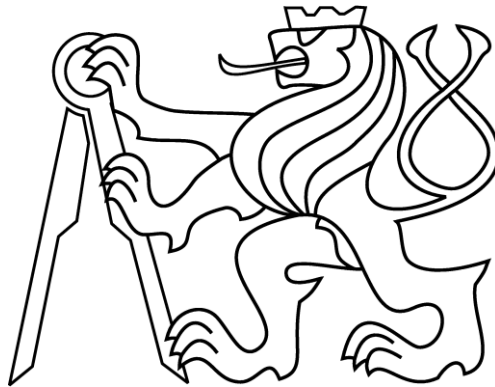


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ



**VYHODNOCENÍ BALASTNÍCH VOD
V PLANÉ NAD LUŽNICÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

KATEŘINA BARTUŠKOVÁ

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Červen 2016



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bartůšková Jméno: Kateřina Osobní číslo: 410671
Zadávací katedra: K144 - Katedra zdravotního a ekologického inženýrství
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vyhodnocení balastních vod v Plané nad Lužnicí

Název bakalářské práce anglicky: Evaluation of ballast water in Planá nad Lužnicí

Pokyny pro vypracování:

Práce v rozsahu 40 stran s grafickými přílohami. Rešerše literatury k problematice balastních vod. Vyhodnocení naměřených přítoků do čerpací stanice za rok 2015. Porovnání vyhodnocených hodnot s výsledky měření z roku 2014. Vyhodnocení množství balastních vod. Závěr

Seznam doporučené literatury:

Hlavínek P., Mičín J., Prax P.: Příručka stokování a čištění. NOEL 2000, s.r.o., Brno, 2001, ISBN 80-86020-30-4
Krejčí V., a kolektiv: Odvodnění urbanizovaných území. NOEL 2000 s.r.o. Brno, 2002, ISBN 80-86020-39-8
Nysl V., Synáčková M.: Zdravotně inženýrské stavby 30 - Stokování. ČVUT, 2002, ISBN 80-01-01729-X

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2016 Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2016

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

22. 2. 2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne:

Podpis:

Kateřina Bartůšková

Poděkování:

Děkuji všem, kteří mají svůj podíl na zdárném vypracování a dokončení bakalářské práce. Především Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za odborné rady, připomínky a ochotu při konzultacích během zpracování této práce a zaměstnancům firmy ČEVAK, a.s. se sídlem v Táboře za konzultace, poskytnutí materiálů k vypracování práce a trpělivost při průzkumu terénu.

ANOTACE

Cílem práce je popsat problematiku balastních vod. Vysoké množství balastních vod má negativní ekonomické dopady a výrazně ovlivňuje čištění odpadních vod. Výslednému řešení předchází monitoring odpadních vod a lokalizace vizuální kontrolou. Hlavním cílem praktické části je vyhodnotit naměřené přítoky společnosti VST s.r.o. na čerpací stanici odpadních vod v suchém roce 2015, následně je porovnat s daty měřenými v roce 2014 a vyhodnotit množství balastních vod ve stokovém systému v Plané nad Lužnicí metodou dlouhodobých bilancí.

Klíčová slova: stokový systém, balastní vody, monitoring odpadních vod

ANOTATION

The aim of this thesis is to describe issues of ballast water. A high level of ballast water has a negative economic impact and significantly affects wastewater treatment. An actual final solution is preceded by monitoring wastewater and localized by visual control. The main aim of the practical part is to assess measured values of tributaries to wastewater pumping station of the VST company inc. in the dry year 2015, compare it with the data measured in 2014 and evaluate the level of ballast water in the sewer system in Planá nad Lužnicí using the method of long-term balances.

Keywords: sewer system, ballast water, wastewater monitoring

Obsah

1	ÚVOD.....	8
2	CÍLE	10
3	STOKOVÁ SÍŤ	11
3.1	JEDNOTNÁ STOKOVÁ SOUSTAVA	11
3.2	ODDÍLNÁ STOKOVÁ SOUSTAVA.....	11
3.3	MODIFIKOVANÁ STOKOVÁ SOUSTAVA	12
4	BALASTNÍ VODY	13
4.1	DEFINICE BALASTNÍCH VOD	13
4.2	ZDROJE BALASTNÍCH VOD.....	13
4.3	NEGATIVNÍ DOPADY BALASTNÍCH VOD.....	14
4.4	ZABRRÁNĚNÍ VNIKU BALASTNÍCH VOD DO KANALIZACE	14
5	STANOVENÍ MNOŽSTVÍ BALASTNÍCH VOD.....	15
5.1	ZPŮSOBY STANOVENÍ MNOŽSTVÍ.....	15
5.1.1	METODA DLOUHODOBÝCH BILANCÍ	15
5.1.2	METODA ČASOVÉ ZMĚNY HMOTNOSTNÍHO TOKU SPECIFICKÝCH POLUTANTŮ	16
5.1.3	METODA MINIMÁLNÍCH NOČNÍCH PRŮTOKŮ	17
6	MONITORING ODPADNÍCH VOD	18
6.1	PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ ODPADNÍCH VOD.....	18
6.1.1	REGISTRAČNÍ A ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA FIEDLER M4016 - G	18
6.1.2	PRŮTOKOMĚR M4016 – KDO	20
6.1.3	SRÁŽKOMĚR SR03.....	21
6.1.4	HLADINOMĚR	23

7	ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ.....	25
7.1	POPIS OBCE PLANÁ NAD LUŽNICÍ.....	25
7.2	HISTORIE ODVODNĚNÍ V PLANÉ NAD LUŽNICÍ.....	26
7.3	SOUČASNÝ STAV STOKOVÉ SÍTĚ	26
8	MONITORING VOD V PLANÉ NAD LUŽNICÍ.....	33
8.1	MĚRNÝ PROFIL Q4bH	33
8.1.1	ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA	34
8.1.2	PRŮTOKOMĚR.....	35
8.1.3	HLADINOMĚR	35
8.2	SRÁŽKOMĚR.....	36
9	PŘIVADĚČ PITNÉ VODY	37
10	DATA Z ROKU 2014	39
11	STANOVENÍ PODÍLU BALASTNÍCH VOD V ROCE 2015	40
11.1	METODIKA A VSTUPNÍ DATA.....	40
11.2	VYHODNOCENÍ DAT Z ROKU 2015	40
11.3	VYHODNOCENÍ MNOŽSTVÍ BALASTNÍCH VOD.....	47
12	POROVNÁNÍ DAT Z ROKU 2015 S DATY Z ROKU 2014	49
13	PRŮZKUM BALASTNÍCH VOD.....	50
14	ZÁVĚR.....	51
15	POUŽITÉ ZDROJE.....	52
16	SEZNAM PŘÍLOH	54

1 ÚVOD

Stokové sítě a čistírny odpadních vod jsou dimenzovány na určitý průtok odpadních vod stanovených výpočtem. Čistírny odpadních vod jsou v našich podmínkách navrhovány na Q_v , což zahrnuje $Q_d + Q_{bal}$ (10 - 15 % z Q_d). Mnozí vlastníci a provozovatelé čistíren se ale zabývají tím, že na čistírnu natéká mnohonásobně větší množství vod, než by podle výpočtu mělo. Bohužel se do stokové sítě dostávají vody, které jsou svým znečištěním daleko pod limitem znečištění nebo jsou dokonce pitné. Tyto vody, nejen že vyžadují náročnější procesy čištění (odpadní vody jsou balastními vodami nařazené) a není na ně dimenzována ani čistírna a ani potrubí, ale výrazně zvyšují náklady na dopravu a čištění. Nejčastějším důvodem vniku balastních vod do potrubí je stáří právě tohoto potrubí a fakt, že celá kanalizační síť není zcela zmapovaná.

Balastní vody se většinou stávají předmětem zbytečných investic jednotlivých měst. Je tedy důležité navrhnout co nejekonomičtější opatření k odstranění většiny těchto vod. Proces identifikace balastních vod začíná samotným monitoringem odpadních vod a pokračuje vizuální prohlídkou. Poté je zpracován určitý plán na odstranění zdrojů balastních vod.

Stejný problém jako mnohé další lokality má i město Planá nad Lužnicí, kde veškerá správa kanalizace spadá pod firmu ČEVAK, a.s., jejíž jedno z provozních středisek sídlí v Táboře. Odpadní voda z Plané nad Lužnicí je čerpána v centrální čerpací stanici a dále vedena na čistírnu odpadních vod do Tábora. Je ale otázkou, zda se v této zájmové oblasti balastní vody vyskytují v kanalizační síti pouze v letech průměrných na déšť nebo i v letech velmi suchých, jako byl právě rok 2015.

V první části bakalářské práce je popsána obecně stoková síť a problematika balastních vod, včetně vysvětlení samotného pojmu balastní voda. Na to navazují jednotlivé způsoby stanovení balastních vod a přístroje, které se používají při měření odpadních vod. Nezbytnou součástí práce je popis zájmové lokality, tedy města Planá nad Lužnicí a její kanalizační sítě.

V praktické části jsou vyhodnocena data naměřená na kanalizační síti v roce 2015, která jsou dále porovnána s daty z roku 2014. Spočtené množství balastních vod je doplněno o příslušné grafy a tabulky znázorňující o jak velké množství se jedná.

Přesná lokalizace bodových zdrojů balastních vod a návrhy opatření by byly svým rozsahem na širší práci, např. diplomovou, proto je v závěru uveden pouze obecný návrh opatření a možný zdroj balastních vod.

2 CÍLE

Úkolem této práce je popsat problematiku balastních vod. Metodou dlouhodobých bilancí vyhodnotit naměřená data na přítoku do centrální čerpací stanice odpadních vod v roce 2015. Tato data dále porovnat s rokem 2014, který byl celkově srážkově vydatnější než rok 2015. Výstupem práce je vyhodnocení množství balastních vod v Plané nad Lužnicí.

