

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Hospodaření s vodou v objektu SPŠ na Proseku

A – BILANČNÍ VÝPOČTY POTŘEBY VODY

VYPRACOVAL:

Bc. Ondřej Androník

VEDOUCÍ PRÁCE:

Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.

2021/2022

**OBSAH VÝPOČETNÍ ČÁSTI:**

---

1. Průměrná denní potřeba vody  $Q_p$  [l/d]
  - a. Výpočet dle doporučených hodnot
  - b. Výpočet dle dat poskytnutých vedením SPŠ na Proseku
  - c. Výpočet dle Přílohy č.12 vyhlášky č.120/2011 Sb.
2. Maximální denní potřeba vody  $Q_m$  [l/d]
  - a. Na základě hodnot z 1.a.
  - b. Na základě hodnot z 1.b.
  - c. Na základě hodnot z 1.c.
3. Maximální hodinová potřeba vody  $Q_h$  [l/h]
  - a. Na základě hodnot z 2.a.
  - b. Na základě hodnot z 2.b.
  - c. Na základě hodnot z 2.c.
4. Analýza vlastního denního měření spotřeby vody SPŠ na Proseku v týdnu 11.10.2021 – 17.10.2021
5. Stanovení výpočtového průtoku  $Q_D$  [l/s]
  - a. Výpočet Pavilon A
  - b. Výpočet Pavilon E
  - c. Výpočet Pavilon X
  - d. Výpočet Pavilon B
  - e. Výpočet Atrium 1
  - f. Výpočet Pavilon F
  - g. Výpočet Pavilon Y
  - h. Výpočet Pavilon C
  - i. Výpočet Atrium 2
  - j. Výpočet Pavilon G
  - k. Výpočet Objekt H
  - l. Výpočet celkového výpočtového průtoku objektu SPŠ na Proseku
6. Roční potřeba vody
  - a. Na základě hodnot z 3.a.
  - b. Na základě hodnot z 3.b.
  - c. Na základě hodnot z 3.c.
7. Potřeba užitkové vody
  - a. Potřeba vody pro splachování  $q_{wc}$  [l/os. \* den] - ženy
  - b. Potřeba vody pro splachování  $q_{wc}$  [l/os. \* den] - muži
    - i. Výpočet splachovacího objemu
  - c. Potřeba vody pro splachování pisoárů  $q_{pis}$  [l/os. \* den]
  - d. Potřeba vody pro praní  $q_{pr}$  [l/os. \* den]
  - e. Potřeba vody pro úklid  $q_{úkl}$  [l/m<sup>2</sup>. \* den]
  - f. Potřeba vody pro zalévání nebo kropení  $q_{zal}$  [l/m<sup>2</sup>. \* den]
8. Produkce šedé vody
  - a. Objem vyprodukované šedé vody  $Q_{prod}$  [l/den]
    - i. Stanovení  $q_{prod,1}$  [l/ den] – mytí rukou

9. Celková produkce šedé vody ročně
10. Výpočtový průtok šedé vody  $Q_{gw}$
11. Výpočet celkového množství srážek v dané lokalitě
  - a. Výpočet ročního zisku dešťové vody  $V_d$
  - b. Výpočet výpočtového průtoku srážkových vod  $Q_r$
12. Zdroje
13. Zdroje – obrázky

## 1. Průměrná denní potřeba vody $Q_p$ [l/d]

- a. Výpočet doporučených hodnot (doporučené hodnoty převzaty z *Technika budov, Klaus Daniels, Jaga, 2003*)

$$Q_p = q \cdot n$$

$$Q_p = 12 \cdot 570$$

$$Q_p = 6840 \text{ l/d}$$

$q$  – specifická potřeba vody – uvažováno  $12 \frac{\text{l}}{\text{osoba} \times \text{den}}$

$n$  – počet jednotek/osob ve škole se při plné obsazenosti nachází 500 žáků a 70 zaměstnanců školy

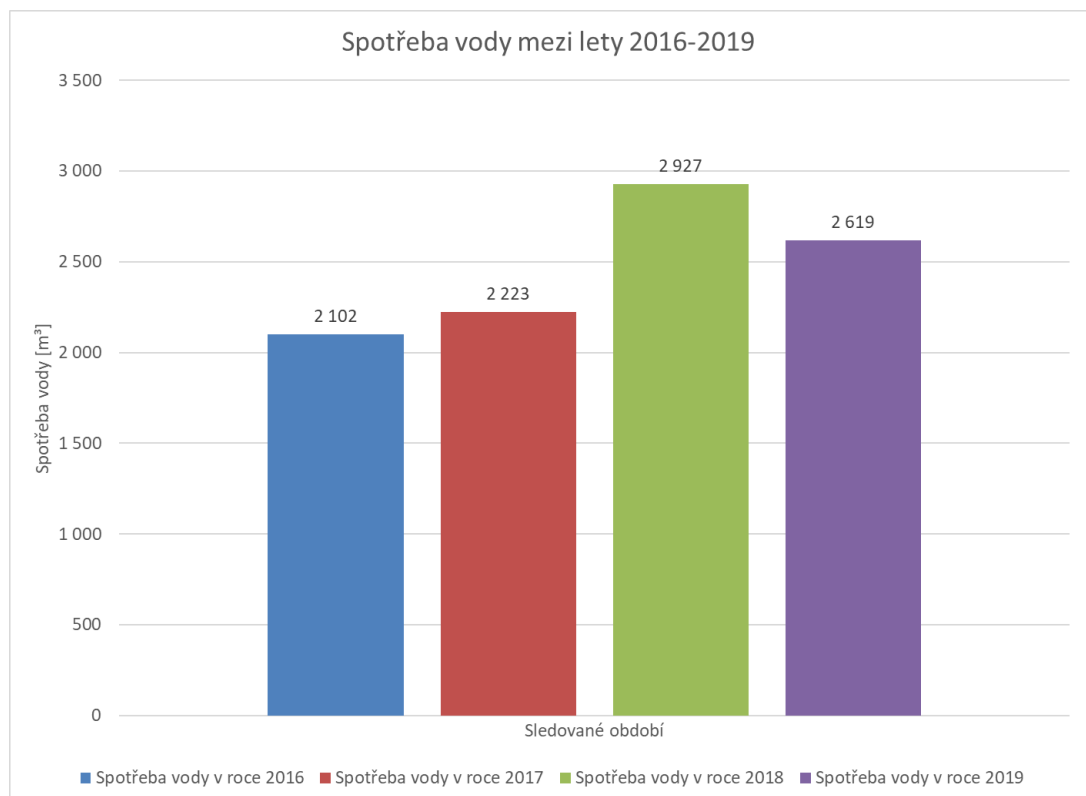
- b. Výpočet dle dat poskytnutých vedením SPŠ na Proseku

Obsazenost budovy: 570 osob

Průměrná roční spotřeba vody v letech 2016-2019: 2467,4 m<sup>3</sup> (viz. Obr.1.)

