



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

NAKLÁDÁNÍ S VODAMI A FINANČNÍ POROVNÁNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Miroslav Frýbort

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jakub Král

BRNO 2019

OBSAH

1	VYUŽITÍ ŠEDÉ A DEŠŤOVÉ VODY	3
1.1	VÝPOČET PRODUKCE ŠEDÉ VODY	3
1.2	STANOVENÍ POTŘEBY PROVOZNÍ VODY	4
1.3	STANOVENÍ POTŘEBY VODY PRO WC	5
1.4	STANOVENÍ POTŘEBY VODY NA ZALÉVÁNÍ A KROPENÍ	5
1.5	HODNOTA POTŘEBNÉ VODY NA PRANÍ	6
1.6	REÁLNÁ HODNOTA POTŘEBNÉ PROVOZNÍ VODY	7
2	POROVNÁNÍ POTŘEBY VODY	7
2.1	REÁLNÁ RETENCE VOD Z PLOCH	7
2.2	SOUČET RETENCE VODY A ŠEDÉ VODY	8
3	NÁKLADY NA TECHNOLOGIE ZAJIŠŤUJÍCÍ ČIŠTĚNÍ ŠEDÝCH VOD	9
4	ROČNÍ PRODUKCE BÍLÉ VODY	9
5	NÁKLADY NA SYSTÉM RETENCE VODY A NÁVRATNOST	10
6	ZÁVĚR	11

1 VYUŽITÍ ŠEDÉ A DEŠŤOVÉ VODY

V principu využití šedé vody figuruje i znovučištění vod, které byly využity v kuchyni. Jelikož se ale v takových vodách vyskytují v nemalé míře tuky, které komplikují proces čištění a vyžadují sofistikovanější zařízení, nebude s kuchyňskými vodami uvažováno.

Je uvažováno se 4 obyvateli domu, respektive rodičovský pár a dvě děti. Do výpočtu vstupují tedy dva základní předpoklady - využití vody v koupelně a při praní. Hodnoty pro dané činnosti jsou uvedeny dále v tomto výpočtu. Taková voda je možná pro následné přechčištění a zpětné rozvedení do dvou systémů použití - splachování wc a praní.

Dešťová voda bude také využívána, záměrem je ji odvádět ze střechy domu a přístřešku pro parkování osobního automobilu a akumulovat v akumulační nádrži umístěné na zahradě. Z této nádrže poté budou vedeny rozvody do jednotlivých výtokových armatur pomocí čerpadla v akumulační nádrži.

1.1 VÝPOČET PRODUKCE ŠEDÉ VODY

Produkce šedé vody v rodinném domě se vypočítá podle vztahu (3):

$$Q_{\text{prod}} = \sum_{i=1}^m q_{\text{prod},i} * n_{\text{mj},i}$$

kde:

$q_{\text{prod},i}$ = produkce šedé vody v l/den

$n_{\text{mj},i}$ = počet měrných jednotek (osob)

m = počet druhů měrných jednotek

Tabulka 1: Produkce šedé vody

(Zdroj: <https://www.asio.cz/cz/stanoveni-produkce-sede-vody>, zpracování: vlastní)

Vybavení	Produkce šedé vody (l/os/den)
Koupelna	31
Praní	15

Při dosazení do zmíněného vztahu dle uvedené tabulky za předpokladu $n_{mj,i} = 4$, vyjde denní produkce šedých vod **184 l/den**.

1.2 STANOVENÍ POTŘEBY PROVOZNÍ VODY

Provozní voda se stanoví dle následujícího vztahu (3):

$$Q_{24} = Q_{wc} + Q_{tech}^* + Q_{zal} + Q_{praní}$$

kde:

Q_{24} = denní potřeba provozní vody v l/den

Q_{wc} = potřeba vody pro splachování wc v l/den

Q_{tech}^* = potřeba vody technologických procesů v l/den, kterou ale zanedbáváme z důvodu absence technologických procesů v budově

Q_{zal} = potřeba vody na zalívání zeleně v l/den

$Q_{praní}$ = potřeba vody na jeden cyklus praní, který je uvažován pro každý den 1x

Příčemž jednotlivé parametry rovnice stanovíme následovně (3):

$$Q_{wc} = q_o * p * n + q_{pis} * n$$

$$Q_{zal} = q_{zal} * A_{zal}$$

$$Q_{praní} = n1 * qp$$

kde:

q_o = objem jednotlivého spláchnutí v l

p = počet použití během jednoho dne

n = počet osob

n1 = počet cyklů prání

q_{zal} = potřeba vody pro zalévání v l/(m²*den)