3 STOKOVÁ SÍŤ

Stokové soustavy se dělí na tři základní typy podle způsobu odvádění odpadních vod:

- jednotná stoková soustava
- oddílná stoková soustava
- modifikovaná stoková soustava

3.1 JEDNOTNÁ STOKOVÁ SOUSTAVA

Jednotná stoková soustava dopravuje veškeré odpadní vody svedené do kanalizace na ČOV společnou trubní sítí. Tento způsob přinášel mnohé technické i ekonomické výhody a byl upřednostňován bez ohledu na ekologická a hygienická rizika a hydraulickou zatíženost ČOV při dešťových průtocích. Při uvědomění těchto problémů se začaly hojně budovat dešťové oddělovače na stokové síti, které mají za úkol odlehčit zředěné odpadní vody. To jsou vody vyskytující se v kanalizaci během dešťových událostí, které jsou odváděny do recipientu bez většího čištění. Možností jak zamezit odtoku znečištěných odpadních vod do recipientu je akumulace vody v nádržích a její postupné vypouštění na čistírnu odpadních vod. Pokud je ale akumulace příliš dlouhá, kvalita odpadní vody se výrazně mění a zatížení ČOV je větší. Proto je někdy vhodné budovat spíše dešťové nádrže. [1, 7]

3.2 ODDÍLNÁ STOKOVÁ SOUSTAVA

Oddílná stoková soustava odvádí různé druhy odpadních vod většinou ve dvou nezávislých potrubích, někdy i ve více. Nejčastěji se prvním potrubím odvádí voda splašková a druhým potrubím voda srážková. Odpadní voda splašková je odváděna na ČOV a srážková odpadní voda je svedena do recipientu. Předpokladem je, že srážková voda odváděná do recipientu nevykazuje větší znečištění a nezhoršuje tak kvalitu vody v recipientu. V současnosti tomu tak ale není. Dešťová voda může být znečištěna nejen látkami, které se nachází na povrchu silnic, jako jsou úkapy pohonných hmot nebo minerální či organické látky, ale není vyloučené ani fekální znečištění odvodem z polí. Koncentrace znečištění závisí především na intenzitě deště, jeho trvání a na délce časového intervalu mezi jednotlivými dešti. [7]

Další nevýhodou oddílné stokové soustavy může být zbudování dvou potrubí v jenom výkopu. Dešťová stoka je sice větší, ale splašková se dimenzuje na menší průtok než dešťová, takže náklady na výstavbu nejsou oproti jednotné kanalizaci o tolik vyšší. [1]

3.3 MODIFIKOVANÁ STOKOVÁ SOUSTAVA

Je zřejmé, že jednotná a ani oddílná soustava nejsou nejlepším řešením pro odvedení odpadních vod, proto se v současné době častěji buduje modifikovaná stoková soustava. Její princip spočívá v tom, že splaškové vody jsou odváděny hluboko uloženou stokou a dešťové vody mělce uloženým potrubím. Při přívalu dešťové vody se nejprve plní splašková stoka. Po jejím zahlcení nad úroveň dna dešťové stoky se začne plnit spojovacím potrubím právě dešťová stoka a dochází tak k odtoku srážkové vody přímo do recipientu. Výhodou tedy je, že největší znečištění z oplachu terénu na začátku deště a z výplachu dešťové stoky je odvedeno splaškovou stokou na ČOV a do recipientu teče poměrně čistá voda. [7]

4 BALASTNÍ VODY

4.1 DEFINICE BALASTNÍCH VOD

Odpadní vody, které jsou odváděny do stokové sítě, mohou být splaškové odpadní vody, dešťové odpadní vody, průmyslové odpadní vody, infekční vody, oplachové vody a ostatní odpadní vody. Ostatní odpadní vody jsou vody, které nelze zařadit do některé z uvedených skupin a nazývají se vodami balastními. [14]

V České republice jsou balastní vody vnímány jako vody, které do kanalizace „nepatří“. V zahraničí se neseťkáme s pojmem balastní vody, nýbrž s pojmem infiltrace, tedy vody, které mají svůj původ ve srážkách. [6, 10]

Je ale otázkou zda balastní vody do kanalizace patří či nikoliv. Již pan William Lindley se touto otázkou zabýval při projektování a výstavbě pražské stokové sítě v 90. letech 19. století. Výstavbou drenáží uvažoval nad snížením hladiny podzemních vod při zakládání staveb. [10] Další výhodou existence balastních vod v potrubí je jeho proplachování při nízkém průtoku odpadních vod.

Dle ČSN 75 0161 jsou balastní vody definovány jako „*nežádoucí přítok vody do stokového systému a přípojek (převážně přítok podzemní vody netěsnostmi systému)*“. [2] Přítok balastních vod do ČOV by měl být co nejmenší. Je uváděna hodnota 15 % z denního průměrného bezdeštného přítoku. [3]

4.2 ZDROJE BALASTNÍCH VOD

Balastní vody mohou stokovou síť zatěžovat nárazově nebo kontinuálně.

Mezi nárazové zatížení řadíme havárii vodovodních řadů a přítoky podzemní vody, která vniká do potrubí při výstavbě stok nebo jiných inženýrských sítí a podzemních staveb.

Nejpodstatnějším zdrojem kontinuálně odváděných balastních vod v systému kanalizace jsou vody vnikající do stok netěsnostmi spojů, napojením stok na objekty a do objektů na stokové síti. Dalším neopomenutelným zdrojem může být drenážní potrubí trvale snižující hladinu podzemní vody na místech pro výstavbu objektů či ze zemědělských ploch nebo voda ze zrušených potoků a rybníků. Kontinuálně jsou odváděny i vody pitné a užitkové netěsnými vodovodními sítěmi nebo domovními instalacemi. Do stokové sítě

mohou být zaústěny i chladicí neznečištěné vody a kondenzátory z továren. Přítok balastních vod do potrubí je především ovlivněn hladinou podzemní vody vzhledem k uložení stoky.

Neznečištěné podzemní vody je dovoleno vypouštět do dešťové stoky oddílné soustavy. Do stok jednotné soustavy nebo splaškové stoky oddílné soustavy je možné vypouštět tyto vody pouze výjimečně se souhlasem provozovatele kanalizace. [14]

4.3 NEGATIVNÍ DOPADY BALASTNÍCH VOD

Balastní vody zvyšují průtok odváděných splaškových vod na ČOV a hydraulicky zatěžují objekty ČOV. Je nutná zvýšená výstavba přepadů na dešťových oddělovačích. Splašková voda je ochlazována a ředěna, což negativně ovlivňuje biologické čištění a zvyšují se tak náklady na provoz ČOV. S velkým procentuálním podílem balastních vod jsou spojeny náklady na elektrickou energii, např. při čerpání. [6]

Množství balastních vod má výrazné neekonomické dopady pro vlastníky a provozovatele stokové sítě.

4.4 ZABRÁNĚNÍ VNIKU BALASTNÍCH VOD DO KANALIZACE

Nejprve je nutné kvantifikovat zdroje balastních vod a poté je lokalizovat. Před použitím kamerového systému, který je nákladný, je vhodné dát přednost kontrole a měření odpadních vod v šachtách správnou metodou. [6]

Plošné odstranění balastních vod není otázkou jen vysoké finanční náročnosti, ale i změny hladiny podzemní vody. Proto je důležitější a i levnější odstraňovat lokální zdroje balastních vod (sledování dešťových událostí a hladiny podzemní vody) než rekonstruovat kanalizační potrubí. [10]

5 STANOVENÍ MNOŽSTVÍ BALASTNÍCH VOD

5.1 ZPŮSOBY STANOVENÍ MNOŽSTVÍ

Množství balastních vod se vyjadřuje jako procentuální podíl k průměrnému bezdeštnému dennímu průtoku všech odpadních vod (Q_{24}). Ve špatném stavebně - technickém stavu je vhodné vyjadřovat balastní vody jako specifický přítok za jednotku délky stokové sítě bez či s ohledem na materiál a profil stok ($l/s.km^{-1}$) nebo na odvodňovanou či redukovanou plochu povodí ($l/s.ha$). [18]

5.1.1 METODA DLOUHODOBÝCH BILANCÍ

Metoda založená na dlouhodobém monitoringu přítoku na ČOV nebo do uzávěrného profilu stoky je nazývána metodou dlouhodobých bilancí. Je ale nutné vyřadit průtoky v době dešťových událostí. Nezbytná jsou také data z měření na přivaděči pitné vody do zájmového území. Základní metodika spočívá v porovnání referenčních hodnot objemů splaškové vody s reálně naměřenými objemy odpadní vody.

Tato metoda je poměrně nákladná, ale přesná. Nicméně podává pouze průměrnou časovou informaci o průtoku balastních vod a nelze jí popsat vliv hydrologických podmínek v povodí na časovou změnu. Vzhledem k malé dostupnosti dat se metoda nevyužívá na menších povodích.

Pokud předpokládáme, že se do kanalizace dostane všechna voda fakturovaná, která je měřena v dané zájmové oblasti, pak platí vztah:

$$Q_{BAL} = \frac{(\int_t^{t+T} Q_{OV} dt - \int_t^{t+T} Q_{SPOT} dt)}{T} \quad (1)$$

kde Q_{OV} je přítok vody na ČOV nebo na jiný uzávěrný profil,

Q_{SPOT} je přítok vody z přivaděčího řadu,

Q_{BAL} je množství balastních vod,

T je celková doba pozorování. [19]

Nevýhodou metody je skutečnost, že se do kanalizace nedostane veškerá voda fakturovaná (zalévání zahrad, vaření, pití).