Průměrná denní potřeba vody: 6,76 m<sup>3</sup>/den =  $Q_p$  6760 l/den

Průměrná denní potřeba vody na osobu: 0,0118 m<sup>3</sup>/osobu = 11,8 l/osobu



Obr.1.– Spotřeba vody mezi lety 2016-2019

## c. Výpočet dle Přílohy č.12 vyhlášky č. 120/2011 Sb.

Obsazenost budovy: 570 osob

Roční spotřeba vody na jednu osobu při průměru 200 prac. dnů za rok: 5 m<sup>3</sup>

Celková roční spotřeba vody: 570×5=2850 m<sup>3</sup>

Průměrná denní potřeba vody: 7,8 m<sup>3</sup>/den = **Q<sub>p</sub> 7 808 l/den**

Průměrná denní potřeba vody na osobu: 0,0136 m<sup>3</sup>/ osobu = 13,6 l/osobu

2. Maximální denní potřeba vody Q<sub>m</sub> [l/d]

$$Q_m = Q_p \times k_d$$

Q<sub>p</sub> – průměrná denní potřeba vody [l/d] – dle výpočtů v bodech 1.a, 1.b., 1.c.

k<sub>d</sub> – součinitel denní nerovnoměrnosti – uvažován 1,25 (dle Obr.2.)

Velikost obce	k <sub>d</sub>
Do 1000 obyvatel	1,5
1000 - 5000 obyvatel	1,4
5000 - 20000 obyvatel	1,35
> 20000	1,25

Obr.2.– Tabulka hodnot součinitele denní nerovnoměrnosti

## a. Na základě hodnot z 1.a.

$$Q_m = Q_p \times k_d$$

$$Q_m = 6840 \times 1,25$$

$$Q_m = 8550 \text{ l/d}$$

Q<sub>p</sub> – průměrná denní potřeba vody [l/d] – dle výpočtu v bodě 1.a. uvažován

Q<sub>p</sub> = 6840 l/d

k<sub>d</sub> – součinitel denní nerovnoměrnosti – uvažován 1,25

## b. Na základě hodnot z 1.b.

$$Q_m = Q_p \times k_d$$

$$Q_m = 6760 \times 1,25$$

$$Q_m = 8450 \text{ l/d}$$

$Q_p$  – průměrná denní potřeba vody [l/d] – dle výpočtu v bodě 1.a. uvažován

$$Q_p = 6760 \text{ l/d}$$

$k_d$  – součinitel denní nerovnoměrnosti – uvažován 1,25

**c. Na základě hodnot z 1.c.**

$$Q_m = Q_p \times k_d$$

$$Q_m = 7808 \times 1,25$$

$$Q_m = 9760 \text{ l/d}$$

$Q_p$  – průměrná denní potřeba vody [l/d] – dle výpočtu v bodě 1.a. uvažován

$$Q_p = 7808 \text{ l/d}$$

$k_d$  – součinitel denní nerovnoměrnosti – uvažován 1,25

### 3. Maximální hodinová potřeba vody $Q_h$ [l/h]

$$Q_h = Q_m \times k_h \times z^{-1}$$

$Q_m$  – maximální denní potřeba vody [l/d] – dle výpočtů v bodech 2.a., 2.b., 2.c.

$k_h$  – součinitel hodinové nerovnoměrnosti – uvažován 2,1 pro soustředěnou zástavbu

$z$  – doba čerpání vody – uvažován nerovnoměrný odběr 10 hodin denně

**a. Na základě hodnot z 2.a.**

$$Q_h = Q_m \times k_h \times z^{-1}$$

$$Q_h = 8550 \times 2,1 \times 10^{-1}$$

$$Q_h = 1795,5 \text{ l/h}$$

$Q_m$  – maximální denní potřeba vody [l/d] – dle výpočtu v bodě 2.a. uvažováno

$$Q_m = 8550 \text{ l/d}$$

$k_h$  – součinitel hodinové nerovnoměrnosti – uvažován 2,1 pro soustředěnou zástavbu

$z$  – doba čerpání vody – uvažován nerovnoměrný odběr 10 hodin denně

**b. Na základě hodnot z 2.b.**

$$Q_h = Q_m \times k_h \times z^{-1}$$

$$Q_h = 8450 \times 2,1 \times 10^{-1}$$

$$Q_h = 1774,5 \text{ l/h}$$

$Q_m$  – maximální denní potřeba vody [l/d] – dle výpočtu v bodě 2.b. uvažováno

$$Q_m = 8450 \text{ l/d}$$

$k_h$  – součinitel hodinové nerovnoměrnosti – uvažován 2,1 pro soustředěnou zástavbu  
 $z$  – doba čerpání vody – uvažován nerovnoměrný odběr 10 hodin denně

**c. Na základě hodnot z 2.c.**

$$Q_h = Q_m \times k_h \times z^{-1}$$

$$Q_h = 9760 \times 2,1 \times 10^{-1}$$

$$Q_h = 2049,6 \text{ l/h}$$

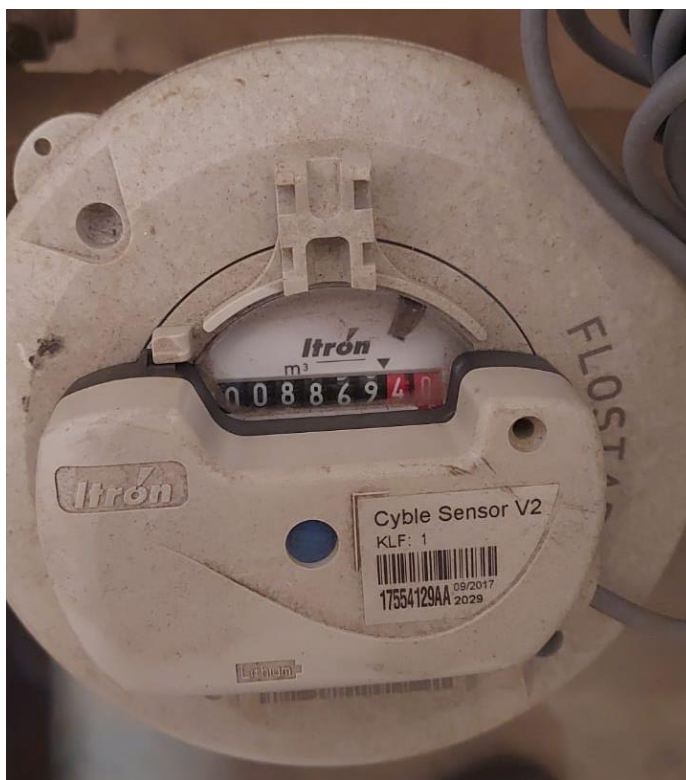
$Q_m$  – maximální denní potřeba vody [l/d] – dle výpočtu v bodě 2.c. uvažováno  
 $Q_m = 9760 \text{ l/d}$   
 $k_h$  – součinitel hodinové nerovnoměrnosti – uvažován 2,1 pro soustředěnou zástavbu  
 $z$  – doba čerpání vody – uvažován nerovnoměrný odběr 10 hodin denně

