

Ing. Marek TEICHMANN
doc. Ing. František KUDA, CSc.
VŠB – TU Ostrava
Fakulta stavební - Katedra
městského inženýrství

Možnosti využití odpadních vod v domech, bytech a v průmyslu

Possibilities of Wastewater Utilization in Houses, Flats, but also in the Industry

Recenzent
Ing. Jiří Frýba

Článek se zabývá využíváním odpadních vod. Jsou zde definovány jednotlivé druhy odpadních vod a následně způsoby jejich opětovného využití v rodinných domech, bytech nebo průmyslu, kterými mohou být řádné čištění těchto vod, zisky z jejich potenciální energie, jež lze využít k výrobě tepla, chladu nebo k výrobě elektrické energie.

Klíčová slova: odpadní vody, šedé vody, energie, zpětné využití, čištění, teplo, výměník tepla, průtok, mikroturbíny

The article deals with the use of wastewater. There are defined the different types of wastewater, followed by their re-use in houses, apartments or industry, which may be the proper cleaning of the water, the profits of their potential energy that can be used to produce heat, cold or electricity production.

Key words: waste water, gray water, energy, re-use, cleaning, heat, heat exchanger, flow, microturbines

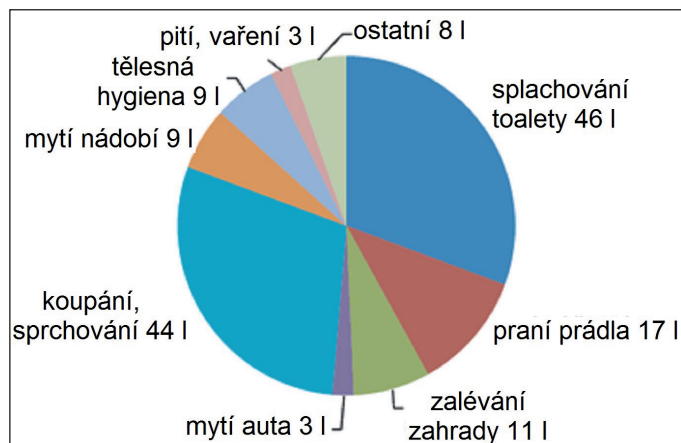
ÚVOD

Využívání odpadních vod je v posledních letech velmi aktuálním tématem nejen z hlediska její obnovitelnosti čištění, ale i z hlediska zisků energií zejména z odpadního tepla či průtoku. Vlastnostmi odpadních vod se dnes zabývá celá řada společností, které na trh přichází s novými možnostmi užití těchto odpadních vod.

Společně s odpadní vodou odchází do odpadu i náklady na energii vydané na její úpravu, především ohřev. Se stále se navyšujícími cenami energií je však vhodné s odpadními vodami začít nakládat ekonomicky, za využití veškerých dnes možných zpětných zisků. Musíme si uvědomit, že odpadní vody jsou spolehlivým zdrojem nejen zpětně použitelné vody, ale i využitelné energie. Společnost dnes neustále vyvíjí snahu ke zlepšení životního prostředí mimo jiné i tříděním a recyklací pevného odpadu, avšak nesmíme zapomenout, že lidstvo kromě odpadů pevných vyvíjí též odpady tekuté, se kterými je nutno nakládat obdobně [1].

Průměrná spotřeba vody na jednoho obyvatele se dnes pohybuje okolo 135 litrů pitné vody denně, přičemž však na více než polovinu této potřeby by zcela dostačovala voda s nižšími hygienickými vlastnostmi. Na obr. 1 je naznačeno, k čemu je voda v domácnostech nejčastěji využívána.