A_{zal} = plocha, kterou zaléváme v m²

q_p = objem vody potřebný k jednomu pracímu cyklu

1.3 STANOVENÍ POTŘEBY VODY PRO WC

Uvažujeme, že osoba navštíví wc 6x denně, kdy využije velkého spláchnutí, při kterém je spláchnuto objemem 4l vody (2). Jelikož návrh domu počítá se 4 obyvateli, jedná se o jednoduchou rovnici (2):

$$Q_{wc} = q_o * p * n + q_{pis} * n$$

kdy po dosazení dostáváme rovnici

$$Q_{wc} = 4 * 6 * 4$$

$$Q_{wc} = 96 \text{ l/den}$$

1.4 STANOVENÍ POTŘEBY VODY NA ZALÉVÁNÍ A KROPENÍ

Volná plocha, která bude využita pro běžné zatravnění okolo domu, je zhruba 690m². Je však nutno uvažovat s tím, že se stavba nachází v poměrně příznivém místě pro růst zeleně, respektive v oblasti, kde spadne nadprůměrné množství srážek za rok, a kde současně není průměrná teplota tak vysoká, jako v jiných oblastech České republiky.

Přesto bude potřeba uvažovat nad zaléváním travnatých ploch, kropením rostlin, a zaléváním nízkých či vysokých křovin na pozemku.

Do následující rovnice (3):

$$Q_{zal} = q_{zal} * A_{zal}$$

dosadíme očekávanou plochu, kterou budeme zalévat, jenž můžeme stanovit na 500m^2 , a objem vody, který uvažujeme 1 litr na m^2 (1).

$$Q_{zal} = 500 * 1$$

$$Q_{zal} = 500 \text{ l/den}$$

Tuto hodnotu však můžeme následně zmenšit zhruba na polovinu, protože reálně se vegetační plocha nebude zalévat každý den, nýbrž podle aktuální vizuální kontroly či ve vegetačním období roku.

$$Q_{zal} = 250 \text{ l/den}$$

1.5 HODNOTA POTŘEBNÉ VODY NA PRANÍ

Jelikož vycházíme z hodnot uvedených v technických listech pračky ECG EWF 1062 DA+++, dosadíme do vzorce hodnotu 48 litrů na jeden prací cyklus:

$$Q_{praní} = n_l * q_p$$

$$Q_{praní} = 1 * 48$$

$$Q_{praní} = 48 \text{ l}$$

1.6 REÁLNÁ HODNOTA POTŘEBNÉ PROVOZNÍ VODY

Po jednotlivých výpočtech a následném dosazení do vztahu (3) dostaneme přibližnou denní potřebu provozní vody pro použití v domě a kolem něj:

$$Q_{24} = Q_{wc} + Q_{zal} + Q_{prani} + Q_{tech}$$

$$Q_{24} = 96 + 250 + 48 + 0$$

$$Q_{24} = 394 \text{ l/den}$$

2 POROVNÁNÍ POTŘEBY VODY

Následuje porovnání šedých vod a provozní vody

$$Q_{24} > Q_{sede}$$

$$394 > 184 \text{ l/den}$$

z čehož je patrné, že přečištěním šedých vod nezískáme adekvátní množství vody pro znovupoužití v domě. Je tedy vhodné tento systém doplnit o zachytávání a přečištění dešťové vody, kterých bude potřeba dle odečtení 210 l/den.

Je však důležité připomenout, že šedé vody jsou přednostně využívány pro **splachování a prací cyklus**, kde je hodnota produkce šedých vod dostačující pro zajištění.

2.1 REÁLNÁ RETENCE VOD Z PLOCH

Dle dat úhrnu srážek pro nejbližší krajské město, Hradec Králové, jasně vyplývají průměrné denní srážky, které můžeme podle jednotlivých ploch střechy a dlažby převést na průměrné denní množství, které přiteče do aktivací nádrže. Průměrný celoroční denní úhrn srážek pro dané město je 1,57mm. (4). Dané množství můžeme pokládat za velmi přesné, neboť vychází z 30letých záznamů. Pro denní množství vody ze střechy, které přiteče do akumulací nádrže použijeme následující rovnici

$$V_{st} = A_{st} * U_s$$

kde:

V_{st} = objem vody, která průměrně denně přiteče do akumulární nádrže

A = plocha střechy (m^2)

U_s = výška srážek (m)

Dosadíme, a dostaneme výsledek

$$V_{st} = 126,83 * 0,00157$$

$$V_{st} = 0,199m^3$$

Hodnotu $0,199m^3$ následně můžeme převést na litry, tedy 199 litrů.