**4. Analýza vlastního denního měření spotřeby vody SPŠ na Proseku v týdnu 11.10.2021 – 17.10.2021**

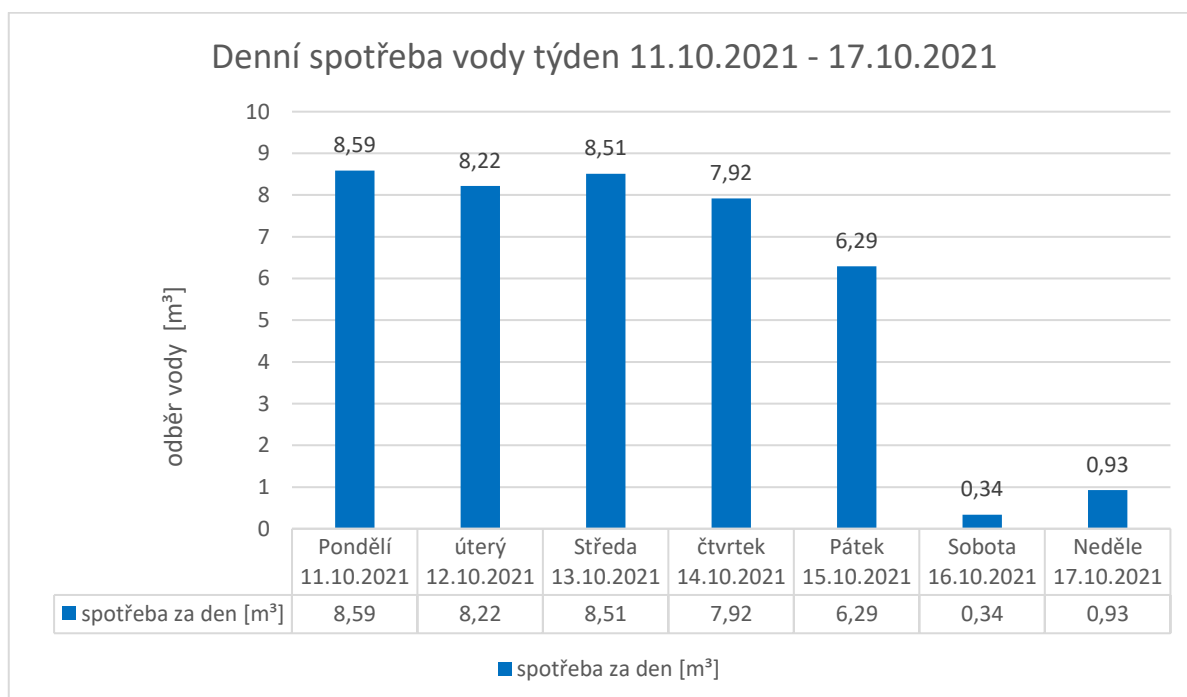
Pro porovnání empirických výpočtů bilance spotřeby vody se skutečným stavem odběru vody v budově Střední průmyslové školy na Proseku jsem v týdnu od 11.10.2021 do 17.10.2021 prováděl dvakrát denně odečet vodoměru. Získávání hodnot denní spotřeby vody bylo prováděno odečty ze školního vodoměru dvakrát denně. Školním vodoměrem je vodoměr Itron Flostar M (viz. Obr.4 [3]). Odečet jsem dělal vždy ráno v 8:00 a odpoledne v 17:00. Časy pro odečet jsou zvoleny tak, aby byla pokryta v maximální možné míře denní spotřeba vody v objektu. Přesto jsou zde patrné mírné odchylky mezi odpoledním a ranním měřením v následující den. Tyto odchylky jsou způsobeny jednotkami osob nacházejících se ve škole večer po provedeném odečtu. Výsledky měření ukazují celkem stabilní odběr mezi 8,0 – 8,5 m<sup>3</sup> za den v období od pondělí do čtvrtka, kdy je škola od rána až do odpoledne využívána. Maximální odběry jsou podle očekávání naměřeny v pondělí a ve středu, kdy ve škole probíhá odpolední výuka většiny vyšších ročníků. Nejnížší spotřeba vody byla během pracovního týdne naměřena v pátek, protože škola končí všem žákům v 13:30 a ani zaměstnanci zde odpoledne nepobývají. Víkendové hodnoty spotřeby vody v budově školy jsou značně vyšší, než byla očekávání před měřeními. Především spotřeba 0,93 m<sup>3</sup> naměřená v neděli je zcela mimo předpokládané výsledky měření, protože tou dobou je škola téměř prázdná a jedinou částí, která je v provozu je školní byt.

Z důvodu prověření víkendové spotřeby vody bylo následně provedeno měření spotřeby vody pouze v období víkendu 6.11 – 7.11.2021. Výsledkem tohoto víkendového měření jsou spotřeby 0,33 m<sup>3</sup> v sobotu a 0,23 m<sup>3</sup> v neděli. Tyto hodnoty spotřeby vody ukazují, že spotřeba 0,93 m<sup>3</sup> je pouze výjimečně vysokou denní spotřebou

vody patrně způsobenou chováním uživatelů ve školním bytě, který je jako jediný o víkendů v provozu.