5.1.2 METODA ČASOVÉ ZMĚNY HMOTNOSTNÍHO TOKU SPECIFICKÝCH POLUTANTŮ

Tato metoda je založena nejen na kvantitativních parametrech jako je sledování množství odpadní vody $Q_{OV}(t)$, ale i na kvalitativních parametrech, tedy koncentracích odpadních vod $C_{OV}(t)$. Pro správnost metody je nutné počítat pouze s bezdeštnými dny. Za zjednodušeného předpokladu (nejsou uvažovány průmyslové odpadní vody a balastní vody jsou pouze vody infiltrované podzemní vody):

$$Q_{OV}(t) = Q_{SPL}(t) + Q_{BAL}(t) \quad (2)$$

lze směšovací rovnici ve sledovaném profilu vyjádřit ve tvaru:

$$C_{OV}(t) = \frac{Q_{SPL}(t) \cdot C_{SPL}(t) + Q_{BAL}(t) \cdot C_{BAL}(t)}{Q_{OV}(t)} \quad (3)$$

kde $C_{SPL}(t)$ představuje koncentraci pozorovaného parametru ve splaškové vodě

$C_{BAL}(t)$ vystihuje koncentraci pozorovaného parametru v balastní vodě.

Vhodnými ukazateli látkového znečištění odpadních vod jsou CHSK, nerozpuštěné látky (NL), teplota, vodivost nebo $N - NH_4^+$.

Pro jednoznačné řešení je nutné zavést několik předpokladů. Prvním z nich je konstantní průtok balastních vod po dobu pozorování. Konstantní musí být také koncentrace pozorovaných ukazatelů znečištění ve splaškové, resp. v balastní vodě. Je patrné, že ideální kvalitativní ukazatel je takový, pro který platí $C_{SPL} = 0$ a $C_{BAL} = konst.$ nebo naopak. V balastních vodách je zvýšená koncentrace např. CHSK a naopak ve vodách podzemních Ca^+ , proto jsou používány právě tyto ukazatele.

Úpravou a dosazením předpokladů do rovnice (3) lze rovnici psát jako:

$$Q_{OV}(t) = \frac{Q_{BAL} \cdot C_{SPL}}{C_{SPL} - C_{OV}(t)} \quad (4)$$

která představuje nelineární hyperbolický model.

Výhodou je velmi přesné určení okamžitých hodnot a nevýhodou je měření pouze pro okamžité hodnoty, nikoliv však pro průměrné množství balastních vod.

5.1.3 METODA MINIMÁLNÍCH NOČNÍCH PRŮTOKŮ

Pravděpodobně nejpoužívanější metodou pro kvantifikaci zdrojů balastních vod ve stokové síti je metoda sledování minimálních nočních průtoků. Tato metoda je založena na předpokladu, že všechna voda, která v nočních hodinách (2 – 4 hod ráno) protéká stokovou sítí, je voda balastní. Metodu lze vyjádřit vzorcem:

$$Q_{BAL} \approx Q_{OVmin} \quad (5)$$

kde Q_{BAL} jsou balastní vody ve stokové síti

Q_{OVmin} je minimální přítok vody na ČOV nebo na jiný uzávěrný profil.

Předpokladem je, že v tento okamžik stokovou sítí neprotéká žádná voda splašková. Tento předpoklad ale nevystihuje reálné podmínky především ve větších městech, kde jsou produkovány splaškové vody i v nočních hodinách z důvodu nočních provozů některých firem a odlišného životního stylu lidí. [19]

6 MONITORING ODPADNÍCH VOD

Měření na stokové síti je realizováno především pro zjištění reálných informací o chování určité stokové sítě. Díky monitoringu je možné řešit detailní problémy sítě, optimálně nastavit parametry objektů na stokové síti, vytvořit matematický model sítě nebo eliminovat a dohledat zdroje balastních vod. Dále je měření důležité v případě investic nebo argumentace při pojistných událostech.

6.1 PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ ODPADNÍCH VOD

System měření na kanalizační síti a měření srážek spočívá v měření průtoků na určitých bodech stokové sítě, měření hladin v dešťových oddělovačích a měření srážek v povodí.

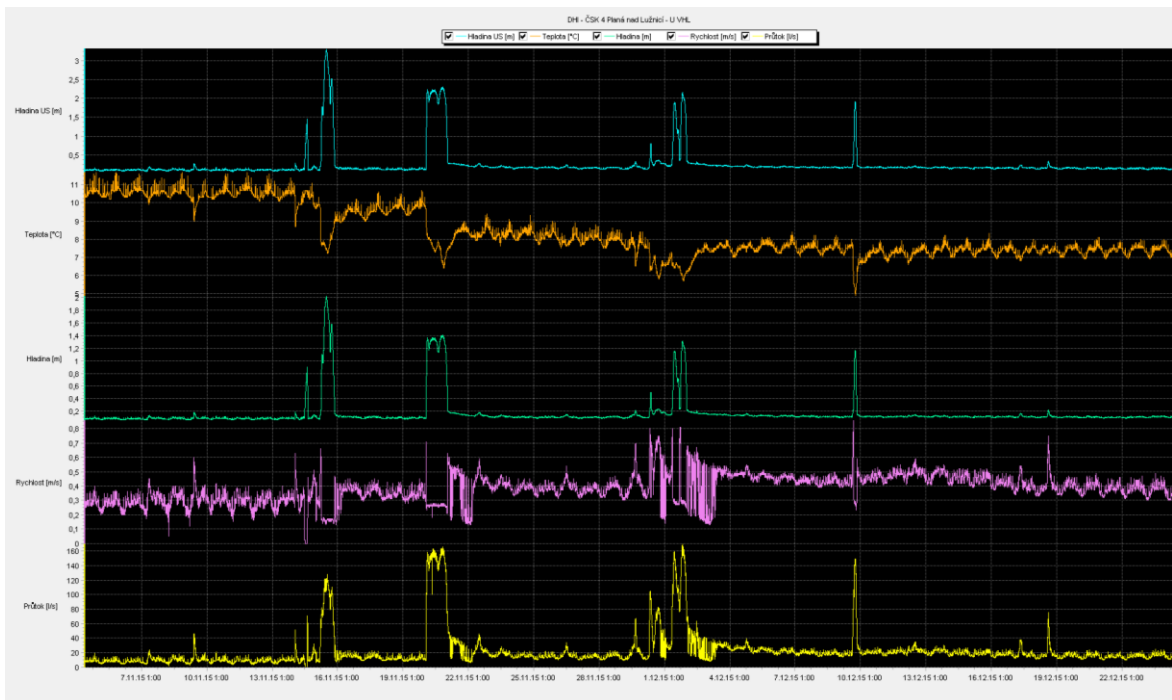
Většina instalovaných přístrojů je opatřena také registrační jednotkou, která je vybavena GPRS modemem pro dálkový přenos dat. To právě umožňuje každodenní kontrolu měření a rychlost identifikace poruch nebo výpadků měření. Je doporučována každodenní kontrola napětí baterie a průběhu měřených hodnot. [11]

6.1.1 REGISTRAČNÍ A ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA FIEDLER M4016 - G

Společnost Fiedler vyvinula tento typ řídicí jednotky (Obr. 1) po 20 letech výroby obdobných přístrojů. Na vývoji se podílely také vodohospodářské společnosti, které svými požadavky zdokonalily přístroj, který má široké využití v celé řadě aplikací. V plném vybavení v sobě jednotka zahrnuje univerzální datalogger, telemetrickou stanici s vestavěným GSM/GPRS modulem, programovatelný řídicí automat, PI regulátor a ve spojení s ultrazvukovými snímači hladiny vícenásobný průtokoměr. Řídicí jednotka může pracovat v nepříznivých podmínkách a může být rozšířena o externí moduly díky své modifikovatelnosti. Celková kapacita paměti je více jak 400 000 hodnot, což vydrží bez přepisu dat několik let provozu. Data jsou následně posílána na dispečink (Obr. 2). Celá elektronická část jednotky je uzavřena v kompaktním kovovém odlitku a většinou i v robustní plastové skříni, což chrání tento kompaktní proti nepříznivým jevům. [5]



Obr. 1 Řídící jednotka Fiedler M4016 – G [5]



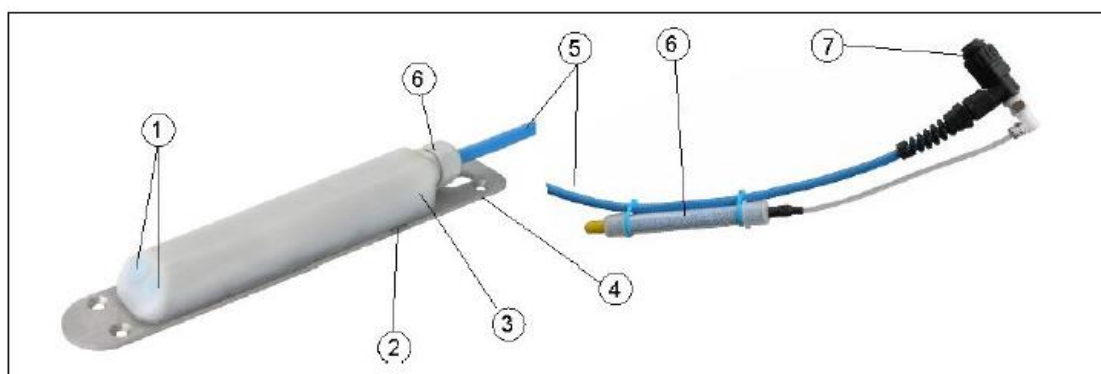
Obr. 2 Zobrazení dat v dispečinku

6.1.2 PRŮTOKOMĚR M4016 – KDO

Sestava pro měření průtoku (Obr. 3) se skládá z KDO senzoru, řídicí jednotky a při měření průtoku v otevřeném korytě i ze snímače výšky hladiny. KDO senzor se umísťuje na dno žlabu (Obr. 4) nebo stěnu potrubí a pracuje na Dopplerově principu. Senzor vysílá pod úhlem 45° do měřeného média sérii ultrazvukových pulsů a rychlost proudění se vyhodnocuje na základě měření frekvenčního posunu signálu odraženého od unášených částic tokem. [5] KDO senzor měří hodnoty rychlosti proudění v rozsahu -6 m/s až +6 m/s. [20]