Z obr. 1 lze dále odvodit, že část těchto vod byla před samotným užitím ohřívána na potřebnou teplotu, s čímž samozřejmě souvisí velké množ-



Obr. 1 Průměrná spotřeba vody v domácnosti [1]



Obr. 2 Průběh teplot vody v hygienických zařízeních

ství vyčerpané energie, jejíž značná část následně odchází nevyužitá do odpadu. Lze tedy říci, že takovéto odpadní vody jsou bohatými zdroji potenciální energie, kterou lze zpětně využívat, viz obr. 2.

DRUHY ODPADNÍCH VOD

Odpadní vody jsou takové vody, jejichž původní kvalita byla zhoršena zpravidla lidskou činností. Zhoršení kvality je způsobeno zejména rozpuštěnými nebo nerozpuštěnými znečišťujícími látkami, které tyto použité vody obsahují. Obecně rozeznáváme tyto druhy odpadních vod:

- ❑ **Voda splašková**, jedná se o odpadní vodu odtékající z hygienických místností, kuchyní, prádeln apod. Tyto vody zpravidla obsahují rozpuštěné i nerozpuštěné organické i anorganické látky.
- ❑ **Černá voda** je druh splaškové odpadní vody obsahující fekálie a moč.
- ❑ **Žlutá voda** je druh splaškové odpadní vody obsahující moč.
- ❑ **Šedá voda** je druh splaškové odpadní vody neobsahující fekálie ani moč.
- ❑ **Voda dešťová** je přirozená srážková voda znečištěna pouze nečistotami z ovzduší.
- ❑ **Voda průmyslová** je odpadní voda znečištěna použitím v průmyslu nebo zemědělství.
- ❑ **Kondenzát**.

Z těchto uvedených vod jsou pro zpětné využití nejvhodnější vody šedé, tedy vody převážně z van, sprch, umyvadel, praček nebo myček a dále vody dešťové. Tyto vody zpravidla mají menší stupeň znečištění a jsou tak vhodné k dalšímu použití. Jak bylo popsáno výše, odpadní vody jsou bohatým zdrojem obnovitelných energií, které lze zpětně využívat a přispět tak ke snížení zátěže životního prostředí, odlehčování městských čistíren odpadních vod a ekonomickým úsporám [3].

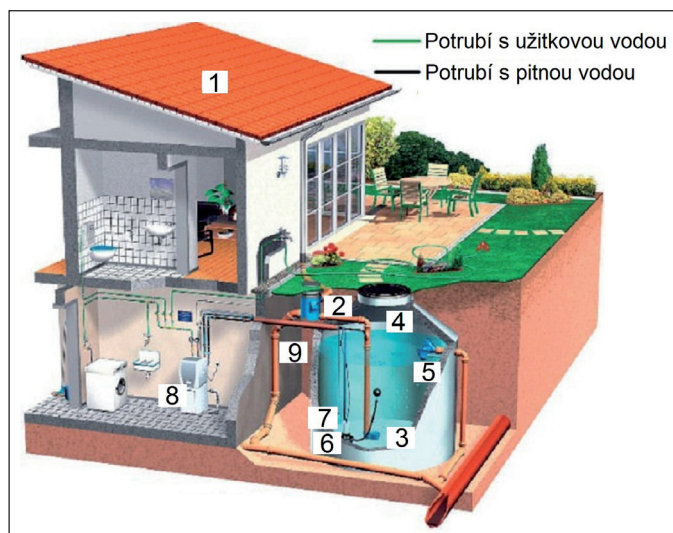
SYSTEM ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD PRO JEJÍ ZPĚTNÉ VYUŽITÍ

K čištění odpadních vod pro zpětné využití jsou nejvhodnější vody šedé, případně vody dešťové, jež jsou typické nejnižším stupněm znečištění, a jejich úprava je tak nejméně technologicky náročná. Samotná technologie však záleží nejen na zdroji odpadní vody a stupni jeho znečištění, ale také na požadavcích kvality vyčištěné vody, které se odvíjí od jejího dalšího využití.

