÍ KANALIZACE | neuveďeno | | | |
| PŘIPOJENÍ POTRUBÍ VODY | 1/2" | | | |
| MATERIÁLY | neuveďeno | | | |
| PRINCIP | <p>Systém zachytává vodu v odtoku, kde je umístěn senzor. Ten detekuje přítomnost odpadní vody a začne ji čerpat. K tomu je využito membránové čerpadlo, které je speciálně nvržené pro čerpání ze sprch a umyvadel, takže mýdlo a vlasy pro něj nepředstavují problém. V případě výpadku proudu voda jednoduše odtéče (sprchu lze používat i bez rekuperace). Speciálně vyvinutá nálevka Vortex zajišťuje, že voda proudí potrubím pro zpětné získávání tepla tím nejefektivnějším způsobem. Zbytkové teplo se předá studené vodě z vodovodu a odpadní voda je odvedena z objektu. Díky čerpadlu může být vertikální výměník umístěn ve stejném podlaží jako sprcha.</p> | | | |
| |  <p>Obrázek 40 Typy výměníku Blue Showersave</p> | | | |
| |  <p>Obrázek 39 Systém Showersave včetně sprchy</p> | | | |
| ÚDRŽBA | Vzhledem k vysokému průtoku v potrubí, je systém z velké části samočistící. Blue proto nevyžaduje o mnoho více údržby než „normální“ sprcha. | | | |
| VLASTNÍ SPOTŘEBA ENERGIÍ | ANO | | | |
| CENA BEZ DPH | | | | |
| hamwells.com (z €) | 40 085,78 Kč | 40 907,86 Kč | 43 122,59 Kč | 59 521,31 Kč |
| DOTACE | neuveďeno | | | |
| NA ČESKÉM TRHU | ANO | | | |

ČÁST II - EKONOMICKÁ ČÁST

V následující části diplomové práce je proveden teoretický rozbor rozhodovacích metod, které budou využity při vyhodnocení variant řešení.

8. TEORIE ROZHODOVÁNÍ

Rozhodování je proces nenáhodného výběru alternativy, který provádí jedinec za účelem splnění stanoveného cíle. Jedná se o hodnocení, vzájemné porovnávání a výběr optimální alternativy mezi alespoň dvěma možnými variantami řešení podle určitých kritérií. Součástí procesu není jen hodnocení pozitiv ale také hodnocení rizik jednotlivých možností. Výsledkem procesu je přijetí rozhodnutí [45].

Rozhodnutí vyjadřuje jasně formulovaný závěr o volbě jedné z variant. Jeho obsahem jsou informace udávající cíl budoucí činnosti, úkoly, prostředky a způsob jejich použití, časové termíny a podobně [45].

Rozhodování probíhající na různých úrovních řízení organizace má dvě stránky [46]:

- Stránka meritorní – věcná obsahová;
- Stránka formálně logická – procedurální.

Meritorní stránka odráží odlišnosti typů rozhodovacích procesů. V závislosti na obsahové náplni se odlišuje rozhodování o [46]:

- Výrobním programu;
- Kapitálových investicích;
- Uvedení výrobku na trh a jeho marketingové strategii;
- Vytvoření společného podniku;
- Organizačním uspořádání společnosti;
- Výběru zaměstnanců na určitá místa atd.

Stránka formálně logická je určitý rámcový postup řešení, vychází z [46]:

- Identifikace problému;
- Vyjasňování příčin problému a cílů řešení;
- Vyhodnocení variant řešení;

- Volby varianty určené k realizaci.

Spojovacím článkem, je také uplatnění určitých metod a modelových nástrojů podporujících řešení rozhodovacích procesů [46].

Předmětem teorie rozhodování jsou společné rysy rozhodovacích procesů, jejich procedurální, formálně logická a instrumentální stránka [46].

K základním prvkům rozhodovacích procesů se řadí [45]:

- **Cíle rozhodování** – stav, kterého se má dosáhnout řešením problému (např. snížení nákladů, zvýšení zisku apod.).
- **Teorie a fakty** vztahující se k danému problému.
- **Kritéria hodnocení** – hlediska zvolena rozhodujícím jedincem, sloužící k posouzení výhod jednotlivých variant řešení z hlediska plnění dílčích cílů. Tyto kritéria mohou být nákladového nebo výnosového typu (snížení nákladů nebo zvýšení zisku), kvalitativní nebo kvantitativní kritéria (vyjádřená slovně nebo číselně).
- **Subjekt rozhodování** – určuje variantu k realizaci. Subjektem může být buď jednotlivec nebo skupina.
- **Objekt rozhodování** – oblast v jejíž rámci se problém formuloval.
- **Varianta rozhodování** – alternativa možného řešení problému.
- **Důsledky variant rozhodování** – předpokládané dopady daných variant, jejich plusy a mínusy.
- **Rizikové situace** – situace, které mohou po realizaci varianty nastat.

Postupem času došlo ke koncipování několika druhů teorií rozhodování, které se odlišují způsobem pohledu na rozhodovací procesy, nebo soustředěním zájmu na určité aspekty daných procesů. Příkladem jsou [46]:

- Teorie utility neboli užitku, kterých předmětem zájmu je stanovení celkového ohodnocení v případě většího počtu kritérií hodnocení;
- Teorie sociálně psychologické studující subjekt a jeho chování;
- Teorie kvantitativně orientované založené na využití matematických modelů a metod při řešení rozhodovacích problémů;
- Teorie her zaměřené na konfliktní rozhodovací procesy;

- Rozhodovací analýza zaměřená na podporu řešení rozhodovacích procesů s významnými prvky rizika a nejistoty.

Rozdíly mezi jednotlivými teoriemi vyplívají také z jejich normativní či deskriptivní povahy [46].

Normativní teorie jsou zaměřené na poskytnutí návodů, jak řešit rozhodovací problémy, jaké modely používat a jakým způsobem. Výsledkem se tedy jedná o určitou tvorbu norem řešení rozhodovacích procesů, po jejichž aplikaci by bylo dosaženo stanoveného cíle [46].

Deskriptivní teorie se naopak zabývá již proběhlými rozhodovacími procesy. Jedná se o popis, analýzu a zhodnocení rozhodovacích procesů, jejich průběhu, základních prvků, pozitiv a negativ ale také posouzení chování subjektu rozhodování v průběhu procesu [46].

Struktura rozhodovacího procesu [46],[45]

- 1. Identifikace rozhodovacího procesu** – uvědomění si problému na základě získání, analýze a vyhodnocení informací v dané oblasti. Následkem je rozpoznání možných situací, okamžitých či potenciálních, které mohou mít negativní důsledky.
- 2. Analýza a formulace problému** – seznámení se se vzniklým problémem a poznání a posouzení jeho příčin. Kromě toho je potřeba:
 - a. Určit důležité stránky a příznaky problému a jejich vzájemnou vazbu;
 - b. Posoudit pravděpodobný vývoj problému;
 - c. Vymezit okruh zainteresovaných stran;
 - d. Stanovit cíle řešení problému.

Výsledkem této etapy je formulace problému.

- 3. Tvorba variant rozhodování** – v této fázi rozhodovacího procesu je vypracován soubor odlišných variant řešení. Čím větší počet variant, tím větší pravděpodobnost na nalezení ideálního řešení.

4. Stanovení kritérií hodnocení – vhodně určená kritéria hodnocení variant vedou ke správnému vyhodnocení variant. Tyto kritéria mohou být kvalitativní nebo kvantitativní a měla by splňovat určité požadavky, jako např.:

- a. Soubor kritérií by měl umožnit posouzení všech přímých i nepřímých, pozitivních i negativních následků variant;
- b. Každé hledisko při tvorbě kritérií by mělo být použito právě jednou.

Kritéria se člení z věcného hlediska na [47]:

- **Ekonomická** – finanční, tržní a obchodní;
- **Technická** – technické a technologické;
- **Sociální** – lidská stránka problému;
- **Ekologická** – dopady na životní prostředí a zdraví osob.

Hodnotící kritéria se z hlediska charakteru dělí na peněžní a nepeněžní. Další dělení je pak podle úrovně žádoucí hodnoty na [47]:

- **Maximalizační** – výnosy, zisk, výkon
- **Minimalizační** – náklady, ztráta, poruchovost

5. Určení důsledků variant – zjištění pravděpodobných následků určených variant z hlediska zvolených kritérií. U dobře strukturovaných problému lze pro zjištění následků využít modelové a výpočetní techniky.

6. Hodnocení a výběr varianty určené k realizaci – tato fáze se realizuje ve dvou stupních. V prvním se vyřadí nevhodné varianty, které nesplňují některé dílčí cíle, nebo překračují určité omezení (např. rozpočet). V druhém stupni je buď vybrána jedna nejvhodnější varianta, nebo jsou všechny varianty seřazeny podle výhodnosti.

7. Realizace zvolené varianty – implementace zvoleného řešení.

8. Kontrola výsledků – obsahuje:

- a. Určení odchylek skutečnosti od předpokladu;

- b. Zjištění, zda byl problém úplně vyřešen;
- c. Zjištění, zda zvolené řešení nevyvolalo další problémy.

Pokud byly zjištěny významné odchylky, či nově vzniklé problémy, je potřeba realizovat korekční řešení. V případě, že kontrola prokáže nesplnění stanovaných cílů, pak je potřeba je korigovat.

Rozhodovací procesy se z hlediska míry složitosti člení na dobře a špatně strukturované problémy [48].

- **Dobře strukturovaný problém** – řešení jsou předem vypracované existují pro ně rutinní postupy řízení a řeší se na operativní úrovni řízení;
- **Špatně strukturovaný problém** – nový, neopakovatelný, vyžadují znalosti, zkušenosti a intuici hodnotitele. Rozhodovací problém většinou ovlivňuje větší množství faktorů.

Dál se rozhodovací procesy dělí dle informací o aktuálním stavu ve světě. Hlavním aspektem tohoto dělení je míra jistoty v důsledky jednotlivých variant. [49]

- **Rozhodování za jistoty** – informace o možných důsledcích jednotlivých variant jsou známé a víme jistě, jaká situace nastane;
- **Rozhodování za rizika** – známe důsledky variant a pravděpodobnost jejich výskytu;
- **Rozhodování za nejistoty** – neznáme pravděpodobnost výskytu důsledků variant. Tato nejistota se dá snížit pouze získáním dalších informací, zkušeností z obdobných situací a tím dosáhnout rozhodování za rizika.

Rozhodovací procesy se také dělí dle faktoru času na statické a dynamické, dle počtu subjektů na individuální a kolektivní. Postupy řešení se dělí na algoritmizovatelné a nealgoritmizovatelné nebo dle počtu kritérií na jednokriteriální a vícekriteriální. [48]

8.1. JEDNOKRITERIÁLNÍ METODY HODNOCENÍ

K těmto metodám hodnocení se řadí takové metody, které používají k rozhodování pouze jedno hodnotící kritérium nebo převádí více kritérií do jednoho, a to nejčastěji peněžního. Přísluší sem [50]:

- Obecné finanční metody hodnocení efektivnosti investic;

- Nákladově-výstupové metody.

Jednokriteriální metody využívají jako své kritérium náklady nebo je do svého kritéria zahrnují. Z toho důvodu je v první řadě důležité provést identifikaci a ocenění nákladů nebo přínosů vstupujících do hodnocení. Pro ocenění nákladů (přínosů) je důležitá jejich důsledná identifikace [50].

8.2. VÍCEKRITERIÁLNÍ METODY HODNOCENÍ

Vícekriteriální rozhodování se zabývá posuzováním variant řešení problému podle několika kritérií. Problémy tohoto rozhodování popisuje množina variant, množina hodnotících kritérií a vazby mezi kritérií a variantami [50].

Vícekriteriální rozhodování je klasifikováno podle charakteru množiny rozhodovacích variant následovně [50]:

- **Vícekriteriální hodnocení variant** – množina variant je ve formě konečného seznamu;
- **Vícekriteriální programování** – množina variant je definovaná souborem podmínek, které rozhodovací varianty musí splňovat.

Hodnoty kritérií můžeme vyjadřovat v měrných jednotkách, procentech, či v bodech. Některá kritéria v portfoliu ale mohou být vyjádřena různými způsoby, např. kvalitativně, jiná slovně, další kvantitativně či v jiných měrných jednotkách. Taková odlišnost vyjádření znesnadňuje hodnocení variant. Proto je potřeba v takovém případě převést hodnoty kritérií na sčitatelné jednotky, tedy zajistit jejich aditivnost. [51]

Pro správné vyhodnocení variant také není vhodné vysoké množství kritérií, a to nejčastěji protichůdných, protože stěžují samotné hodnocení variant. [51]

Oba výše zmíněné problémy mohou být vyřešeny následnými přístupy k vícekriteriálnímu hodnocení variant [51]:

1. **Vyřazení některých kritérií** – nesmí ale dojit k vyřazení příliš mnoha, čemu by následovalo zkreslení při hodnocení.
2. **Převod všech kritérií na stejnou měrnou jednotku** – jedná se o nejjednodušší způsob převodu na aditivní kritéria. Z pravidla se využívají peněžní jednotky. V případech, kdy to není možné, nebo by došlo k velkému zjednodušení, se aplikují převodní můstky.

3. **Převod všech kritérií na bezrozměrné vyjádření (hodnotu, utilitu, užitek)** – na tomto principu jsou založeny metody hodnocení, které můžeme rozdělit na dvě skupiny:
 - a. Metody přímého stanovení vah kritérií;
 - b. Metody založené na principu párového porovnání variant.
4. **Princip kompenzace hodnot kritérií** – tento přístup využívá kompenzační metoda vícekritériálního rozhodování. Tato metoda vede k výběru optimální varianty, kdy, pomocí principu dominance a ekvivalentních výměn, dochází k eliminaci variant a kritérií hodnocení. Kompenzační metoda se od metod vícekritériálního hodnocení variant rozlišuje v tom, že nevyžaduje stanovení vah kritérií, protože kritéria považuje za indiferentní.

Nevýznamnější přednosti vícekritériálního rozhodování jsou [51]:

- Posuzování variant prostřednictvím rozsáhlého souboru kritérií;
- Nutnost explicitního formalizovaného vyjádření chápání vah jednotlivých kritérií odpovědnými rozhodovateli;
- Transparentnost a reprodukovatelnost procesu hodnocení variant i pro subjekty, které nejsou přímo odpovědné za proces rozhodování, ale volba varianty se jich dotýká.

Váhy kritérií vyjadřují důležitost stanovených kritérií pro dosažení cíle a většina metod vícekritériálního rozhodování si vyžaduje stanovit tyto váhy předem. Čím má kritérium větší důležitost, tím vyšší váha mu přísluší a naopak. [51]

8.2.1. STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ

Určení vah kritérií spočívá ve stanovení jejich významnosti. Je důležité, aby tyto váhy nebyly zkreslené, což by způsobilo znehodnocení výsledků. Ke stanovení vah kritérií existuje několik metod, jež se rozlišují podle toho, která osoba provádí hodnocení [52]:

- Metody pro závislé stanovení vah, kde jsou členové týmu mezi sebou v kontaktu;
- Metody pro nezávislé stanovení vah, kde hodnocení provádí členové týmu nezávisle na sobě (případně jedinec).

U rozhodování mezi několika kritérii je za potřebí aby si hodnotitel stanovil, zda považuje daná kritéria za indiferentní nebo diferentní, tedy zda pro něj mají jednotný nebo rozdílný význam. Reálnější a v praxi také častější je případ diferentního nahlížení na kritéria, což vyplývá z faktu, že posuzujeme několik heterogenních kritérií. Heterogenní kritéria jsou ty, které mají rozdílné měrné jednotky. [51]

Jak již bylo řečeno, významnost kritéria stanovíme pomocí váhy kritéria neboli tzv. koeficientu důležitosti kritéria vzhledem k preferencím rozhodovatele. Součet vah všech kritérií je roven 1. Váha kritéria pak odráží jeho významnost pro posuzovatele vzhledem k dalším kritériím v souboru. [51]

Nenormované váhy mohou nabývat jakýchkoli hodnot přirozených čísel. Z praktických důvodů se nenormované váhy převádějí na normované váhy. Ty nabývají hodnot v uzavřených intervalech $\langle 0;1 \rangle$, nebo $\langle 0;100 \rangle$. normované váhy jsou takové, které jsou ve vzájemné relaci a jejich součet se rovná 1 nebo 100 %. splňují tak podmínky [51]:

$$\sum_{i=1}^n v_i = 1; v_i \geq 0 \quad (1)$$

v_i – normovaná váha i -tého kritéria,

n – počet kritérií.

Nenormované váhy se používají například v bodovací metodě stanovení vah. Pokud ale s nimi dál pracovat je potřeba převést je na váhy normované. Avšak některé metody stanovení vah poskytují již normované váhy (např. Saatyho metoda). Není tedy nutné provádět s danými váhami jejich znormování. [51]

Normované váhy získáme z nenormovaných vztahem [51]:

$$v_i = \frac{v'_i}{\sum_{i=1}^n v'_i} \quad (2)$$

v_i – normovaná váha i -tého kritéria,

v'_i - nenormovaná váha i -tého kritéria,

n – počet kritérií.

K určení významnosti kritérií používáme metody stanovení vah, kterých je velké množství. Některými z nich jsou [51]:

- **Bodovací metoda;**
- **Metoda alokace 100 bodů;**
- **Metoda poměrných čísel**, metoda porovnání významu kritérií podle jejich preferenčního pořadí;
- **Metoda odchylkové stupnice;**
- **Metoda párového srovnání**, také nazývaná jako Fullerův trojúhelník;
- **Metoda postupného rozvrhu vah**, také jako metoda stromu kritérií;
- **Saatyho metoda;**
- **Kompenzační metoda.**

Jednotlivé metody jsou různě přesné, protože používají rozdílné algoritmy a postupy. Vyjmenované metody jsou proto seřazeny podle jednoduchosti a přesnosti jejich algoritmu. K určení důležitosti kritérií je možné použít buď jednu z metod nebo je různě kombinovat. Je nutné si však uvědomit, že použití jednotlivých metod ovlivní výši vah kritérií, dle její přesnosti a konstrukce. Výběr metody není náhodným činem, ale závisí od důležitosti a naléhavosti řešeného problému a stejně tak na schopnostech hodnotitele a logice kombinace metod. [51]

Snížení subjektivnosti stanovení vah u jednotlivých metod je možné dosáhnout zvýšením počtu hodnotících subjektů. [51]

Protože zadáním této práce je využití pouze bodovací metody, budou teoreticky popsány jen čtyři vybrané metody.

Bodovací metoda

U bodovací metody přiřadí hodnotitel každému kritériu určitý počet bodů ze zvolené hodnotící stupnice dle svého názoru na důležitost kritérií, přičemž platí čím lépe je dané kritérium hodnoceno tím vyšší je jeho bodové ohodnocení. Přidělený počet bodů je v tomto případě nenormovanou vahou a je třeba provést znormování dle rovnice 2. [51]

Při volení bodové hodnotící stupnice je potřeba zvážit její rozsah a bodovací krok. Čím je stupnice delší tím jasněji je možné vyjádřit rozdíly významnosti mezi jednotlivými kritérii. [51]

Bodovací krok vyjadřuje vnitřní rozpětí bodů v rámci bodovací stupnice. Příklad použití bodovací metody v tabulce č. 15 uvádí bodovací krok 1. V případě bodovacího kroku 2 na škále <1;6> je možné přiřazovat pouze body 2, 4, 6. [51]

Tab. č. 15 Příklad použití bodovací metody pro jednu z variant (bodovací stupnice v intervalu <1;5>, bodovací krok 1) [51]

| Kritérium | Bodové hodnocení | Normovaná váha | Počet bodů | Interpretace |
|------------------------|------------------|----------------|-----------------------|--|
| K1 – Cena | 5 | 0,33 (5/15) | 1 2 3 4 5 | zanedbatelné málo významné významné velmi významné značně významné |
| K2 – Vybavení funkcemi | 5 | 0,33 (5/15) | | |
| K3 – Provozní náklady | 3 | 0,2 (3/15) | | |
| K4 – Vzhled | 2 | 0,14 (2/15) | | |
| Celkem (součet) | 15 | 1 | | |

Výhodou bodovací metody je její jednoduchost, díky které je ve velké míře používána ve veřejném sektoru pro hodnocení veřejných zakázek. [50]

Metoda alokace 100 bodů

Tato metoda, nazývaná také jako Matfesselova alokace, je modifikací bodovací metody. Jak již název metody napovídá, v tomto případě je stupnice v intervalu <1;100>. Hodnotitel má za úkol rozdělit 100 bodů mezi všechna kritéria podle vlastních preferencí. Stejně jak u bodovací metody platí, čím víc bodů je kritériu přiděleno, tím větší má důležitost. Celkový součet přiřazených bodů musí dávat součet 100 bodů. Váhy takto ohodnocených kritérií jsou normované v procentech, proto jsou převedena na desetinná čísla, jejichž součet je 1. [51]

Tab. č. 16 Příklad použití metody alokace 100 bodů pro jednu z variant [51]

| Kritérium | Alokace 100 bodů | Normovaná váha |
|------------------------|------------------|----------------|
| K1 – Cena | 30 | 0,3 |
| K2 – Vybavení funkcemi | 40 | 0,4 |
| K3 – Provozní náklady | 20 | 0,2 |
| K4 – Vzhled | 10 | 0,1 |
| Celkem (součet) | 100 | 1 |

Metoda poměrných čísel

Metoda je známá také jako metoda porovnání významu kritérií pomocí jejich preferenčního pořadí. Tato metoda je vhodná zejména v souboru kritérií s velkým rozdílem v důležitosti, což je, stejně jako u předchozích metod, ovlivněno subjektivním názorem hodnotitele. [51]

Váha kritérií je stanovena porovnáním jednotlivých kritérií s tím nejméně důležitým, kterému byla přidělena váha 1. postup hodnocení je následovní [51]:

- Kritéria hodnotitel uspořádá sestupně podle důležitosti a poslednímu přiřadí váhu 1.
- Další kritérium se hodnotí porovnáním s nejhůře hodnoceným. Výsledkem porovnání je určení kolikrát je toto kritérium důležitější a umístění v pořadí. Tento proces se opakuje, dokud nejsou stanoveny váhy všech kritérií.
- Výslední váhy jsou nenormované, takže se převedou na normované dle rovnice 2. [51]

Metoda párového srovnání

Také známá jako Fullerův trojúhelník. Principem je srovnání důležitosti každého kritéria postupně s každým dalším kritériem v souboru. Toto srovnávání se provádí za pomoci tabulky, kdy v prvním řádku a prvním sloupci jsou vypsané kritéria ve stejném pořadí tak, že v diagonále tabulky vzniknou prázdná políčka. Srovnáváním se zjišťuje, jestli je důležitější kritérium v řádku nebo sloupečku a výsledek se zapíše do políčka, některým z následujících způsobů [51]:

- Číslem daného kritéria v souboru;
- Číslem 1 (dle binomického zápisu; 0 – méně důležité, 1 – více důležité);
- Pokud jsou obě kritéria stejně důležitá, zapíšou se obě jejich čísla (nebo podle druhého bodu hodnota 0,5).

Po provedení všech srovnání se na konci řádku i sloupce sečtou hodnocení čím získáme pořadí významnosti kritérií a jejich váhu. [51]

Tab. č. 17 příklad metody párového srovnání [51]

| Kritérium | K1 | K2 | K3 | K4 | Počet preferencí | Počet preferencí + 1 | Normovaná váha |
|------------------------|----|----|----|----|------------------|----------------------|----------------|
| K1 – Cena | x | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 | 0,3 |
| K2 – Vybavení funkcemi | | x | 1 | 1 | 3 | 4 | 0,4 |
| K3 – Provozní náklady | | | x | 1 | 1 | 2 | 0,2 |
| K4 – Vzhled | | | | x | 0 | 1 | 0,1 |
| Celkem (součet) | | | | | 6 | 10 | 1 |

V případě, že je u některého kritéria počet preferencí nulový, stanoví se normovaná váha dle následující rovnice [51]:

$$v_i = \frac{f_i + 1}{\sum_{i=1}^n (f_i + 1)} \quad (3)$$

v_i – normovaná váha i -tého kritéria,

f_i – počet preferencí i -tého kritéria,

n – počet kritérií.