Obr. 3 Průtokoměr M4016 – KDO [5]



- 1 Čidlo pro snímání rychlosti
- 2 Čidlo pro měření hladiny pomocí tlaku (volitelné)
- 3 Tělo senzoru
- 4 Montážní deska
- 5 Kabel
- 6 Kabelová průchodka
- 7 Konektor pro připojení k jednotce, IP68 (volitelné)
- 8 Vlhkostní filtr (volitelné, připojen ke konektoru 7)

Obr. 4 Senzor upevňovaný na dno [20]

Je nutné vizuálně kontrolovat senzor (zanesení nečistotami, zasypání sedimentem), kabely (navěšené nečistoty, uvolnění částí) a funkčnost registrační jednotky (připojení, stahování dat). V případě nabalení nečistot na senzor (Obr. 5) se doporučuje použít režný smeták a proti proudu odstranit nečistoty hlavně v místě tlakového čidla, případně odstranit zachycené nečistoty. [11]



Obr. 5 Zanesení průtokoměru nečistotami [11]

6.1.3 SRÁŽKOMĚR SR03

Srážkoměr SR03 se záchytnou plochou 500 cm² je určen pro měření tekutých i tuhých srážek. Využívá principu děleného překlápěcího člunku.

Konstrukce srážkoměru je vyrobena z kvalitních materiálů (Obr. 6). Válcový plášť, nálevka a kruh v horní části, který vytváří přesnou plochu pro dopadající srážky, jsou zhotoveny z hliníkové slitiny. Mechanismus pro překlápění člunku je umístěn uvnitř válce srážkoměru spolu s libelou pro kontrolu vodorovné polohy a dalšími komponenty. Člunek je vyroben z plastu a osička člunku z drátu z nerezavějící oceli. Nad nálevkou je umístěna pružina, která zabraňuje vstupu hrubých nečistot do výtoku (Obr. 23).

Měření srážek je založeno na počítání pulsů od překlopení děleného překlápěcího člunku (1 puls = 0,1 mm srážek) (Obr. 7). Srážky protékají otvorem ve středu nálevky do horní poloviny děleného nakloněného člunku. Pokud se horní polovina naplní určitým množstvím srážek, člunek se překlopí a současně vyteče voda z nyní spodní poloviny člunku a pod výtokem nálevky je druhá polovina člunku. Toto střídání probíhá po celé délce trvání deště. Připojená registrační jednotka pak vypočítá z počtu pulsů a z prodlevy mezi pulsy celkové množství srážek i maximální intenzitu deště.

Konstrukce je umístěna tak, aby se sběrná plocha srážkoměru nacházela 1 m nad terénem. Používá se většinou nerezový stojan S301 a betonová dlaždice.

Vytápěná verze srážkoměru SR03/V umožňuje nepřetržité měření srážek i v zimních měsících. Vestavěný mikroprocesorový regulátor zajišťuje postupné odtávání sněhu bez jeho vypařování a dvouokruhový regulátor řídí tepelný výkon tak, aby voda z tělesa srážkoměru znovu nenamrzala. [5]



Obr. 6 Srážkoměr SR03 [5]



Obr. 7 Pohled do těla srážkoměru [17]

Údržba srážkoměrných stanic zahrnuje odstranění nečistot ze záchytné plochy srážkoměru (listí, jehličí, ptačí trus), kontroly možného ovlivnění (překážky) a kontroly stability dlaždice a stojanu se srážkoměrem. Četnost kontroly závisí na poloze umístění srážkoměrné stanice. [11] Instalaci korunky je možné omezit sedání ptáků na hranu srážkoměru (Obr. 23).

6.1.4 HLADINOMĚR

ULTRAZVUKOVÝ HLADINOMĚR

Ultrazvukový hladinoměr (Obr. 8) je založen na principu měření časové prodlevy mezi vyslaným a přijatým ultrazvukovým impulsem. Rychlost šíření je teplotně závislá, proto se provádí uvnitř snímače automatická teplotní korekce. Je vhodný pro bezkontaktní měření výšky hladiny v otevřených profilech a vodních tocích nebo pro měření výšky hladiny v jímkách a nádržích.

Ultrazvukový hladinoměr se používá převážně při nepříznivých podmínkách v kanalizačních šachtách a jímkách, kde je trvale vlhké prostředí. Ultrazvukový snímač je spolu s elektronikou obalen pláštěm z nerezové oceli. Nerezový návarek slouží jako úchyt pro držák, s jehož pomocí je možné umístit hladinoměr do svislé polohy nad hladinu. [5]



Obr. 8 Ultrazvukový hladinoměr US3200 [5]

TLAKOVÝ HLADINOMĚŘ

Tlakový plastový hladinoměr (Obr. 9) slouží k měření výšky hladiny silně znečištěných odpadních vod. Hladinoměr má místo nerezové membrány speciální snímač hydrostatického tlaku vyrobený z odolné korundové keramiky. [5]

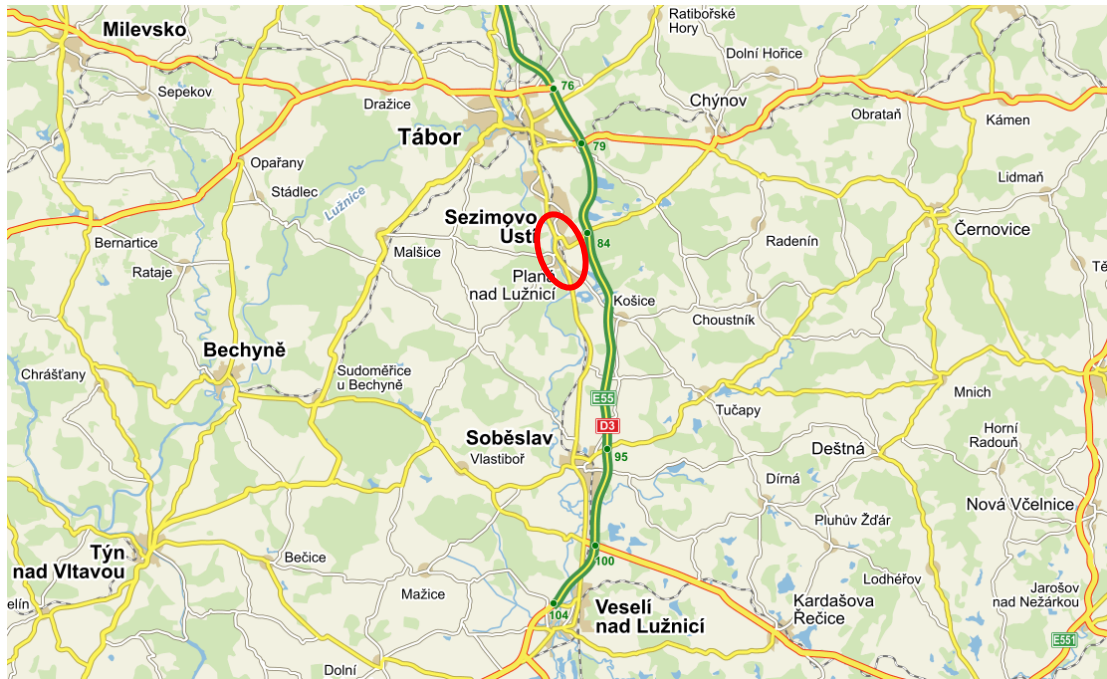


Obr. 9 Tlakový hladinoměr LMK 858 [5]

7 ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

7.1 POPIS OBCE PLANÁ NAD LUŽNICÍ

Město Planá nad Lužnicí leží 7 km jižně od Tábora v Jihočeském kraji na řece Lužnici (Obr. 10). Kolem města je veden hlavní dopravní tah od Prahy do Českých Budějovic, tj. dálnice D3.



Obr. 10 Poloha města Planá nad Lužnicí [12]

Původní zmínky o Plané nad Lužnicí jsou z 13. století, kdy byla součástí pražského biskupství. Dalšími majiteli byli Vilém z Rožmberka, který zde vybudoval dřevěný most přes řeku Lužnici nebo Petr Vok. Město je poznamenáno husitskými válkami i 30-ti letou válkou. V roce 1848 se stává samostatnou obcí s osadami Strkov a Lhota Samoty. Po vzniku samostatného Československa dochází v městečku na Lužnici ke značnému rozvoji společenského a kulturního života a Planá se stává i přes značnou průmyslovou výrobu (závod Silon, Madeta, Masokombinát, Vodní stavby) významným rekreačním střediskem.

Mezi významné stavby v Plané se řadí kostel sv. Václava se slunečními hodinami, fara na ulici ČSLA č. p. 1, pomník obětem druhé světové války u ZŠ a vila č. p. 4 v Ústrašické ulici, kde pobýval T. G. Masaryk.

Velká část katastru obce je vyhrazena průmyslovému areálu (Kostelecké uzeniny a.s., Madeta, Silon, ELK apod).