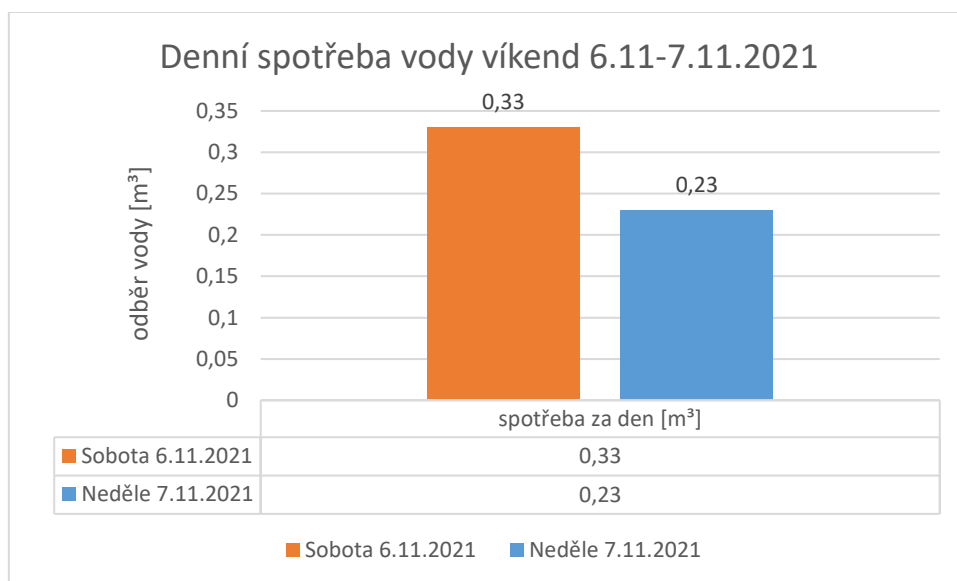


Obr.3. - Školní vodoměr Itron Flostar M



Obr.4. Graf denního odběru vody v týdnu 11.10.2021 – 17.10.2021





Obr.5. Graf denního odběru vody během víkendu 6.11.2021 – 7.11.2021

## 5. Stanovení výpočtového průtoku $Q_D$ [l/s]

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=0}^m Q_{Ai}^2 \times n_i}$$

$Q_D$  – výpočtový průtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ]

$Q_A$  – jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ] dle [3]

$n_i$  – počet výtokových armatur téhož druhu

Výtoková armatura	DN	$Q_A$ [l.s <sup>-1</sup> ]	$P_{minFi}$ [kPa]	Výtoková armatura	$\varphi$
Výtokový ventil	15	0,2	50	Sprchy	1,0
	20	0,4		Léčebná zařízení	1,0
	25	1,0		Umyvadla	0,8
Bidetová souprava	15	0,1		Vany	0,5
Fontánka na pití	15	0,1		Bidety	0,5
Nádržkový splachovač	15	0,15		Dřezy	0,3
Baterie vanová	15	0,3		Výlevky	0,3
Baterie umyvadlová	15	0,2		Fontánky na pití	0,3
Baterie dřezová	15	0,2		Nádržkové splachovače	0,2
Baterie sprchová s ruční sprchou	15	0,2		100	Tlakové splachovače
Autom.pračka, myčka nádobí	15	0,2	50	Součinitel současnosti odběru vody $\varphi$	
Pisoárový automatický splachovač	15	0,15	100		

Obr. 6. Tabulka jmenovitých výtoků jednotlivých druhů výtok. armatur

**a. Výpočet Pavilon A**

WC = 0 kusů

Umyvadla = 0 kusů

Sprchy = 0 kusů

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=0}^m Q_{Ai}^2 \times n_i}$$

$$Q_D = \sqrt{0}$$

$$Q_D = 0 \text{ l/s}$$

$Q_D$  – výpočtový průtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ]

$Q_A$  – jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ] (uvažováno dle Obr.3.)

$n_i$  – počet výtokových armatur téhož druhu

**b. Výpočet Pavilon E**

WC = 2 kusy

Umyvadla = 19 kusů

Sprchy = 8 kusů

Výlevky = 1 kus

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=0}^m Q_{Ai}^2 \times n_i}$$

$$Q_D = \sqrt{(0,15^2 \times 2) + (0,2^2 \times 19) + (0,2^2 \times 8) + (0,3^2 \times 1)}$$

$$Q_D = 1,102 \text{ l/s}$$

$Q_D$  – výpočtový průtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ]

$Q_A$  – jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ] (uvažováno dle Obr.3.)

$n_i$  – počet výtokových armatur téhož druhu

**c. Výpočet Pavilon X**

WC = 13 kusů

Umyvadla = 23 kusů

Pisoáry = 16 kusů

Výlevka = 3 kusy

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=0}^m Q_{Ai}^2 \times n_i}$$

$$Q_D = \sqrt{(0,15^2 \times 13) + (0,2^2 \times 23) + (0,15^2 \times 16)}$$

$$\mathbf{Q_D = 1,25 \text{ l/s}}$$

$Q_D$  – výpočtový průtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ]

$Q_A$  – jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ] (uvažováno dle Obr.3.)

$n_i$  – počet výtokových armatur téhož druhu

**d. Výpočet Pavilon B**

Umyvadla = 8 kusů

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=0}^m Q_{Ai}^2 \times n_i}$$

$$Q_D = \sqrt{(0,2^2 \times 8)}$$

$$\mathbf{Q_D = 0,566 \text{ l/s}}$$

$Q_D$  – výpočtový průtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ]

$Q_A$  – jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ] (uvažováno dle Obr.3.)

$n_i$  – počet výtokových armatur téhož druhu

**e. Výpočet Atrium 1**

Umyvadla = 5 kusů

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=0}^m Q_{Ai}^2 \times n_i}$$

$$Q_D = \sqrt{(0,2^2 \times 5)}$$

$$\mathbf{Q_D = 0,45 \text{ l/s}}$$

 $Q_D$  – výpočtový průtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ] $Q_A$  – jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ] (uvažováno dle Obr.3.) $n_i$  – počet výtokových armatur téhož druhu**f. Výpočet Pavilon F**

Umyvadla = 8 kusů

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=0}^m Q_{Ai}^2 \times n_i}$$

$$Q_D = \sqrt{(0,2^2 \times 8)}$$

$$\mathbf{Q_D = 0,566 \text{ l/s}}$$

 $Q_D$  – výpočtový průtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ] $Q_A$  – jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ] (uvažováno dle Obr.3.) $n_i$  – počet výtokových armatur téhož druhu

**g. Výpočet Pavilon Y**

WC = 12 kusů

Umyvadla = 19 kusů

Pisoáry = 12 kusů

Sprcha = 1 kus

Výlevka=2 kusy

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=0}^m Q_{Ai}^2 \times n_i}$$

$$Q_D = \sqrt{(0,15^2 \times 12) + (0,2^2 \times 19) + (0,15^2 \times 12) + (0,2^2 \times 1) + (0,3^2 \times 2)}$$

$$Q_D = 1233 \text{ l/s}$$

$Q_D$  – výpočtový průtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ]

$Q_A$  – jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ] (uvažováno dle Obr.3.)

$n_i$  – počet výtokových armatur téhož druhu

**h. Výpočet Pavilon C**

Umyvadla = 4 kusy

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=0}^m Q_{Ai}^2 \times n_i}$$

$$Q_D = \sqrt{(0,2^2 \times 4)}$$

$$Q_D = 0,4 \text{ l/s}$$

$Q_D$  – výpočtový průtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ]

$Q_A$  – jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ] (uvažováno dle Obr.3.)