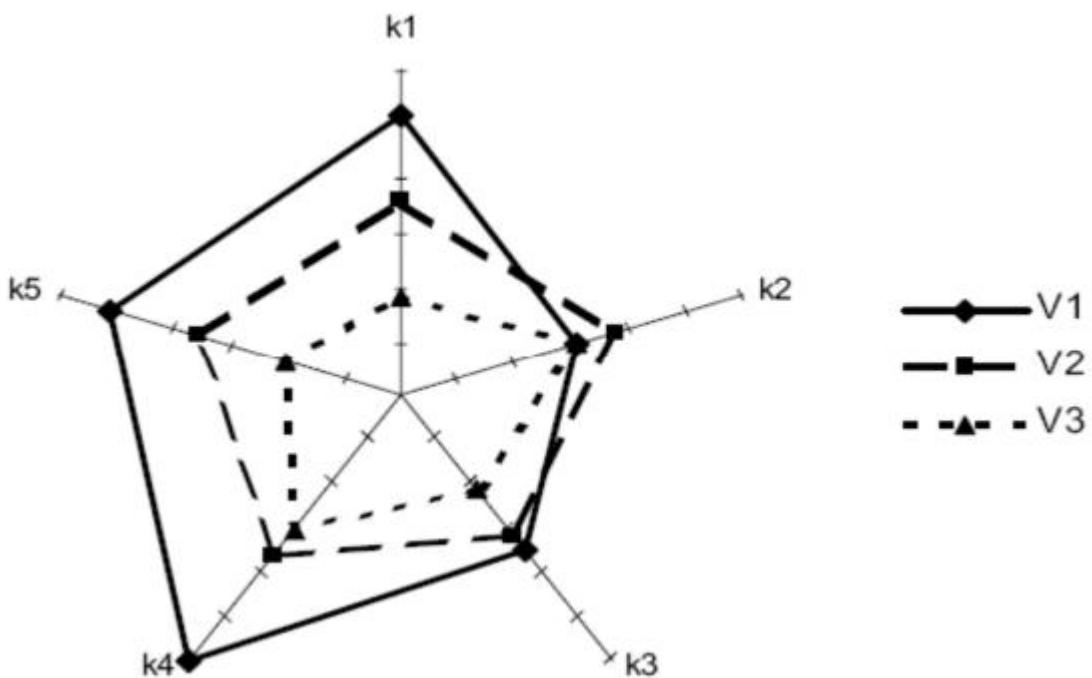
8.2.2. PRAVIDLO DOMINANCE

K prověření vzájemné výhodnosti variant se používá pravidlo dominance, podle nějž posuzujeme, která varianta dominuje které variantě a které varianty jsou dominované či nedominované. [51]

K dominované variantě existuje varianta lepší s alespoň jedním kritériem lepším a žádným horším než dominovaná varianta. Naopak nedominovaná varianta je taková, ke které lepší varianta neexistuje. [51]

Taková teoretická dominance se ale v praxi těžko vyskytuje. Proto existuje také pravidlo praktické dominance, kdy prakticky nedominovaná varianta, je taková, která má počet kritérií, podle kterých je lepší výrazně víc než počet kritérií, podle kterých je horší. [51]

Pravidlo dominance platí, že všechny kritéria jsou pro hodnotitele stejně důležitá. [51]



Obrázek 41 Polygonální zobrazení dominance variant [49]

Popis grafu: na osách jsou zobrazeny hodnoty kritérií. Kritéria jednotlivých variant jsou propojeny čarou, čím vznikají polygonové tvary jednotlivých variant.

8.2.3. SKUPINY METOD VÍCEKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ VARIANT

Vícekriteriální rozhodování má v praxi vysoké uplatnění, díky čemu vzniklo velké množství metod pro hodnocení variant. Tyto metody jsou obecního charakteru a nejsou závislé na obsahu variant rozhodování. Proto je možné aplikovat stejné metody na odlišné varianty, zda už se jedná o varianty investičního charakteru, organizačního uspořádání, nebo umístění provozu). [51]

Tab. č. 18 Metody vícekriteriálního hodnocení variant [51]

| | | | |
|--|---|---|--------------------|
| Vícekriteriální funkce utility (užitku) za jistoty | JEDNODUCHÉ METODY STANOVENÍ HODNOTY (UTILITY) VARIANT - váženého pořadí - založená na expertním stanovení dílčích ohodnocení - lineárních dílčích funkcí utility - bazické varianty | METODY ZALOŽENÉ NA PÁROVÉM SROVNÁNÍ VARIANT - Saatyho metoda - Metody založené na prazích citlivosti: a) aproximace mlhavé relace b) AGREPREF c) modifikace metody ELECTRA | Kompenzační metoda |
|--|---|---|--------------------|

Protože zadáním této práce je vyhodnocení variant prostřednictvím bodovacích metody, budou metody hodnocení variant z *Tab. č. 18* pouze bodově v tabulce níže.

Tab. č. 19 Vlastnosti vybraných vícekritériálních metod hodnocení [51]

| Metoda | Vhodnost pro | Hlavní výhoda | Hlavní nevýhoda |
|---|--|--|---|
| Váženého pořadí | Kvalitativní kritéria | Jednoduchost a srozumitelnost | Neodráží rozdíly mezi hodnotami u kvantitativních kritérií |
| Založená na expertním stanovení dílčích ohodnocení | Kvalitativní i kvantitativní kritéria | Jednoduchost a srozumitelnost, rozhodovatel může respektovat nelinearitu závislosti dílčích variant | Validita celkového ohodnocení variant závisí především na znalostech a kompetenci hodnotitele |
| Lineárních dílčích funkcí utility | Kvantitativní kritéria | Snižuje subjektivitu stanovení dílčích ohodnocení variant vzhledem ke kvantitativním kritériím (oproti předcházejícím metodám) | Předpokládá linearitu dílčích funkcí utility |
| Bazické varianty | Kvantitativní kritéria | Stejná jako v předešlém případě | Předpokládá linearitu pro výnosová kritéria a nelineární (hyperbolický) průběh pro nákladová kritéria |
| Saatyho | Kvalitativní kritéria, případně smíšená s převažujícími kvalitativními | Srozumitelnost a přehlednost Stanovení výše preferencí (jejich ohodnocení) | Rozhodovatelé mnohdy nejsou ve svých preferencích konzistentní Vhodná je softwarová podpora |
| Založená na prazích citlivosti | Kvalitativní nebo smíšená | Podrobné vyhodnocení variant | Neumožňuje získat číselné celkové ohodnocení variant Nezbytná je softwarová podpora |
| Kompenzační | Indiferentní kritéria | Nutí rozhodovatele o každé výměně přemýšlet racionálním a měřitelným způsobem | Vyžaduje určitou praktickou zkušenost |

ČÁST III - PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část práce se zabývá implementací zjištěných informací získaných v průběhu vypracování teoretických částí, na návrh systému ZZTOV pro projekt výstavby rodinných domů.

Pro tyto rodinné domy budou v kapitole 12. „Popis návrhu řešení“ navrženy tři varianty řešení rekuperace tepla decentralizovaným systémem, a to jak slovně, tak projekčně. Předcházet tomu ale bude návrh a zhodnocení variant prvků pro jednotlivé systémy rekuperace pomocí bodovací metody teorie rozhodování v kapitole 11. „Stanovení variant řešení“.

Kapitola 13. „Vyhodnocení variant“ se věnuje ekonomickému a technologickému vyhodnocení navržených řešení. Jejich celkové vzájemné vyhodnocení je provedeno v kapitole 14.

Dokumenty a projektová dokumentace, které jsou využity pro praktickou část diplomové práce, byly poskytnuty nejmenovaným developerem, který plánuje projekt v budoucnu realizovat.

9. POPIS PROJEKTU

Jedná se o výstavbu lokality nízkoenergetických rodinných domů – řadové domy a dvojdomy, včetně zpevněných ploch, napojení na přípojky technické infrastruktury a likvidaci dešťových vod.

Navržené domy jsou seskupeny do řadových celků. Domy v koncových polohách jsou uspořádány do tzv. klastrů. Dle koordinační situace jsou domy v koncových polohách řadových celků ukončeny směrem ke komunikaci nebo do zahrady. V pozici kolem kruhového objezdu slepé ulice jsou domy uspořádány do tzv. rondelu.

V řešené oblasti jsou celkem tři typy domů (typ 2, 3 a 4; viz příloha). Pro účely této diplomové práce budou návrhy zpracovány pro rodinný dům typu 2. Tento typ domu se pak dělí do 4 dalších typů: 2A, 2Ak, 2B, 2Bk. Jedná se však pouze o zrcadlové uspořádání nebo krajní dům řadového typu, a proto nemá toto rozdělení vliv na uspořádání ZTI (zdravotně technických instalací), které je předmětem této diplomové práce.

Rodinné domy jsou zděné, s betonovou konstrukcí stropu a s dřevěnou sedlovou konstrukcí krovu. Domy v řešené oblasti jsou nepodsklepené, v přízemí se nachází technická místnost,

kuchyň a WC s umyvadlem. V 2.NP jsou další dvě koupelny s WC, jedna se sprchovým koutem a jedna s vanou.

Pro kuchyňskou linku je plánovaná pouze příprava pro připojení vodovodu a kanalizace u obvodové zdi směrem do ulice v místnosti 2.104. Do budoucna se však počítá s napojením dřezu a myčky nádobí.

Ohřev teplé vody je prováděn elektrickým bojlerem DRAŽICE OKCE 200 o objemu 199 l, který je umístěn v technické místnosti (č. 2.102). V technické místnosti na zdi je také umístěna vodoměrná sestava. K ohřevu vody pro vytápění slouží tepelné čerpadlo. Tato informace je důležitá v dalším výpočtu provozních nákladů pro správné stanovení tarifu odběru elektřiny.

V objektu se celkem nachází tyto zařizovací předměty:

- 3x WC se závěsným systémem
- 3x bidetová sprška
- 2x umyvadlo
- 1x umývatko
- 1x sprchový kout
- 1x vana
- 1x automatická pračka a sušička

10. IDENTIFIKACE ROZHODOVACÍHO PROCESU, ANALÝZA A FORMULACE PROBLÉMU

“Problémem“ rozhodovacího procesu v tomto případě je aspirace ke snížení energetické náročnosti rodinných domů a využití obnovitelné energie obsažené v odpadní vodě v podobě tepla. Cílem řešení je najít a realizovat optimální variantu systému ZZTOV z dostupných možností za rozumnou cenu, s co nejvyšší účinností a krátkou dobou návratu investice.

11. STANOVENÍ VARIANT ŘEŠENÍ

Celkem budou stanoveny tři varianty řešení. Bude se jednat o decentralizovaný systém ZZTOV, kdy je veškeré zařízení pro rekuperaci umístěno na kanalizaci objektu, ještě před připojením na veřejnou kanalizační síť.

Varianty budou určeny podle umístění zařízení ZZTOV na kanalizaci. Tedy:

Varianta I. – odběr z paty objektu

Varianta II. – odběr v místě spotřebiče – horizontální výměník

Varianta III. – odběr v místě spotřebiče – vertikální výměník

Než se ale začnou seřazovat kritéria pro tyto varianty, je potřeba provést detailní návrh systémů. Ten ovlivňují konkrétní prvky (výměníky) pro rekuperaci, a proto je nezbytné začít jejich návrhem. Jelikož je možností několik, vybere se nejvhodnější prvek pro každou variantu rozhodovacím procesem vícekritériálního rozhodování v následujících kapitolách.

11.1. STANOVENÍ VARIANT PRVKŮ

Konkrétní varianty prvků již byly popsány v Technologické části práce v kapitole 7. „Decentralizovaný systém“. Zde jsou jen v rámci rekapitulace vypsány bez vlastností.

Odběr z paty objektu

- Výměník AKIRETHERM HOME

Pro rekuperaci v patě objektu je také možné použít stejné vertikální trubkové výměníky jako u odběru v místě spotřebiče. Požadavkem pro tyto výměníky je ale umístění pod zařizovací předmět, aby mohla kanalizace odtékat díky gravitaci. Pokud by takto měla být zapojena kanalizace celého objektu, musel by být vertikální výměník umístěn do sklepa, který není přítomen ani u jednoho typu domu. Právě z tohoto důvodu nejsou pro tuto variantu navrženy.

Odběr v místě spotřebiče – horizontální výměníky

- Sprchový výměník NELA
- Sprchový výměník AS-ECOshower drain
- Výměník do koupelny AS-ECOshower tray

- Sprchový výměník AS-DRAINCHANNEL
- Výměník REDI Ecoshower
- Výměník ZYPHO iZi
- Výměník ZYPHO Slim 50

Odběr v místě spotřebiče – vertikální výměníky

- Výměník AS-ECOshower pipe
- Výměník ZYPHO PiPe
- Výměník Q-Blue ShowerSave
- Sprchový výměník Blue Showersave

11.2. STANOVENÍ KRITÉRIÍ

- Cena
- Účinnost
- Jednoduchost instalace
- Univerzálnost (posuzováno bude, zda je výměník vhodný jak pro sprchový kout, tak pro vanu, pračku nebo myčku nádobí)

Vybraná kritéria odrážejí technické, ekonomické a environmentální aspekty.

První kritérium „Cena“ zahrnuje náklady na pořízení jednotlivých výrobků. Jelikož jsou všechny výměníky jednoduše udržované a nevyžadují žádné speciální čištění, není v tomto kritériu zahrnuta cena za údržbu. Předpokladem je, že bude více či méně stejná u každého výrobku.

Kritérium „účinnost rekuperace tepla“ znamená míru, v jaké je výměník schopen získávat teplo z odpadní vody. Platí, že čím vyšší je účinnost výměníku, tím víc tepla odebere, díky čemu se sníží potřeba energie pro dohřátí vody na požadovanou teplotu. Toto kritérium v sobě tedy obsahuje také míru úspory nákladů na energii pro ohřívání vody a tím také snížení produkce emisí.

Kritérium třetí, „Jednoduchost“, udává jednoduchost instalace výměníku. To bylo zohledněno, protože některé výměníky jsou v podstatě jen náhradou za klasický odtokový žlábek ve sprše a jiné se musí instalovat do skladby podlahy nebo pod vanu a vyžadují si tak složitější plánování a instalaci. Zároveň se ale jedná o instalaci v průběhu výstavby domu a z toho důvodu byla kritériu přidělena nižší váha. V případě, kdy by se jednalo o rekonstrukci, byl by tento aspekt důležitější, protože významně ovlivní cenu rekonstrukce.

U kritéria „univerzálnost“ se jedná o vyhodnocení kompatibility s již navrženými zařízovacími předměty v koupelnách rodinného domu. Toto kritérium je důležité, protože se v řešeném objektu nachází jak sprchový kout, tak vana.

11.2.1. STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ

Váhy kritérií jsou stanoveny bodovací metodou.

Bodovací stupnice je <1;5> a bodovací krok 1.

Odběr z paty objektu

Protože u tohoto řešení je jen jedna varianta, není co hodnotit, a proto je tento prvek stanoven jako nejvhodnější varianta pro řešení č. 1.

Odběr v místě spotřebiče

Tab. č. 20 Stanovení vah kritérií pro výběr výměníku

| Kritérium | Bodové hodnocení | Normovaná váha | Počet bodů | Interpretace |
|------------------------|------------------|----------------|-----------------------|--|
| K1 – Cena | 5 | 0,33 | 1 2 3 4 5 | zanedbatelné málo významné významné velmi významné značně významné |
| K2 – Účinnost | 5 | 0,33 | | |
| K3 – Jednoduchost | 2 | 0,13 | | |
| K4 – Univerzálnost | 3 | 0,20 | | |
| Celkem (součet) | 15 | 1,00 | | |

11.3. DÍLČÍ HODNOCENÍ VARIANT PRVKŮ

Odběr v místě spotřebiče – horizontální výměníky

Bodovací stupnice je <1;10> a bodovací krok 1.

Tab. č. 21 Hodnocení variant v závislosti na ceně

| Varianta | Cena [Kč] | Bodové hodnocení |
|--------------------|-----------|------------------|
| NELA | 7 243,40 | 10 |
| AS-ECOshower drain | 35 446,30 | 1 |
| AS-ECOshower tray | 8 181,82 | 9 |
| AS-DRAINCHANNEL | 32 148,74 | 3 |
| REDI Ecoshower | 24 166,94 | 5 |
| ZYPHO iZi | 13 655,37 | 7 |
| ZYPHO Slim 50 | 33 471,07 | 2 |

Tab. č. 22 Hodnocení variant v závislosti na účinnosti

| Varianta | Účinnost [%] | Bodové hodnocení |
|--------------------|--------------|------------------|
| NELA | 45,00 | 5 |
| AS-ECOshower drain | 54,00 | 8 |
| AS-ECOshower tray | 48,30 | 6 |
| AS-DRAINCHANNEL | 38,10 | 3 |
| REDI Ecoshower | 75,00 | 10 |
| ZYPHO iZi | 31,00 | 2 |
| ZYPHO Slim 50 | 52 | 7 |

Tab. č. 23 Hodnocení variant v závislosti na jednoduchosti

| Varianta | Jednoduchost | Bodové hodnocení |
|--------------------|------------------|------------------|
| NELA | velmi jednoduché | 10 |
| AS-ECOshower drain | velmi jednoduché | 10 |
| AS-ECOshower tray | jednoduché | 8 |
| AS-DRAINCHANNEL | velmi jednoduché | 10 |
| REDI Ecoshower | středně složité | 6 |
| ZYPHO iZi | středně složité | 6 |
| ZYPHO Slim 50 | složité | 4 |

Tab. č. 24 Hodnocení variant v závislosti na univerzálnosti

| Varianta | Univerzálnost | Bodové hodnocení |
|--------------------|------------------------------------|------------------|
| NELA | sprcha | 4 |
| AS-ECOshower drain | sprcha | 4 |
| AS-ECOshower tray | sprcha | 4 |
| AS-DRAINCHANNEL | sprcha | 4 |
| REDI Ecoshower | sprcha, vana, pračka, myčka nádobí | 10 |
| ZYPHO iZi | sprcha, vana | 6 |
| ZYPHO Slim 50 | sprcha, vana | 6 |

Odběr v místě spotřebiče – vertikální výměníky

Bodovací stupnice je <1;10> a bodovací krok 1.

Tab. č. 25 Hodnocení variant v závislosti na ceně

| Varianta | Cena [Kč] | Bodové hodnocení |
|-------------------|------------|------------------|
| AS-ECOshower pipe | 16 297,51 | 10 |
| ZYPHO PiPe | 16 756,67 | 9 |
| Q-Blue ShowerSave | 29 328, 25 | 6 |
| Blue ShowerSave | 45 909,39 | 4 |

Tab. č. 26 Hodnocení variant v závislosti na účinnosti

| Varianta | Účinnost [%] | Bodové hodnocení |
|-------------------|--------------|------------------|
| AS-ECOshower pipe | 55,50 | 2 |
| ZYPHO PiPe | 67,00 | 10 |
| Q-Blue ShowerSave | 60,00 | 6 |
| Blue ShowerSave | 57,50 | 4 |

Tab. č. 27 Hodnocení variant v závislosti na jednoduchosti

| Varianta | Jednoduchost | Bodové hodnocení |
|-------------------|------------------|------------------|
| AS-ECOshower pipe | velmi jednoduché | 10 |
| ZYPHO PiPe | velmi jednoduché | 10 |
| Q-Blue ShowerSave | velmi jednoduché | 10 |
| Blue ShowerSave | složité | 4 |

Tab. č. 28 Hodnocení variant v závislosti na univerzálnosti

| Varianta | Univerzálnost | Bodové hodnocení |
|-------------------|------------------------------------|------------------|
| AS-ECOshower pipe | sprcha, vana, pračka, myčka nádobí | 10 |
| ZYPHO PiPe | sprcha, vana, pračka, myčka nádobí | 10 |
| Q-Blue ShowerSave | sprcha, vana, pračka, myčka nádobí | 10 |
| Blue ShowerSave | sprcha | 4 |

11.4. VÝBĚR NEJVHODNĚJŠÍCH VARIANT

Odběr z paty objektu

Jak již bylo napsáno v kapitole č. 11.2.1., pro tuto variantu existuje pouze jedna možnost, a to **AKIRETHERM HOME**. Proto v tomto bodu neproběhne výběr nejvhodnější varianty.

Odběr v místě spotřebiče – horizontální výměníky

Tab. č. 29 Vyhodnocení horizontálních výměníků

| Varianta | Cena [Kč] | Účinnost [%] | Jednoduchost | Univerzálnost | Celkový počet získaných bodů v závislosti na váze kritérií |
|--------------------|-----------|--------------|--------------|---------------|--|
| Váhy kritérií | 0,33 | 0,33 | 0,13 | 0,2 | |
| NELA | 10 | 5 | 10 | 4 | 7,05 |
| AS-ECOshower drain | 1 | 8 | 10 | 4 | 5,07 |
| AS-ECOshower tray | 9 | 6 | 8 | 4 | 6,79 |
| AS-DRAINCHANNEL | 3 | 3 | 10 | 4 | 4,08 |
| REDI Ecoshower | 5 | 10 | 6 | 10 | 7,73 |
| ZYPHO iZi | 7 | 2 | 6 | 6 | 4,95 |
| ZYPHO Slim 50 | 2 | 7 | 4 | 6 | 4,69 |

Z výše uvedené tabulky, která vyčísluje celkový počet získaných bodů v závislosti na váze kritérií, je zřejmé že ideálním prvkem pro tuto variantu je **REDI Ecoshower**.

Odběr v místě spotřebiče – vertikální výměníky

Tab. č. 30 Vyhodnocení vertikálních výměníků

| Varianta | Cena [Kč] | Účinnost [%] | Jednoduchost | Univerzálnost | Celkový počet získaných bodů v závislosti na váze kritérií |
|-------------------|-----------|--------------|--------------|---------------|--|
| Váhy kritérií | 0,33 | 0,33 | 0,13 | 0,2 | |
| AS-ECOshower pipe | 10 | 2 | 10 | 10 | 7,26 |
| ZYPHO PiPe | 9 | 10 | 10 | 10 | 9,57 |
| Q-Blue ShowerSave | 6 | 6 | 10 | 10 | 7,26 |
| Blue ShowerSave | 4 | 4 | 4 | 4 | 3,96 |

Dle Tab. č. 30 je pro variantu horizontálních výměníků nejlepším řešením prvek **ZYPHO PiPe** který získal nejvyšší počet bodů v závislosti na vahách jednotlivých kritérií.

12. POPIS NÁVRHU ŘEŠENÍ

Díky vyhodnocení výhodnosti jednotlivých prvků a určení nejlepších řešení v předcházejících kapitolách, je teď možné pohodlně popsat návrhy variant rekuperace tepla z odpadních vod rodinných domů.

Pro jednotlivé varianty stejně jak pro původní návrh jsou vyhotoveny výkresy půdorysů a řezů kanalizace a vodovodu, které jsou součástí přílohy.

12.1. ŘEŠENÍ Č. 1

Jako první možná varianta je navržena rekuperace tepla v patě kanalizace domu pomocí tepelného výměníku AKIRETHERM HOME.

Výměník je umístěn před fasádou rodinného domu směrem k ulici, po levé straně od vstupních dveří, pod úroveň povrchu se spodní hranou ve hloubce -1,515 od úrovně čisté podlahy.

Pro využití této varianty je nutno oddělit šedou kanalizační vodu od černé (viz kapitola 4.1. „Splašková odpadní voda“). To je v návrhu také provedeno a do výměníku vstupuje pouze šedá voda ze sprchového koutu, vany, umyvadel, automatické pračky a sušičky. Ochlazená odpadní voda je pak odvedena z výměníku a připájí se do jednotné kanalizace na pozemku a dále do veřejné kanalizační sítě v ulici.

Návrh dimenzí oddělené kanalizace (stoupací potrubí K1b a K3b) byl proveden výpočtem (viz příloha). Stoupací potrubí K2 nebylo nijak měněno ani přepočítáváno, protože voda ze zařizovacích předmětů, připojených na toto potrubí, je šedá a je tedy možno zařadit celé vedení do kanalizačního systému šedé vody.

Odbočka studené vody k výměníku je provedena v technické místnosti za vodoměrnou sestavou a je opatřena zpětnou klapkou. Potrubí vede v podlaze a klesá na úroveň připojení k výměníku ještě před vnitřní stranou obvodové zdi. Ohřátá voda pak vede podélně se studenou vodou zpátky do objektu a je přivedena do přípravy pro kuchyň a zároveň se napájí na zdroj tepla místo studené vody.

Protože je připojení vodovodu na výměník relativně vysoko (700 mm pod povrchem) a vede tak nad rovinou nezámrzní hloubky, bude toto vedení opatřeno tepelnou izolací.

12.2. ŘEŠENÍ Č. 2

Druhá varianta bude řešena horizontálním tepelným výměníkem REDI Ecoshower.

REDI Ecoshower je umístěn v podlaze ve 2.NP v koupelně s vanou.

Na výměník je připojena kanalizace jak z vany, tak umyvadla a ohřívá studenou vodu tekoucí v opačném směru. Ochlazená kanalizace pak odtéká stoupacím potrubím, které bylo v původním návrhu uvažováno pro umyvadlo. V případě tohoto návrhu není potřeba oddělovat šedou a černou vodu.

Odbočka studené vody se nachází před zapojením umyvadla ve 2.NP a vede v podlaze k napájení výměníku. Voda se ve výměníku díky kanalizaci ohřeje a je dál vedena do termostatické baterie vany a o podlaží níž do elektrického zásobníku vody.