V současné době má Planá nad Lužnicí 3663 obyvatel. V letních měsících dosahuje počet obyvatel až 12 000. [13]

7.2 HISTORIE ODVODNĚNÍ V PLANÉ NAD LUŽNICÍ

O vývoji kanalizace se bohužel nedochovaly téměř žádné dokumenty. K jejímu budování dochází patrně v druhé polovině 20. století, kdy jsou zatrubňovány přirozené odtoky, jejichž prostřednictvím se svádějí odpadní vody do řeky Lužnice. Významný koncepční posun přichází až v roce 1990, kdy jsou veškeré odpadní vody podchyceny pobřežním sběračem a přečerpávány pomocí centrální ČS do průmyslového přivaděče a následně jsou čištěny na AČOV Tábor.

7.3 SOUČASNÝ STAV STOKOVÉ SÍTĚ

Ve městě Planá nad Lužnicí je vybudován převážně jednotný kanalizační systém a je odkanalizováno 100 % obce. Výjimku tvoří cca 20 rodinných domů, ze kterých jsou odpadní vody svedeny do odpadních jímek a pravidelně vyváženy. Jedná se o domky v ulici „V Hlinkách“ a „Ve Strži“, kde jsou nevhodné spádové podmínky pro napojení na stokovou síť města. [15]

Některé stoky v obci jsou staré více než 85 let. Většina stokové sítě byla vybudována v letech 1965 – 1975 a od té doby je stále doplňována dle potřeb nové zástavby. Vzhledem ke špatnému provoznímu stavu některých velmi starých stok je počítáno s jejich rekonstrukcí. Kanalizační systém obce Planá nad Lužnicí je rozdělen s ohledem k morfologickým podmínkám území do dvou oblastí vzájemně propojených. Město nemá svoji čistírnu odpadních vod, tudíž je veškerá odpadní voda svedena do sběrače „PP“, následně čerpána na centrální čerpací stanici u VHL a napojena na jednotný kanalizační systém tábořské aglomerace, která ústí do Tábora na areálovou čistírnu odpadní vod (AČOV). [15]

Vlastníkem kanalizace a ČOV je Vodárenská společnost Tábořsko s.r.o. a provozovatelem kanalizace i ČOV je ČEVAK a.s., provozní středisko Tábor. [16]

Kanalizační síť v Plané nad Lužnicí je převážně jednotná, částečně oddílná a odvádí odpadní vody splaškové i dešťové gravitačně i tlakově. V Plané se nachází tři přečerpávací stanice odpadních vod, jedna centrální čerpací stanice, osm dešťových oddělovačů a tři pískové komory. V zájmovém území se nenachází žádné výusti. Na stokovou síť je připojeno 1396 kanalizačních přípojek. [8, 16]

V tabulce Tab. 1 je uveden výčet objektů, které jsou napojeny na kanalizační síť v Plané nad Lužnicí.

Tab. 1 Objekty napojené na kanalizaci [8, 16]

BYTOVÝ FOND	OBČANSKÁ VYBAVENOST	OSTATNÍ OBJEKTY
obyvatelstvo	drobné provozovny	Silon a.s.
	technické služby	AES s.r.o.
	základní školy	Kostelecké uzeniny a.s.
	mateřské školy	Madeta a.s.
	dům s pečovatelskou službou	ELK
	knihovna	Lesy ČR
	požární zbrojnice aj.	C-Energy Bohemia s.r.o.
		UKZÚZ a další
		UNISLUŽBY s.r.o.

KANALIZAČNÍ SÍŤ

V Příloze 1 je znázorněna podrobnější mapa kanalizační sítě v Plané nad Lužnicí včetně délek a materiálu jednotlivých potrubí. Celková délka stokové sítě je 27 913 m. Průměry potrubí se pohybují v rozmezí od DN 50 do DN 1200. Nejčastějším materiálem použitým na stokové síti je beton, PVC, PE, PP, dále pak kamenina, ocel a kanalizační cihly. [16]

Stoková síť je rozdělena na několik hlavních stok označených písmeny „A“ až „I“, které jsou zaústěny do průmyslového sběrače „PP“. Páteřní stokou kanalizace v Plané nad Lužnicí je stoka „B“, na níž jsou napojeny další stoky celého systému. Je vedena od areálu firmy ELK v jihovýchodní části obce až k čerpací stanici na severním okraji obce. Trasa sběrače prochází údolní nivou řeky Lužnice. Sběrač (ocel s obetonováním, profil DN

630 a DN 800) je uložen v písčitém materiálu a hladina podzemní vody kopíruje hladinu v řece. [15, 16]

AREÁLOVÁ ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD (dále jen AČOV)

Odpadní vody z Plané nad Lužnicí jsou svedeny průmyslovým sběračem „PP“ do Tábora na AČOV (Obr. 11). Do čistírny jsou svedeny také odpadní vody z části Tábora, ze Sezimova Ústí a z průmyslových objektů. Tato čistírna se stala po modernizaci probíhající v letech 2013 - 2014 jednou z nejmodernějších v zemi a zpracovává odpadní vody od 90 000 ekvivalentních obyvatel (EO). Nátok na čistírnu je v průměru 3,7 mil m³ ročně.

V čistírně je použita obvyklá kombinace mechanického a biologického procesu. Hlavní technologická sestava se skládá ze dvou linek, proto bylo možné intenzifikaci provést za plného provozu čistírny.

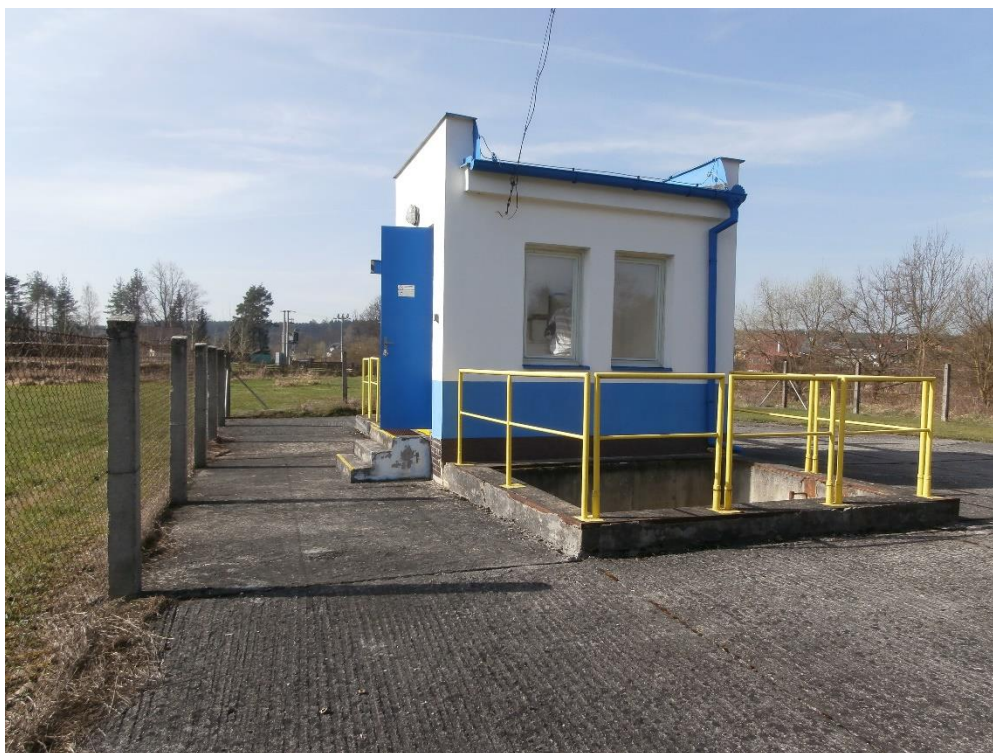
Odtok z AČOV Tábor je do řeky Lužnice, ř. km. 41,7, ČHP 1-07-04-066.



Obr. 11 Areálová čistírna odpadních vod v Táboře

ČERPACÍ STANICE ODPADNÍCH VOD

Splaškové vody jsou z odkanalizovaného území přiváděny na čerpací stanici (Obr. 12) v poměru ředění 1:4 pobřežním sběračem „B“ (Obr. 14). Déle jsou čerpány do průmyslového sběrače „PP“. Čerpací stanice odpadních vod byla navržena jako podzemní monolitický ŽB objekt s nadzemní částí a konstrukcí pro případné zdvižení čerpadel (Obr. 13). Odpadní vodu čerpají 2 čerpadla (Obr. 15) od výrobce KSB typu KRTE 150 - 401/354 UG - S s příkonem 38 kW, maximálním čerpacím množstvím 79,89 l/s a výtlačnou výškou 28,21 m (skutečná čerpací výška je 20 m). Spínání čerpadel závisí na výšce hladiny v nádrži, kterou měří ultrazvukový hladinoměr (Obr. 16). Chod jednotlivých čerpadel, poruchové stavy a dosažení maximální hladiny jsou přenášeny na centrální dispečink vlastníka kanalizace. ČS leží na pravém břehu řeky Lužnice pod benzinovou pumpou, kam je příjezdová cesta z ulice Ve Stržném. [16]



Obr. 12 Pohled na čerpací stanici



Obr. 13 Čerpací stanice s konstrukcí pro zvedání čerpadel



Obr. 14 Nátok do čerpací jímky



Obr. 15 Pohled na čerpadla v čerpací jímnice



Obr. 16 Čidlo pro měření hladiny na spínání čerpadel

PŘEČERPÁVACÍ STANICE ODPADNÍCH VOD

V Plané nad Lužnicí jsou realizovány 3 přečerpávací stanice. Ve dvou z nich jsou čerpány odpadní vody z levého břehu řeky Lužnice do sběrače „B“ umístěného na pravém břehu řeky. Jsou to ČSOV Ústrašická (za mostem směrem k Ústrašicím) a ČSOV Na Břehách (zástavba rodinných domů směrem na Choustník). Další odpadní vody jsou přečerpány ze souboru rodinných domů ČSOV Nad Hejtmanem. ČSOV Na Břehách přečerpává pouze „suché splašky“, protože právě v této lokalitě je vybudována oddílná kanalizace. [16]

8 MONITORING VOD V PLANÉ NAD LUŽNICÍ

V Plané nad Lužnicí je umístěn jeden srážkoměr a v měrném profilu Q4bH, který je součástí čerpací stanice u VHL, se nachází průtokoměr a tlakový hladinoměr. Umístění měrných profilů je zakresleno v situaci v Příloze 2.