Díky čištění odpadních vod můžeme značně snížit potřebu pitné vody z vodovodního řádu, a rapidně tak snížit náklady související s jejím pořízením. Je zde však potřeba vložit mnohdy nemalé finanční prostředky na pořízení dané technologie nejen pro samotné čištění, ale také pro akumulaci vody a její oddělené rozvody [1], [2].

Využití dešťových odpadních vod

Využívání dešťových odpadních vod patří k nejrozšířenějším způsobům obnovy a v běžném životě se s ní často setkáváme v té nejjednodušší podobě - nádrže pod střešním žlabem pro zalévání zahrady. Existují však systémy, umožňující využívat dešťovou vodu pro řadu dalších účelů, jako například mytí auta, zalévání zahrady, splachování WC, ale i praní prádla. Pro tyto účely je však nutné takovéto vody již řádně čistit.



Obr. 3 Technologie pro využívání dešťové vody [1].

1 – zadržovací plochy; 2 – zemní filtr; 3 – uklidňovací přítok; 4 – zásobní nádrž; 5 – přepad s pachovou uzávěrkou; 6 – sání; 7 – hladinový senzor; 8 – řídicí jednotka; 9 – odpadní trouba

Abychom mohli s dešťovou vodou hospodařit, musíme disponovat dostatečně velkou akumulační nádrží s adekvátním přítokem dešťové vody ze střech nebo zpevněných ploch. Před vtokem do nádrže je však nutné tyto vody mechanickým čištěním za pomoci například lapače střešních splavenin zbavit hrubých nečistot, případně s použitím dalších filtrů, například kartušových mikrofiltrů eliminovat mikrobiologické znečištění vody. V případě ještě vyšších požadavků na kvalitu těchto vod lze do systému instalovat klapku se senzorem deště, která by dešťové vody v prvních minutách odváděla do kanalizace a až následně do akumulační nádrže, jelikož právě v prvních minutách je dešť nejvíce znečištěn prachem a nečistotami z ovzduší a zachytných ploch. Z hlediska jakosti je pak nejvhodnější tyto vody skladovat v podzemních akumulačních nádržích, kde je zajištěna nízká teplota zabráňující rozvoji mikroorganismů. Rovněž je důležité, aby nově přitékající voda do nádrže vytlačovala vodu starší a byla tak zajištěna její neustálá a rychlá obměna. Neefektivnější je zde instalace uklidňovacího přítoku u dna nádrže. Z těchto nádrží je voda sací soupravou odčerpána speciálními čerpadly do vnitřních rozvodů užitkové vody, které nesmí být nikdy propojeny s pitnou vodou z vo-

dvodu. Čerpadla, často nazývané jako domácí vodárny, jsou speciálně upraveny trojcestným ventilem tak, aby při vyčerpání vody z nádrže bylo zabráněno běhu na prázdko. Při vyčerpání nádrže tedy čerpadlo automaticky přepne na vodu z vodovodního řádu.

Takovýmto využíváním dešťových vod lze docílit téměř 50% úspory na spotřebě pitné vody a s tím souvisejících nákladů. Zároveň se jedná o velmi ekologické řešení, které v podstatě nahrazuje dešťovou kanalizaci [3].

Využití šedých odpadních vod

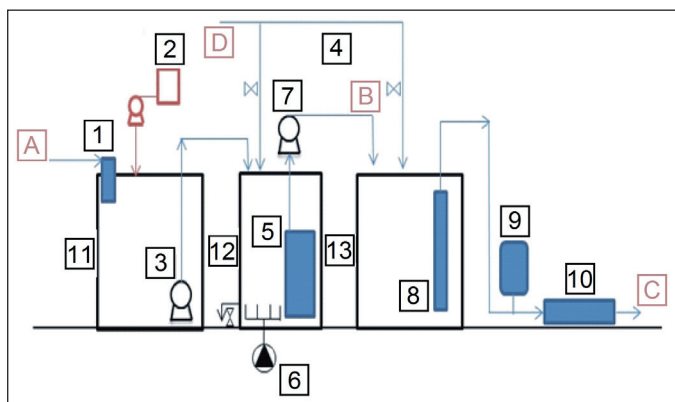
Průměrná produkce šedých vod v průmyslových areálech se pohybuje okolo 30%, ve stavbách pro bydlení je to pak až 55 %. To je obrovské množství vod, které lze za využitím potřebné technologie důkladně vyčistit a opětovně využít téměř pro jakékoliv účely namísto vody pitné.