Do druhé koupelny nemohl být výměník umístěn, z prostorových důvodů.

12.3. ŘEŠENÍ Č. 3

Varianta třetí je navržena jako rekuperace tepla z odpadní vody pomocí trubkového vertikálního tepelného výměníku typu ZYPHO PiPe.

U tohoto řešení se jedná o výměník trubka v trubce. Takovýto výměník se instaluje přímo na stoupací kanalizační potrubí a v návrhu tohoto řešení je umístěn rovnou na kanalizační stoupací potrubí K1 a K3 v šachtách. Protože má výměník průměr kanalizačního připojení DN50, není možné k němu připojit odpad ze záchodu (DN 90). ten vede do vlastního stoupacího potrubí, které se připájí a sjednocuje s šedou vodou pod výměníkem.

Studená voda se na výměníky napájí ve spodní části, a to rovnou z vodovodních stoupacích potrubí v šachtách. Ohřátá studená voda vystupuje z výměníků na jeho výše umístěném konci a napájí se do termostatických baterií u sprchovacího koutu, umyvadla a bidetu v případě koupelny 2.205 a do termostatické baterie vany v koupelně 2.202.

13. VYHODNOCENÍ VARIANT

Tato kapitola se věnuje návrhu kritérií a kvantitativnímu či kvalitativnímu zhodnocení jednotlivých variant z hlediska vybraných kritérií. Tyto kritéria byly vybrány tak, aby co nejlépe odrážely a naplňovaly cíle diplomové práce. Při volbě byl brán ohled na dostupnost relevantních dat a informací. Zohledněny byly i preference zainteresovaných stran. V tomto případě nejen preference developera poskytujícího dokumentaci, ale také budoucích vlastníků rodinných domů.

Celkem bylo zvoleno následujících devět kritérií:

- **Náklady na pořízení** – toto kritérium zohledňuje finance potřebné pro provedení varianty. Nejedná se pouze o zakoupení rekuperačního výměníku ale také o nacenění prací a materiálu potřebných pro zprovoznění systému kanalizace a vodovodu v objektu.
- **Náklady na provoz** – jak již název kritéria napovídá, jedná se o finance potřebné pro provoz systému kanalizace a vodovodu v objektu, a tedy o náklady spojené s odběrem vody, elektřiny pro ohřev a poplatky za kanalizaci. Kritérium zároveň zohledňuje úspory na těchto nákladech vlivem účinnosti jednotlivých výměníků. Protože nejlepší efektivita tepelných výměníků a zároveň jedna z nejvyšších spotřeb teplé vody je při sprchování, bude úspora počítána právě pro tuto činnost.
- **Vliv na životní prostředí** – kritérium vyhodnocuje míru snížení produkce emisí způsobenou ohříváním teplé vody prostřednictvím elektrického ohřivače v závislosti na variantě.
- **Možnost dotací** – zohlednění možnosti a míry dotací pro jednotlivé varianty.
- **Návratnost investice** – číselná hodnota, která vyjadřuje, za kolik let se investice do zařízení vrátí díky vzniklým úsporám na elektřině. Návratnost investice je vypočtena z rozdílu cen původního návrhu a návrhu zapojení výměníku.
- **Technologická náročnost provedení** – jde o množství úprav, respektive množství prací navíc oproti původnímu návrhu a složitost jejich provedení.

- **Rekonstrukce** – toto kritérium je důležité zejména pro uživatele a vlastníky rodinných domů. Jedná se o zhodnocení složitosti a rozsahu rekonstrukce systému kanalizace či vodovodu, které ovlivňuje navržená rekuperace tepla z odpadní vody.
- **Opravy** – vyhodnocení kritéria závisí na umístění rekuperačního výměníku, nutných prací pro jeho zpřístupnění a množství manipulačního prostoru pro provedení opravy.
- **Estetika** – opět kritérium důležité hlavně pro uživatele a vlastníky. Zohlednění designu a vizuálního vzhledu výměníku.

Dotační program Nová zelená úsporám

Využití tepla z odpadních vod je podporované dotačním programem Nová zelená úsporám programu HOUSEnerg Modernizačního fondu [53]. Jedná se o program zaměřený na úspory energie v rodinných a bytových domech, kterého cílem je zvýšení energetické účinnosti budov a snížení emisí skleníkových plynů a dalších znečišťujících látek v ovzduší. [54]

Realizovaná stavba se musí nacházet na území České republiky. Pro poskytnutí podpory musí být naplněna definice rodinného domu (v případě nových staveb stavba pro bydlení dle § 2 vyhlášky č. 501/2006 Sb.) jak v návrhovém stavu budovy, tak po celou dobu udržitelnosti. [53]

Základní částka podpory na jednotlivá opatření v žádosti je max. 50 % přímých realizačních nákladů. Aby nedošlo ke dvojímu financování, nemá žadatel právo na čerpání prostředků z jiných Fondů EU, nástrojů EU či národních veřejných prostředků na opatření navržené v žádosti. [53]

Přímé realizační výdaje jsou takové, které jsou přímo a výhradně spojeny s realizací podporovaných opatření splňujících podmínky programu. Jejich součástí mohou být náklady na vyhotovení odborného posudku, odborný technický dozor, revize a zkoušky nezbytné pro realizaci opatření. Součástí přímých realizačních nákladů nejsou výdaje na repasovaná či použitá zařízení, stavební materiály, komponenty, výdaje na nákup strojů, zařízení staveniště, inženýrskou a geodetickou činnost, práce prováděné svépomocí apod. [53]

Využití tepla z odpadní vody je zahrnuto v oblasti podpory C, podoblasti C.5 „teplo z odpadní vody“. Podpora pro tuto oblast se poskytuje na pořízení a instalaci systému pro využití tepla z kanalizace včetně jejich příslušenství a zapojení. Pro využití centrálního systému odběru tepla je jednotková výše podpory 50 000,- Kč. Pro decentrální systém odběru tepla je jednotková

výše podpory rovna 5 000,- Kč na jedno odběrné místo (maximálně však 15 000,- Kč). V případě decentralního systému nelze podat samostatnou žádost ale jen v kombinaci s jiným samostatně podporovaným opatřením. Toto je řešeno kombinovanou žádostí s oblastí podpory B „novostavba“ kdy se jedná o výstavbu rodinného domu s velmi nízkou energetickou náročností. [53]

Dále je možné získat dotační bonusy [53]:

- Bonus pro vybrané kraje, regiony a obce – navržený projekt se nachází na území Prahy, která do této kategorie nespadá.
- Kombinační bonus – podmínkou pro získání tohoto bonusu je kombinace vícero podporovaných opatření v jedné žádosti. Protože navržený decentralní systém nemůže být podán samostatně, přichází tento bonus do úvahy. Výše bonusu je 10 000,- Kč za každé opatření s výjimkou prvního.
- Bonus za environmentálně šetrné řešení projektu – Bonus je poskytován k žádostem v oblastech podpory A nebo B s doloženým výpočtem environmentálního hodnocení, které získají nenulové bodové ohodnocení. Bonus je stanoven na 300,- Kč za každý získaný bod. Protože toto hodnocení nebylo součástí podkladů od developera, není možné výši bonusu vyhodnotit, a tak nebude uvažován co celkové částky dotace.

V případě, že navržený systém neobsahuje tepelné čerpadlo, musí být využito zařízení s deklarovanou účinností min. 40 %. Uvedená podmínka je považována za splněnou v případě zařízení s certifikací iPAH (international Passive House Association). [53]

13.1. PŮVODNÍ NÁVRH

Aby bylo možné zhodnotit výhodnost jednotlivých variant nejen v závislosti na sobě, ale také v porovnání s původním návrhem, je nutné vyčíslit jej také, a to zejména v ohledu nákladů na pořízení a provoz a vlivu na životní prostředí. Protože v ostatních kritériích je původní návrh v podstatě „bodem 0“, tedy takovým standardem všeobecně známým, nebude původní návrh v těchto kritériích popsán.

13.1.1. NÁKLADY NA POŘÍZENÍ

Tato kapitola zahrnuje vytvoření rozpočtu pro původní návrh řešení, z kterého se pak odvíjejí rozpočty pro varianty 1-3.

Vedení vodovodu bylo počítáno od vodoměrné sestavy uvnitř objektu. Vedení kanalizace bylo počítáno v rozsahu, jak je nakresleno ve výkresech. Samotné přípojky započítávány nebyly, a to z toho důvodu, že na nich nevznikla žádná změna vlivem návrhů variant. Tento způsob výpočtu výměr byl aplikován na všechny varianty.

Tab. č. 31 Položkový rozpočet pro původní návrh

SOUPIS PRACÍ

Stavba:

Rodinný dům typu 2

Objekt:

Varianta 0 - Původní návrh

Místo:

Datum: 17. 12. 2023

Zadavatel:

Projektant:

Zhotovitel:

Zpracovatel: Michaela Pachová

| PČ | Typ | Kód | Popis | MJ | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
|-------------------------------|-----|-----------|--|----|----------|--------------|-------------------|
| Náklady soupisu celkem | | | | | | | 252 020,06 |
| D | HSV | | Práce a dodávky HSV | | | | 19 034,38 |
| D | 1 | | Zemní práce | | | | 19 034,38 |
| 1 | K | 132451101 | Hloubení rýh nezapažených š do 800 mm v hornině třídy těžitelnosti II skupiny 5 objem do 20 m3 strojně | m3 | 4,929 | 1 900,00 | 9 365,10 |
| | vv | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(11,040+1,3+1,78)*0,6845 | | 4,929 | | |
| 2 | K | 151102101 | Zřízení příložného pažení a rozeprání stěn rýh do 20 m2 hl do 2 m při překozech inženýrských sítí | m2 | 9,665 | 223,00 | 2 155,30 |
| | vv | | "délka x výška"(11,040+1,3+1,78)*0,6845 | | 9,665 | | |
| 3 | K | 151102111 | Odstranění příložného pažení a rozeprání stěn rýh do 20 m2 hl do 2 m při překozech inženýrských sítí | m2 | 9,665 | 119,00 | 1 150,14 |
| | vv | | "délka x výška"(11,040+1,3+1,78)*0,6845 | | 9,665 | | |
| 4 | K | 162211321 | Vodorovné přemístění výkopku z horniny třídy těžitelnosti II skupiny 4 a 5 stavebním kolečkem do 10 m | m3 | 4,929 | 164,00 | 808,36 |
| | vv | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(11,040+1,3+1,78)*0,6845 | | 4,929 | | |
| 5 | K | 162751136 | Vodorovné přemístění přes 8 000 do 9000 m výkopku/sypaniny z horniny třídy těžitelnosti II skupiny 4 a 5 | m3 | 1,080 | 303,00 | 327,24 |
| | vv | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(11,040+1,3+1,78)*0,15 | | 1,080 | | |

| | | | | | | | |
|----|----|-----------|---|-----|--------------|----------|-------------------|
| 6 | K | 167151102 | Nakládání výkopku z hornin třídy těžitelnosti II skupiny 4 a 5 do 100 m3 | m3 | 1,080 | 210,00 | 226,80 |
| | vv | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(11,040+1,3+1,78)*0,15 | | 1,080 | | |
| 7 | K | 171201221 | Poplatek za uložení na skládce (skládkovné) zeminy a kamení kód odpadu 17 05 04 | t | 1,836 | 1 550,00 | 2 845,80 |
| | vv | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(11,040+1,3+1,78)*0,15*1,7 | | 1,836 | | |
| 8 | K | 174151101 | Zásyp jam, šachet rýh nebo kolem objektů sypaninou se zhutněním | m3 | 3,849 | 156,00 | 600,44 |
| | vv | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(11,040+1,3+1,78)*0,6845 | | 4,929 | | |
| | vv | | "šířka x délka x výška"-(0,11+0,4)*(11,040+1,3+1,78)*0,15 | | -1,080 | | |
| | vv | | Součet | | 3,849 | | |
| 9 | K | 175111101 | Obsypání potrubí ručně sypaninou bez prohození, uloženou do 3 m | m3 | 1,080 | 600,00 | 648,00 |
| | vv | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(11,040+1,3+1,78)*0,15 | | 1,080 | | |
| 10 | M | 58337310 | štěrkopísek frakce 0/4 | t | 2,160 | 420,00 | 907,20 |
| | vv | | 1,08*2 'Přepočtené koeficientem množství | | 2,160 | | |
| | D | PSV | Práce a dodávky PSV | | | | 232 985,68 |
| | D | 721 | Zdravotechnika - vnitřní kanalizace | | | | 38 411,55 |
| 11 | K | 721173401 | Potrubí kanalizační z PVC SN 4 svodné DN 110 | m | 2,740 | 426,00 | 1 167,24 |
| | vv | | 2,740 | | 2,740 | | |
| 12 | K | 721173402 | Potrubí kanalizační z PVC SN 4 svodné DN 125 | m | 4,250 | 558,00 | 2 371,50 |
| | vv | | 4,250 | | 4,250 | | |
| 13 | K | 721173403 | Potrubí kanalizační z PVC SN 4 svodné DN 160 | m | 5,000 | 633,00 | 3 165,00 |
| | vv | | 5 | | 5,000 | | |
| 14 | K | 721174024 | Potrubí kanalizační z PP odpadní DN 75 | m | 3,870 | 606,00 | 2 345,22 |
| | vv | | 3,870 | | 3,870 | | |
| 15 | K | 721174025 | Potrubí kanalizační z PP odpadní DN 110 | m | 8,420 | 758,00 | 6 382,36 |
| | vv | | 3,53+3,44+1,45 | | 8,420 | | |
| 16 | K | 721174041 | Potrubí kanalizační z PP přípojovací DN 32 | m | 2,325 | 524,00 | 1 218,30 |
| | vv | | "VZT + zdroj tepla"0,815+1,51 | | 2,325 | | |
| 17 | K | 721174043 | Potrubí kanalizační z PP přípojovací DN 50 | m | 7,160 | 561,00 | 4 016,76 |
| | vv | | "AP+S"0,87 | | 0,870 | | |
| | vv | | "umyvadlo 1.NP"1,885 | | 1,885 | | |
| | vv | | "sprcha + umyvadlo 2.NP" 3,655 | | 3,655 | | |
| | vv | | "vana 2.NP"0,75 | | 0,750 | | |
| | vv | | Součet | | 7,160 | | |
| 18 | K | 721174045 | Potrubí kanalizační z PP přípojovací DN 110 | m | 3,590 | 832,00 | 2 986,88 |
| | vv | | "WC 1.NP"1,145 | | 1,145 | | |
| | vv | | "WC 2.NP"1,075+1,370 | | 2,445 | | |
| | vv | | Součet | | 3,590 | | |
| 19 | K | 721174063 | Potrubí kanalizační z PP větrací DN 110 | m | 12,450 | 430,00 | 5 353,50 |
| | vv | | 12,45 | | 12,450 | | |
| 20 | K | 72117-R | Čistící tvarovka DN 75 potrubí kanalizační z PP | kus | 1,000 | 415,47 | 415,47 |
| 21 | K | 72117-R2 | Čistící tvarovka DN 110 potrubí kanalizační z PP | kus | 1,000 | 571,55 | 571,55 |
| 22 | K | 721212122 | Odtokový sprchový žlab délky 750 mm s krycím roštem a zápachovou uzávěrkou | kus | 1,000 | 6 370,00 | 6 370,00 |
| 23 | K | 721273153 | Hlavice ventilační polypropylen PP DN 110 | kus | 2,000 | 958,00 | 1 916,00 |
| 24 | K | 998721102 | Přesun hmot tonážní pro vnitřní kanalizace v objektech v přes 6 do 12 m | t | 0,091 | 832,00 | 75,71 |

| | | | | | | | |
|----|----|-------------|--|------------------|---------------|----------|-----------|
| 25 | K | 998721181 | Příplatek k přesunu hmot tonážní 721 prováděný bez použití mechanizace | t | 0,091 | 616,00 | 56,06 |
| D | | 722 | Zdravotechnika - vnitřní vodovod | 77 507,80 | | | |
| 26 | K | 722175002 | Potrubí vodovodní plastové PP-RCT svar polyfúze D 20x2,8 mm | m | 47,800 | 423,00 | 20 219,40 |
| | VV | | "studená voda 1.NP"15,870+3,815 | | 19,685 | | |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"10.215+1,260 | | 11,475 | | |
| | VV | | "studená voda 2.NP"3,4+6,450 | | 9,850 | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"2,54+4,25 | | 6,790 | | |
| | VV | | Součet | | 47,800 | | |
| 27 | K | 722175003 | Potrubí vodovodní plastové PP-RCT svar polyfúze D 25x3,5 mm | m | 27,990 | 520,00 | 14 554,80 |
| | VV | | "studená voda 1.NP"6,18+5,64 | | 11,820 | | |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"6,435+6,225 | | 12,660 | | |
| | VV | | "studená voda 2.NP"1,71 | | 1,710 | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"1,8 | | 1,800 | | |
| | VV | | Součet | | 27,990 | | |
| 28 | K | 722175004 | Potrubí vodovodní plastové PP-RCT svar polyfúze D 32x4,4 mm | m | 5,200 | 626,00 | 3 255,20 |
| | VV | | "studená voda"5,2 | | 5,200 | | |
| 29 | K | 722179191 | Příplatek k rozvodu vody z plastů za malý rozsah prací na zakázce do 20 m | soubor | 1,000 | 413,00 | 413,00 |
| 30 | K | 722181231 | Ochrana vodovodního potrubí přilepenými termoizolačními trubicemi z PE tl přes 9 do 13 mm DN do 22 mm | m | 29,535 | 87,70 | 2 590,22 |
| | VV | | "studená voda 1.NP"15,870+3,815 | | 19,685 | | |
| | VV | | "studená voda 2.NP"3,4+6,450 | | 9,850 | | |
| | VV | | Součet | | 29,535 | | |
| 31 | K | 722181232 | Ochrana vodovodního potrubí přilepenými termoizolačními trubicemi z PE tl přes 9 do 13 mm DN přes 22 do 45 mm | m | 18,730 | 104,00 | 1 947,92 |
| | VV | | "studená voda 1.NP"6,18+5,64 | | 11,820 | | |
| | VV | | "studená voda 2.NP"1,71 | | 1,710 | | |
| | VV | | "studená voda"5,2 | | 5,200 | | |
| | VV | | Součet | | 18,730 | | |
| 32 | K | 722181241 | Ochrana vodovodního potrubí přilepenými termoizolačními trubicemi z PE tl přes 13 do 20 mm DN do 22 mm | m | 18,265 | 113,00 | 2 063,95 |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"10.215+1,260 | | 11,475 | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"2,54+4,25 | | 6,790 | | |
| | VV | | Součet | | 18,265 | | |
| 33 | K | 722181252 | Ochrana vodovodního potrubí přilepenými termoizolačními trubicemi z PE tl přes 20 do 25 mm DN přes 22 do 45 mm | m | 14,460 | 188,00 | 2 718,48 |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"6,435+6,225 | | 12,660 | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"1,8 | | 1,800 | | |
| | VV | | Součet | | 14,460 | | |
| 34 | K | 722212612-R | Ventil závitový zpětný přímý G 1/2 PN 16 do 110°C | soubor | 1,000 | 318,00 | 318,00 |
| | VV | | 1 | | 1,000 | | |
| 35 | K | 722221134-R | Ventil výtokový nezámrazný 1/2" | soubor | 1,000 | 4 088,97 | 4 088,97 |
| 36 | K | 722231141 | Ventil závitový pojistný rohový G 1/2" | kus | 6,000 | 571,00 | 3 426,00 |
| 37 | K | 722231142-R | Rohový ventil 3/8" x 1/2" s filtrem, bez matky Novaservis CF3010/10 | kus | 1,000 | 248,91 | 248,91 |
| | VV | | "automatická pračka"1 | | 1,000 | | |
| 38 | K | 722232012 | Kohout kulový podomítkový G 3/4" PN 16 do 120°C vnitřní závit | kus | 1,000 | 778,00 | 778,00 |
| 39 | K | 722232502-R | Pojišťovací sada Honeywell SG160SD, připojení šroubením 3/4" | kus | 1,000 | 8 236,97 | 8 236,97 |
| 40 | K | 722270101 | Sestava vodoměrová závitová G 3/4" | soubor | 1,000 | 3 190,00 | 3 190,00 |

| | | | | | | | |
|----------|----|---------------|---|--------|---------------|-----------|------------------|
| 41 | K | 722290234 | Proplach a dezinfekce vodovodního potrubí DN do 80 | m | 80,990 | 53,10 | 4 300,57 |
| 42 | K | 722290246 | Zkouška těsnosti vodovodního potrubí plastového DN do 40 | m | 80,990 | 61,90 | 5 013,28 |
| | VV | | "studená voda 1.NP"15,870+3,815 | | 19,685 | | |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"10,215+1,260 | | 11,475 | | |
| | VV | | "studená voda 2.NP"3,4+6,450 | | 9,850 | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"2,54+4,25 | | 6,790 | | |
| | VV | | "studená voda 1.NP"6,18+5,64 | | 11,820 | | |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"6,435+6,225 | | 12,660 | | |
| | VV | | "studená voda 2.NP"1,71 | | 1,710 | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"1,8 | | 1,800 | | |
| | VV | | "studená voda"5,2 | | 5,200 | | |
| | VV | | Součet | | 80,990 | | |
| 43 | K | 998722102 | Přesun hmot tonážní pro vnitřní vodovod v objektech v přes 6 do 12 m | t | 0,107 | 746,00 | 79,82 |
| 44 | K | 998722181 | Příplatek k přesunu hmot tonážní 722 prováděný bez použití mechanizace | t | 0,107 | 601,00 | 64,31 |
| D | | 725 | Zdravotnicka - zařízení předměty | | | | 75 112,83 |
| 45 | K | 725112001 | Klozet keramický standardní samostatně stojící s hlubokým splachováním odpad vodorovný | soubor | 3,000 | 3 140,00 | 9 420,00 |
| 46 | K | 725211601 | Umyvadlo keramické bílé šířky 500 mm bez krytu na sifon připevněné na stěnu šrouby | soubor | 2,000 | 4 670,00 | 9 340,00 |
| 47 | K | 725211705 | Umývátko keramické bílé rohové šířky 450 mm připevněné na stěnu šrouby | soubor | 1,000 | 4 680,00 | 4 680,00 |
| 48 | K | 725222113 | Vana bez armatur výtokových akrylátová se zápachovou uzávěrkou 1500x700 mm | soubor | 1,000 | 10 700,00 | 10 700,00 |
| 49 | K | 725532126.DZD | Elektrický ohříváč Dražice OKCE 200 zásobníkový akumulací závěsný svislý 200 l / 2,2 kW | soubor | 1,000 | 18 899,10 | 18 899,10 |
| 50 | K | 725822611 | Baterie umyvadlová stojánková páková bez výpusti | soubor | 3,000 | 2 170,00 | 6 510,00 |
| 51 | K | 725823111 | Baterie bidetové stojánkové pákové bez výpusti | soubor | 3,000 | 1 390,00 | 4 170,00 |
| 52 | K | 725831315 | Baterie vanová nástěnná páková s automatickým přepínačem a sprchou | soubor | 1,000 | 6 430,00 | 6 430,00 |
| 53 | K | 725841332 | Baterie sprchová podomítková s přepínačem a pohyblivým držákem | soubor | 1,000 | 3 250,00 | 3 250,00 |
| 54 | K | 725864311 | Zápachová uzávěrka van DN 40/50 s kulovým kloubem na odtoku | kus | 1,000 | 596,00 | 596,00 |
| 55 | K | 725865311 | Zápachová uzávěrka sprchových van DN 40/50 s kulovým kloubem na odtoku | kus | 1,000 | 809,00 | 809,00 |
| 56 | K | 998725102 | Přesun hmot tonážní pro zařízení předměty v objektech v přes 6 do 12 m | t | 0,205 | 870,00 | 178,35 |
| 57 | K | 998725181 | Příplatek k přesunu hmot tonážní 725 prováděný bez použití mechanizace | t | 0,205 | 636,00 | 130,38 |
| D | | 726 | Zdravotnicka - předstěnové instalace | | | | 41 953,50 |
| 58 | K | 726131041.GBT | Instalační předstěna Geberit Duofix pro klozet závěsný v 1120 mm s ovládním zepředu do lehkých stěn s kovovou kčí | soubor | 3,000 | 13 959,40 | 41 878,20 |
| 59 | K | 998726112 | Přesun hmot tonážní pro instalační prefabrikáty v objektech v přes 6 do 12 m | t | 0,050 | 870,00 | 43,50 |
| 60 | K | 998726181 | Příplatek k přesunu hmot tonážní 726 prováděný bez použití mechanizace | t | 0,050 | 636,00 | 31,80 |

Dle Tab. č. 31 jsou náklady na pořízení systémů kanalizace a vodovodu bez rekuperace odpadní vody 252 020,06 Kč bez DPH. Včetně zřízení staveniště (1,5 % ze základních rozpočtových nákladů (dále jen ZRN)) je celková cena 255 800,36 Kč bez DPH.