$n_i$  – počet výtokových armatur téhož druhu

**i. Výpočet Atrium 2**

Umyvadla = 3 kusy

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=0}^m Q_{Ai}^2 \times n_i}$$

$$Q_D = \sqrt{(0,2^2 \times 3)}$$

$$Q_D = 0,346 \text{ l/s}$$

$Q_D$  – výpočtový průtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ]

$Q_A$  – jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ] (uvažováno dle Obr.3.)

$n_i$  – počet výtokových armatur téhož druhu

#### j. Výpočet Pavilon G

WC = 1 kusy

Umyvadla = 15 kusů

Sprcha = 1

Dřez = 1

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=0}^m Q_{Ai}^2 \times n_i}$$

$$Q_D = \sqrt{(0,15^2 \times 1) + (0,2^2 \times 15) + (0,2^2 \times 1) + (0,2^2 \times 1)}$$

$$Q_D = 0,838 \text{ l/s}$$

$Q_D$  – výpočtový průtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ]

$Q_A$  – jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ] (uvažováno dle Obr.3.)

$n_i$  – počet výtokových armatur téhož druhu

#### k. Výpočet Objekt H

WC = 10 kusů

Umyvadla = 25 kusů

Sprcha = 6 kusů  
 Dřez = 13 kus  
 Pisoár = 4 kusy  
 Myčka = 2 kus  
 Pračka = 1kus  
 Výlevka = 2 kusy

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=0}^m Q_{Ai}^2 \times n_i}$$

$$Q_D = \sqrt{(0,15^2 \times 10) + (0,2^2 \times 25) + (0,2^2 \times 6) + (0,2^2 \times 1) + (0,15^2 \times 4) + (0,2^2 \times 15) + (0,3^2 \times 2)}$$

$$Q_D = 1,530 \text{ l/s}$$

$Q_D$  – výpočtový průtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ]

$Q_A$  – jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ] (uvažováno dle Obr.3.)

$n_i$  – počet výtokových armatur téhož druhu

### I. Výpočet celkového výpočtového průtoku objektu SPŠ na Proseku

WC = 40 kusů  
 Umyvadla = 129 kusů  
 Sprcha = 16 kusů  
 Dřez = 14 kusy  
 Pisoár = 32 kusů  
 Myčka = 2 kusy  
 Pračka = 1kus  
 Výlevky = 8 kusů

$$Q_D = \sqrt{\sum_{i=0}^m Q_{Ai}^2 \times n_i}$$

$$Q_D = \sqrt{(0,15^2 \times 40) + (0,2^2 \times 127) + (0,2^2 \times 16) + (0,2^2 \times 14) + ((0,2^2 \times 1)) + (0,2^2 \times 2) + (0,15^2 \times 32) + (0,3^2 \times 8)}$$

$$Q_D = 3,063 \text{ l/s}$$

$Q_D$  – výpočtový průtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ]

$Q_A$  – jmenovitý výtok jednotlivých druhů výtokových armatur [l/s ] (uvažováno dle Obr.3.)

$n_i$  – počet výtokových armatur téhož druhu

## 6. Stanovení roční potřeby vody

$$Q_r = Q_p \times y$$

$Q_r$  – roční potřeba vody

$Q_p$  = průměrná denní potřeba vody

$y$  – počet provozních dnů

### a. Na základě hodnot z 3.a.

$$Q_r = Q_p \times y$$

$$Q_r = 6840 \times 196$$

$$Q_r = 1340640 \text{ l/rok}$$

$Q_r$  – roční potřeba vody

$Q_p$  – průměrná denní potřeba vody uvažována 6840 l/d

$y$  – počet provozních dnů uvažováno 196 dní

### b. Na základě hodnot z 3.b.

$$Q_r = Q_p \times y$$

$$Q_r = 6760 \times 365$$

$$Q_r = 1324960 \text{ l/rok}$$

$Q_r$  – roční potřeba vody

$Q_p$  – průměrná denní potřeba vody uvažována 6760 l/d

$y$  – počet provozních dnů uvažováno 365 dní

### c. Na základě hodnot z 3.c.

$$Q_r = Q_p \times y$$

$$Q_r = 7808 \times 365$$

$$Q_r = 1530368 \text{ l/rok}$$



$Q_r$  – roční potřeba vody

$Q_p$  – průměrná denní potřeba vody uvažována 7808 l/d

$y$  – počet provozních dnů uvažováno 196 dní

## 7. Potřeba užitkové vody

Výpočet proveden dle: Využití šedých a dešťových vod v budovách – TZB-info

Výpočet denní potřeby provozní vody:

$$Q_{24} = q_{WC1} \times n_1 + q_{WC2} \times n_2 + q_{pis} \times n_3 + q_{pr} \times n_4 + q_{ukl} \times n_5 + q_{zal} \times A_{zal}$$

$$Q_{24} = 6 \times 535 + 2,8 \times 35 + 2,5 \times 535 + 15 \times 1 + 0,1 \times 6836,8 + 0$$

$$Q_{24} = 5344,18 \frac{l}{den}$$

$q_{wc}$  – potřeba vody pro splachování záchodových mís [l/os.×den] dle 7.a., 7.b.

$q_{pis}$  – potřeba vody pro splachování pisoárů [l/os. ×den] dle. 7.c.

$q_{pr}$  – potřeba vody pro praní [l/os. × den] dle 7.d.

$q_{úkl}$  – potřeba vody pro úklid [l/m<sup>2</sup> × den] dle 7.e.

$q_{zal}$  – potřeba vody pro zalévání nebo kropení [l/m<sup>2</sup> × den] dle 7.f.