Technologie čištění těchto vod je zde již poněkud náročnější oproti vodám dešťovým, jelikož vody šedé jsou znečištěny použitím. Abychom mohli s šedými vodami nakládat, musíme mít zajištěno rozdělení odpadních vod, respektive disponovat oddělenou vnitřní kanalizací zvlášť pro šedé vody, které budou dále využívány a zvlášť kanalizací pro ostatní odpadní vody jako jsou např. splašky z toalet. Pro zajištění lepší kvality lze dále šedé vody rozdělit dle druhu jejich vzniku, kde se jedná o:

- ☐ neseparované šedé vody,
- ☐ šedé vody z umyvadel, sprch a van,
- ☐ šedé vody z praček,
- ☐ šedé vody z kuchyní a myček nádobí.

Každý zdroj původu těchto vod je charakteristický svým znečištěním, přičemž však nejmenším stupněm znečištění disponují právě vody ze sprch, van a umyvadel. Naopak nejvíce znečištěné bývají vody z kuchyní, obsahující zpravidla vyšší obsah zbytků. Na tomto základě pak lze šedé vody rozdělit na vody šedé vhodné a podmíněně vhodné, kterými jsou právě zatížené vody z kuchyní.

Samotný proces čištění pak probíhá na základě přitékající separované šedé vody do akumulační nádrže, před kterou je instalováno mechanické předčištění pro hrubé nečistoty. V samotné akumulační nádrži, jejíž velikost začíná na několika desítkách litrů a závisí zejména na počtu ekvivalentních obyvatel je upravována tvrdost vody na požadované pH. Odtud jsou zachycené vody přečerpávány do reakční nádrže, kde je voda provzdušňována. V reakční nádrži je instalován membránový filtr pro samotné čištění šedé vody zachycující případné kaly. Odtud je permeát, neboli vyčištěná voda přečerpávána do další akumulační ná-



Obr. 4 Technologie pro čištění šedé vody [2].

1 – jemné síto; 2 – dávkování NaOH; 3 – přečerpávání šedé vody do reaktoru; 4 – přívod teplé vody; 5 – membránový modul; 6 – dmýchadlo; 7 – čerpadlo permeátu; 8 – ponorné čerpadlo ATS; 9 – membránová tlaková nádoba; 10 – UV lampa; 11 – vyrovnávací nádrž šedých vod; 12 – reakční nádrž; 13 – akumulační nádrž vyčištěné vody; A – šedá voda; B – permeát; C – vyčištěná šedá voda do spotřebiště; D – pitná voda

drže na již vyčištěné vody. V této nádrži je pak instalováno automatické čerpadlo, podobné jako domácí vodárna u dešťových vod, která vodu vytlačuje do rozvodů, které mohou být v prostoru za čerpadlem osazeny UV lampou pro desinfekci vyčištěných vod, případně dochlorovacím zařízením. Takto vyčištěným šedým vodám se říká vody bílé [2], [3].

Tyto bílé vody, respektive vyčištěné šedé vody mohou být zpětně využity nejen pro zalévání zahrad, mytí aut a splachování WC, ale mohou být využity jako voda na praní nebo mytí nádobí. Tento způsob nakládání s odpadními šedými vodami je velmi ekonomicky přínosný, jelikož díky jeho využití lze ušetřit až 65 % pitné vody z vodovodu.