13.1.2. NÁKLADY NA PROVOZ

Data:

| | |
|------------------------------------|--|
| Produkt: | bez výměníku |
| Teplota sprchování a koupání: | 40 °C |
| Vypouštění vany při teplotě vody: | 37 °C (teplota lidského těla) |
| Teplota mytí rukou: | 37 °C |
| Teplota ohřívání vody: | 60 °C |
| Délka sprchování: | 10 min. |
| Průtok sprchování: | 12,5 l/min |
| Vana odtok: | 51,6 l/min |
| Průtok umyvadlo: | 5,3 l/min |
| Objem vody pro koupání: | 150 l |
| Denní potřeba vody pro mytí rukou: | 5 l |
| Teplota studené vody: | 10 °C |
| Počet osob v domácnosti: | 4 |
| Počet sprchování (osoba/týden): | 5 |
| Počet koupání (osoba/týden): | 2 |
| Cena vodné a stočné (bez DPH): | 129,36 Kč/m ³ (0,12936 Kč/l) pro rok 2024 Praha |
| Cena elektřiny (bez DPH): | 5,115 Kč/kWh (cena PRE FIX od 01/2024, cena nezahrnuje měsíční platby za elektřinu, ty totiž nezohledňují výši odběru elektřiny) |

Délka provozu (pro výpočet): 1 rok

Uvedené údaje jsou stejné pro všechny varianty a budou použity u výpočtů nákladů pro jednotlivé varianty.

Výpočet sprchování:

Spotřeba vody pro sprchování za 1 rok:

$$V_{2p} = \text{Osoby} \times \text{počet sprchování denně} \times \text{průtok} \times \text{délka sprchování} \times 365 \text{ dnů} \quad (4)$$

$$V_{2p} = 4 \times 0,714 \times 12,5 \text{ l/min} \times 10 \text{ min} \times 365 \text{ dnů}$$

$$V_{2p} = 130\,305 \text{ l/rok}$$

Roční spotřeba energie pro ohřátí vody pro sprchování:

$$E_{2t} = V_{2p} \times \rho \times c \times (t_1 - t_2) \quad (5)$$

E_{2t} – teoretické teplo pro ohřátí množství V_{2p} [kWh]

ρ – hustota vody 1 kg/l

c – měrná tepelná kapacita vody 4182 J/kg \times K
= 1,163 Wh/kg \times K

t_1 – teplota studené vody 10 °C

t_2 – teplota teplé vody pro sprchování 60 °C

$$E_{2t} = 130\,305 \times 1 \times 1,163 \times (60-10)$$

$$E_{2t} = 758 \text{ kWh}$$

$$E_{2z} = z \times E_{2t} \text{ [kWh]} \quad (6)$$

z – poměrná ztráta tepla při ohřevu a dopravě 0,5

$$E_{2z} = 379 \text{ kWh}$$

$$E_{2p} = E_{2t} + E_{2z} \text{ [kWh]} \quad (7)$$

$$E_{2p} = 1\,137 \text{ kWh}$$

Roční náklady na ohřev vody pro sprchování (bez DPH):

$$E_{2t} \times 5,12 = 5\,821,44 \text{ Kč}$$

Roční náklady na vodné a stočné pro sprchování (bez DPH):

$$V_{2p} \times 0,12936 = 16\,856,25 \text{ Kč}$$

Pro následující výpočty byl použit stejný princip jako u výpočtu pro sprchování. Z toho důvodu jsou vypsány pouze výsledky.

Výpočet koupání ve vaně:

Spotřeba vody pro koupání za 1 rok: 62 572 l

Roční spotřeba energie pro ohřátí vody pro koupání: 546 kWh

Roční náklady na ohřev vody pro koupání (bez DPH): 2 795,52 Kč

Roční náklady na vodné a stočné pro koupání (bez DPH): 8 094,31 Kč

Výpočet mytí rukou:

Spotřeba vody pro mytí rukou za 1 rok: 7 300 l

Roční spotřeba energie pro ohřátí vody pro mytí rukou: 65 kWh

Roční náklady na ohřev vody pro mytí rukou (bez DPH): 332,80 Kč

Roční náklady na vodné a stočné pro mytí rukou (bez DPH): 944,33 Kč

Celkové náklady:

Elektřina: 8 949,76 Kč

Vodné a stočné: 25 894,89 Kč

13.1.3. VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Pro Českou republiku je oficiální emisní faktor elektřiny 0,413 kg/kWh. [55]

To znamená, že na výrobu 1 kWh se vyprodukuje 0,413 kg CO₂.

Celkový výkon pro sprchování, koupání, mytí rukou a mytí nádobí je 1 748 kWh.

Podle těchto údajů se pro ohřátí vody na 60 °C vyprodukuje 721,924 kg CO₂.

13.1.4. DOTACE

Výška dotací pro původní návrh je 50 % z přímých realizačních nákladů (dotace za oblast podpory B „novostavba“).

0,5 x 252 020,06 = 126 010,03 Kč

13.2. ŘEŠENÍ Č. 1

13.2.1. NÁKLADY NA POŘÍZENÍ

V kapitole jsou vypočteny náklady na pořízení systému kanalizace a vodovodu s využitím rekuperace tepla z odpadní vody za pomoci tepelného výměníku AKIRETHERM HOME. Položky, které se oproti původnímu návrhu změnilly jsou označeny oranžovou barvou.

Tab. č. 32 Položkový rozpočet pro Variantu 1

| SOUPIS PRACÍ | | | | | | | |
|-------------------------------|-----|-------------------------------------|--|----|---------------|-------------------------------|-------------------|
| Stavba: | | Rodinný dům typu 2 | | | | | |
| Objekt: | | Varianta 1 - AKIRETHERM HOME | | | | | |
| Místo: | | | | | | Datum: 17. 12. 2023 | |
| Zadavatel: | | | | | | Projektant: | |
| Zhotovitel: | | | | | | Zpracovatel: Michaela Pachová | |
| PČ | Typ | Kód | Popis | MJ | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
| Náklady soupisu celkem | | | | | | | 324 594,40 |
| | D | HSV | Práce a dodávky HSV | | | | 72 496,14 |
| | D | 1 | Zemní práce | | | | 70 832,14 |
| 1 | K | 132451101 | Hloubení rýh nezapažených š do 800 mm v hornině třídy těžitelnosti II skupiny 5 objem do 20 m3 strojně | m3 | 13,260 | 1 900,00 | 25 194,00 |
| | VV | | "šedá (šířka x délka x výška)"(0,11+0,4)*(2,005+1,3+7,59-0,5)*0,4185+(0,11+0,4)*(1,664-0,5)*0,913 | | 2,761 | | |
| | VV | | "AKIRETHERM HOME"2*2*1,535 | | 6,140 | | |
| | VV | | "splašková (šířka x délka x výška)"(0,11+0,4)*(11,365+1,28)*0,676 | | 4,359 | | |
| | VV | | Součet | | 13,260 | | |
| 2 | K | 151102101 | Zřízení příložného pažení a rozepření stěn rýh do 20 m2 hl do 2 m při překopech inženýrských sítí | m2 | 21,605 | 223,00 | 4 817,92 |

| | | | | | | | |
|---|----|-----------|---|----|---------------|----------|-----------|
| | VV | | "šedá (délka x výška)"(2,005+1,3+7,59-0,5)*0,4185+(1,664-0,5)*0,913 | | 5,413 | | |
| | VV | | "AKIRETHERM HOME"(1,49*2+2)*1,535 | | 7,644 | | |
| | VV | | "splašková (šdélka x výška)"(11,365+1,28)*0,676 | | 8,548 | | |
| | VV | | Součet | | 21,605 | | |
| 3 | K | 151102111 | Odstranění příložného pažení a rozepření stěn rýh do 20 m2 hl do 2 m při překozech inženýrských sítí | m2 | 21,605 | 119,00 | 2 571,00 |
| | VV | | "šedá (délka x výška)"(2,005+1,3+7,59-0,5)*0,4185+(1,664-0,5)*0,913 | | 5,413 | | |
| | VV | | "AKIRETHERM HOME"(1,49*2+2)*1,535 | | 7,644 | | |
| | VV | | "splašková (délka x výška)"(11,365+1,28)*0,676 | | 8,548 | | |
| | VV | | Součet | | 21,605 | | |
| 4 | K | 162211321 | Vodorovné přemístění výkopku z horniny třídy těžitelnosti II skupiny 4 a 5 stavebním kolečkem do 10 m | m3 | 13,260 | 164,00 | 2 174,64 |
| | VV | | "šedá (šířka x délka x výška)"(0,11+0,4)*(2,005+1,3+7,59-0,5)*0,4185+(0,11+0,4)*(1,664-0,5)*0,913 | | 2,761 | | |
| | VV | | "AKIRETHERM HOME"2*2*1,535 | | 6,140 | | |
| | VV | | "splašková (šířka x délka x výška)"(0,11+0,4)*(11,365+1,28)*0,676 | | 4,359 | | |
| | VV | | Součet | | 13,260 | | |
| 5 | K | 162751136 | Vodorovné přemístění přes 8 000 do 9000 m výkopku/sypaniny z horniny třídy těžitelnosti II skupiny 4 a 5 | m3 | 7,991 | 303,00 | 2 421,27 |
| | VV | | "šedá (šířka x délka x výška)"(0,11+0,4)*(2,005+1,3+7,59-0,5)*(0,15)+(0,11+0,4)*(1,664-0,5)*(0,15) | | 0,884 | | |
| | VV | | "AKIRETHERM HOME"2*2*(1,535) | | 6,140 | | |
| | VV | | "splašková (šířka x délka x výška)"(0,11+0,4)*(11,365+1,28)*(0,15) | | 0,967 | | |
| | VV | | Součet | | 7,991 | | |
| 6 | K | 167151102 | Nakládání výkopku z hornin třídy těžitelnosti II skupiny 4 a 5 do 100 m3 | m3 | 7,991 | 210,00 | 1 678,11 |
| | VV | | "šedá (šířka x délka x výška)"(0,11+0,4)*(2,005+1,3+7,59-0,5)*(0,15)+(0,11+0,4)*(1,664-0,5)*(0,15) | | 0,884 | | |
| | VV | | "AKIRETHERM HOME"2*2*(1,535) | | 6,140 | | |
| | VV | | "splašková (šířka x délka x výška)"(0,11+0,4)*(11,365+1,28)*(0,15) | | 0,967 | | |
| | VV | | Součet | | 7,991 | | |
| 7 | K | 171201221 | Poplatek za uložení na skládce (skládkovné) zeminy a kamení kód odpadu 17 05 04 | t | 13,585 | 1 550,00 | 21 056,75 |
| | VV | | "šedá (šířka x délka x výška)"(0,11+0,4)*(2,005+1,3+7,59-0,5)*(0,15)*1,7+(0,11+0,4)*(1,664-0,5)*(0,15)*1,7 | | 1,503 | | |
| | VV | | "AKIRETHERM HOME"2*2*(1,535)*1,7 | | 10,438 | | |
| | VV | | "splašková (šířka x délka x výška)"(0,11+0,4)*(11,365+1,28)*(0,15)*1,7 | | 1,644 | | |
| | VV | | Součet | | 13,585 | | |
| 8 | K | 174151101 | Zásyp jam, šachet rýh nebo kolem objektů sypaninou se ztuhnutím | m3 | 5,268 | 156,00 | 821,81 |
| | VV | | "šedá (šířka x délka x výška)"(0,11+0,4)*(2,005+1,3+7,59-0,5)*(0,4185-0,15)+(0,11+0,4)*(1,664-0,5)*(0,913-0,15) | | 1,876 | | |
| | VV | | "AKIRETHERM HOME"0 | | 0,000 | | |
| | VV | | "splašková (šířka x délka x výška)"(0,11+0,4)*(11,365+1,28)*(0,676-0,15) | | 3,392 | | |
| | VV | | Součet | | 5,268 | | |

| | | | | | | | |
|----|----|------------|--|-----|---------------|----------|------------|
| 9 | K | 271532212 | Podsyp pod základové konstrukce se zhutněním z hrubého kameniva frakce 16 až 32 mm | m3 | 0,400 | 2 180,00 | 872,00 |
| | VV | | "AKIRETHERM HOME"2*2*0,1 | | 0,400 | | |
| 10 | K | 175111101 | Obsypání potrubí ručně sypaninou bez prohození, uloženou do 3 m | m3 | 6,406 | 600,00 | 3 843,60 |
| | VV | | "šedá (šířka x délka x výška)"(0,11+0,4)*(2,005+1,3+7,59-0,5)*(0,15)+(0,11+0,4)*(1,664-0,5)*(0,15) | | 0,884 | | |
| | VV | | "AKIRETHERM HOME"2*2*(1,535-0,2)-1*3,14*0,5*0,5 | | 4,555 | | |
| | VV | | "splašková (šířka x délka x výška)"(0,11+0,4)*(11,365+1,28)*(0,15) | | 0,967 | | |
| | VV | | Součet | | 6,406 | | |
| 11 | M | 58337310 | šterkopísek frakce 0/4 | t | 12,812 | 420,00 | 5 381,04 |
| | VV | | 6,406*2 'Přepočtené koeficientem množství | | 12,812 | | |
| | D | 2 | Zakládání | | | | 1 664,00 |
| 12 | K | 273313711 | Základové desky z betonu tř. C 20/25 | m3 | 0,400 | 4 160,00 | 1 664,00 |
| | D | PSV | Práce a dodávky PSV | | | | 252 098,26 |
| | D | 721 | Zdravotechnika - vnitřní kanalizace | | | | 48 031,03 |
| 13 | K | 721173401 | Potrubí kanalizační z PVC SN 4 svodné DN 110 | m | 18,880 | 426,00 | 8 042,88 |
| | VV | | "šedá voda"9,62+1,680 | | 11,300 | | |
| | VV | | "splšky"7,58 | | 7,580 | | |
| | VV | | Součet | | 18,880 | | |
| 14 | K | 721173402 | Potrubí kanalizační z PVC SN 4 svodné DN 125 | m | 0,000 | 558,00 | 0,00 |
| 15 | K | 721173403 | Potrubí kanalizační z PVC SN 4 svodné DN 160 | m | 0,000 | 633,00 | 0,00 |
| 16 | K | 721174024 | Potrubí kanalizační z PP odpadní DN 75 | m | 15,995 | 606,00 | 9 692,97 |
| | VV | | 3,870 | | 3,870 | | |
| | VV | | 5,910+6,215 | | 12,125 | | |
| | VV | | Součet | | 15,995 | | |
| 17 | K | 721174025 | Potrubí kanalizační z PP odpadní DN 110 | m | 8,420 | 758,00 | 6 382,36 |
| | VV | | 3,53+3,44+1,45 | | 8,420 | | |
| 18 | K | 721174041 | Potrubí kanalizační z PP přípojovací DN 32 | m | 2,325 | 524,00 | 1 218,30 |
| | VV | | "VZT + zdroj tepla"0,815+1,51 | | 2,325 | | |
| 19 | K | 721174043 | Potrubí kanalizační z PP přípojovací DN 50 | m | 8,370 | 561,00 | 4 695,57 |
| | VV | | "AP+S"0,87 | | 0,870 | | |
| | VV | | "umyvadlo 1.NP"2,75+0,3 | | 3,050 | | |
| | VV | | "sprcha + umyvadlo 2.NP" 3,70 | | 3,700 | | |
| | VV | | "vana 2.NP"0,75 | | 0,750 | | |
| | VV | | Součet | | 8,370 | | |
| 20 | K | 721174045 | Potrubí kanalizační z PP přípojovací DN 110 | m | 3,380 | 832,00 | 2 812,16 |
| | VV | | "WC 1.NP"1,05 | | 1,050 | | |
| | VV | | "WC 2.NP"1,27+1,06 | | 2,330 | | |
| | VV | | Součet | | 3,380 | | |
| 21 | K | 721174063 | Potrubí kanalizační z PP větrací DN 110 | m | 12,450 | 430,00 | 5 353,50 |
| | VV | | 12,45 | | 12,450 | | |
| 22 | K | 72117-R2 | Čistící tvarovka DN 75 potrubí kanalizační z PP | kus | 2,000 | 415,47 | 830,94 |
| 23 | K | 72117-R2.1 | Čistící tvarovka DN 110 potrubí kanalizační z PP | kus | 1,000 | 571,55 | 571,55 |
| 24 | K | 721212122 | Odtokový sprchový žlab délky 750 mm s krycím roštem a zápachovou uzávěrkou | kus | 1,000 | 6 370,00 | 6 370,00 |

| | | | | | | | |
|----|----|-------------|--|-----------|---------------|--------|-----------|
| 25 | K | 721273153 | Hlavice ventilační polypropylen PP DN 110 | kus | 2,000 | 958,00 | 1 916,00 |
| 26 | K | 998721102 | Přesun hmot tonážní pro vnitřní kanalizace v objektech v přes 6 do 12 m | t | 0,100 | 832,00 | 83,20 |
| 27 | K | 998721181 | Příplatek k přesunu hmot tonážní 721 prováděný bez použití mechanizace | t | 0,100 | 616,00 | 61,60 |
| D | | 722 | Zdravotechnika - vnitřní vodovod | 87 000,90 | | | |
| 28 | K | 722175002 | Potrubí vodovodní plastové PP-RCT svar polyfúze D 20x2,8 mm | m | 43,820 | 423,00 | 18 535,86 |
| | VV | | "studená voda 1.NP"15,870+3,815-5,695 | | 13,990 | | |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"10,215+1,260 | | 11,475 | | |
| | VV | | "studená voda 2.NP"3,4+6,450 | | 9,850 | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"2,54+4,25 | | 6,790 | | |
| | VV | | "ohřátá voda"1,52+0,195 | | 1,715 | | |
| | VV | | Součet | | 43,820 | | |
| 29 | K | 722175003 | Potrubí vodovodní plastové PP-RCT svar polyfúze D 25x3,5 mm | m | 32,665 | 520,00 | 16 985,80 |
| | VV | | "studená voda 1.NP"6,18+5,64 | | 11,820 | | |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"6,435+6,225 | | 12,660 | | |
| | VV | | "studená voda 2.NP"1,71 | | 1,710 | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"1,8 | | 1,800 | | |
| | VV | | "ohřátá voda"0,57+4,105 | | 4,675 | | |
| | VV | | Součet | | 32,665 | | |
| 30 | K | 722175004 | Potrubí vodovodní plastové PP-RCT svar polyfúze D 32x4,4 mm | m | 14,155 | 626,00 | 8 861,03 |
| | VV | | "ohřátá voda"1,925 | | 1,925 | | |
| | VV | | "studená voda"5,2+7,03 | | 12,230 | | |
| | VV | | Součet | | 14,155 | | |
| 31 | K | 722179191 | Příplatek k rozvodu vody z plastů za malý rozsah prací na zakázce do 20 m | soubor | 1,000 | 413,00 | 413,00 |
| 32 | K | 722181231 | Ochrana vodovodního potrubí přilepenými termoizolačními trubicemi z PE tl přes 9 do 13 mm DN do 22 mm | m | 23,840 | 87,70 | 2 090,77 |
| | VV | | "studená voda 1.NP"15,870+3,815-5,695 | | 13,990 | | |
| | VV | | "studená voda 2.NP"3,4+6,450 | | 9,850 | | |
| | VV | | Součet | | 23,840 | | |
| 33 | K | 722181232 | Ochrana vodovodního potrubí přilepenými termoizolačními trubicemi z PE tl přes 9 do 13 mm DN přes 22 do 45 mm | m | 25,760 | 104,00 | 2 679,04 |
| | VV | | "studená voda"5,2+7,03 | | 12,230 | | |
| | VV | | "studená voda 1.NP"6,18+5,64 | | 11,820 | | |
| | VV | | "studená voda 2.NP"1,71 | | 1,710 | | |
| | VV | | Součet | | 25,760 | | |
| 34 | K | 722181241 | Ochrana vodovodního potrubí přilepenými termoizolačními trubicemi z PE tl přes 13 do 20 mm DN do 22 mm | m | 19,980 | 113,00 | 2 257,74 |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"10,215+1,260 | | 11,475 | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"2,54+4,25 | | 6,790 | | |
| | VV | | "ohřátá voda"1,52+0,195 | | 1,715 | | |
| | VV | | Součet | | 19,980 | | |
| 35 | K | 722181252 | Ochrana vodovodního potrubí přilepenými termoizolačními trubicemi z PE tl přes 20 do 25 mm DN přes 22 do 45 mm | m | 21,060 | 188,00 | 3 959,28 |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"6,435+6,225 | | 12,660 | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"1,8 | | 1,800 | | |
| | VV | | "ohřátá voda"0,57+4,105 | | 4,675 | | |
| | VV | | "ohřátá voda"1,925 | | 1,925 | | |
| | VV | | Součet | | 21,060 | | |
| 36 | K | 722212612-R | Ventil závitový zpětný přímý G 1/2 PN 16 do 110°C | soubor | 2,000 | 318,00 | 636,00 |
| | VV | | 2 | | 2,000 | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---------------|---|--------|--------|-----------|------------------|
| 37 | K | 722221134-R | Ventil výtokový nezámrzný 1/2" | soubor | 1,000 | 4 088,97 | 4 088,97 |
| 38 | K | 722231141 | Ventil závitový pojistný rohový G 1/2" | kus | 6,000 | 571,00 | 3 426,00 |
| 39 | K | 722231142-R | Rohový ventil 3/8" x 1/2" s filtrem, bez matky Novaservis CF3010/10 | kus | 1,000 | 248,91 | 248,91 |
| VV "automatická pračka"1 | | | | | 1,000 | | |
| 40 | K | 722232012 | Kohout kulový podomítkový G 3/4" PN 16 do 120°C vnitřní závit | kus | 1,000 | 778,00 | 778,00 |
| 41 | K | 722232502-R | Pojišťovací sada Honeywell SG160SD, připojení šroubením 3/4" | kus | 1,000 | 8 236,97 | 8 236,97 |
| 42 | K | 722270101 | Sestava vodoměrová závitová G 3/4" | soubor | 1,000 | 3 190,00 | 3 190,00 |
| 43 | K | 722290234 | Proplach a dezinfekce vodovodního potrubí DN do 80 | m | 90,640 | 53,10 | 4 812,98 |
| VV 43,82+32,665+14,155 | | | | | 90,640 | | |
| 44 | K | 722290246 | Zkouška těsnosti vodovodního potrubí plastového DN do 40 | m | 90,640 | 61,90 | 5 610,62 |
| VV 43,82+32,665+14,155 | | | | | 90,640 | | |
| 45 | K | 998722102 | Přesun hmot tonážní pro vnitřní vodovod v objektech v přes 6 do 12 m | t | 0,141 | 746,00 | 105,19 |
| 46 | K | 998722181 | Příplatek k přesunu hmot tonážní 722 prováděný bez použití mechanizace | t | 0,141 | 601,00 | 84,74 |
| Zdravotnicka - zařizovací předměty | | | | | | | 75 112,83 |
| D 725 | | | | | | | |
| 47 | K | 725112001 | Klozet keramický standardní samostatně stojící s hlubokým splachováním odpad vodorovný | soubor | 3,000 | 3 140,00 | 9 420,00 |
| 48 | K | 725211601 | Umyvadlo keramické bílé šířky 500 mm bez krytu na sifon připevněné na stěnu šrouby | soubor | 2,000 | 4 670,00 | 9 340,00 |
| 49 | K | 725211705 | Umývátko keramické bílé rohové šířky 450 mm připevněné na stěnu šrouby | soubor | 1,000 | 4 680,00 | 4 680,00 |
| 50 | K | 725222113 | Vana bez armatur výtokových akrylátová se zápachovou uzávěrkou 1500x700 mm | soubor | 1,000 | 10 700,00 | 10 700,00 |
| 51 | K | 725532126.DZD | Elektrický ohřívač Dražice OKCE 200 zásobníkový akumulační závěsný svislý 200 l / 2,2 kW | soubor | 1,000 | 18 899,10 | 18 899,10 |
| 52 | K | 725822611 | Baterie umyvadlová stojánková páková bez výpusti | soubor | 3,000 | 2 170,00 | 6 510,00 |
| 53 | K | 725823111 | Baterie bidetové stojánkové pákové bez výpusti | soubor | 3,000 | 1 390,00 | 4 170,00 |
| 54 | K | 725831315 | Baterie vanová nástěnná páková s automatickým přepínačem a sprchou | soubor | 1,000 | 6 430,00 | 6 430,00 |
| 55 | K | 725841332 | Baterie sprchová podomítková s přepínačem a pohyblivým držákem | soubor | 1,000 | 3 250,00 | 3 250,00 |
| 56 | K | 725864311 | Zápachová uzávěrka van DN 40/50 s kulovým kloubem na odtoku | kus | 1,000 | 596,00 | 596,00 |
| 57 | K | 725865311 | Zápachová uzávěrka sprchových van DN 40/50 s kulovým kloubem na odtoku | kus | 1,000 | 809,00 | 809,00 |
| 58 | K | 998725102 | Přesun hmot tonážní pro zařizovací předměty v objektech v přes 6 do 12 m | t | 0,205 | 870,00 | 178,35 |
| 59 | K | 998725181 | Příplatek k přesunu hmot tonážní 725 prováděný bez použití mechanizace | t | 0,205 | 636,00 | 130,38 |
| Zdravotnicka - předstěnové instalace | | | | | | | 41 953,50 |
| D 726 | | | | | | | |
| 60 | K | 726131041.GBT | Instalační předstěna Geberit Duofix pro klozet závěsný v 1120 mm s ovládním zepředu do lehkých stěn s kovovou kčí | soubor | 3,000 | 13 959,40 | 41 878,20 |

| | | | | | | | |
|----|---|-------------|--|--------|-------|------------|-------|
| 61 | K | 998726112 | Přesun hmot tonážní pro instalační prefabrikáty v objektech v přes 6 do 12 m | t | 0,050 | 870,00 | 43,50 |
| 62 | K | 998726181 | Příplatek k přesunu hmot tonážní 726 prováděný bez použití mechanizace | t | 0,050 | 636,00 | 31,80 |
| D | | 732 | Ústřední vytápění - strojovny | | | | 0,00 |
| 63 | K | 732231125-R | Akumulační nádrž AKIRETHERM HOME s přípravou TUV s jedním nerezovým výměníkem o objemu 399,4 l | soubor | 0,000 | 101 978,42 | 0,00 |

Podle Tab. č. 32 jsou náklady na pořízení této varianty 324 594,40 Kč bez DPH. Včetně zařízení staveniště (1,5 % ze ZRN) je to 329 463,32 Kč bez DPH. Tato varianta je tedy dražší na pořízení o 73 662,96 Kč.