8.1 MĚRNÝ PROFIL Q4bH

Měrný profil Q4bH se nachází v čerpací stanici na okraji Plané nad Lužnicí směrem k Táboru. V profilu, který byl instalován v rámci projektu „Realizace systému měření na kanalizační síti a srážek ve městech Tábor, Planá nad Lužnicí a Sezimovo Ústí“ je umístěna řídicí jednotka, průtokoměr a hladinoměr. Oba měřicí přístroje jsou umístěny v dešťovém oddělovači (Obr. 17), do kterého je vstup zajištěn skrz čtvercový otvor. Tvar dešťového oddělovače je obdélníkový s nátokovým kruhovým profilem DN600.



Obr. 17 Dešťový oddělovač před ČSK

8.1.1 ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA

Řídící jednotka typu Fiedler M4016 je umístěna ve skříňce (Obr. 18) v domku čerpací stanice (Obr. 12). K manipulaci s jednotkou jsou oprávněni jen příslušní pracovníci od provozovatele. Na displeji (Obr. 19) lze přepínat hladinu vody v dešťovém oddělovači, průtok vody na konci potrubí, teplotu a další měřené parametry odpadní vody.



Obr. 18 Umístění řídicí jednotky



Obr. 19 Řídící jednotka Fiedler M4016

8.1.2 PRŮTOKOMĚR

Průtokoměr s KDO senzorem je umístěn co nejdále do stoky ve dně (Obr. 20) v nátokové části na typizovaný nerezový rozpěrný kruh pevně kotvený do stěny stoky.



Obr. 20 Průtokoměr - senzor KDO

8.1.3 HLADINOMĚR

Pro měření výšky hladiny je použito tlakové čidlo LMK858 od firmy BD Senzor, které je umístěno v dešťovém oddělovači pod nerezovým krytem (Obr. 21). Data jsou přenášena do registrační jednotky.



Obr. 21 Tlakový hladinoměr

8.2 SRÁŽKOMĚR

Člunkový srážkoměr typu SR03 je umístěn na střeše Domu s pečovatelskou službou v ulici Zákostelní (Obr. 22). Je opatřen registrační jednotkou, která zaznamenává srážkové úhrny a odesílá je na dispečink. Senzor je nevytápěný a má označení S05. Srážkoměr je opatřen korunkou proti sedání ptáků na hranu válce (Obr. 23).



Obr. 22 Umístění srážkoměru na střeše včetně řídicí jednotky



Obr. 23 Pohled do srážkoměru včetně korunky

9 PŘIVADĚČ PITNÉ VODY

Zásobování města Planá nad Lužnicí je v současné době řešeno dálkovým přivaděčem, z cca 80 km vzdáleného centrálního zdroje Jihočeské vodárenské soustavy, z úpravny vody Plav, která odebírá povrchovou vodu z nádrže Římov, na řece Malši. Zdroj se nachází cca 20 km jižně od Českých Budějovic.

Město je připojeno na dálkový řad třemi přípojkami. V příloze 3 jsou v situaci města zakreslena odběrná místa z dálkového řadu. První šachta je v ulici Chýnovská (Obr. 24, Obr. 25, Příloha 4), druhá u městské části Strkov (Příloha 5) a třetí nově od října 2015 nad rybníkem Hejtman (Příloha 6). Z redukční vodoměrné šachty na ulici Chýnovská jsou zároveň zásobovány i nedaleké Ústrašice (Příloha 7).



Obr. 24 Šachta na vodovodní přípojce v ulici Chýnovská



Obr. 25 Vodoměrná sestava včetně redukčního ventilu na přípojce z dálkového řadu – ulice Chýnovská

10 DATA Z ROKU 2014

V roce 2014 byly srážkové úhrny v Plané nad Lužnicí 506,6 mm. Dle ČHMÚ ale spadlo v Jihočeském kraji průměrně 676 mm srážek. Rok 2014 byl srážkově normální. [4] V tomto roce bylo 101 dní vyhodnoceno jako deštivých, kdy úhrny překročily hodnotu 1 mm. Ze zbylých 264 dní (bezdeštné dny) bylo vyhodnoceno množství balastních vod obsažených v odpadních vodách (Tab. 2). V průměru přiteklo na ČSK 2059 m³/den a průměrný denní odtok byl vypočten na hodnotu 440 m³/den. Z celkového množství odpadních vod zaujímají vody balastní 79 %.

Tab. 2 Procentuální zastoupení balastních vod v odpadních vodách včetně deštivých událostí i bez deštivých událostí v roce 2014

včetně deštivých událostí		
	m ³	%
průměrný denní objem odpadních vod na ČSK	2433	100
průměrná denní spotřeba - odtok do SS	449	18
průměrný denní objem balastních vod	1984	82
bez deštivých událostí		
	m ³	%
průměrný denní objem odpadních vod na ČSK	2059	100
průměrná denní spotřeba - odtok do SS	440	21
průměrný denní objem balastních vod	1620	79

11 STANOVENÍ PODÍLU BALASTNÍCH VOD V ROCE 2015

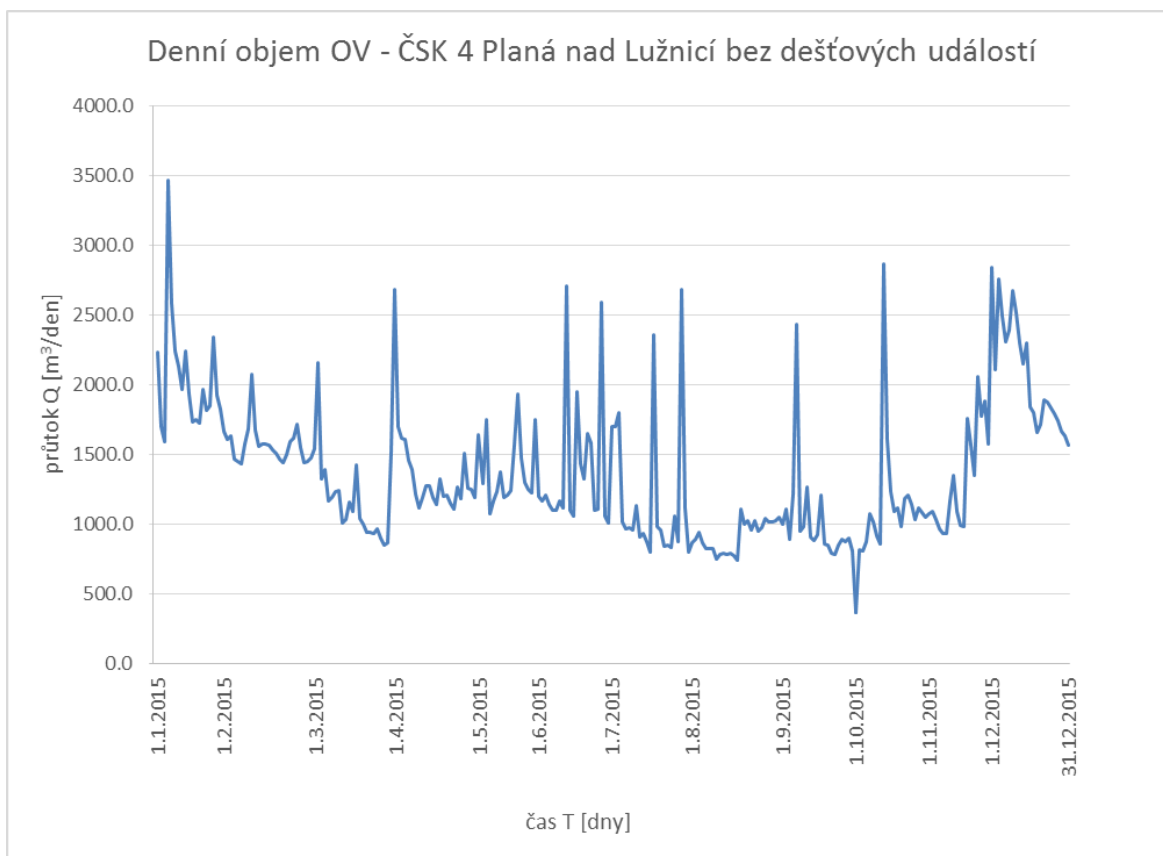
11.1 METODIKA A VSTUPNÍ DATA

Pro stanovení procentuálního podílu balastních vod v Plané nad Lužnicí byla zvolena metoda dlouhodobých bilancí. Vstupní data, která jsou nutná pro vyhodnocení, byla získána fakturací a z dispečinku Vodárenské společnosti Tábořsko s.r.o., kam jsou data posílána z řídicích jednotek. Vstupními daty jsou:

- denní spotřeba vody RVŠ Planá nad Lužnicí - Chýnovská
- denní spotřeba vody RVŠ Planá nad Lužnicí – Strkov - obec
- denní spotřeba vody RVŠ Planá nad Lužnicí – Strkov - Nad Hejtmanem
- denní spotřeba vody – předávka vody do Ústrašic
- denní spotřeba vody Kostecké uzeniny a.s. a Zemědělské družstvo Nová Ves
- denní spotřeba – stočné z jiného zdroje
- denní srážkové úhrny
- denní průtok odpadní vody v profilu Q4bH