SYSTEM ZPĚTNÉHO ZISKU ENERGIÍ Z ODPADNÍCH VOD

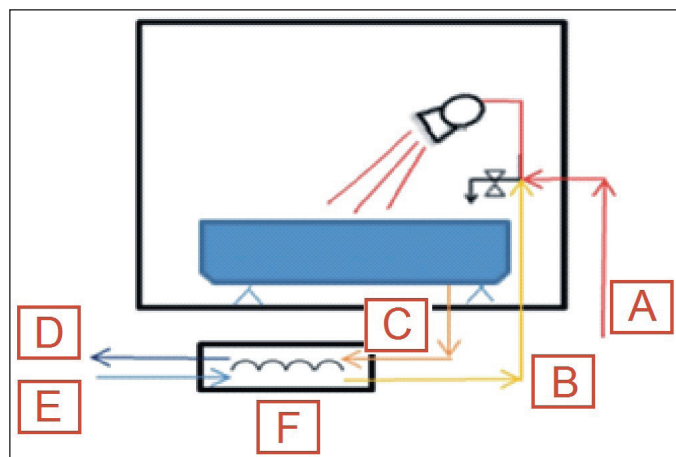
Vedle samotného čištění šedých odpadních vod se v posledních letech začíná stále více řešit otázka energií, kterou tyto vody bohatě disponují, avšak zpravidla končí v kanalizaci a její potenciál tak zůstává zcela nevyužit. Možnosti využití těchto energií se však dnes již nabízí a to nejen přímo u zdroje těchto vod, tedy v domech či průmyslových závodech, ale i u kanalizačních potrubí pro veřejnou potřebu nebo u staveb na kanalizačních sítích, jako např. čističky odpadních vod nebo přečerpávací stanice.

Je třeba si uvědomit, že právě do přípravy vody k použití dnes běžně vkládáme obrovská množství energie, především tedy na ohřev teplé užitkové vody. Ty pak tvoří podle typu stavby 25 až 75 % celkových vynaložených nákladů na energie, avšak z této energie využijeme pouze cca 10 % a zbytek vypouštíme do odpadu [1], [2].

Zisk tepla z šedých odpadních vod

Šedé odpadní vody jsou bohatým zdrojem tepla, které lze dále využít. Jejich teplota se pohybuje v rozmezí 20 až 40 °C, v závislosti na vzdálenosti od zdroje a původu odpadních vod. Teplo z odpadních vod lze odebrat buďto centrálně nebo lokálně přímo u zdroje odpadní vody, kde se pak teplo využívá jako předehřev studené vody pro okamžitou spotřebu nebo jako předehřev studené vody do zásobníku teplé užitkové vody. Samotná technologie předávání tepla má pak rovněž více variant, a sice předávání tepla přímo z teplé odpadní vody na ohřev vody studené, nebo odběr tepla tepelným čerpadlem.

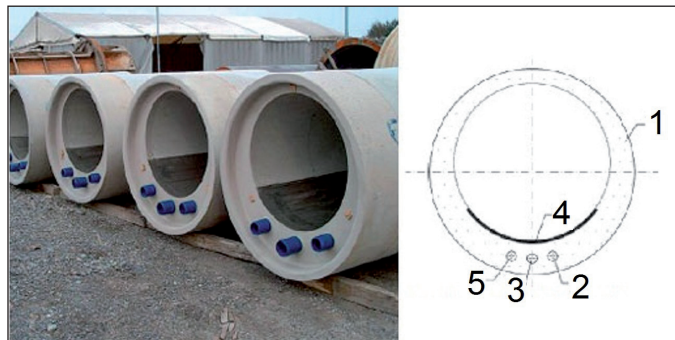
Lokální systémy tepelných zisků odebírají teplo přímo z odtékající šedé odpadní vody předáváním této teploty na vodu studenou. Samotný způsob předávání tepla zde může vypadat velice jednoduše, a sice běžné kanalizační potrubí omotané měděným výměníkem se studenou vodou. Tímto způsobem dokážeme studenou vodu předehřát až na teplotu