13.2.2. NÁKLADY NA PROVOZ

Produkt: AKIRETHERM HOME

Zapojení: na zdroj tepla a příprava pro kuchyň

V případě sprchování a mytí rukou je potřeba započíst 40 % relativní snížení úspory, protože ohřátá voda sprchováním není připojena na sprchovou či umyvadlovou baterii. To samé ale neplatí pro dřez a myčku nádobí které jsou uvažovány pro připojení na přípravu pro kuchyň. V jejich případě je relativní snížení úspory 0 %.

Výpočet sprchování:

Spotřeba vody pro sprchování za 1 rok:

$$V_{2p} = \text{Osoby} \times \text{počet sprchování denně} \times \text{průtok} \times \text{délka sprchování} \times 365 \text{ dnů} \quad (4)$$

$$V_{2p} = 4 \times 0,714 \times 12,5 \text{ l/min} \times 10 \text{ min} \times 365 \text{ dnů}$$

$$V_{2p} = 130\,305 \text{ l/rok}$$

Snížení teploty odpadní vody tepelnou ztrátou:

Vypočtená tepelná ztráta je na celou délku potrubí je 749 W, co dělá 65,6 W/m.

Po přepočtu dle vzorce níže byla tepelná ztráta přepočtena na ztrátu 0,18 °C/s.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (8)$$

Q – tepelná energie [J]

m – hmotnost látky [kg]

c – tepelná kapacita látky [J/kg°C]

ΔT – změna teploty [°C]

Za pomoci vzorce pro výpočet rychlosti proudění kapalin v odpadním potrubí byla vypočtena rychlost pro dané průměry potrubí (DN 75 a DN 100):

$$v_t = 10,25 \cdot \left(\frac{Q_w}{d_{op}}\right)^{\frac{2}{5}} \text{ [m/s]} \quad (9)$$

Q_w – průtok vody v odpadním potrubí [m³/s]

D_{op} – skutečný vnitřní průměr odpadního potrubí [m]

$$v_{75} = 0,997 \text{ m/s}$$

$$v_{110} = 0,855 \text{ m/s}$$

Celková délka kanalizačního potrubí pro šedou vodu ze sprchovacího koutu o průměru DN 75 je 3,285 m a o průměru DN 110 je 8,135 m. Vydělením této délky rychlostí pro dané potrubí se vypočítá čas, za který proteče odpadní voda celým potrubím:

$$t_{75} = 3,3 \text{ s}$$

$$t_{110} = 9,52 \text{ s}$$

$$t = t_{75} + t_{110} = 12,82 \text{ s (čas, za který proteče voda celým potrubím)}$$

Celková ztráta teploty vody je tedy následovní:

$$0,18 \text{ °C/s} \times 12,82 \text{ s} = 2,3 \text{ °C}$$

Odpadní voda ve výměníku, která ohřívá studenou vodu má ve výsledku teplotu:

$$T = 40 \text{ °C} - 2,3 \text{ °C} = 37,7 \text{ °C}$$

Teplota ohřáté vody po rekuperaci:

$$t_R = t_v + \eta(t_i - t_v) \quad (10)$$

t_R – teplota přiváděné ohřáté vody po rekuperaci [$^{\circ}\text{C}$];

t_v – teplota studené vody $10\text{ }^{\circ}\text{C}$;

t_i – teplota odváděné odpadní vody $37,7\text{ }^{\circ}\text{C}$;

η – účinnost rekuperačního výměníku 79% .

$$t_R = 10 + 0,79(37,7-10)$$

$$t_R = 31,883\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Roční spotřeba energie pro ohřátí vody pro sprchování:

$$E_{2t} = V_{2p} \times \rho \times c \times (t_1 - t_2) \quad (5)$$

E_{2t} – teoretické teplo pro ohřátí množství V_{2p} [kWh]

ρ – hustota vody 1 kg/l

c – měrná tepelná kapacita vody $4182\text{ J/kg} \times \text{K}$
 $= 1,163\text{ Wh/kg} \times \text{K}$

t_1 – teplota studené vody $29,75\text{ }^{\circ}\text{C}$

t_2 – teplota teplé vody pro sprchování $60\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$E_{2t} = 130\,305 \times 1 \times 1,163 \times (60-31,883)$$

$$E_{2t} = 427\text{ kWh}$$

$$E_{2z} = z \times E_{2t} [\text{kWh}] \quad (6)$$

z – poměrná ztráta tepla při ohřevu a dopravě $0,5$

$$E_{2z} = 214\text{ kWh}$$

$$E_{2p} = E_{2t} + E_{2z} [\text{kWh}] \quad (7)$$

$$E_{2p} = 641\text{ kWh}$$

Roční náklady na ohřev vody pro sprchování (bez DPH):

$$E_{2p} \times 5,12 = 3\,281,92 \text{ Kč}$$

Úspora na nákladech je počítána rozdílem nákladů na elektřinu původního návrhu a varianty1:

$$5\,821,44 - 3\,281,92 = 2\,539,52 \text{ Kč}$$

Protože je ale u sprchování z důvodu způsobu napojení 40% relativní snížení úspory, je nutno tuto hodnotu přepočíst:

$$0,6 \times 2\,539,52 = 1\,523,71 \text{ Kč}$$

Roční náklady na vodné a stočné pro sprchování (bez DPH):

$$V_{2p} \times 0,12936 = 16\,856,25 \text{ Kč}$$

Množství vody pro sprchování není ovlivněno rekuperací tepla z odpadní vody, a proto zde nevzniká žádná úspora.

Pro následující výpočty byl použit stejný princip jako u výpočtu pro sprchování. Z toho důvodu jsou vypsány pouze výsledky.

Výpočet koupání ve vaně:

| | |
|---|-------------|
| <u>Spotřeba vody pro koupání za 1 rok:</u> | 62 572 l |
| <u>Snížení teploty odpadní vody tepelnou ztrátou:</u> | 35,03 °C |
| <u>Teplota ohřáté vody po rekuperaci:</u> | 29,77 °C |
| <u>Roční spotřeba energie pro ohřátí vody pro koupání:</u> | 345 kWh |
| <u>Roční náklady na ohřev vody pro koupání (bez DPH):</u> | 1 766,4 Kč |
| <u>Úspora na elektřině (40% relativní snížení úspory):</u> | 617,47 Kč |
| <u>Roční náklady na vodné a stočné pro koupání (bez DPH):</u> | 8 094,31 Kč |

Výpočet mytí rukou:

| | |
|---|---------|
| <u>Spotřeba vody pro mytí rukou za 1 rok:</u> | 7 300 l |
|---|---------|

Snížení teploty odpadní vody tepelnou ztrátou:

- Umyvadlo 1 (místnost 2.103): 33,63 °C
- Umyvadlo 2 (místnost 2.205): 33,68 °C
- Umyvadlo 3 (místnost 2.202): 34,8 °C

Teplota ohřáté vody po rekuperaci:

- Umyvadlo 1 (místnost 2.103): 28,67 °C
- Umyvadlo 2 (místnost 2.205): 28,71 °C
- Umyvadlo 3 (místnost 2.202): 29,6 °C

Roční spotřeba energie pro ohřátí vody pro mytí rukou:

(pro výpočet byla spotřeba vody pro mytí rukou vydělena 3)

- Umyvadlo 1 (místnost 2.103): 12 kWh
- Umyvadlo 2 (místnost 2.205): 12 kWh
- Umyvadlo 3 (místnost 2.202): 12 kWh

36 kWh

Roční náklady na ohřev vody pro mytí rukou (bez DPH): 180,32 Kč

Úspora na elektřině (40% relativní snížení úspory): 91,49 Kč

Roční náklady na vodné a stočné pro mytí rukou (bez DPH): 944,33 Kč

Celkové roční náklady:

Elektřina: 5 228,64 Kč

Vodné a stočné: 25 894,89 Kč

Celková roční úspora:

Elektřina: 2 232,67 Kč

Vodné a stočné: 0 Kč

13.2.3. VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Pro Českou republiku je oficiální emisní faktor elektřiny 0,413 kg/kWh. [55]

To znamená, že na výrobu 1 kWh se vyprodukuje 0,413 kg CO₂.

Podle těchto údajů se pro ohřátí vody na 40 °C spotřebuje 1022 kWh vyrobené elektřiny, co vyprodukuje 422,086 kg CO₂. Při aplikaci tepelného výměníku AKIRETHERM HOME se tedy v porovnání s původním návrhem ušetří 299,84 kg CO₂.

13.2.4. DOTACE

Součástí žádosti o dotace bude mimo získávání tepla z odpadních vod i novostavba pasivního domu. Pořizovací náklady celé stavby avšak nejsou vyčísleny, a tak se bude uvažovat pouze s přímými náklady na pořízení systému kanalizace a vodovodu. Dotační program poskytuje dotace ve výši 50 % těchto nákladů (pořizovací náklady bez zařízení staveniště) plus 5 000,- Kč za každé odběrné místo (max 15 000,- Kč). Zároveň je možné k celkové ceně dotace připočíst 10 000,- Kč jako kombinační bonus. Žádost o dotace totiž nemůže být podána na tuto oblast samostatně, a proto je podávána spolu s oblastí B. Tímto způsobem budou počítány dotace pro všechny řešení.

Výše dotace: $0,5 \times 324\,594,40 + 1 \times 5\,000 + 10\,000 = 177\,297,20$ Kč

13.2.5. NÁVRATNOST INVESTICE

Cena pořízení – původní návrh: 255 800,36 Kč

Dotace – původní návrh: 126 010,03 Kč

Cena pořízení – řešení č. 1: 329 463,32 Kč

Dotace – řešení č. 1: 177 297,20 Kč

Roční náklady na elektřinu: 5 228,64 Kč

Roční úspory nákladů na elektřinu: 2 232,67 Kč

Výše investice = $(329\,463,32 - 177\,297,20) - (255\,800,36 - 126\,010,03) = 22\,375,79$ Kč

Návratnost investice = $22\,375,79 / 2\,232,67 = 10$ let

13.2.6. TECHNOLOGICKÁ NÁROČNOST PROVEDENÍ

Zapojení výměníku AKIRETHERM HOME do systému je významně složitě. Nejedná se pouze o nutnost dostupnosti dostatečného prostoru pro samotný výměník, ale také o technologicky a prostorově náročné uspořádání kanalizace. Pro využití tohoto zařízení je totiž nutné rozdělit splaškovou kanalizaci na kanalizaci pro vodu šedou a pro vodu černou.

Z těchto důvodů je řešení č. 1 považováno za technologicky nejsložitější ze všech možností.

13.2.7. REKONSTRUKCE

Řešení č. 1 je téměř nemožné provést jako rekonstrukci stávající budovy. Jednalo by se o velký zásah do konstrukcí a pravděpodobně i dispozic objektu.

13.2.8. OPRAVY

Opravy systému jsou relativně jednoduché a náročností se příliš neliší od oprav systému původního návrhu. Výměník byl vhodně umístěn s dostatečným prostorem pro manipulaci kolem, takže případné opravy nebudou problémem.

13.2.9. ESTETIKA

Co se týče fyzického vzhledu, tak výměník od společnosti AKIRE je jediný z navržených možností, který je částečně vidět. Pro možnost revize nebo opravy je dostupný přes víko, které je uloženo v rovině trávníku. Nejedná se tedy o výrazný nehezky vzhled, avšak v rámci vybraných řešení je jeho estetika oceněna nejméně.

13.3. ŘEŠENÍ Č. 2

13.3.1. NÁKLADY NA POŘÍZENÍ

V následující tabulce jsou vypočteny náklady na pořízení systému kanalizace a vodovodu s využitím rekuperace tepla z odpadní vody za pomoci horizontálního tepelného výměníku REDI Ecoshower. Položky, které se oproti původnímu návrhu změnilo jsou označeny oranžovou barvou.

Tab. č. 33 Položkový rozpočet pro Variantu 2

SOUPIS PRACÍ

Stavba:

Rodinný dům typu 2

Objekt:

Varianta 2 - REDI Ecoshower

Místo:

Datum: 17. 12.
2023

Zadavatel:

Projektant:

Zhotovitel:

Zpracovatel: Michaela
Pachová

| P Č | Ty p | Kód | Popis | MJ | Množstv í | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
|-------------------------------|---------|-----------|--|----|--------------|--------------|----------------------|
| Náklady soupisu celkem | | | | | | | 282 728,92 |
| D | HSV | | Práce a dodávky HSV | | | | 19 034,38 |
| D | 1 | | Zemní práce | | | | 19 034,38 |
| 1 | K | 132451101 | Hloubení rýh nezapažených š do 800 mm v hornině třídy těžitelnosti II skupiny 5 objem do 20 m3 strojně | m3 | 4,929 | 1 900,00 | 9 365,10 |
| | vv | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(11,040+1,3+1,78)*0,6845 | | 4,929 | | |
| 2 | K | 151102101 | Zřízení příložného pažení a rozeprání stěn rýh do 20 m2 hl do 2 m při překopech inženýrských sítí | m2 | 9,665 | 223,00 | 2 155,30 |
| | vv | | "délka x výška"(11,040+1,3+1,78)*0,6845 | | 9,665 | | |
| 3 | K | 151102111 | Odstanění příložného pažení a rozeprání stěn rýh do 20 m2 hl do 2 m při překopech inženýrských sítí | m2 | 9,665 | 119,00 | 1 150,14 |
| | vv | | "délka x výška"(11,040+1,3+1,78)*0,6845 | | 9,665 | | |
| 4 | K | 162211321 | Vodorovné přemístění výkopku z horniny třídy těžitelnosti II skupiny 4 a 5 stavebním kolečkem do 10 m | m3 | 4,929 | 164,00 | 808,36 |
| | vv | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(11,040+1,3+1,78)*0,6845 | | 4,929 | | |
| 5 | K | 162751136 | Vodorovné přemístění přes 8 000 do 9000 m výkopku/sypaniny z horniny třídy těžitelnosti II skupiny 4 a 5 | m3 | 1,080 | 303,00 | 327,24 |
| | vv | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(11,040+1,3+1,78)*0,15 | | 1,080 | | |
| 6 | K | 167151102 | Nakládání výkopku z hornin třídy těžitelnosti II skupiny 4 a 5 do 100 m3 | m3 | 1,080 | 210,00 | 226,80 |
| | vv | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(11,040+1,3+1,78)*0,15 | | 1,080 | | |
| 7 | K | 171201221 | Poplatek za uložení na skládce (skládkovné) zeminy a kamení kód odpadu 17 05 04 | t | 1,836 | 1 550,00 | 2 845,80 |
| | vv | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(11,040+1,3+1,78)*0,15*1,7 | | 1,836 | | |
| 8 | K | 174151101 | Zásyp jam, šachet rýh nebo kolem objektů sypaninou se zhutněním | m3 | 3,849 | 156,00 | 600,44 |
| | vv | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(11,040+1,3+1,78)*0,6845 | | 4,929 | | |

| | | | | | | | |
|----|----|-----------|--|-----|---------------|----------|-------------------|
| | VV | | "šířka x délka x výška"- (0,11+0,4)*(11,040+1,3+1,78)*0,15 | | -1,080 | | |
| | VV | | Součet | | 3,849 | | |
| 9 | K | 175111101 | Obsypání potrubí ručně sypaninou bez prohození, uloženo do 3 m | m3 | 1,080 | 600,00 | 648,00 |
| | VV | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(11,040+1,3+1,78)*0,15 | | 1,080 | | |
| 10 | M | 58337310 | šterkopisek frakce 0/4 | t | 2,160 | 420,00 | 907,20 |
| | VV | | 1,08*2 'Přepočtené koeficientem množství | | 2,160 | | |
| | D | PSV | Práce a dodávky PSV | | | | 263 694,54 |
| | D | 721 | Zdravotechnika - vnitřní kanalizace | | | | 40 037,21 |
| 11 | K | 721173401 | Potrubí kanalizační z PVC SN 4 svodné DN 110 | m | 2,740 | 426,00 | 1 167,24 |
| | VV | | 2,740 | | 2,740 | | |
| 12 | K | 721173402 | Potrubí kanalizační z PVC SN 4 svodné DN 125 | m | 4,250 | 558,00 | 2 371,50 |
| | VV | | 4,250 | | 4,250 | | |
| 13 | K | 721173403 | Potrubí kanalizační z PVC SN 4 svodné DN 160 | m | 5,000 | 633,00 | 3 165,00 |
| | VV | | 5 | | 5,000 | | |
| 14 | K | 721174024 | Potrubí kanalizační z PP odpadní DN 75 | m | 3,030 | 606,00 | 1 836,18 |
| | VV | | 3,870-0,84 | | 3,030 | | |
| 15 | K | 721174025 | Potrubí kanalizační z PP odpadní DN 110 | m | 8,420 | 758,00 | 6 382,36 |
| | VV | | 3,53+3,44+1,45 | | 8,420 | | |
| 16 | K | 721174041 | Potrubí kanalizační z PP přípojovací DN 32 | m | 2,325 | 524,00 | 1 218,30 |
| | VV | | "VZT + zdroj tepla"0,815+1,51 | | 2,325 | | |
| 17 | K | 721174043 | Potrubí kanalizační z PP přípojovací DN 50 | m | 10,960 | 561,00 | 6 148,56 |
| | VV | | "AP+S"0,87 | | 0,870 | | |
| | VV | | "umyvadlo 1.NP"1,885 | | 1,885 | | |
| | VV | | "sprcha + umyvadlo 2.NP" 3,655 | | 3,655 | | |
| | VV | | "umyvadlo 2.NP"2,1 | | 2,100 | | |
| | VV | | "vana 2.NP"0,75-0,75+0,985 | | 0,985 | | |
| | VV | | "REDI Ecoshower"1,465 | | 1,465 | | |
| | VV | | Součet | | 10,960 | | |
| 18 | K | 721174045 | Potrubí kanalizační z PP přípojovací DN 110 | m | 3,590 | 832,00 | 2 986,88 |
| | VV | | "WC 1.NP"1,145 | | 1,145 | | |
| | VV | | "WC 2.NP"1,075+1,370 | | 2,445 | | |
| | VV | | Součet | | 3,590 | | |
| 19 | K | 721174063 | Potrubí kanalizační z PP větrací DN 110 | m | 12,450 | 430,00 | 5 353,50 |
| | VV | | 12,45 | | 12,450 | | |
| 20 | K | 72117-R | Čistící tvarovka DN 75 potrubí kanalizační z PP | kus | 1,000 | 415,47 | 415,47 |
| 21 | K | 72117-R2 | Čistící tvarovka DN 110 potrubí kanalizační z PP | kus | 1,000 | 571,55 | 571,55 |
| 22 | K | 721212122 | Odtokový sprchový žlab délky 750 mm s krycím roštem a zápachovou uzávěrkou | kus | 1,000 | 6 370,00 | 6 370,00 |
| 23 | K | 721273153 | Hlavice ventilační polypropylen PP DN 110 | kus | 2,000 | 958,00 | 1 916,00 |
| 24 | K | 998721102 | Přesun hmot tonážní pro vnitřní kanalizace v objektech v přes 6 do 12 m | t | 0,093 | 832,00 | 77,38 |
| 25 | K | 998721181 | Příplatek k přesunu hmot tonážní 721 prováděný bez použití mechanizace | t | 0,093 | 616,00 | 57,29 |
| | D | 722 | Zdravotechnika - vnitřní vodovod | | | | 82 246,55 |
| 26 | K | 722175002 | Potrubí vodovodní plastové PP-RCT svar polyfúze D 20x2,8 mm | m | 55,825 | 423,00 | 23 613,98 |
| | VV | | "studená voda 1.NP"15,870+3,815 | | 19,685 | | |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"10,215+1,260 | | 11,475 | | |

| | | | | | | | |
|----|----|-------------|--|--------|---------------|----------|-----------|
| | VV | | "studená voda 2.NP"3,4+6,450-1,34+1,28 | | 9,790 | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"2,54+4,25 | | 6,790 | | |
| | VV | | "ohřátá voda"8,085 | | 8,085 | | |
| | VV | | Součet | | 55,825 | | |
| 27 | K | 722175003 | Potrubí vodovodní plastové PP-RCT svar polyfúze D 25x3,5 mm | m | 27,320 | 520,00 | 14 206,40 |
| | VV | | "studená voda 1.NP"6,18+5,64-0,67 | | 11,150 | | |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"6,435+6,225 | | 12,660 | | |
| | VV | | "studená voda 2.NP"1,71 | | 1,710 | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"1,8 | | 1,800 | | |
| | VV | | Součet | | 27,320 | | |
| 28 | K | 722175004 | Potrubí vodovodní plastové PP-RCT svar polyfúze D 32x4,4 mm | m | 5,200 | 626,00 | 3 255,20 |
| | VV | | "studená voda"5,2 | | 5,200 | | |
| 29 | K | 722179191 | Příplatek k rozvodu vody z plastů za malý rozsah prací na zakázce do 20 m | soubor | 1,000 | 413,00 | 413,00 |
| 30 | K | 722181231 | Ochrana vodovodního potrubí přilepenými termoizolačními trubicemi z PE tl přes 9 do 13 mm DN do 22 mm | m | 29,475 | 87,70 | 2 584,96 |
| | VV | | "studená voda 1.NP"15,870+3,815 | | 19,685 | | |
| | VV | | "studená voda 2.NP"3,4+6,450-1,34+1,28 | | 9,790 | | |
| | VV | | Součet | | 29,475 | | |
| 31 | K | 722181232 | Ochrana vodovodního potrubí přilepenými termoizolačními trubicemi z PE tl přes 9 do 13 mm DN přes 22 do 45 mm | m | 18,060 | 104,00 | 1 878,24 |
| | VV | | "studená voda"5,2 | | 5,200 | | |
| | VV | | "studená voda 1.NP"6,18+5,64-0,67 | | 11,150 | | |
| | VV | | "studená voda 2.NP"1,71 | | 1,710 | | |
| | VV | | Součet | | 18,060 | | |
| 32 | K | 722181241 | Ochrana vodovodního potrubí přilepenými termoizolačními trubicemi z PE tl přes 13 do 20 mm DN do 22 mm | m | 26,350 | 113,00 | 2 977,55 |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"10,215+1,260 | | 11,475 | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"2,54+4,25 | | 6,790 | | |
| | VV | | "ohřátá voda"8,085 | | 8,085 | | |
| | VV | | Součet | | 26,350 | | |
| 33 | K | 722181252 | Ochrana vodovodního potrubí přilepenými termoizolačními trubicemi z PE tl přes 20 do 25 mm DN přes 22 do 45 mm | m | 14,460 | 188,00 | 2 718,48 |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"6,435+6,225 | | 12,660 | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"1,8 | | 1,800 | | |
| | VV | | Součet | | 14,460 | | |
| 34 | K | 722212612-R | Ventil závitový zpětný přímý G 1/2 PN 16 do 110°C | soubor | 1,000 | 318,00 | 318,00 |
| | VV | | 1 | | 1,000 | | |
| 35 | K | 722221134-R | Ventil výtokový nezámrný 1/2" | soubor | 1,000 | 4 088,97 | 4 088,97 |
| 36 | K | 722231141 | Ventil závitový pojistný rohový G 1/2" | kus | 6,000 | 571,00 | 3 426,00 |
| 37 | K | 722231142-R | Rohový ventil 3/8" x 1/2" s filtrem, bez matky Novaservis CF3010/10 | kus | 1,000 | 248,91 | 248,91 |
| | VV | | "automatická pračka"1 | | 1,000 | | |
| 38 | K | 722232012 | Kohout kulový podomítkový G 3/4" PN 16 do 120°C vnitřní závit | kus | 1,000 | 778,00 | 778,00 |
| 39 | K | 722232502-R | Pojišťovací sada Honeywell SG160SD, připojení šroubením 3/4" | kus | 1,000 | 8 236,97 | 8 236,97 |
| 40 | K | 722270101 | Sestava vodoměrová závitová G 3/4" | soubor | 1,000 | 3 190,00 | 3 190,00 |
| 41 | K | 722290234 | Proplach a dezinfekce vodovodního potrubí DN do 80 | m | 88,345 | 53,10 | 4 691,12 |
| | VV | | 55,825+27,32+5,2 | | 88,345 | | |