11.2 VYHODNOCENÍ DAT Z ROKU 2015

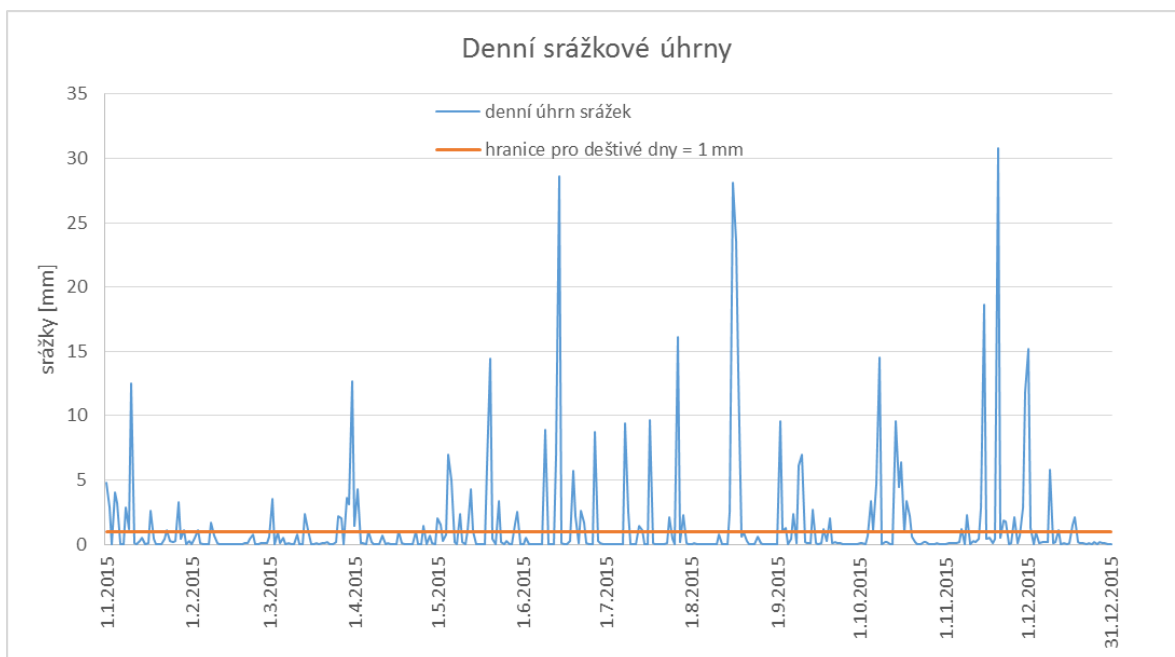
Průtoky odpadních vod v profilu Q4bH jsou zaznamenávány v časovém kroku 2 minut. Pro vyhodnocení byla použita denní data v 6:00 ráno a to pouze v ty dny, které nebyly považovány za deštivé (Příloha 8). Hodnoty byly poté vyneseny do grafu (Graf 1). Průměrný denní přítok odpadních vod na ČSK 4 byl 1369 m³/den. V devíti dnech roku 2015 byl přítok odpadních vod vyšší než 4000 m³/den, 21. listopadu 2015 dosáhl přítok 16 162 m³/den. Těchto devět bezdeštných dní následovalo po deštivých dnech, kdy byly srážky poměrně vysoké, proto byly z celkových dat také vyřazeny.



Graf 1 Denní objem odpadních vod na přítoku do čerpací stanice

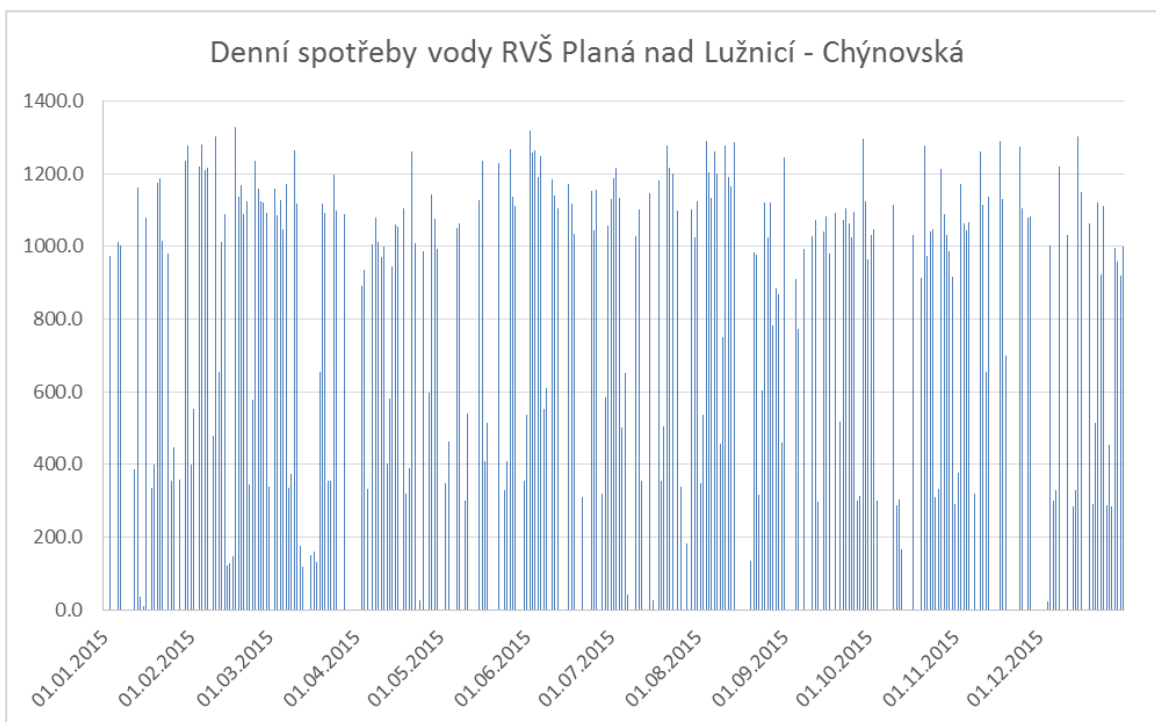
Za deštivé dny byly považovány ty, kdy úhrn srážek dosáhl hodnoty 1 mm a více. Hodnoty pod 1 mm jsou většinou způsobeny mlhou, rosou, apod. Deštivé dny byly ze všech denních dat vyškrtnuty a pro posouzení byla ponechána jen data za bezdeštného období. V roce 2015 bylo 94 dní se srážkami většími než 1 mm (Graf 2). Dalších 9 dní bylo vyřazeno z důvodu většího množství nátoků na ČSK, protože tyto dny následovaly po dnech deštivých. Ze zbylých 262 dní bylo možné stanovit roční srážkový úhrn, který činil 499,3 mm.

Dle portálu ČHMÚ byl rok 2015 považován za suchý oproti jiným rokům, kdy byl v Jihočeském kraji naměřen roční úhrn srážek o 100 až 150 mm vyšší. [4]