Obr. 5 Lokální systém předehřívání vody k okamžité spotřebě [2]
A – teplá voda; B – předehřívá studená voda; C – teplá odpadní voda;
D – ochlazená odpadní voda; E – studená voda; F – výměník tepla

přesahující 20 °C. S touto předehřátou vodou lze pak nakládat dvěma způsoby. První možností je takto předehřátou vodu odvádět do zásobníku teplé užitkové vody, kde je voda následně dohřáta na požadovanou teplotu a následně spotřebována, čímž snížíme potřebu energie na ohřev teplé užitkové vody. Druhý způsob tuto předehřátou vodu pouze odvádí k směšovací vodovodní baterii, kde se tato předehřátá voda mísí s vodou teplou. Výhodou je zde pak zejména snížení spotřeby teplé vody a zároveň okamžitá spotřeba této předehřáté vody a s tím spojená absence akumulčních nádrží, čímž tento způsob dosahuje vyšší účinnosti než předehřátí vody pro zásobník TUV [2], [5], [6].

Centrální systémy tepelných zisků odebírají teplo z šedých odpadních vod produkovaných v daném objektu nebo skupině objektů. U těchto systémů je však odběr vody kolísavý a je tedy vhodné, systém doplnit o akumulční nádrž na odpadní vody, sloužící jako zdroj tepla. Technologicky lze centrální systém realizovat buďto podobně jako u lokálního systému odběru tepla, tedy s použitím výměníku, kdy odpadní voda předehřívá přímo vodu studenou ve výměníku, kterým je zpravidla samotná akumulční nádrž. Odtud je pak ohřátá voda odváděna do zásobníku teplé užitkové vody, kde je dále dohřívána na požadovanou teplotu. Další, u tohoto systému vhodnější variantou je pak instalace tepelného čerpadla, které odebírá teplo z akumulční nádrže na odpadní vody a teplo předává zásobníku teplé užitkové vody. Centrální systém tepelných zisků z šedých odpadních vod lze kombinovat s čištěním šedých odpadních vod, kdy technologii čištění naznačenou na obr. 4 doplníme o tepelné čerpadlo odebírající teplo z vyrovnávací akumulční nádrže a na něj navazujícím zásobníkem pro teplou vodu. K centrálním systémům pro zisk tepla lze zařadit také tepelné zisky z kanalizačních systémů za použití speciálních kanalizačních potrubních armatur, viz obr. 6 [2], [4], [5].

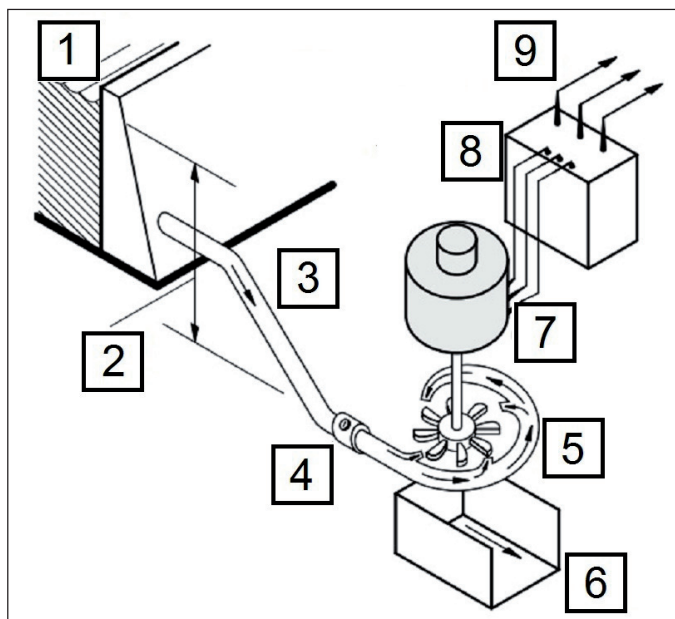


Obr. 6 Výměník tepla v kanalizačním systému [3]
1 – betonové kanalizační potrubí; 2 – přívod studené vody; 3 – rozdělovací potrubí; 4 – výměník tepla; 5 – výstup teplé vody z výměníku