| | | | | | | | |
|----|---|-------------------|---|------------|--------------|------------------|------------------|
| 42 | K | 722290246 | Zkouška těsnosti vodovodního potrubí plastového DN do 40 | m | 88,345 | 61,90 | 5 468,56 |
| | | VV | 55,825+27,32+5,2 | | | 88,345 | |
| 43 | K | 998722102 | Přesun hmot tonážní pro vnitřní vodovod v objektech v přes 6 do 12 m | t | 0,113 | 746,00 | 84,30 |
| 44 | K | 998722181 | Příplatek k přesunu hmot tonážní 722 prováděný bez použití mechanizace | t | 0,113 | 601,00 | 67,91 |
| | | | Zdravotechnika - zařizovací předměty | | | | 74 642,34 |
| D | | 725 | | | | | |
| 45 | K | 725112001 | Klozet keramický standardní samostatně stojící s hlubokým splachováním odpad vodorovný | soubo r | 3,000 | 3 140,00 | 9 420,00 |
| 46 | K | 725211601 | Umyvadlo keramické bílé šířky 500 mm bez krytu na sifon připevněné na stěnu šrouby | soubo r | 2,000 | 4 670,00 | 9 340,00 |
| 47 | K | 725211705 | Umývatko keramické bílé rohové šířky 450 mm připevněné na stěnu šrouby | soubo r | 1,000 | 4 680,00 | 4 680,00 |
| 48 | K | 725222113 | Vana bez armatur výtokových akrylátová se zápachovou uzávěrkou 1500x700 mm | soubo r | 1,000 | 10 700,00 | 10 700,00 |
| 49 | K | 725532126.DZ D | Elektrický ohřívač Dražice OKCE 200 zásobníkový akumulární závěsný svíslý 200 l / 2,2 kW | soubo r | 1,000 | 18 899,10 | 18 899,10 |
| 50 | K | 725822611 | Baterie umyvadlová stojánková páková bez výpusti | soubo r | 3,000 | 2 170,00 | 6 510,00 |
| 51 | K | 725823111 | Baterie bidetové stojánkové pákové bez výpusti | soubo r | 3,000 | 1 390,00 | 4 170,00 |
| 52 | K | 725831315 | Baterie vanová nástěnná páková s automatickým prepínačem a sprchou | soubo r | 0,000 | 6 430,00 | 0,00 |
| 53 | K | 725841332 | Baterie sprchová podomítková s prepínačem a pohyblivým držákem | soubo r | 1,000 | 3 250,00 | 3 250,00 |
| 54 | K | 72584941-R | Montáž baterie vanové nástěnné termostatické | kus | 1,000 | 509,00 | 509,00 |
| 55 | M | 55145600-R | <i>baterie vanová nástěnná termostatická, chrom</i> | <i>kus</i> | <i>1,000</i> | <i>5 449,00</i> | <i>5 449,00</i> |
| 56 | K | 725864311 | Zápachová uzávěrka van DN 40/50 s kulovým kloubem na odtoku | kus | 1,000 | 596,00 | 596,00 |
| 57 | K | 725865311 | Zápachová uzávěrka sprchových van DN 40/50 s kulovým kloubem na odtoku | kus | 1,000 | 809,00 | 809,00 |
| 58 | K | 998725102 | Přesun hmot tonážní pro zařizovací předměty v objektech v přes 6 do 12 m | t | 0,206 | 870,00 | 179,22 |
| 59 | K | 998725181 | Příplatek k přesunu hmot tonážní 725 prováděný bez použití mechanizace | t | 0,206 | 636,00 | 131,02 |
| | | | Zdravotechnika - předstěnové instalace | | | | 41 953,50 |
| D | | 726 | | | | | |
| 60 | K | 726131041.GB T | Instalační předstěna Geberit Duofix pro klozet závěsný v 1120 mm s ovládním zepředu do lehkých stěn s kovovou kčí | soubo r | 3,000 | 13 959,40 | 41 878,20 |
| 61 | K | 998726112 | Přesun hmot tonážní pro instalační prefabrikáty v objektech v přes 6 do 12 m | t | 0,050 | 870,00 | 43,50 |
| 62 | K | 998726181 | Příplatek k přesunu hmot tonážní 726 prováděný bez použití mechanizace | t | 0,050 | 636,00 | 31,80 |
| D | | 795 | Lokální vytápění | | | | 24 814,94 |
| 63 | K | 795942202 | Montáž výměníku teplovodního | kus | 1,000 | 648,00 | 648,00 |
| 64 | M | RMAT0001 | <i>REDI Ecoshower</i> | | <i>1,000</i> | <i>24 166,94</i> | <i>24 166,94</i> |

Dle výše uvedené Tab. č. 33 jsou náklady na pořízení druhé varianty 282 728,92 Kč bez DPH. Se zařízením staveniště (1,5 % ze ZRN) je celková cena pořízení 286 969,85 Kč bez DPH. Cenový rozdíl mezi pořízením původního návrhu a varianty 2 činí 31 169,49 Kč.

13.3.2. NÁKLADY NA PROVOZ

Produkt: REDI Ecoshower

Zapojení: na zdroj tepla a sprchovou baterii (0 % relativní snížení úspory)

Obecně se vana pro sprchování nevyužívá, pokud je v obytné jednotce přítomen sprchový kout. V této variantě ale byl také zohledněn větší zájem využívání vany i pro sprchování, a to právě z důvodu ušetření na elektřině. Proto je kromě koupele přepočítané i sprchování ale v poloviční hodnotě oproti tomu, jak by to bylo u klasické sprchy.

Protože v této variantě není zapojena druhá koupelna ani WC na 1.NP, bude počítáno pouze umyvadlo a vana v místnosti 2.202.

Výpočet sprchování:

Spotřeba vody pro sprchování za 1 rok:

$$V_{2p} = \text{Osoby} \times \text{počet sprchování denně} \times \text{průtok} \times \text{délka sprchování} \times 365 \text{ dnů} \quad (4)$$

$$V_{2p} = 4 \times 0,714 \times 12,5 \text{ l/min} \times 10 \text{ min} \times 365 \text{ dnů} / 2$$

$$V_{2p} = 65 152,5 \text{ l/rok}$$

Snížení teploty odpadní vody tepelnou ztrátou:

Trasa kanalizačního potrubí je v tomto případě tak krátká, že je tepelná ztráta zanedbatelná.

Teplota ohřáté vody po rekuperaci:

$$t_R = t_v + \eta(t_i - t_v) \quad (10)$$

t_R – teplota přiváděné ohřáté vody po rekuperaci;

t_v – teplota studené vody 10 °C;

t_i – teplota odváděné odpadní vody 40 °C;

η – účinnost rekuperačního výměníku 75 %.

$$t_R = 10 + 0,75 (40-10)$$

$$t_R = 32,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Roční spotřeba energie pro ohřátí vody pro sprchování:

$$E_{2t} = V_{2p} \times \rho \times c \times (t_1 - t_2) \quad (5)$$

E_{2t} – teoretické teplo pro ohřátí množství V_{2p} [kWh]

ρ – hustota vody 1 kg/l

c – měrná tepelná kapacita vody 4182 J/kg \times K
= 1,163 Wh/kg \times K

t_1 – teplota studené vody 32,5 $^\circ\text{C}$

t_2 – teplota teplé vody pro sprchování 60 $^\circ\text{C}$

$$E_{2t} = 65 \ 152,5 \times 1 \times 1,163 \times (60-32,5)$$

$$E_{2t} = 209 \text{ kWh}$$

$$E_{2z} = z \times E_{2t} \text{ [kWh]} \quad (6)$$

z – poměrná ztráta tepla při ohřevu a dopravě 0,5

$$E_{2z} = 105 \text{ kWh}$$

$$E_{2p} = E_{2t} + E_{2z} \text{ [kWh]} \quad (7)$$

$$E_{2p} = 314 \text{ kWh}$$

Roční náklady na ohřev vody pro sprchování (bez DPH):

$$E_{2p} \times 5,12 = 1 \ 607,68 \text{ Kč}$$

Protože ve vaně bude probíhat jen půlka sprchování je nutno k tomuto číslu připočíst polovinu nákladů z původního návrhu.

$$1 \ 607,68 + 5 \ 821,44/2 = 4 \ 518,40 \text{ Kč}$$

Úspora na nákladech je počítána rozdílem nákladů na elektřinu původního návrhu a varianty 2:

$$5\,821,44 - 4\,518,40 = 1\,303,04 \text{ Kč}$$

Roční náklady na vodné a stočné pro sprchování:

$$V_{2p} \times 0,12936 = 16\,856,25 \text{ Kč}$$

Množství vody pro sprchování není ovlivněno rekuperací tepla z odpadní vody, a proto zde nevzniká žádná úspora.

Výpočet koupání ve vaně:

| | |
|---|--------------|
| <u>Spotřeba vody pro koupání za 1 rok:</u> | 62 572 l |
| <u>Snížení teploty odpadní vody tepelnou ztrátou:</u> | zanedbatelné |
| <u>Teplota ohřáté vody po rekuperaci:</u> | 32,5 °C |
| <u>Roční spotřeba energie pro ohřátí vody pro koupání:</u> | 302 kWh |
| <u>Roční náklady na ohřev vody pro koupání (bez DPH):</u> | 1 546,24 Kč |
| <u>Úspora na elektřině:</u> | 1 249,28 Kč |
| <u>Roční náklady na vodné a stočné pro koupání (bez DPH):</u> | 8 094,31 Kč |

Výpočet mytí rukou:

| | |
|---|--------------|
| <u>Spotřeba vody pro mytí rukou za 1 rok (1 umyvadlo):</u> | 7 300 l / 3 |
| <u>Snížení teploty odpadní vody tepelnou ztrátou:</u> | zanedbatelné |
| <u>Teplota ohřáté vody po rekuperaci:</u> | 30,25 °C |
| <u>Roční spotřeba energie pro ohřátí vody pro mytí rukou:</u> | |
| • Na 1 umyvadlo | 14 kWh |
| • Na zbylé dvě umyvadla (65 * 2/3) | 43,34 kWh |
| | <hr/> |
| | 58 kWh |

Roční náklady na ohřev vody pro mytí rukou (bez DPH):

- | | |
|--|-----------|
| • Na 1 umyvadlo | 71,68 Kč |
| • Na zbylé dvě umyvadla (232,70 * 2/3) | 221,90 Kč |

293,58 Kč

Úspora na elektřině (40% relativní snížení úspory): 23,53 Kč

Roční náklady na vodné a stočné pro mytí rukou (bez DPH): 944,33 Kč

Celkové náklady:

Elektřina: 6 358,22 Kč

Vodné a stočné: 25 894,89 Kč

Celková úspora:

Elektřina: 2 605,85 Kč

Vodné a stočné: 0 Kč

13.3.3. VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Pro Českou republiku je oficiální emisní faktor elektřiny 0,413 kg/kWh. [55]

To znamená, že na výrobu 1 kWh se vyprodukuje 0,413 kg CO₂.

Podle těchto údajů se pro ohřátí vody na 40 °C spotřebuje 674 kWh + 568,5 kWh (1/2 potřeby pro sprchování původní návrh) vyrobené elektřiny, co vyprodukuje 513,15 kg CO₂. Při aplikaci tepelného výměníku REDI Ecoshower se tedy v porovnání s původním návrhem ušetří 208,774 kg CO₂.

13.3.4. DOTACE

Způsob výpočtu viz. Kapitola 13.2.4.

Výše dotace: $0,5 \times 282\,728,92 + 1 \times 5\,000 + 10\,000 = 156\,364,46$ Kč

13.3.5. NÁVRATNOST INVESTICE

Cena zařízení – původní návrh: 255 800,36 Kč

Dotace – původní návrh: 126 010,03 Kč

Cena pořízení – řešení č. 1: 286 969,85 Kč

Dotace – řešení č. 1: 156 364,46 Kč

Roční náklady na elektřinu: 6 358,22 Kč

Roční úspory nákladů na elektřinu: 2 605,85 Kč

Výše investice po odečtení dotací = $(286\,969,85 - 156\,364,46) - (255\,800,36 - 126\,010,03)$
= 815,06 Kč

Návratnost investice = $815,06 / 2\,605,85 = 0,3$ let

13.3.6. TECHNOLOGICKÁ NÁROČNOST PROVEDENÍ

Náročnost tohoto řešení je nejnižší z vybraných řešení. Výměník se postupem výstavby zabuduje do podlahy a připojí na kanalizaci a vodovod. Není zde žádný významný zásah do konstrukcí ani nutnost rozdělování kanalizace.

13.3.7. REKONSTRUKCE

Rekonstrukce systému pro aplikaci výměníku REDI Ecoshower není ideální, ale je nejjednodušší z navržených variant. Nejnutnější je zvážit, jestli má podlaha pro uložení výměníku dostatečnou tloušťku, aby se do ní vešel jak výměník, tak spádované kanalizační potrubí.

13.3.8. OPRAVY

Případná nutná oprava či výměna výměníku, není ničím příjemným. Prvek je pevně zabudován do podlahy koupelny pod dlažbou. Pro jeho zpřístupnění je nutné vysekat dlaždice a všechny další vrstvy skladby nacházející se nad ním. To vytváří další náklady na opravu podlahy.

13.3.9. ESTETIKA

Protože je výměník schován ve skladbě podlahy, není kladen žádný důraz na jeho vzhled a díky tomu je vhodný pro jakýkoliv design koupelny.

13.4. ŘEŠENÍ Č. 3

13.4.1. NÁKLADY NA POŘÍZENÍ

V níže uvedené tabulce jsou vypočteny náklady na pořízení systému kanalizace a vodovodu s využitím rekuperace tepla z odpadní vody za pomoci vertikálního tepelného výměníku

ZYPHO PiPe. Položky, které se oproti původnímu návrhu změnilly jsou označeny oranžovou barvou.

Tab. č. 34 Položkový rozpočet pro Variantu 3

| P Č | Typ | Kód | Popis | MJ | Množství | J.cena [CZK] | Cena celkem [CZK] |
|--|-----|---|--|-------------------------------|----------|-------------------|-------------------------|
| SOUPIS PRACÍ | | | | | | | |
| Stavba: Rodinný dům typu 2 | | | | | | | |
| Objekt: Varianta 3 - ZYPHO PiPe | | | | | | | |
| Místo: | | | | Datum: 17. 12. 2023 | | | |
| Zadavatel: | | | | Projektant: | | | |
| Zhotovitel: | | | | Zpracovatel: Michaela Pachová | | | |
| Náklady soupisu celkem | | | | | | 327 949,34 | |
| D | | HSV | Práce a dodávky HSV | | | 44 748,06 | |
| D | | 1 | Zemní práce | | | 44 748,06 | |
| 1 | K | 132451101 | Hloubení rýh nezapažených š do 800 mm v hornině třídy těžitelnosti II skupiny 5 objem do 20 m3 strojně | m3 | 7,743 | 1 900,00 | 14 711,70 |
| VV | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(6,945+1,295+1,770+4,08)*1,0775 | | | 7,743 | | |
| 2 | K | 151102101 | Zřízení příložného pažení a rozepření stěn rýh do 20 m2 hl do 2 m při překopech inženýrských sítí | m2 | 15,182 | 223,00 | 3 385,59 |
| VV | | "délka x výška"(6,945+1,295+1,770+4,08)*1,0775 | | | 15,182 | | |
| 3 | K | 151102111 | Odstranění příložného pažení a rozepření stěn rýh do 20 m2 hl do 2 m při překopech inženýrských sítí | m2 | 15,182 | 119,00 | 1 806,66 |
| VV | | "délka x výška"(6,945+1,295+1,770+4,08)*1,0775 | | | 15,182 | | |
| 4 | K | 162211321 | Vodorovné přemístění výkopku z horniny třídy těžitelnosti II skupiny 4 a 5 stavebním kolečkem do 10 m | m3 | 7,743 | 164,00 | 1 269,85 |
| VV | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(6,945+1,295+1,770+4,08)*1,0775 | | | 7,743 | | |
| 5 | K | 162751136 | Vodorovné přemístění přes 8 000 do 9000 m výkopku/sypaniny z horniny třídy těžitelnosti II skupiny 4 a 5 | m3 | 6,665 | 303,00 | 2 019,50 |

| | | | | | | | |
|----|----|-----------|---|----|---------------|----------|-------------------|
| | VV | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(6,945+1,295+1,770+4,08)*1, 0775 | | 7,743 | | |
| | VV | | "šířka x délka x výška"- (0,11+0,4)*(6,945+1,295+1,770+4,08)*0,15 | | -1,078 | | |
| | VV | | Součet | | 6,665 | | |
| 6 | K | 167151102 | Nakládání výkopku z hornin třídy těžitelnosti II skupiny 4 a 5 do 100 m3 | m3 | 6,665 | 210,00 | 1 399,65 |
| | VV | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(6,945+1,295+1,770+4,08)*1, 0775 | | 7,743 | | |
| | VV | | "šířka x délka x výška"- (0,11+0,4)*(6,945+1,295+1,770+4,08)*0,15 | | -1,078 | | |
| | VV | | Součet | | 6,665 | | |
| 7 | K | 171201221 | Poplatek za uložení na skládce (skládkovné) zeminy a kamení kód odpadu 17 05 04 | t | 11,331 | 1 550,00 | 17 563,05 |
| | VV | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(6,945+1,295+1,770+4,08)*1, 0775*1,7 | | 13,163 | | |
| | VV | | "šířka x délka x výška"- (0,11+0,4)*(6,945+1,295+1,770+4,08)*0,15*1,7 | | -1,832 | | |
| | VV | | Součet | | 11,331 | | |
| 8 | K | 174151101 | Zásyp jam, šachet rýh nebo kolem objektů sypaninou se zhutněním | m3 | 6,665 | 156,00 | 1 039,74 |
| | VV | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(6,945+1,295+1,770+4,08)*1, 0775 | | 7,743 | | |
| | VV | | "šířka x délka x výška"- (0,11+0,4)*(6,945+1,295+1,770+4,08)*0,15 | | -1,078 | | |
| | VV | | Součet | | 6,665 | | |
| 9 | K | 175111101 | Obsypání potrubí ručně sypaninou bez prohození, uloženou do 3 m | m3 | 1,078 | 600,00 | 646,80 |
| | VV | | "šířka x délka x výška"(0,11+0,4)*(6,945+1,295+1,770+4,08)*0, 15 | | 1,078 | | |
| 10 | M | 58337310 | <i>šterkopísek frakce 0/4</i> | t | 2,156 | 420,00 | 905,52 |
| | VV | | 1,078*2 'Přepočtené koeficientem množství | | 2,156 | | |
| | D | PSV | Práce a dodávky PSV | | | | 283 201,28 |
| | D | 721 | Zdravotechnika - vnitřní kanalizace | | | | 39 627,27 |
| 11 | K | 721173401 | Potrubí kanalizační z PVC SN 4 svodné DN 110 | m | 2,740 | 426,00 | 1 167,24 |
| | VV | | 2,740 | | 2,740 | | |
| 12 | K | 721173402 | Potrubí kanalizační z PVC SN 4 svodné DN 125 | m | 4,250 | 558,00 | 2 371,50 |
| | VV | | 4,250 | | 4,250 | | |
| 13 | K | 721173403 | Potrubí kanalizační z PVC SN 4 svodné DN 160 | m | 5,000 | 633,00 | 3 165,00 |
| | VV | | 5 | | 5,000 | | |
| 14 | K | 721174024 | Potrubí kanalizační z PP odpadní DN 75 | m | 3,870 | 606,00 | 2 345,22 |
| | VV | | 3,870 | | 3,870 | | |
| 15 | K | 721174025 | Potrubí kanalizační z PP odpadní DN 110 | m | 8,420 | 758,00 | 6 382,36 |
| | VV | | 3,53+3,44+1,45 | | 8,420 | | |
| 16 | K | 721174041 | Potrubí kanalizační z PP přípojovací DN 32 | m | 2,325 | 524,00 | 1 218,30 |
| | VV | | "VZT + zdroj tepla"0,815+1,51 | | 2,325 | | |
| 17 | K | 721174043 | Potrubí kanalizační z PP přípojovací DN 50 | m | 9,280 | 561,00 | 5 206,08 |
| | VV | | "AP+S"0,87 | | 0,870 | | |
| | VV | | "umyvadlo 1.NP"1,885 | | 1,885 | | |
| | VV | | "sprcha + umyvadlo 2.NP" 3,125 | | 3,125 | | |
| | VV | | "vana 2.NP"0,75 | | 0,750 | | |
| | VV | | "připojení výměníku"0,85+1,8 | | 2,650 | | |

| | | | | | | | | |
|----|----|-----------|--|--------|---------------|----------|------------------|--|
| | VV | | Součet | | | | 9,280 | |
| 18 | K | 721174045 | Potrubí kanalizační z PP připojovací DN 110 | m | 3,620 | 832,00 | 3 011,84 | |
| | VV | | "WC 1.NP"1,060 | | 1,060 | | | |
| | VV | | "WC 2.NP"1,27+1,290 | | 2,560 | | | |
| | VV | | Součet | | 3,620 | | | |
| 19 | K | 721174063 | Potrubí kanalizační z PP větrací DN 110 | m | 12,450 | 430,00 | 5 353,50 | |
| | VV | | 12,45 | | 12,450 | | | |
| 20 | K | 72117-R | Čistící tvarovka DN 75 potrubí kanalizační z PP | kus | 1,000 | 415,47 | 415,47 | |
| 21 | K | 72117-R2 | Čistící tvarovka DN 110 potrubí kanalizační z PP | kus | 1,000 | 571,55 | 571,55 | |
| 22 | K | 721212122 | Odtokový sprchový žlab délky 750 mm s krycím roštem a zápachovou uzávěrkou | kus | 1,000 | 6 370,00 | 6 370,00 | |
| 23 | K | 721273153 | Hlavice ventilační polypropylen PP DN 110 | kus | 2,000 | 958,00 | 1 916,00 | |
| 24 | K | 998721102 | Přesun hmot tonážní pro vnitřní kanalizace v objektech v přes 6 do 12 m | t | 0,092 | 832,00 | 76,54 | |
| 25 | K | 998721181 | Příplatek k přesunu hmot tonážní 721 prováděný bez použití mechanizace | t | 0,092 | 616,00 | 56,67 | |
| | D | 722 | Zdravotechnika - vnitřní vodovod | | | | 78 362,82 | |
| 26 | K | 722175002 | Potrubí vodovodní plastové PP-RCT svar polyfúze D 20x2,8 mm | m | 49,785 | 423,00 | 21 059,06 | |
| | VV | | "studená voda 1.NP"15,870+3,815 | | 19,685 | | | |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"10,215+1,260 | | 11,475 | | | |
| | VV | | "studená voda 2.NP"3,4+6,450-1,34-4,985 | | 3,525 | | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"2,54+4,25 | | 6,790 | | | |
| | VV | | "ohřátá voda"3,56+4,75 | | 8,310 | | | |
| | VV | | Součet | | 49,785 | | | |
| 27 | K | 722175003 | Potrubí vodovodní plastové PP-RCT svar polyfúze D 25x3,5 mm | m | 27,180 | 520,00 | 14 133,60 | |
| | VV | | "studená voda 1.NP"6,18+5,64 | | 11,820 | | | |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"6,435+6,225 | | 12,660 | | | |
| | VV | | "studená voda 2.NP"1,71-0,810 | | 0,900 | | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"1,8 | | 1,800 | | | |
| | VV | | Součet | | 27,180 | | | |
| 28 | K | 722175004 | Potrubí vodovodní plastové PP-RCT svar polyfúze D 32x4,4 mm | m | 5,200 | 626,00 | 3 255,20 | |
| | VV | | "studená voda"5,2 | | 5,200 | | | |
| 29 | K | 722179191 | Příplatek k rozvodu vody z plastů za malý rozsah prací na zakázce do 20 m | soubor | 1,000 | 413,00 | 413,00 | |
| 30 | K | 722181231 | Ochrana vodovodního potrubí přilepenými termoizolačními trubkami z PE tl přes 9 do 13 mm DN do 22 mm | m | 23,210 | 87,70 | 2 035,52 | |
| | VV | | "studená voda 1.NP"15,870+3,815 | | 19,685 | | | |
| | VV | | "studená voda 2.NP"3,4+6,450-1,34-4,985 | | 3,525 | | | |
| | VV | | Součet | | 23,210 | | | |
| 31 | K | 722181232 | Ochrana vodovodního potrubí přilepenými termoizolačními trubkami z PE tl přes 9 do 13 mm DN přes 22 do 45 mm | m | 17,920 | 104,00 | 1 863,68 | |
| | VV | | "studená voda"5,2 | | 5,200 | | | |
| | VV | | "studená voda 1.NP"6,18+5,64 | | 11,820 | | | |
| | VV | | "studená voda 2.NP"1,71-0,810 | | 0,900 | | | |
| | VV | | Součet | | 17,920 | | | |
| 32 | K | 722181241 | Ochrana vodovodního potrubí přilepenými termoizolačními trubkami z PE tl přes 13 do 20 mm DN do 22 mm | m | 26,575 | 113,00 | 3 002,98 | |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"10,215+1,260 | | 11,475 | | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"2,54+4,25 | | 6,790 | | | |
| | VV | | "ohřátá voda"3,56+4,75 | | 8,310 | | | |
| | VV | | Součet | | 26,575 | | | |