$n_1$  – počet žen v objektu SPŠ na Proseku uvažováno 35 žen

$n_2$  – počet mužů v objektu SPŠ na Proseku uvažováno 535 mužů

$n_3$  – počet mužů v objektu SPŠ na Proseku uvažováno 535 mužů

$n_4$  – počet osob využívajících pračku v objektu SPŠ na Proseku uvažována 1 osoba

$n_5$  – plocha na úklid v objektu SPŠ na Proseku uvažováno 6836,8 m<sup>2</sup>

$A_{zal}$  – plocha, která se zalévá nebo kropí [l/m<sup>2</sup> × den] není uvažováno

Výpočet roční potřeby provozní vody:

$$Q_r = Q_d \times d + Q_{zal} \times A_{zal}$$

$$Q_r = 5344,18 \times 196 + 0$$

$$Q_r = 1047,459 m^3$$

$Q_d$  – denní potřeba provozní vody [l/ den] uvažováno 6711,54 l/den

$d$  – počet dnů v roce, kdy se provozní vody využívá uvažováno 196 dní

$Q_{zal}$  – roční potřeba provozní vody pro zalévání nebo kropení není uvažováno

$A_{zal}$  – plocha zahrady, hřiště nebo zeleně není uvažováno

### a. Potřeba vody pro splachování $q_{wc1}$ [l/os. × den] - ženy

$$q_{wc} = q_o \times p$$

$$q_{wc} = 4 \times 1,5$$

$$q_{wc} = 6 \frac{l}{osoba \times den}$$

$q_o$  – splachovací objem uvažovaný 4 l

$p$  – počet použití záchodové mísy jednou osobou během dne uvažováno 1,5 pro záchodové mísy pro ženy

b. Potřeba vody pro splachování  $q_{wc2}$  [l/os. × den] - muži

$$q_{wc} = q_o \times p$$

$$q_{wc} = 4 \times 0,7$$

$$q_{wc} = 2,8 \frac{l}{osoba \times den}$$

$q_o$  – splachovací objem uvažovaný 4 l

$p$  – počet použití záchodové mísy jednou osobou během dne uvažováno 0,7 pro záchodové mísy pro muže (jsou instalovány také pisoáry)

Druh mísy a pohlaví uživatelů	Počet použití jednou osobou během dne podle druhu budovy					
	Bytové nebo rodinné domy	Studentské koleje	Školy	Administrativní budovy	Maloobchodní prodejny	
					Zaměstnanci	Návštěvníci
Záchodové mísy pro muže, pokud jsou instalovány také pisoáry	--	--	0,7	1	3	0,17
Záchodové mísy pro muže, pokud nejsou instalovány pisoáry	6	4,42	1,5	4	4	1
Záchodové mísy pro ženy	6	4,42	1,5	4	4	1
Pisoárové mísy pro muže	--	--	1	3	1	0,83

Obr. 7. – Tabulka počtů použití záchodových mís a pisoárů jednou osobou během dne

i. Výpočet splachovacího objemu

$$q_o = \frac{q_v + 2 \times q_m}{3}$$

$$q_o = \frac{6 + 2 \times 3}{3}$$

$$q_o = 4 \text{ l}$$

$q_v$  – objem vody při velkém spláchnutí [l] uvažováno 6 l (uvažováno dle Obr.5.)

$q_m$  – objem vody při malém spláchnutí [l] uvažovány 3 l (uvažováno dle Obr.5.)

Zařizovací předmět	Splachovací objem <sup>1)</sup> $q_o$ [l]	
	Velké spláchnutí	Malé spláchnutí
Záchodová mísa	4	2
	4,5	3
	6 <sup>2)</sup>	3 <sup>2)</sup>
	8	–
	9 <sup>1)</sup>	3 <sup>1)</sup>
	10 <sup>1)</sup>	3 <sup>1)</sup>
Pisoárová mísa bez odsávání	0,75 až 1,5 <sup>3)</sup>	–
Pisoárová mísa s odsáváním	2 až 4	–

1) Splachovací objem se uvažuje přednostně podle konkrétního typu navrženého splachovače.  
2) Nejčastěji používané splachovací objemy.  
3) Podle ČSN 75 6760 nejméně 1,5 l.

Obr. 8. – Tabulka splachovacích objemů pro záchodové mísy a pisoáry

c. Potřeba vody pro splachování pisoárů  $q_{pis}$  [l/os. × den]

$$q_{wc} = q_o \times p$$

$$q_{wc} = 2,5 \times 1$$

$$q_{wc} = 2,5 \frac{\text{l}}{\text{osoba} \times \text{den}}$$

$q_o$  – splachovací objem uvažováno 2,5 l (uvažováno dle Obr.5.)

$p$  – počet použití záchodové mísy jednou osobou během dne uvažováno 1 pro  
pisoárové mísy pro muže

**d. Potřeba vody pro praní  $q_{pr}$  [l/os. × den]**

Dle Obr.6. – uvažováno 15 [l/os. × den]

Druh budovy	Potřeba vody pro praní $q_{pr}$
Bytový nebo rodinný dům	15 l/obyvatel . den
Hotel – prádelna	14 l/lůžko . den

Obr. 9. – Tabulka potřeby vody pro praní

**e. Potřeba vody pro úklid  $q_{úkl}$  [l/m<sup>2</sup> × den]**

Dle [7] – uvažováno 0,1 [l/m<sup>2</sup> × den]

Způsob použití	Jedno použití [l/m <sup>2</sup> ]	Roční potřeba [l/m <sup>2</sup> . rok]
Zalévání zahrady	1,0 <sup>1)</sup>	60 <sup>2)</sup>
Kropení hřišť	1,2	200 <sup>2)</sup>
Kropení zeleně	1,0	80 až 200 <sup>2)</sup>
Úklid – jen studená provozní voda (pro úklid se zároveň používá také teplá pitná voda)	0,1 <sup>3)</sup>	--
Úklid – studená provozní voda (bez teplé pitné vody)	0,3 <sup>3)</sup>	--

1) Na plochu celé zahrady, i když se zalévá jen její část.  
2) Předpokládá se zalévání nebo kropení od dubna do září.  
3) Na plochu podlahy, u které se předpokládá mokřý úklid.

Obr. 10. – Tabulka potřeby vody pro zalévání, kropení a úklid

**f. Potřeba vody pro zalévání nebo kropení  $q_{zal}$  [l/m<sup>2</sup> . × den]**

Zalévání či kropení nebylo do výpočtu uvažováno, jelikož je na zálivku zahrady používána stávající akumulční nádrž.

## 8. Produkce šedé vody

Objem vyprodukované šedé vody  $Q_{prod}$  [l/den]

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

$$Q_{PROD} = (q_{prod1} \times n_{mj1}) + (q_{prod2} \times n_{mj2}) + (q_{prod3} \times n_{mj3}) + (q_{prod4} \times n_{mj4}) \\ + (q_{prod5} \times n_{mj5}) + (q_{prod6} \times n_{mj6}) + q_{prod7}$$

$$Q_{PROD} = (4,5 \times 570) + (5 \times 61) + (15 \times 1) + (11 \times 1) + (31 \times 1) + (2 \times 50) \\ + 200$$

$$Q_{PROD} = 3227 \text{ l/den}$$

$q_{prod,i}$  – produkce šedé vody na měrnou jednotku za den [l/ den] (uvažováno dle [8])

$q_{prod,1}$  – produkce šedé vody za den při mytí rukou uvažováno 4,5 l/osoba×den

$q_{prod,2}$  – produkce šedé vody na za den – umyvadla, která nejsou využívána pro mytí rukou na WC (tedy umyvadla ve třídách, kabinetech, ...) uvažováno 5 l/ umyvadlo×den – čajová kuchyňka (uvažováno dle Obr.8.)