Zisk elektrické energie z odpadních vod

Odpadní vody lze využívat také k výrobě elektrické energie. Zde je technologicky nejvyspělejší metoda tzv. mikroturbin fungující na bázi malé vodní elektrárny. Je zde tedy důležitý průtok vody a její spád, tyto veličiny zajišťují pohánění turbíny pro výrobu elektrické energie, viz obr. 7. Mezi další způsoby patří výroba elektrické energie z odpadního tepla, kde se jedná o technologii pracující na principu využívání nízkopotenciálního zdroje tepla, které ve výparníku vytvoří z tohoto tepla páru, jež je pod tlakem vhnána do šroubového expandéru pohánějícímu generátor produkující elektrickou energii. Pro tento systém je však zapotřebí minimální teplota vody 88 °C. V posledních letech se dále vyvíjí možnost výroby elektrické energie založené na bakteriích rozkládající organický materiál, kde bakterie vylučují elektrony využitelné pro výrobu elektrické energie. Vylučované elektrony jsou následně uhlíkovými vlákny zachycovány v palivovém článku [2], [4], [7].

Zisky těchto malých elektráren sice nejsou vysoké natolik, aby přebytky byly předávány do sítě, avšak např. při instalaci spolu s čištěním šedých vod mohou pokrýt energie na celý provoz čištění.



Obr. 7 Schéma malé vodní elektrárny [4] 1 – zdroj vody; 2 – spád vody (tlak vody); 3 – přívodní potrubí; 4 – regulační ventil; 5 – vodní turbína; 6 – přepad (odtok vody); 7 – generátor; 8 – transformátor; 9 – napojení do rozvodné soustavy

ZÁVĚR

Dnešní doba kladě stále větší důraz na trvale udržitelný rozvoj staveb a z tohoto pohledu se zdají být možnosti využití odpadních vod velice ekonomicky i technicky přínosné. Situace je však taková, že v praxi existuje nesčetný počet staveb a komplexů, kde by tyto technologie využít, ale bohužel se tak většinou neděje. Tento fakt je způsoben zejména

zvýšenými náklady na pořízení dané technologie, avšak investice je díky úspoře za vynakládané energie návratná. U realizovaných projektů, jež tyto technologie využívají, se tyto počáteční investice posuzovaly, přičemž se pak návratnost pohybovala v rozmezí 4 až 10 let. Tato doba se samozřejmě odvíjí zejména od typu stavby, respektive od velikosti produkce odpadních vod. Zde je pak investice ideální zejména u větších provozních celků, jako jsou nemocnice, hotely, bazény, rekreační zařízení apod. Je však nutné si uvědomit, že návratnost 10 let není nikterak závratná v porovnání s návrhovou životností staveb, která je několika násobně vyšší. Je rovněž jasné, že investice do těchto technologií se vyplatí lépe u novostavby, případně při kompletní rekonstrukci, jelikož je zde zpravidla zapotřebí provést oddělené rozvody odpadních vod a separovat tak vody šedé od splašků z toalet apod. [2].

Je nutno usoudit, že je velká škoda zatím relativně malého využití výše popsaných technologií v našich podmínkách, jelikož právě v těchto technologiích je budoucnost skrývající minimalizaci nákladů na hospodaření jednotlivých staveb. Rovněž lze předpokládat, že tyto technologie budou dále rozvíjeny a bude umožněno z jejich energetických zisků pokrýt alespoň částečně provoz v daném objektu.