| | | | | | | | |
|----|----|----------------|--|--------|---------------|-----------|------------------|
| 33 | K | 722181252 | Ochrana vodovodního potrubí přilepenými termoizolačními trubicemi z PE tl přes 20 do 25 mm DN přes 22 do 45 mm | m | 14,460 | 188,00 | 2 718,48 |
| | VV | | "teplá voda 1.NP"6,435+6,225 | | 12,660 | | |
| | VV | | "teplá voda 2.NP"1,8 | | 1,800 | | |
| | VV | | Součet | | 14,460 | | |
| 34 | K | 722212612-R | Ventil závitový zpětný přímý G 1/2 PN 16 do 110°C | soubor | 1,000 | 318,00 | 318,00 |
| | VV | | 1 | | 1,000 | | |
| 35 | K | 722221134-R | Ventil výtokový nezámrzný 1/2" | soubor | 1,000 | 4 088,97 | 4 088,97 |
| 36 | K | 722231141 | Ventil závitový pojistný rohový G 1/2" | kus | 6,000 | 571,00 | 3 426,00 |
| 37 | K | 722231142-R | Rohový ventil 3/8" x 1/2" s filtrem, bez matky Novaservis CF3010/10 | kus | 1,000 | 248,91 | 248,91 |
| | VV | | "automatická pračka"1 | | 1,000 | | |
| 38 | K | 722232012 | Kohout kulový podomítkový G 3/4" PN 16 do 120°C vnitřní závit | kus | 1,000 | 778,00 | 778,00 |
| 39 | K | 722232502-R | Pojišťovací sada Honeywell SG160SD, připojení šroubením 3/4" | kus | 1,000 | 8 236,97 | 8 236,97 |
| 40 | K | 722270101 | Sestava vodoměrová závitová G 3/4" | soubor | 1,000 | 3 190,00 | 3 190,00 |
| 41 | K | 722290234 | Proplach a dezinfekce vodovodního potrubí DN do 80 | m | 82,165 | 53,10 | 4 362,96 |
| | VV | | 49,785+27,18+5,2 | | 82,165 | | |
| 42 | K | 722290246 | Zkouška těsnosti vodovodního potrubí plastového DN do 40 | m | 82,165 | 61,90 | 5 086,01 |
| | VV | | 49,785+27,18+5,2 | | 82,165 | | |
| 43 | K | 998722102 | Přesun hmot tonážní pro vnitřní vodovod v objektech v přes 6 do 12 m | t | 0,108 | 746,00 | 80,57 |
| 44 | K | 998722181 | Příplatek k přesunu hmot tonážní 722 prováděný bez použití mechanizace | t | 0,108 | 601,00 | 64,91 |
| | D | 725 | Zdravotnicka - zařizovací předměty | | | | 88 448,35 |
| 45 | K | 725112001 | Klozet keramický standardní samostatně stojící s hlubokým splachováním odpad vodorovný | soubor | 3,000 | 3 140,00 | 9 420,00 |
| 46 | K | 725211601 | Umyvadlo keramické bílé šířky 500 mm bez krytu na sifon připevněné na stěnu šrouby | soubor | 2,000 | 4 670,00 | 9 340,00 |
| 47 | K | 725211705 | Umývatko keramické bílé rohové šířky 450 mm připevněné na stěnu šrouby | soubor | 1,000 | 4 680,00 | 4 680,00 |
| 48 | K | 725222113 | Vana bez armatur výtokových akrylátová se zápachovou uzávěrkou 1500x700 mm | soubor | 1,000 | 10 700,00 | 10 700,00 |
| 49 | K | 725532126.D ZD | Elektrický ohříváč Dražice OKCE 200 zásobníkový akumulární závěsný svislý 200 l / 2,2 kW | soubor | 1,000 | 18 899,10 | 18 899,10 |
| 50 | K | 725822611 | Baterie umyvadlová stojánková páková bez výpusti | soubor | 2,000 | 2 170,00 | 4 340,00 |
| 51 | K | 725823111 | Baterie bidetové stojánkové pákové bez výpusti | soubor | 3,000 | 1 390,00 | 4 170,00 |
| 52 | K | 725829122 | Montáž baterie umyvadlové nástěnné termostatické ostatní typ | kus | 1,000 | 344,00 | 344,00 |
| 53 | M | 55172012 | <i>baterie umyvadlová automatická 2 vody termostatický ventil a otočné ramínko 6V</i> | kus | 1,000 | 12 900,00 | 12 900,00 |
| 54 | K | 725831315 | Baterie vanová nástěnná páková s automatickým přepínačem a sprchou | soubor | 0,000 | 6 430,00 | 0,00 |
| 55 | K | 725841332 | Baterie sprchová podomítková s přepínačem a pohyblivým držákem | soubor | 0,000 | 3 250,00 | 0,00 |
| 56 | K | 725849413 | Montáž baterie sprchové nástěnné termostatické | kus | 1,000 | 509,00 | 509,00 |

| | | | | | | | | |
|---|-----|----------------|---|--------|-------|-----------|------------------|--|
| 57 | M | 55145600 | baterie sprchová nástěnná termostatická 150mm chrom | kus | 1,000 | 5 470,00 | 5 470,00 | |
| 58 | K | 72584941-R | Montáž baterie vanové nástěnné termostatické | kus | 1,000 | 509,00 | 509,00 | |
| 59 | M | 55145600-R | baterie vanová nástěnná termostatická, chrom | kus | 1,000 | 5 449,00 | 5 449,00 | |
| 60 | K | 725864311 | Zápachová uzávěrka van DN 40/50 s kulovým kloubem na odtoku | kus | 1,000 | 596,00 | 596,00 | |
| 61 | K | 725865311 | Zápachová uzávěrka sprchových van DN 40/50 s kulovým kloubem na odtoku | kus | 1,000 | 809,00 | 809,00 | |
| 62 | K | 998725102 | Přesun hmot tonážní pro zařizovací předměty v objektech v přes 6 do 12 m | t | 0,208 | 870,00 | 180,96 | |
| 63 | K | 998725181 | Příplatek k přesunu hmot tonážní 725 prováděný bez použití mechanizace | t | 0,208 | 636,00 | 132,29 | |
| Zdravotechnika - předstěnové instalace | | | | | | | 41 953,50 | |
| D | 726 | | | | | | | |
| 64 | K | 726131041.G BT | Instalační předstěna Geberit Duofix pro klozet závěsný v 1120 mm s ovládním zepředu do lehkých stěn s kovovou kčí | soubor | 3,000 | 13 959,40 | 41 878,20 | |
| 65 | K | 998726112 | Přesun hmot tonážní pro instalační prefabrikáty v objektech v přes 6 do 12 m | t | 0,050 | 870,00 | 43,50 | |
| 66 | K | 998726181 | Příplatek k přesunu hmot tonážní 726 prováděný bez použití mechanizace | t | 0,050 | 636,00 | 31,80 | |
| D | 795 | | Lokální vytápění | | | | 34 809,34 | |
| 67 | K | 795942202 | Montáž výměníku teplovodního | kus | 2,000 | 648,00 | 1 296,00 | |
| 68 | M | RMAT0001 | ZYPHO PiPe 65 | | 2,000 | 16 756,67 | 33 513,34 | |

Z Tab. č. 34 vychází cena pořízení třetí varianty na 327 949,34 Kč bez DPH. Spolu se zařízením staveniště (1,5 % ze ZRN) je celková cena stanovena na 332 868,58 Kč bez DPH. Varianta č. 3 je tedy od původního návrhu dražší o 77 068,22 Kč.

13.4.2. NÁKLADY NA PROVOZ

Produkt: ZYPHO PiPe 65

Zapojení: na sprchovou baterii (39 % relativní snížení úspory)

Výpočet sprchování:

Spotřeba vody pro sprchování za 1 rok:

$$V_{2p} = \text{Osoby} \times \text{počet sprchování denně} \times \text{průtok} \times \text{délka sprchování} \times 365 \text{ dnů} \quad (4)$$

$$V_{2p} = 4 \times 0,714 \times 12,5 \text{ l/min} \times 10 \text{ min} \times 365 \text{ dnů}$$

$$V_{2p} = 130 305 \text{ l/rok}$$

Snížení teploty odpadní vody tepelnou ztrátou:

Trasa kanalizačního potrubí do rekuperačního výměníku je v tomto případě tak krátká, že je tepelná ztráta zanedbatelná.

Teplota ohřáté vody po rekuperaci:

$$t_R = t_v + \eta(t_i - t_v) \quad (10)$$

t_R – teplota přiváděné ohřáté vody po rekuperaci;

t_v – teplota studené vody 10 °C;

t_i – teplota odváděné odpadní vody 40 °C;

η – účinnost rekuperačního výměníku 67 %.

$$t_R = 10 + 0,67(40-10)$$

$$t_R = 30,1 \text{ °C}$$

Roční spotřeba energie pro ohřátí vody pro sprchování:

$$E_{2t} = V_{2p} \times \rho \times c \times (t_1 - t_2) \quad (5)$$

E_{2t} – teoretické teplo pro ohřátí množství V_{2p} [kWh]

ρ – hustota vody 1 kg/l

c – měrná tepelná kapacita vody 4182 J/kg × K
= 1,163 Wh/kg × K

t_1 – teplota studené vody 30,1 °C

t_2 – teplota teplé vody pro sprchování 40 °C

$$E_{2t} = 130\,305 \times 1 \times 1,163 \times (60-30,1)$$

$$E_{2t} = 454 \text{ kWh}$$

$$E_{2z} = z \times E_{2t} \text{ [kWh]} \quad (6)$$

z – poměrná ztráta tepla při ohřevu a dopravě 0,5

$$E_{2z} = 227 \text{ kWh}$$

$$E_{2p} = E_{2t} + E_{2z} \text{ [kWh]} \quad (7)$$

$$E_{2p} = 681 \text{ kWh}$$

Roční náklady na ohřev vody pro sprchování (bez DPH):

$$E_{2p} \times 5,12 = 3\,486,72 \text{ Kč}$$

Úspora na nákladech je počítána rozdílem nákladů na elektřinu původního návrhu a varianty3:

$$5\,821,44 - 3\,486,72 = 2\,334,72 \text{ Kč}$$

Protože je ale u sprchování z důvodu způsobu napojení 39% relativní snížení úspory, je nutno tuto hodnotu přepočíst:

$$0,61 \times 2\,334,72 = 1\,424,18 \text{ Kč}$$

Roční náklady na vodné a stočné pro sprchování:

$$V_{2p} \times 0,12936 = 16\,856,25 \text{ Kč}$$

Množství vody pro sprchování není ovlivněno rekuperací tepla z odpadní vody, a proto zde nevzniká žádná úspora.

Výpočet koupání ve vaně:

Spotřeba vody pro koupání za 1 rok: 62 572 l

Snížení teploty odpadní vody tepelnou ztrátou: zanedbatelné

Teplota ohřáté vody po rekuperaci: 30,1 °C

Roční spotřeba energie pro ohřátí vody pro koupání: 327 kWh

Roční náklady na ohřev vody pro koupání (bez DPH): 1 674,24 Kč

Úspora na elektřině (39% relativní snížení úspory): 684,00 Kč

Roční náklady na vodné a stočné pro koupání (bez DPH): 8 094,31 Kč

Výpočet mytí rukou:

Spotřeba vody pro mytí rukou za 1 rok (1 umyvadlo): 7 300 l /3

Snížení teploty odpadní vody tepelnou ztrátou: zanedbatelné

Teplota ohřáté vody po rekuperaci: 28,09 °C

Roční spotřeba energie pro ohřátí vody pro mytí rukou:

- Na 1 umyvadlo 14 kWh
- Na zbylé dvě umyvadla (65 * 2/3) 44 kWh

58 kWh

Roční náklady na ohřev vody pro mytí rukou (bez DPH):

- Na 1 umyvadlo 71,68 Kč
- Na zbylé dvě umyvadla 225,28 Kč

296,96 Kč

Úspora na elektřině (39% relativní snížení úspory): 21,86 Kč

Roční náklady na vodné a stočné pro mytí rukou (bez DPH): 944,33 Kč

Celkové náklady:

Elektřina: 5 457,92 Kč

Vodné a stočné: 25 894,89 Kč

Celková úspora:

Elektřina: 2 130,04 Kč

Vodné a stočné: 0 Kč

13.4.3. VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Pro Českou republiku je oficiální emisní faktor elektřiny 0,413 kg/kWh. [55]

To znamená, že na výrobu 1 kWh se vyprodukuje 0,413 kg CO₂.

Podle těchto údajů se pro ohřátí vody na 40 °C spotřebuje 1066 kWh vyrobené elektřiny, co vyprodukuje 440,258 kg CO₂. Při aplikaci tepelného výměníku ZYPHO PiPe 65 se tedy v porovnání s původním návrhem ušetří 281,67 kg CO₂.

13.4.4. DOTACE

Způsob výpočtu viz. Kapitola 13.2.4.

Výše dotace: $0,5 \times 327\,949,34 + 2 \times 5\,000 + 10\,000 = 183\,974,67$ Kč

13.4.5. NÁVRATNOST INVESTICE

Cena pořízení – původní návrh: 255 800,36 Kč

Dotace – původní návrh: 126 010,03 Kč

Cena pořízení – řešení č. 1: 332 868,58 Kč

Dotace – řešení č. 1: 183 974,67 Kč

Roční náklady na elektřinu: 5 457,92 Kč

Roční úspory nákladů na elektřinu: 2 130,04 Kč

Výše investice = $(332\,868,58 - 183\,974,67) - (255\,800,36 - 126\,010,03) = 19\,103,58$ Kč

Návratnost investice = $19\,103,58 / 2\,130,04 = 9$ let

13.4.6. TECHNOLOGICKÁ NÁROČNOST PROVEDENÍ

Provedení řešení č. 3 taktéž není nezvykle náročné, avšak díky možnosti nainstalovat hned dva výměníky pro zvýšení efektivity, je instalace systému časově náročnější. U této varianty šlo také připojit vícero zařizovacích předmětů než u varianty 2. Dalším důvodem, proč je tento systém složitější, než u předcházející varianty je, že trubkový výměník je možné připojit pouze na kanalizaci o průměru DN 50 a proto musí být na kratším úseku kanalizace oddělena.

13.4.7. REKONSTRUKCE

Výměník ZYPHO PiPe 65 je dodáván v jednom kuse o výšce 1600 mm. Pro instalaci tak velkého zařízení, k čemu je také nutno rozdělit kanalizaci, není možné využít malé revizní dvířka, které by se mohli vyskytovat na zdi šachty. Bylo by nutné šachtu odkrýt vybouráním aspoň jedné její stěny. Z tohoto důvodu je rekonstrukce uvažována jako složitější v porovnání s řešením č. 2.

13.4.8. OPRAVY

V případě opravy je taktéž potřeba odhalit šachtu, co zahrnuje vybourání její zdi a také práce spojené s opravou.

13.4.9. ESTETIKA

Stejně jak u předcházející varianty, i výměník ZYPHO je zabudován a není vidět. Proto se také hodí do každé koupelny nezávisle na designu.

14. CELKOVÉ VYHODNOCENÍ VARIANT

Výpočet vah kritérií

Aby bylo možné vyhodnotit varianty nejen na jejich hodnotách zvolených kritérií ale také podle důležitosti kritérií, je v této kapitole proveden výpočet vah Saatyho metodou.

Saatyho škála preferencí:

1 – rovnocennost

3 – slabá preference

5 – silná preference

7 – velmi silná preference

9 – absolutní preference

Hodnoty Saatyho škály preferencí jsou přiřazeny ke kritériím, jak je vidět v *Tab. č. 36*. Hodnoty preferencí se přiřazují podle stupně preference kritéria v řádku (např. K1) oproti kritériu ve sloupci (např. K2). Do řádku K2 pod sloupec K1 se pak zapíše inverzní hodnota. Takže pokud se do řádku K1 pod sloupec K2 zapíše hodnota 7 (tzn. K1 má velmi silnou preferenci nad K2), tak se do řádku K2 pod sloupec K1 zapíše hodnota 1/7.

Převedení hodnocení na normované váhy je vypočteno dle:

$$\frac{\text{Geometrický průměr } K_i}{\sum_{i=1}^n \text{geometrický průměr } K_n} \quad (11)$$

V *Tab. č. 35* jsou již přiřazeny vyhodnocení kritérií pro navržená řešení 1–3 podle kapitol 14.2., 14.3. a 14.4. a určeny typy kritérií (maximalizační, minimalizační). Protože jsou některá kritéria kvalitativní nebo obsahují dvě různé jednotky, byla provedena optimalizace hodnocení těchto kritérií (viz. *Tab. č. 38*).

Protože dotace pro všechny varianty obsahují 50 % z přímých pořizovacích nákladů, nejsou tyto procenta uvažovány a pro vyhodnocení variant je použit pouze dotační bonus a příplatek za počet odběrných míst.

U kritérií, která byla vyhodnocena slovně, se využila bodovací metoda s následujícími interpretací:

1 – velmi složitá / velmi zlá

2 – složitá / zlá

3 – mírně složitá / mírně zlá

4 – jednoduchá / dobrá

5 – velmi jednoduchá / velmi dobrá

V *Tab. č. 38* jsou také určeny bazální a ideální hodnoty a jejich rozdíl, čeho je využito pro vypočtení normovaných hodnot kritérií, které nejsou bazální ani ideální podle principu:

$$\frac{\text{hodnota kritéria} - \text{bazál}}{\text{bazál} - \text{ideál}}$$

V závislosti na typu kritéria může být výslední hodnota záporní. Do tabulky hodnocení (*Tab. č. 37*) se však i v tomto případě zapíše jako hodnota kladní.

Bazálním hodnotám je přiřazeno číslo „0“. Ideálním hodnotám číslo „1“.

Součtem bodů vynásobených váhami kritérií je stanoveno výslední hodnocení variant (viz. *Tab. č. 37*), které je po seřazení od nejlépe hodnocené po nejhůře hodnocené následovní:

1. Řešení č. 2 – REDI Ecoshower
2. Řešení č. 3 – ZYPHO PiPe
3. Řešení č. 1 – AKIRETHERM HOME

Tab. č. 36 Výpočet vah kritérií Saatyho metodou

| | Náklady na pořízení | Náklady na provoz | Vliv na životní prostředí | Možnost dotací | Návratnost investice | Technologická náročnost provedení | Rekonstrukce | Opravy | Estetika | Geometrický průměr | Váhy |
|-----------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------------|----------------|----------------------|-----------------------------------|--------------|--------|----------|--------------------|----------|
| Náklady na řízení | 1 | 5 | 7 | 5 | 5 | 9 | 9 | 9 | 9 | 5,64 | 0,36 |
| Náklady na provoz | 1/5 | 1 | 7 | 3 | 1/3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 2,76 | 0,18 |
| Vliv na životní prostředí | 1/7 | 1/7 | 1 | 1/5 | 1/5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0,93 | 0,06 |
| Možnost dotací | 1/5 | 1/3 | 5 | 1 | 3 | 7 | 7 | 7 | 7 | 2,37 | 0,15 |
| Návratnost investice | 1/5 | 3 | 5 | 1/3 | 1 | 7 | 7 | 7 | 7 | 2,37 | 0,15 |
| Technologická náročnost provedení | 1/9 | 1/9 | 1/5 | 1/7 | 1/7 | 1 | 3 | 3 | 5 | 0,51 | 0,03 |
| Rekonstrukce | 1/9 | 1/9 | 1/5 | 1/7 | 1/7 | 1/3 | 1 | 1/5 | 1/3 | 0,22 | 0,01 |
| Opravy | 1/9 | 1/9 | 1/5 | 1/7 | 1/7 | 1/3 | 5 | 1 | 5 | 0,42 | 0,03 |
| Estetika | 1/9 | 1/9 | 1/5 | 1/7 | 1/7 | 1/5 | 3 | 1/5 | 1 | 0,26 | 0,02 |
| účet | | | | | | | | | | 15,48 | 1 |

Tab. č. 35 Přirazení hodnot kritérií k variantám

| | Náklady na pořízení | Náklady na provoz | Vliv na životní prostředí | Možnost dotací | Návratnost investice | Technologická náročnost provedení | Rekonstrukce | Opravy | Estetika |
|-------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------------|------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------|---------------|-------------|
| Řešení č. 1 - AKIRETHERM HOME | 329 463,32 Kč | 5 228,64 Kč | 422,086 kg CO2 | 50 % + 15 000 Kč | 10 let | velmi složitá | velmi složitá | jednoduché | dobrá |
| Řešení č. 2 - REDI Ecoshower | 286 969,85 Kč | 6 358,22 Kč | 513,15 kg CO2 | 50 % + 15 000 Kč | 0,3 let | jednoduchá | jednoduchá | složitě | velmi dobrá |
| Řešení č. 3 - ZYPHO PiPe | 332 868,58 Kč | 5 457,92 Kč | 440,258 kg CO2 | 50 % + 20 000 Kč | 9 let | mírně složitá | složitá | velmi složitě | velmi dobrá |
| typ kritéria | min | min | min | max | min | max | max | max | max |

Tab. č. 38 Optimalizace hodnot a příprava pro znormování hodnot

| | Náklady na pořízení | Náklady na provoz | Vliv na životní prostředí | Možnost dotací | Návratnost investice | Technologická náročnost provedení | Rekonstrukce | Opravy | Estetika |
|-------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------------|----------------|----------------------|-----------------------------------|--------------|--------|----------|
| Řešení č. 1 - AKIRETHERM HOME | 329 463,32 | 5 228,64 | 422,086 | 15000,00 | 10,0 | 1 | 1 | 4 | 4 |
| Řešení č. 2 - REDI Ecoshower | 286 969,85 | 6 358,22 | 513,150 | 15000,00 | 0,3 | 4 | 4 | 2 | 5 |
| Řešení č. 3 - ZYPHO PiPe | 332 868,58 | 5 457,92 | 440,258 | 20000,00 | 9,0 | 3 | 2 | 1 | 5 |
| typ kritéria | min | min | min | max | min | max | max | max | max |
| bazál | 332 868,58 | 6 358,22 | 513,15 | 15000,00 | 10,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 4,00 |
| ideál | 286 969,85 | 5 228,64 | 422,09 | 20000,00 | 0,30 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 5,00 |
| rozdíl | 45 898,73 | 1 129,58 | 91,06 | 5000,00 | 9,70 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 1,00 |

Tab. č. 37 Normované hodnoty kritérií a výslední hodnocení variant

| | Náklady na pořízení | Náklady na provoz | Vliv na životní prostředí | Možnost dotací | Návratnost investice | Technologická náročnost provedení | Rekonstrukce | Opravy | Estetika | Výslední hodnocení variant |
|-------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------------|----------------|----------------------|-----------------------------------|--------------|--------|----------|----------------------------|
| Váhy | 0,36 | 0,18 | 0,06 | 0,15 | 0,15 | 0,03 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | |
| Řešení č. 1 - AKIRETHERM HOME | 0,07 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0,30 |
| Řešení č. 2 - REDI Ecoshower | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0,33 | 1 | 0,58 |
| Řešení č. 3 - ZYPHO PiPe | 0 | 0,80 | 0,80 | 1 | 0,10 | 0,67 | 0,33 | 0 | 1 | 0,40 |

15. ZÁVĚR

Průběh této práce byl zaměřen na získání informací v oblasti rekuperace tepla z odpadních vod a návrhu možností aplikace různých typů tepelných výměníků pro rodinný dům.