$q_{prod,3}$  – produkce šedé vody v bytové jednotce na praní – Pavilon G uvažováno 15 l/osoba×den (uvažováno dle Obr.8.)

$q_{prod,4}$  – produkce šedé vody v kuchyni bytové jednotky – Pavilon G uvažováno 11 l/osoba×den (uvažováno dle Obr.8.)

$q_{prod,5}$  – produkce šedé vody v koupelně bytové jednotky – Pavilon G uvažováno 31 l/osoba×den (uvažováno dle Obr.8.)

$q_{prod,6}$  – produkce šedé vody v příležitostně využívaných sprchách uvažováno 2 l/osoba×den (uvažováno dle Obr.8.)

$q_{prod,7}$  – produkce šedé vody na každodenní úklid školy uvažováno 200 l/den (20×10ti litrový kbelík)

$n_{mj}$  – počet měrných jednotek stejného druhu

$n_{mj1}$  – počet měrných jednotek stejného druhu uvažováno 570 osob

$n_{mj2}$  – počet měrných jednotek stejného druhu uvažováno 61 umyvadel – umyvadla mimo prostory WC

$n_{mj3}$  – počet měrných jednotek stejného druhu uvažována 1 osoba

$n_{mj4}$  – počet měrných jednotek stejného druhu uvažována 1 osoba

$n_{mj5}$  – počet měrných jednotek stejného druhu uvažována 1 osoba

$n_{mj6}$  – počet měrných jednotek stejného druhu uvažováno 50 osob

m – počet druhů měrných jednotek

Druh budovy	Vybavení	Produkce šedé vody	
		Měrná jednotka	Produkce šedé vody na měrnou jednotku a den $q_{prod}$ [l/den]
Bytový dům, rodinný dům	Koupelny	obyvatel	31
	Kuchyně	obyvatel	11
	Praní	obyvatel	15
Internát	Sprchy, koupelny	lůžko	90
Hotel	Koupelny se sprchou	lůžko	90
	Koupelny s vanou	lůžko	150 <sup>1)</sup>
	Prádelna	lůžko	14
Administrativní budova	Umyvadla	osoba	12
	Čajové kuchyňky	osoba	5
	Sprchy	osoba	2 <sup>2)</sup>
Maloobchodní prodejny – personál	Umyvadla	osoba	12
	Sprchy	osoba	2 <sup>2)</sup>
Maloobchodní prodejny – zákazníci (návštěvníci)	Umyvadla	osoba	3 <sup>3)</sup>

1) Nutno uvážit, zda nebudou vany používány jako sprchy.  
2) Příležitostné sprchy.  
3) Pokud jsou v budově záchody pro zákazníky.

Obr. 11. – Tabulka produkce šedé vody v různých typech budov

#### i. Stanovení $q_{prod,1}$ [l/ den] – mytí rukou

Výpočet produkce šedé vody na měrnou jednotku  $q_{prod,i}$  [l/den] stanovené výpočtem:

$$q_{prod,i} = \sum_{i=1}^j q_{c,i} \times n_c$$

$$q_{prod,1} = \sum_{i=1}^j q_{c,1} \times n_{c1}$$

$$q_{prod,1} = 3 \times 1,5$$

$$q_{prod,1} = 4,5 \text{ l}$$

$q_{c,i}$  – produkce šedé vody pro příslušnou činnost [l] dle Obr.9. uvažováno 3 l

$n_{c1}$  – počet činností stejného druhu prováděných během jednoho dne

uvažováno 1,5

$j$  – počet činností prováděných během dne

Druh činnosti	Produkce šedé vody pro příslušnou činnost $q_c$ [l]
Mytí rukou	3 <sup>1)</sup>
Mytí těla v umyvadle	15
Sprchování (běžná sprcha)	40 až 50 <sup>1)</sup>
Koupelel ve vaně	120

<sup>1)</sup> Platí pro běžné výtokové armatury. U výtokových armatur se samočinným uzavíráním se produkce šedé vody může stanovit podle počtu otevření při jedné činnosti, průtok výtokovou armaturou (uvádí výrobce) a doby výtoku po jednom otevření.

Obr. 12. – Tabulka produkce šedé vody při různých činnostech

## 9. Celková produkce šedé vody ročně

$$Q_{PROD,R} = Q_{PROD} \times n$$

$$Q_{PROD,R} = 3227 \times 196$$

$$Q_{PROD,R} = 632492 \frac{\text{l}}{\text{rok}}$$

$Q_{PROD,R}$  – produkce šedé vody ročně [l/ rok]

$Q_{PROD}$  – produkce šedé vody za den [l/ den] z předchozího výpočtu 3227 l/den

$n$  – počet provozních dní uvažováno 196 dní

## 10. Výpočtový průtok šedé vody $Q_{gw}$

$$Q_{gw} = K \times \sqrt{DU}$$

$$Q_{gw} = 0,7 \times \sqrt{114 \times 0,5 + 11 \times 0,6 + 1 \times 0,8 + 1 \times 0,8 + 5 \times 2,8}$$

$$Q_{gw} = 6,17 \text{ l/s}$$

K – součinitel odtoku – dle Obr.10. – uvažováno 0,7

DU – výpočtový odtok dle Obr.11. – uvažováno: umyvadlo 0,5 (114 ks), sprcha 0,6 (11 ks), myčka 0,8 (1 ks), pračka 0,8 (1 ks), výlevka 2,5 (5 ks)

Způsob odběru vody	$K_{[l^{0,5}/s]}$
Rovnoměrný odběr vody (bytové domy, rodinné domky, penziony, úřady)	0,5
Rovnoměrný odběr vody (budovy občanského vybavení sídlišť)	0,7
Skupiny zařizovacích předmětů s nárazovým odběrem vody (např. hromadné umývárny, sprchy)	1,0
Skupiny zařizovacích předmětů se zvláštním odběrem vody (laboratoře v průmyslu)	1,2