Kontakt na autory: teichmann.marek@seznam.cz, frantisek.kuda@vsb.cz

Použité zdroje:

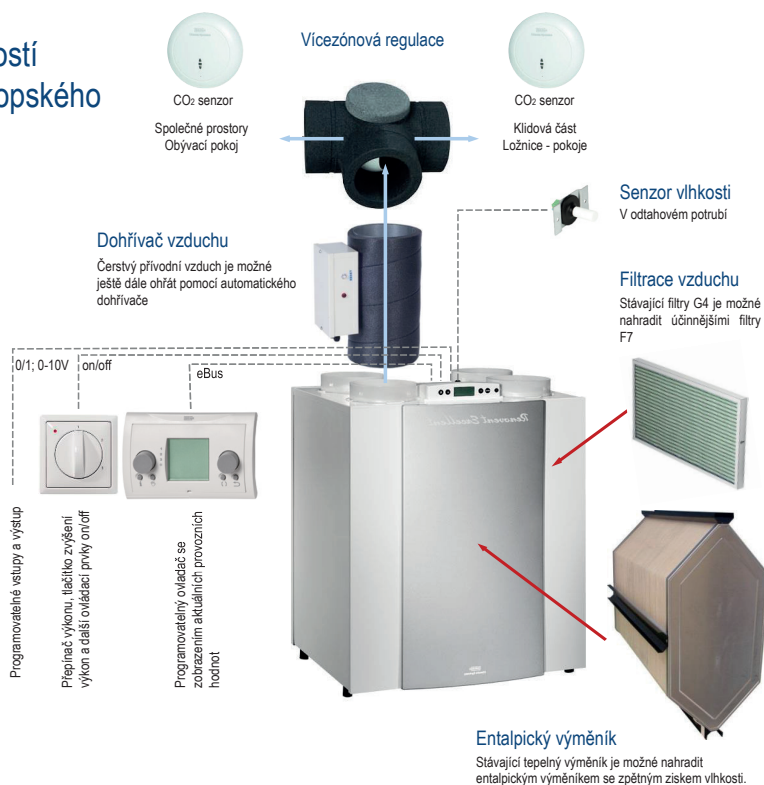
- [1] Portál TZB-info. [online], dostupné z www.tzb-info.cz
- [2] Společnost ASIO, spol. s r.o. [online], dostupné z www.asio.cz
- [3] ASB portál. [online], dostupné z www.asb-portal.cz
- [4] Společnost Veolia voda ČR a.s. [online], dostupné z www.veoliavoda.cz
- [5] Společnost SAKAL s.r.o. [online], dostupné z www.sakal-ovt.cz
- [6] Společnost A – INVENT s.r.o. [online], dostupné z www.a-invent.cz
- [7] Společnost GB Consulting s.r.o. [online], dostupné z www.gbconsulting.cz

Větrací jednotky Renovent Excellent se zpětným získáváním tepla

ŠTORC vytápění | větrání | ohřevy

Špičková zařízení vycházející z 30 leté tradice a zkušeností s vývojem a výrobou větracích jednotek od předního evropského výrobce Brink Climate Systems. Vynikají především:

- Inteligentní protimrazovou ochranou, která spíná prostřednictvím polovodičového relé vestavěný předehřev, na základě přesného měření teploty a odporu výměníku, čímž zajistí požadovanou úroveň větrání i za mrazivých zimních dnů.
- Automatickou regulaci vyváženého průtoku vzduchu, která upravuje výkon ventilátorů podle aktuálního odporu potrubního rozvodu tak, aby zajistila nastavené parametry a rovnotlaké větrání.
- Větrací jednotky Renovent Excellent mohou fungovat zcela samostatně nebo je možné větrací jednotky rozšířit o další prvky a vytvořit sofistikovaný větrací systém, který zvýší užité vlastnosti a úspory.



BRINK