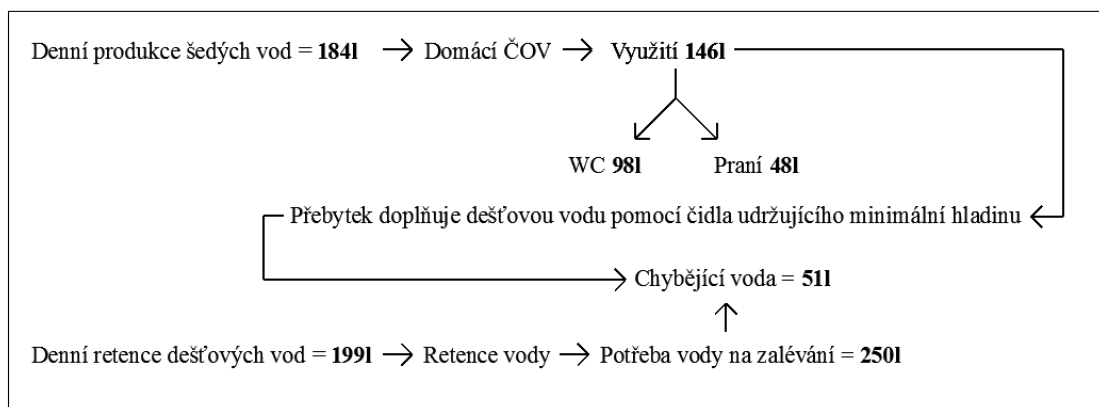
2.2 SOUČET RETENCE VODY A ŠEDÉ VODY

Sečteme zisk šedých vod a dešťových vod, který následně porovnáme s potřebou provozní vody

$$Q_{provozní} < Q_{seda} + Q_{retenční}$$

$$394 > 383 \text{ l/den}$$

Z následujícího porovnání lze vidět, že uvažovaná produkce šedé vody a retence dešťové vody takřka vystačí na pokrytí provozních vod, kam patří voda na splachování, praní a zalévání na zahradě.



Obrázek 1: Schéma využití vody v domě

3 NÁKLADY NA TECHNOLOGIE ZAJIŠŤUJÍCÍ ČIŠTĚNÍ ŠEDÝCH VOD

*Tabulka 2: Cena nákladu na technologie šedé vody
(zpracování: vlastní)*

<i>Produkt</i>	<i>Jednotka</i>	<i>Počet</i>	<i>Orientační cena bez DPH</i>
ČOV - AS-GW-AQUALOOP 6	Ks	1	87 000 Kč
Rozvody šedé vody vč. Izolace, armatur, práce	bm	45	9000

Z uvedené tabulky vyplývá, že orientační náklady na pořízení domácí čistírny vod, umístěné v technické místnosti včetně rozvodů potrubí pro šedou vodu, včetně izolace, armatur a práce, dosahují zhruba **96 000 Kč**.

4 ROČNÍ PRODUKCE BÍLÉ VODY

Z výpočtů vyplývá denní využití přečištěné šedé vody, respektive bílé vody, v objemu zhruba 184 l/den. Po vynásobení na roční hodnotu dostaneme 67,16 m³ vody. Z výpočtu uvedené přílohy je patrné, že všechna tato voda může být znovuvyužita, plně tedy nahrazuje použití pitné vody z veřejného řádu.

*Tabulka 3: Cena vodného a stočného, Rtně v Podkrkonoší, 2019
(Zdroj: <http://www.vakrtyne.cz/clanky/dokumenty/cenik-sluzeb/>, zpracování: vlastní)*

Vodné	Stočné
26,45 Kč	36,80 Kč

Celkové vodné a stočné pro rok 2019 města Rtně v Podkrkonoší: 63,25 Kč/m³
Cena objemu pitné vody za rok v rámci místo šedé vody, získané z veřejného řádu je zhruba:

$$P_s = 4\,247 \text{ Kč}$$

Kde P_s = objem potřebné vody vynásobený cenou vodného a stočného

Reálná návratnost je zhruba 20 let, což je velmi neekonomické.

5 NÁKLADY NA SYSTÉM RETENCE VODY A NÁVRATNOST

*Tabulka 4: Náklady na pořízení plastové akumulční nádrže
(zpracování: vlastní)*

<i>Produkt</i>	<i>Jednotka</i>	<i>Počet</i>	<i>Orientační cena bez DPH</i>
Plastová akumulční nádrž 3,7m ³ , sada, rozvody	Ks	1	35 000 Kč
Práce	Ks	1	10 000 Kč