Hlavním cílem diplomové práce bylo zjistit, zda je takové zařízení vhodné pro rodinné domy a porovnání účinnosti a ekonomické náročnosti variant.

Podle výsledků rozhodovacího procesu a výsledků nejuvhodnější varianty lze říct, že rekuperace tepla z odpadních vod není vhodná pouze pro velké objekty jako nemocnice, ale také pro rodinné domy.

V průběhu vypracování závěrečné práce nebylo předpokladem, že by řešení, které je napojeno pouze na dva zařizovací předměty, mohlo být vyhodnoceno jako nejlepší. Avšak po provedení všech výpočtů a sjednocení výsledků variant do jednotné tabulky, je vidět, jak aplikace výměníku REDI Ecoshower předčí další dva návrhy. Jedním z nejvýznamnějších důvodů, proč tomu tak je, je fakt, že při výpočtech nákladů na provoz byl uvažován zvýšený zájem o využívání vany také pro sprchování dvou členů domácnosti pro zvýšení efektivity zařízení. Druhým důvodem je právě jednoduchost připojení výměníku, a tím snížení nákladů na pořízení. Avšak tento návrh má nevýhodu ve vysokých nákladech na provoz a nejvyšší vliv na životní prostředí v porovnání se zbylými návrhy. Je tomu tak, protože polovina domácnosti využívá pro sprchování sprchový kout, který na rekuperaci není napojen. Z toho usuzuji, že ideální použití návrhu, by bylo v případě jediné koupelny v rodinném domě, a to pouze s koupací vanou využívanou i pro sprchování.

Dalším důležitým cílem bylo zjistit, jestli je návratnost investice do takového zařízení srovnatelná se solárními panely či tepelným čerpadlem.

Návratnost investice do vítězné varianty byla vypočtena na 0,3 roku. Investice byla počítána jako rozdíl ceny pořízení návrhu s výměníkem a ceny původního návrhu po odečtení dotací. Tato hodnota je diametrálně odlišná od varianty 1 (10 let) a varianty 2 (9 let) a to z důvodů výše popsaných. Také se mimořádně liší od návratností investic do tepelného čerpadla a solárních panelů, u kterých se uvádí návratnost mezi 5 až 10 lety. Je potřeba ale také brát v úvahu, že zatímco ZZTOV poskytuje roční úsporu do 3 000,- Kč, úspory tepelného čerpadla a panelů se pohybují v řádech desetitisíců.

Díky postupné práci v získávání informací a následném praktickém návrhu a propočtu systému, jsem zjistila, že není nutné navrhovat složité systémy se zapojením co největšího počtu zařizovacích předmětů do jednoho výměníku, či aplikovat větší počet výměníků. Nejefektivnější se totiž ukázalo využití jednoho výměníku a kombinace dvou činností s největší spotřebou teplé vody v jednom zařizovacím předmětu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *European Commission: 2030 climate & energy framework* [online]. Brusel: DG Climate Action, 2019 [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-energy-framework_en
- [2] KANG, Jia-Ning, Yi-Ming WEI, Lan-Cui LIU, Rong HAN, Bi-Ying YU a Hin-Wei WANG. Energy systems for climate change mitigation: A systematic review. *Applied Energy* [online]. 2020, (263) [cit. 2023-07-17]. ISSN 0306-2619. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261920301148?via%3Dihub>
- [3] *Ekonomika využití šedé vody: Efektivita využívání v budovách* [online]. Česká rada pro šetrné budovy, z.s., 2021 [cit. 2023-08-23]. Dostupné z: <https://www.czgbc.org/files/2022/01/5a6939b042bdaafae6134cd9a117bd2b.pdf>
- [4] SAAGI, R., M. ARNELL, C. WÄRFF, M. AHLSTRÖM a U. JEPPSSON. City-wide model-based analysis of heat recovery from wastewater using an uncertainty-based approach. *Science of The Total Environment* [online]. 2022, (820) [cit. 2023-07-17]. ISSN 0048-9697. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722003643#bb0050>
- [5] DUFKA, Jaroslav. Ohřev vody, aneb příprava teplé vody, II. díl. In: *TZB Info* [online]. 2018 [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/17754-ohrev-vody-aneb-priprava-teple-vody-ii-dil>
- [6] Ušetřete až 60 % energie při sprchování. In: *Asio* [online]. Brno, 2019 [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/news/usetrete-az-60-energie-pri-sprchovani.929>
- [7] Rekuperace tepla z odpadních kanalizačních vod zpět do rodinných domů a ostatních objektů. In: *TZB Info* [online]. 2018 [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/17072-rekuperace-tepla-z-odpadnich-kanalizacnich-vod-zpet-do-rodinnych-domu-a-ostatnich-objektu>
- [8] WALLIN, Jorgen. Case studies of four installed wastewater heat recovery systems in Sweden. *Case Studies in Thermal Engineering* [online]. 2021, **26** [cit. 2023-07-18]. ISSN 2214157X. Dostupné z: [doi:10.1016/j.csite.2021.101108](https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101108)

- [9] VALÁŠEK, Jaroslav, Zdeněk ŽABIČKA, Jana PERÁČKOVÁ, Karel KABELE a Stanislav BEŇO. *Zdravotnětechnická zařízení budov. 2.*, dopl. vyd. Bratislava: Jaga group, 2006. Architektura, stavebnictví, bydlení. ISBN 80-807-6038-1.
- [10] KUKLA, Václav. *Zásobovanie vodou a kanalizácia pre 3. a 4. ročník SPŠ stavebných: učebnica pre 3. a 4.ročník SPŠ stavebných študijného odboru 36-52-6 Technické zariadenie budov. 2. vyd.* Bratislava: Alfa, 1990. Edícia stavebníckej literatúry (Alfa). ISBN 80-050-0412-5.
- [11] DANIELS, Klaus. *Technika budov: příručka pro architekty a projektanty. 3. přepracované vyd.* Bratislava: Jaga group, 2003. ISBN 80-889-0563-X.
- [12] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ. *Zařízení pro využití nepitné vody na místě - Část 2: Zařízení pro využití čištěné šedé vody* [online]. 1.8.2021. 2021 [cit. 23.8.2023].
- [13] KRAUS, Michal. *Cena vody 2023 aneb kde a jak ušetřit tisíce. ZAKRA* [online]. 2023 [cit. 2023-12-16]. Dostupné z: <https://www.zakra.cz/blog/cena-vody-2023>
- [14] *Cena vody pro rok 2024, trendy a úspory, vodné a stočné* [online]. 2023 [cit. 2023-12-16]. Dostupné z: <https://eshop.destovka.eu/poradna/cena-vody-2024/>
- [15] VELIKOVSKÁ, Kristína, Karel PLOTĚNÝ, Jakub RAČEK a Petr HLAVÍNEK. *Možnosti využití tepelné energie z odpadních vod. Vodovod.info - vodárenský informační portál* [online]. 2019 [cit. 2023-09-02]. ISSN 1804-7157. Dostupné z: <https://www.vodovod.info/kanalizace-a-cov/420-moznosti-vyuziti-tepelne-energie-z-odpadnich-vod>
- [16] *Výměníky* [online]. In: . ELUC [cit. 2023-10-22]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/2053>
- [17] LACHNIT, Petr. *Tepelné čerpadlo: Jak funguje?. ESTAV* [online]. Praha: ESTAV, 2016 [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/3184.tepelne-cerpadlo-jak-funguje>
- [18] *TEPELNÁ ČERPADLA. ELKAP* [online]. ELKAP, 2017 [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: <https://www.elkap.shop/tepelne-cerpadlo>
- [19] PERÁČKOVÁ, Jana. *Využití tepelné energie z kanalizačních systémů. ASB ENOVINY* [online]. Praha: Jaga Media, s.r.o., 2010 [cit. 2023-09-02]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/zdravotni-technika/vyuziti-tepelne-energie-zkanalizacnich-systemu>

- [20] *Don't waste the waste water: Clean energy from sewage* [online]. 2020 [cit. 2023-09-16].
Dostupné z: <https://celsiuscity.eu/clean-energy-from-sewage/>
- [21] HUBER CS SPOL S.R.O. *HUBER TECHNOLOGY* [online]. In: . 2020 [cit. 2023-09-16]. Dostupné z:
<https://www.hubercs.cz/cz.html>
- [22] SHARC ENERGY SYSTEMS. *SHRACK Energy* [online]. In: . 2023 [cit. 2023-09-16]. Dostupné z:
<https://www.sharcenergy.com/how-it-works/>
- [23] RABTHERM ENERGY SYSTEMS. *Rabtherm Energy Systems* [online]. 2022 [cit. 2023-09-24].
Dostupné z: <https://www.rabtherm.com/en/home-mainmenu-1.html>
- [24] FRANK GMBH. *FRANK* [online]. [cit. 2023-09-24]. Dostupné z: <https://www.frank-gmbh.de/en/>
- [25] AKIRE S.R.O. Rekuperace AKIRETHERM HOME. In: AKIRE S.R.O. *AKIRE* [online]. [cit. 2023-11-12].
Dostupné z: <https://www.akire.cz/rekuperace-tepla/rekuperace-akiretherm-home/>
- [26] SAKAL. Sprchový výměník NELA. In: *SAKAL* [online]. [cit. 2023-11-26]. Dostupné z: <http://sakal-ovt.cz/produkty/sprchovy-vymenik-nela/#!prettyPhoto>
- [27] CLIMATE CZ S.R.O. Dešťovka.eu. In: CLIMATE CZ S.R.O. *Dešťovka.eu* [online]. [cit. 2023-11-26].
Dostupné z: <https://eshop.destovka.eu/vymenik-do-koupelny-as-ecoshower-drain/>
- [28] *Úspora energie s rekuperací tepla: AS-ECOshower drain* [Online]. ASIO NEW, spol. s r.o., 2018.
- [29] *Úspora energie s rekuperací tepla: AS-ECOshower tray* [Online]. ASIO NEW, spol. s r.o., 2018.
- [30] ASIO NEW, SPOL. S R.O. AS-ECOshower TRAY 900. In: *Asio* [online]. [cit. 2023-11-26]. Dostupné
z: <https://www.vodashop.cz/as-ecoshower-tray-900/>
- [31] ASIO NEW, SPOL. S R.O. Výměník do koupelny AS-DRAINCHANNEL. In: *Asio* [online]. [cit. 2023-
11-26]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/p/77.vymenik-do-koupelny-as-drainchannel>
- [32] PANFITINKA.CZ S.R.O. REDI Ecoshower je rekuperátor tepla z odpadní vody. In: PANFITINKA.CZ
S.R.O. *Panfitinka.cz* [online]. [cit. 2023-11-26]. Dostupné z:
<https://www.panfitinka.cz/post/ecoshower-rekuperace-tepla-z-odpadni-vody>
- [33] PANFITINKA.CZ S.R.O. REDI Ecoshower rekuperátor tepla z odpadní vody. In: PANFITINKA.CZ
S.R.O. *Panfitinka.cz* [online]. [cit. 2023-11-26]. Dostupné z: <https://eshop.panfitinka.cz/p/redi-ecoshower-rekuperator-tepla-z-odpadni-vody#tab1>

- [34] ZYPHO. IZi 30 High Flow and iZi 40 Eco Shower. In: ZYPHO. *ZYPHO shower heat recovery* [online]. 2023 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://zypho.uk/zypho-products/zypho-izi-horizontal/>
- [35] KONCEPT EKOTECH S.R.O. ZYPHO iZi30 - pod sprchovou vaničku. In: KONCEPT EKOTECH S.R.O. *Konceptekotech* [online]. [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://www.koncept-ekotech.com/wastech/vymeniky-pro-rekuperaci-energie/vymeniky-na-sedou-vodu-individualni/520-zypho-izi30-pod-sprchovou-vanicku/>
- [36] ZYPHO. ZypHo Slim50. In: ZYPHO. *ZYPHO shower heat recovery* [online]. 2023 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://zypho.uk/slim50/>
- [37] *Úspora energie s rekuperací tepla: AS-ECOshower pipe* [Online]. ASIO NEW, spol. s r.o., 2018.
- [38] ASIO NEW, SPOL. S R.O. Výměník do koupelny AS-SHOWER PIPE. In: ASIO NEW, SPOL. S R.O. *Asio* [online]. [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/p/76.vymenik-do-koupelny-as-shower-pipe>
- [39] ZYPHO. PiPe 65 a PiPe 75. In: ZYPHO. *ZYPHO shower heat recovery* [online]. 2023 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://zypho.uk/zypho-products/zypho-pipe-vertical/#>
- [40] Q-BLUE BV. *Q-Blue Showersave* [online]. In: Q-BLUE BV. 2022 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: https://www.q-blue.nl/en/products/q-blue-showersave/#pll_switcher
- [41] KONCEPT EKOTECH S.R.O. Q-BLUE ShowerSave. In: KONCEPT EKOTECH S.R.O. *Konceptekotech* [online]. 2023 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://www.koncept-ekotech.com/wastech/vymeniky-pro-rekuperaci-energie/vymeniky-na-sedou-vodu-individualni/492-q-blue-showersave/>
- [42] Q-BLUE BV. Blue Showersave. In: Q-BLUE BV. *Q-Blue* [online]. 2022 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://www.q-blue.nl/en/products/blue-en/>
- [43] HAMWELLS NEDERLAND B.V. Blue. In: HAMWELLS NEDERLAND B.V. *Hamwells* [online]. 2023 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://hamwells.com/en/shop/>
- [44] HAMWELLS NEDERLAND B.V. Blue The energy-saving shower system. In: HAMWELLS NEDERLAND B.V. *Hamwells* [online]. 2023 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://hamwells.com/en/blue/>

- [45] CODE CREATOR, S.R.O. Rozhodování. In: CODE CREATOR, S.R.O. *Publi* [online]. 2014, 2023 [cit. 2023-12-09]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/189/09.html>
- [46] MASARYKOVA UNIVERZITA. FSpS:bk505 Management. In: MASARYKOVA UNIVERZITA. *Informační systém Masarykovy univerzity* [online]. [cit. 2023-12-09]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/1451/jaro2009/bk505/um/>
- [47] FOTR, Jiří, Jiří DĚDINA a Helena HRŮZOVÁ. *Manažerské rozhodování*. Vyd. 2. upr. a rozš. Praha: Ekopress, 2000. ISBN 80-861-1920-3.
- [48] FOTR, Jiří a Jiří DĚDINA. *Manažerské rozhodování*. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1993. ISBN 80-707-9939-0.
- [49] ŠULEŘ, Oldřich. *Manažerské techniky III*. Olomouc: Rubico, 2003. Knížka pro každého (Rubico). ISBN 80-858-3987-3.
- [50] MASARYKOVA UNIVERZITA. ESF:MKV_VZVP Veřejné zakázky a veřejné projekty. In: MASARYKOVA UNIVERZITA. *Informační systém Masarykovy univerzity* [online]. [cit. 2023-12-09]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/econ/jaro2013/MKV_VZVP/um/33149329/
- [51] GRASSEOVÁ, Monika, Miroslav MAŠLEJ a Bohumil BRECHTA. *Manažerské rozhodování: teoretická východiska a praktické příklady*. Brno: Univerzita obrany, 2010. ISBN ISBN978-80-7231-730-1.
- [52] KOLČAVOVÁ, Alena. *Kvantitativní metody v rozhodování: studijní pomůcka pro distanční studium*. Vyd. 2., upr. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. ISBN 80-731-8463-X.
- [53] ČESKÁ REPUBLIKA. *Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory v podprogramu Nová zelená úsporám programu HOUSEnerg Modernizačního fondu: Rodinné domy*. In: . 2023.
- [54] Nová zelená úsporám. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2023 [cit. 2023-12-31]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/nova_zelena_usporam
- [55] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. Emisní faktor CO₂ z výroby elektřiny za léta 2010–2022. In: MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 2023 [cit. 2023-12-29]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/emisni-faktor-co2-z-vyroby-elektriny-za-leta-2010_2022--273197/

[56] CITY PLUMBING SUPPLIES. Zypho Vertical PiPe 75 ZYPI75S2200. In: CITY PLUMBING SUPPLIES.
City Plumbing [online]. 2023 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z:
<https://www.cityplumbing.co.uk/p/zypho-vertical-pipe-75-zypi75s2200/p/647928>

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| <i>Obrázek 1 Vývoj průměrné ceny vody (vodné + stočné) včetně DPH od roku 1989 [13]</i> | 24 |
| <i>Obrázek 2 Cesta odpadní vody a její teplota</i> | 25 |
| <i>Obrázek 3 Místa odběru tepla z kanalizace</i> | 26 |
| <i>Obrázek 4 Schéma teplot média různých typů výměníků a vliv na účinnost [3]</i> | 28 |
| <i>Obrázek 5 Schéma tepelného čerpadla [17]</i> | 29 |
| <i>Obrázek 6 Základní druhy tepelných čerpadel [18]</i> | 29 |
| <i>Obrázek 7 Koncept systému HUBER ThermWin [21]</i> | 32 |
| <i>Obrázek 8 Koncept systému SHRACK [22]</i> | 33 |
| <i>Obrázek 9 Koncept systému Huber TubeWin [21]</i> | 34 |
| <i>Obrázek 10 Alternativy zleva doprava a), b), c) [23]</i> | 35 |
| <i>Obrázek 11 základní schéma systému integrovaných výměníků tepla [23]</i> | 36 |
| <i>Obrázek 12 Průřez PKS-Thermpipe [24]</i> | 37 |
| <i>Obrázek 13 Koncept použití systému PKS-Thermpipe [24]</i> | 37 |
| <i>Obrázek 14 Teplotní rozvrstvení v akumulacím výměníku [25]</i> | 38 |
| <i>Obrázek 15 Popis prvků akumulacím výměníku [3]</i> | 39 |
| <i>Obrázek 16 Zapojení akumulacím výměníku [25]</i> | 39 |
| <i>Obrázek 17 Možnosti připojení výměníku tepla do systému [15]</i> | 41 |
| <i>Obrázek 18 Schématický náčrt horizontálního výměníku [3]</i> | 42 |
| <i>Obrázek 19 Schéma napájení výměníku NELA [26]</i> | 43 |
| <i>Obrázek 20 zapojení do sprchového koutu [26]</i> | 43 |
| <i>Obrázek 21 Schéma zapojení výměníku AS-ECOshower drain [28]</i> | 44 |
| <i>Obrázek 22 AS-ECOshower drain [27]</i> | 44 |
| <i>Obrázek 23 AS-ECOshower tray [29]</i> | 45 |
| <i>Obrázek 24 Schéma zapojení výměníku AS-ECOshower tray [29]</i> | 45 |
| <i>Obrázek 25 AS-DRAINCHANNEL [31]</i> | 46 |
| <i>Obrázek 26 Schéma zapojení výměníku REDI Ecoshower [32]</i> | 47 |
| <i>Obrázek 27 REDI Ecoshower [32]</i> | 47 |
| <i>Obrázek 28 Možnosti použití výměníku ZYPHO iZi [34]</i> | 48 |
| <i>Obrázek 29 Průběh teplot ve výměníku ZYPHO iZi [34]</i> | 48 |
| <i>Obrázek 30 Možnosti použití výměníku ZYPHO Slim 50 [36]</i> | 49 |
| <i>Obrázek 31 Výměník ZYPHO Slim 50 [36]</i> | 49 |
| <i>Obrázek 32 Schéma zapojení vertikálního výměníku [3]</i> | 50 |

| | |
|--|-----------|
| <i>Obrázek 33 Princip výměníku AS-ECO shower pipe [37].....</i> | <i>51</i> |
| <i>Obrázek 34 AS-ECOshower pipe [37].....</i> | <i>51</i> |
| <i>Obrázek 35 Průběh teplot ve výměníku ZYPHO PiPe [56].....</i> | <i>52</i> |
| <i>Obrázek 36 Výměník ZYPHO PiPe 75 [56].....</i> | <i>52</i> |
| <i>Obrázek 37 Průřez výměníkem Q-Blue ShowerSave [41]</i> | <i>53</i> |
| <i>Obrázek 38 Výměník Q-Blue ShowerSave [41]</i> | <i>53</i> |
| <i>Obrázek 39 Systém Showersave včetně sprchy.....</i> | <i>54</i> |
| <i>Obrázek 40 Typy výměníku Blue Shoversave</i> | <i>54</i> |
| <i>Obrázek 41 Polygonální zobrazení dominance variant [49]</i> | <i>67</i> |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| <i>Tab. č. 1 Orientační hodnoty spotřeby teplé vody na jedno použití [3]</i> | 23 |
| <i>Tab. č. 2 Orientační hodnoty spotřeby teplé vody na den [3]</i> | 23 |
| <i>Tab. č. 3 Vlastnosti výměníku AKIRETHERM HOME [25]</i> | 40 |
| <i>Tab. č. 4 Vlastnosti výměníku NELA [26]</i> | 43 |
| <i>Tab. č. 5 Vlastnosti výměníku AS-ECOshower drain [27] [28]</i> | 44 |
| <i>Tab. č. 6 Vlastnosti výměníku AS-ECOshower tray [29] [30]</i> | 45 |
| <i>Tab. č. 7 Vlastnosti výměníku AS-DRAINCHANNEL [31]</i> | 46 |
| <i>Tab. č. 8 Vlastnosti výměníku REDI Ecoshower [32] [33]</i> | 47 |
| <i>Tab. č. 9 Vlastnosti výměníku ZYPHO iZi [34] [35]</i> | 48 |
| <i>Tab. č. 10 Vlastnosti výměníku ZYPHO Slim 50 [36]</i> | 49 |
| <i>Tab. č. 11 Vlastnosti výměníku AS-ECOshower pipe [37] [38]</i> | 51 |
| <i>Tab. č. 12 Vlastnosti výměníku ZYPHO PiPe [39]</i> | 52 |
| <i>Tab. č. 13 Vlastnosti výměníku Q-Blue ShowerSave [40] [41]</i> | 53 |
| <i>Tab. č. 14 Vlastnosti výměníku Blue Showersave [42] [43] [44]</i> | 54 |
| <i>Tab. č. 15 Příklad použití bodovací metody pro jednu z variant (bodovací stupnice v intervalu <1;5>, bodovací krok 1) [51]</i> | 64 |
| <i>Tab. č. 16 Příklad použití metody alokace 100 bodů pro jednu z variant [51]</i> | 65 |
| <i>Tab. č. 17 příklad metody párového srovnání [51]</i> | 66 |
| <i>Tab. č. 18 Metody vícekritériálního hodnocení variant [51]</i> | 68 |
| <i>Tab. č. 19 Vlastnosti vybraných vícekritériálních metod hodnocení [51]</i> | 69 |
| <i>Tab. č. 20 Stanovení vah kritérií pro výběr výměníku</i> | 75 |
| <i>Tab. č. 21 Hodnocení variant v závislosti na ceně</i> | 76 |
| <i>Tab. č. 22 Hodnocení variant v závislosti na účinnosti</i> | 76 |
| <i>Tab. č. 23 Hodnocení variant v závislosti na jednoduchosti</i> | 76 |
| <i>Tab. č. 24 Hodnocení variant v závislosti na univerzálnosti</i> | 77 |
| <i>Tab. č. 25 Hodnocení variant v závislosti na ceně</i> | 77 |
| <i>Tab. č. 26 Hodnocení variant v závislosti na účinnosti</i> | 77 |
| <i>Tab. č. 27 Hodnocení variant v závislosti na jednoduchosti</i> | 78 |
| <i>Tab. č. 28 Hodnocení variant v závislosti na univerzálnosti</i> | 78 |
| <i>Tab. č. 29 Vyhodnocení horizontálních výměníků</i> | 79 |
| <i>Tab. č. 30 Vyhodnocení vertikálních výměníků</i> | 79 |
| <i>Tab. č. 31 Položkový rozpočet pro původní návrh</i> | 85 |

| | |
|---|-----|
| <i>Tab. č. 32 Položkový rozpočet pro Variantu 1</i> | 92 |
| <i>Tab. č. 33 Položkový rozpočet pro Variantu 2</i> | 104 |
| <i>Tab. č. 34 Položkový rozpočet pro Variantu 3</i> | 113 |
| <i>Tab. č. 36 Přiřazení hodnot kritérií k variantám.....</i> | 124 |
| <i>Tab. č. 35 Výpočet vah kritérií Saatyho metodou.....</i> | 124 |
| <i>Tab. č. 38 Normované hodnoty kritérií a výslední hodnocení variant</i> | 125 |
| <i>Tab. č. 37 Optimalizace hodnot a příprava pro znormování hodnot</i> | 125 |

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Výpočty a projektová dokumentace