Obr. 13. – Tabulka způsobu odběru vody

Zařizovací předmět	Výpočtový odtok DU [l/s]
Umyvadlo, bidet	0,5
Sprcha - vanička bez zátky	0,6
Sprcha - vanička se zátkou	0,8
Jednotlivý pisoár s nádržkovým splachovačem	0,8
Pisoár se splachovací nádržkou	0,5
Pisoárové stání	0,2 <sup>1)</sup>
Koupací vana	0,3
Kuchyňský dřez	0,8
Automatická myčka nádobí (bytová)	0,8
Automatická pračka s kapacitou do 6 kg	0,8
Automatická pračka s kapacitou do 12 kg	1,5
Záchodová mísa se splachovací nádržkou o obsahu 4,0 l	2 <sup>2)</sup>
Záchodová mísa se splachovací nádržkou o obsahu 6,0 l	2,0
Záchodová mísa se splachovací nádržkou o obsahu 7,5 l	2,0
Záchodová mísa se splachovací nádržkou o obsahu 9,0 l	2,5
Podlahová vpust DN 50	0,8
Podlahová vpust DN 70	1,5
Podlahová vpust DN 100	2,0
Pitná fontánka	0,2
Umyvátko	0,3
Umyvací žlab nebo umývací fontánka	0,3 <sup>3)</sup>
Vanička na nohy	0,5
Pisoárová mísa s automatickým splachovacím zařízením nebo tlakovým splachovačem	0,5
Nástěnná výlevka s napojením DN 50	0,8
Prameník	0,8
Velkokuchyňský dřez	0,9
Litínová volně stojící výlevka s napojením DN 70	1,5
Záchodová mísa s nádržkovým splachovačem o objemu menším než 6 l	1,8 <sup>4)</sup>
Záchodová mísa s tlakovým splachovačem	1,8
Keramická volně stojící nebo závěsná výlevka s napojením DN 100	2,5

<sup>1)</sup> Na osobu

<sup>2)</sup> Není přípustné

<sup>3)</sup> Na jednu výtokovou armaturu

<sup>4)</sup> Podle systému II

Obr. 14. – Tabulka výpočtových odtoků



## 11. Výpočet celkového množství srážek v dané lokalitě

### a. Výpočet ročního zisku dešťové vody $V_d$

$$V_d = A \times \psi_d \times h_r \times \eta$$

$$V_d = 3322,19 \times 0,8 \times 544,2 \times 0,92$$

$$V_d = \mathbf{1330604,75 \text{ l/rok}}$$

$A$  – půdorysný průmět odvodňované střechy [m<sup>2</sup>] - řešené střechy celkem 3322,19 m<sup>2</sup>

$\psi_d$  – součinitel využití dešťové vody – dle Obr.12. uvažováno 0,8

$h_r$  – průměrný roční úhrn srážek – uvažován průměr z posledních 5 let 544,2 mm

$\eta$  – hydraulická účinnost filtru – uvažováno 0,92

Druh střechy	Součinitel využití dešťové vody $\psi_d$
Střecha s propustnou horní vrstvou (vegetační střecha)	0,3
Střecha s vrstvou kačírku	0,6
Střecha s nepropustnou horní vrstvou	0,8

Obr. 15. – Tabulka součinitelů využití dešťové vody  $\psi_d$

### b. Výpočet výpočtového průtoku srážkových vod $Q_r$

$$Q_r = i \times C \times A$$

$$Q_r = 0,03 \times 1 \times 3322,19$$

$$Q_r = \mathbf{99,6657 \text{ l/s}}$$

$A$  – půdorysný průmět odvodňované střechy [m<sup>2</sup>] - řešené střechy celkem 3322,19 m<sup>2</sup>

$C$  – součinitel odtoku dešťových vod – dle Obr.13. uvažováno 1,0

$i$  – intenzita deště uvažována 0,03 l/s\*m<sup>2</sup>

Položka	Druh odvodňované plochy, popřípadě druh úpravy povrchu	Sklon povrchu a na něm závislý součinitel (C)		
		do 1 %	1 % až 5 %	nad 5 %
1.	Střechy s propustnou horní vrstvou tlustší než 100 mm	0,5	0,5	0,5
2.	Střechy ostatní	1,0	1,0	1,0
3.	Asfaltové a betonové plochy, dlažby se zálivkou spár	0,7	0,8	0,9
4.	Dlažby s pískovými spárami	0,5	0,6	0,7
5.	Upravené štěrkové plochy	0,3	0,4	0,5
6.	Neupravené a nezastavěné plochy	0,2	0,25	0,3
7.	Sady, hřiště	0,1	0,15	0,2
8.	Zatavněné plochy	0,05	0,1	0,15

Obr. 16. – Tabulka součinitele odtoku dešťových vod různých typů ploch

## 12. Zdroje

Výpočet bilance pitné vody byl proveden dle podkladů katedry k125 dostupné na:  
<http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125PPP>

Výpočet bilance šedé, dešťové a provozní vody byl proveden dle podkladů na:  
<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>

## 13. Zdroje – obrázky

Obr.1. – Graf spotřeb vody v letech 2016-2019 – vypracován autorem práce

Obr.2. - Tabulka hodnot součinitele denní nerovnoměrnosti – podklady katedry k125 dostupný na: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125PPP>

Obr.3. – Školní vodoměr Itron Flostar M – vyfoceno autorem práce

Obr.4. – Graf denního odběru vody v týdnu 11.10.2021 – 17.10.2021 – vypracován autorem práce

Obr.5. – Graf denního odběru vody během víkendu 6.11.2021 – 7.11.2021 – vypracován autorem práce

Obr.6. - Tabulka jmenovitých výtoků jednotlivých druhů výtok. armatur – podklady katedry k125 dostupné na: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125PPP>

Obr.7. - Tabulka počtů použití záchodových mís a pisoárů jednou osobou během dne – Výpočet šedé, dešťové vody dostupný na: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>

Obr.8. - Tabulka splachovacích objemů pro záchodové mísy a pisoáry – Výpočet šedé, dešťové vody dostupný na: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>

Obr.9. - Tabulka potřeby vody pro praní – Výpočet šedé, dešťové vody dostupný na: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>

Obr.10. - Tabulka potřeby vody pro zalévání, kropení a úklid – Výpočet šedé, dešťové vody dostupný na: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>

Obr.11. - Tabulka produkce šedé vody v různých typech budov – Výpočet šedé, dešťové vody: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>

Obr.12. - Tabulka produkce šedé vody při různých činnostech – Výpočet šedé, dešťové vody dostupný na: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>

Obr.13 - Tabulka způsobu odběru vody – podklady katedry k125 dostupné na: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125PPP>

Obr.14. - Tabulka výpočtových odtoků – podklady katedry k125 dostupné na: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125PPP>

Obr.15. - Tabulka součinitelů využití dešťové vody  $\psi_d$  – Výpočet šedé, dešťové vody dostupný na: <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>

Obr.16. - Tabulka součinitele odtoku dešťových vod různých typů ploch – podklady katedry k125 dostupné na: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=vyuka&kod=125PPP>