Náklady na pořízení plastové akumulční nádrže jsou značně levnější, kompletní sada včetně práce a rozvodů je uvažována zhruba 45 000 Kč. Do ceny na pořízení technologie na akumulaci a využití dešťové vody na zálivku však vstupuje získaná dotace, kde byla vypočtena dotace až 32 500 Kč (5) dotačního programu **Dešťovka**. **Z výpočtů v kapitole č. 2.1. vyplývá roční akumulace dešťových srážek zhruba 73 m³/rok.** Při uvážení kombinace se systémem na čištění šedé vody dokážeme pokrýt celkovou stanovenou potřebu provozní vody, která činí empirickým výpočtem 383 l/den, tj. zaokrouhleně 140 m³/rok. Všechna tato voda by byla standardně plněna pomocí pitné vody z veřejného řádu, za použití zmíněných technologií činí roční úspora zhruba 8 855 Kč.

$$P_D = 4\,617 \text{ Kč}$$

$$P_D + P_s = 8\,855 \text{ Kč}$$

Kde P_D = objem roční vody použité systémem retence dešťové vody vynásobený cenou za objem pitné vody v m³

$$C = P_{\text{ČOV}} + P_{\text{DEŠŤOVKA}} = 96\,000 + 22\,500 = 118\,500 \text{ Kč.}$$

Kde $P_{\text{ČOV}}$ - celková cena investičních nákladů na vybudování domácí čistírny vod

$P_{\text{DEŠŤOVKA}}$ - celkové náklady na technologii akumulaci dešťových vod

Celkové investiční náklady tedy C dosahují ceny zhruba 118 500 Kč.

$$C/(P_D + P_S) = 13 \text{ let}$$

6 ZÁVĚR

Doba návratnosti za celý systém využívání vod dosahuje zhruba 13 let.

Ročně může být ušetřeno zhruba 140m³ pitné vody.

Denní produkce šedých vod je zhruba 184l.

Denní zachycení dešťových vod je zhruba 199l.

Výpočtem nákladů na pořízení a zprovoznění systému na čištění šedých vod a na zachytávání a akumulování dešťových srážek zjistíme, že celý systém, včetně materiálu, montáže, zprovoznění, rozvodů aj. vyjde zhruba na 140 000 Kč. **Od této částky můžeme odečíst dotaci 32 500 Kč programu Dešťovka. (5)** Podmiňující atributy získání dotace je minimálně 3m³ akumulční nádrž s fixní dotací 20 000 Kč a variabilní dotací 12 500 Kč podle vstupních údajů jako je plocha zalévané zahrady, místo stavby a kraj. Aktuální cena vodného a stočného určeného pro danou oblast, tj. Rtně v Podkrkonoší, pro rok 2019 je 63,25 Kč za m³ pitné vody. Roční úspora veškeré pitné vody, která by jinak byla využita, a může být nahrazena vyčištěnou šedou vodou a dešťovou vodou, činí zhruba **9 000 Kč.**

Samotný systém na čištění šedé vody má návratnost zhruba 20 let, což je již značně neekonomické a poukazuje to na to, že **systémy šedých vod se hodí spíše do větších objektů, kde dochází k větší spotřebě vody, tj. například hotelnictví apod.**

Kombinace využití šedých a dešťových vod má návratnost již reálnější, zmíněných 13 let. Z příložených výpočtů vyplývá, že u malého rodinného domu je přínosnější a efektivnější systém na využití dešťových vod v domě než na využití vod šedých.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

ZÁKONY A NORMY

- (1) ČSN EN 12056-3 Vnitřní kanalizace - Gravitační systémy. Část 3: Odvádění dešťových vod ze střech - Navrhování a výpočet. (červen 2001)
- (2) Vyhláška č. 120/2011 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů.

INTERNETOVÉ ZDROJE

- (3) Stanovení produkce šedé vody : ASIO, spol. s r.o.. Čistírny odpadních vod (ČOV), úprava vody a čištění vzduchu | ASIO.cz [online]. Copyright © 2011 [cit. 11.03.2019]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/stanoveni-produkce-sede-vody>
- (4) Podnebí Hradec Králové - meteoblue. [online]. Copyright © 2006 [cit. 11.03.2019]. Dostupné z: <https://www.meteoblue.com/cs/>
- (5) Dotace Dešťovka. Dotace Dešťovka [online]. Copyright © 2017 [cit. 20.05.2019]. Dostupné z: <https://www.dotacedestovka.cz/>

SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

Tabulka 1: Produkce šedé vody

Tabulka 2: Cena nákladu na technologie šedé vody

Tabulka 3: Cena vodného a stočného, Rtyně v Podkrkonoší, 2019

Tabulka 4: Náklady na pořízení plastové akumulární nádrže

Obrázek 1: Schéma využití vody v domě

SEZNAM ZKRATEK

ČOV = čistírna odpadních vod

Kč = korun českých

WC = toaleta

vč. = včetně