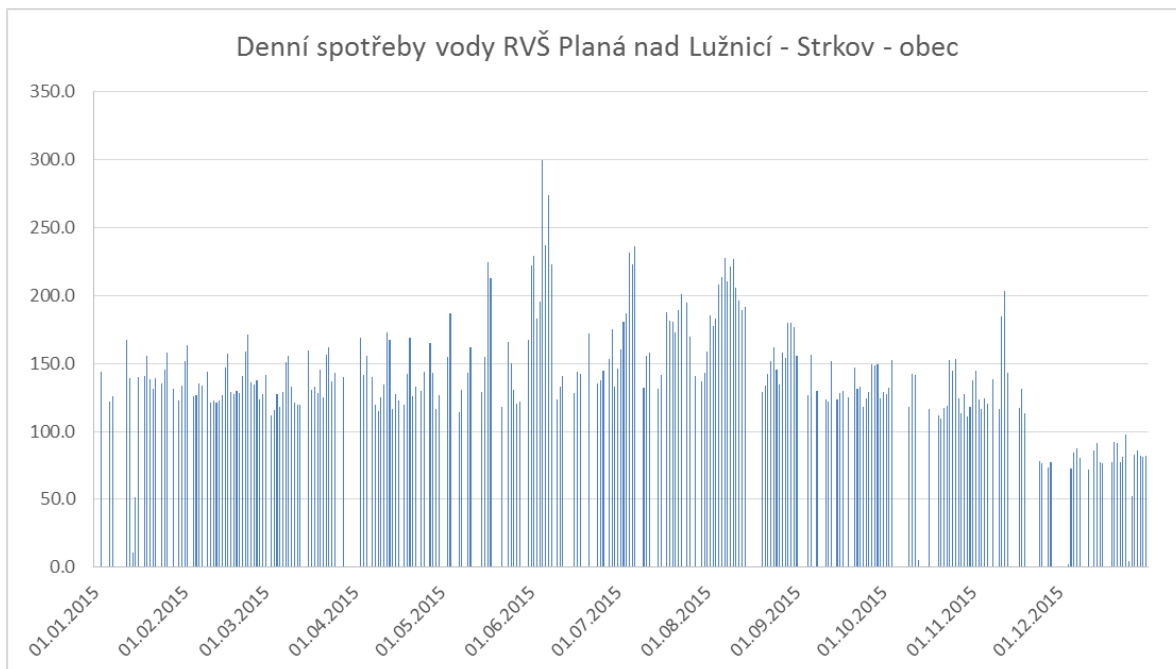


Graf 2 Denní srážkové úhrny naměřené srážkoměrem S05

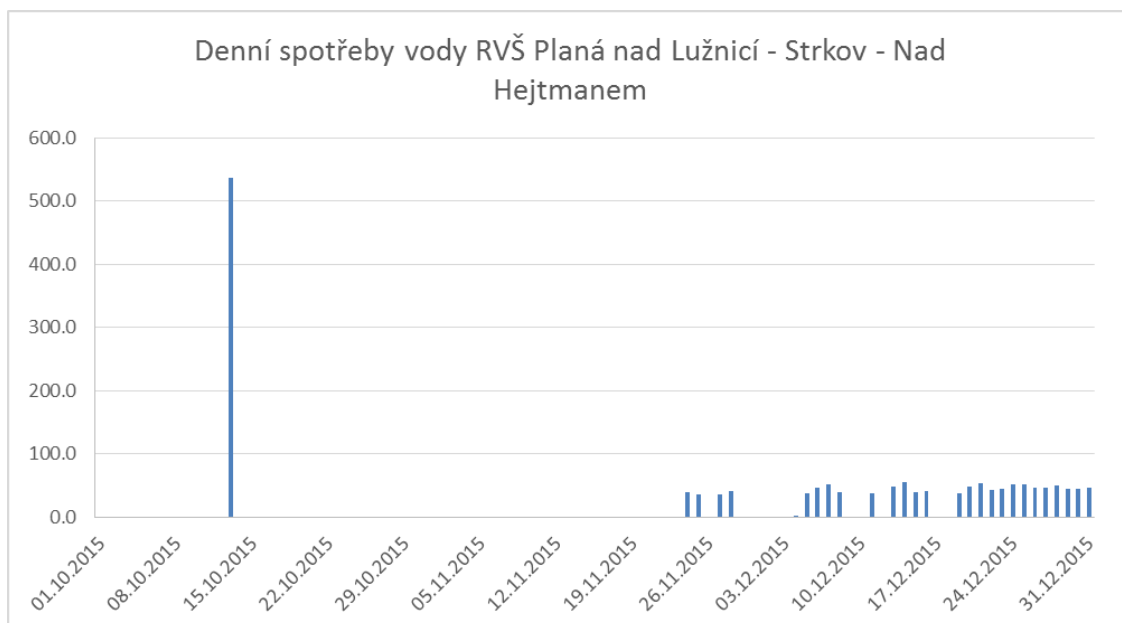
Pro denní spotřebu vody z vodovodního řadu na profilech RVŠ Planá nad Lužnicí - Chýnovská, RVŠ Planá nad Lužnicí – Strkov - obec i RVŠ Planá nad Lužnicí – Strkov - Nad Hejtmanem jsou použita denní data z 6:00 ráno (Příloha 8). Měření probíhá v pravidelném intervalu 10 minut. Odběrné místo Chýnovská je ze všech tří nejvytíženější (Graf 3). Zásobuje největší část města (Příloha 3) včetně obce Ústrašice a více jak 64 % denního odběru slouží firmě Kostelecké uzeniny a.s. na provoz jatek. Šachta Strkov – obec (Graf 4) zásobovala pitnou vodou zbytek města, ale v říjnu 2015 byla uvedeno do provozu další odběrné místo s názvem RVŠ Strkov - Nad Hejtmanem, které nyní zásobuje nejjižnější část města. Průměrný denní odběr v RVŠ Chýnovská je 845 m³, v RVŠ Strkov – obec 140 m³ a v RVŠ Strkov – Nad Hejtmanem 43 m³. Odběrné místo Nad Hejtmanem (Graf 5) se začalo využívat 13. října 2015 a to pouze jedním významným odběrem. Průměr odběru je tedy spočten až od každodenního využívání redukční vodoměrné šachty, tedy 21. listopadu 2015.



Graf 3 Denní spotřeba vody naměřená v redukční vodoměrné šachtě profilu Planá nad Lužnicí - Chýnovská

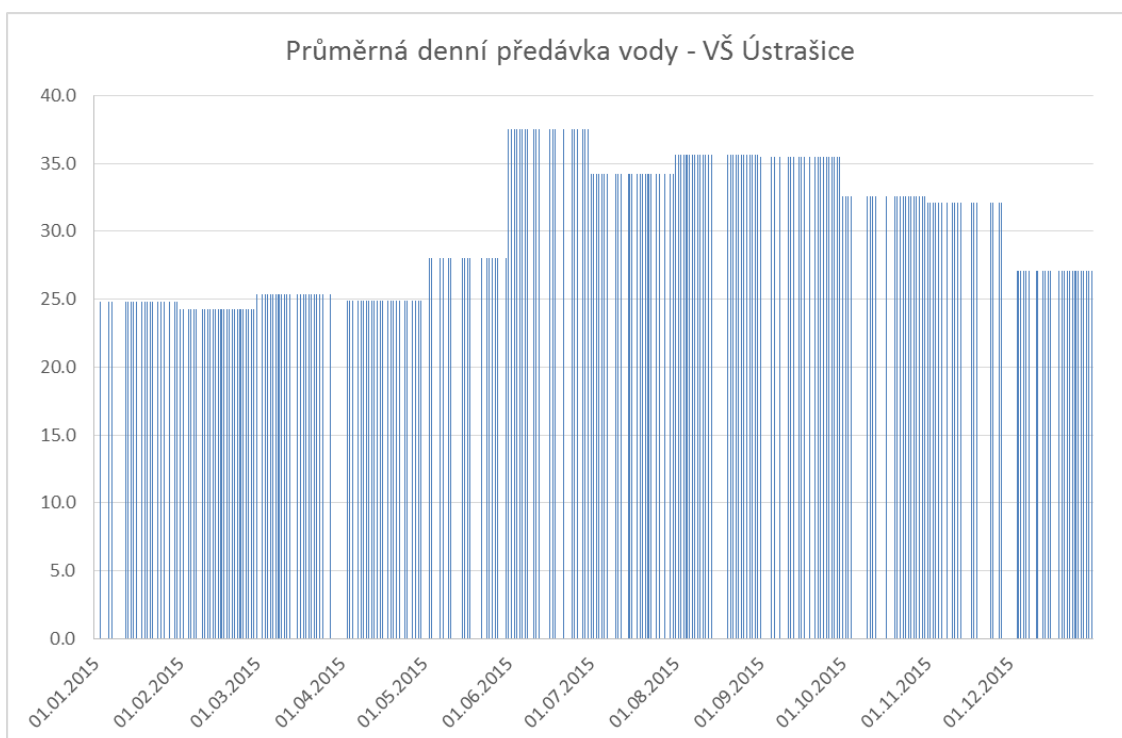


Graf 4 Denní spotřeba vody naměřená v redukční vodoměrné šachtě profilu Planá nad Lužnicí - Strkov - obec



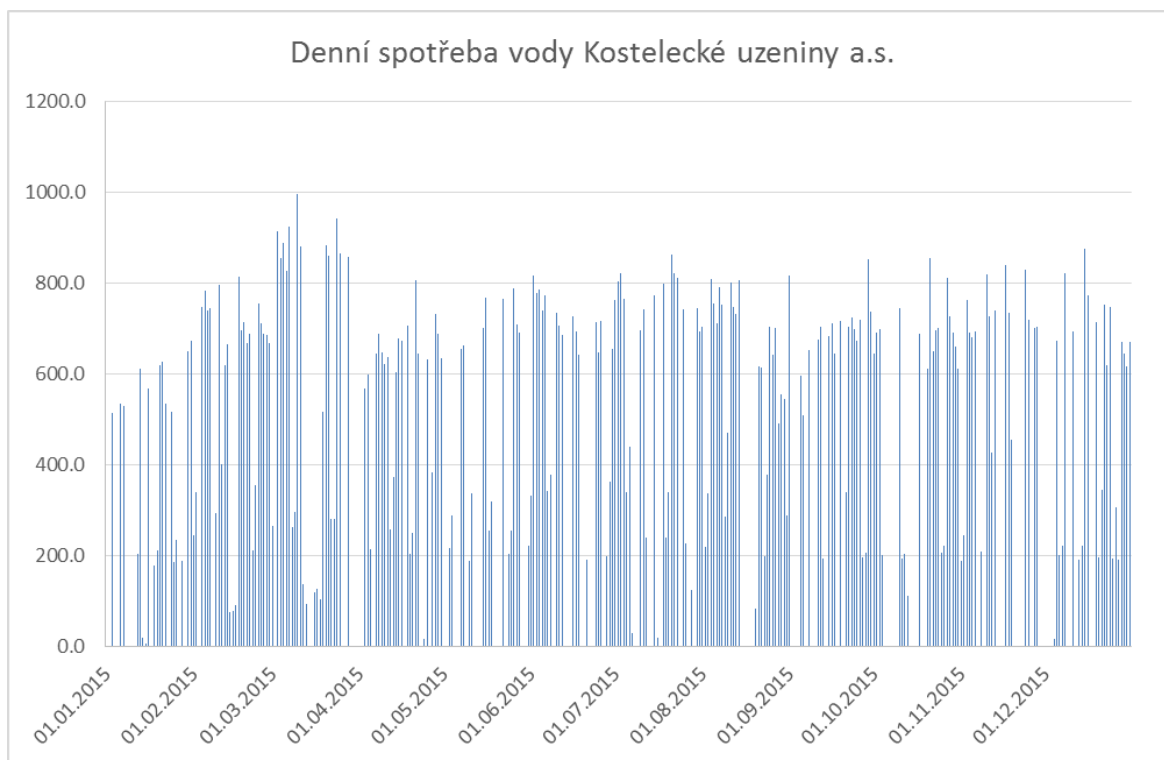
Graf 5 Denní spotřeba vody naměřená v redukční vodoměrné šachtě profilu Planá nad Lužnicí - Strkov - Nad Hejtnanem

Část vody z dálkového řadu, kterou odebírá město Planá nad Lužnicí, je předávána do obce Ústrašice (Graf 6, Příloha 8). Průměrná denní hodnota předávky je 30 m³. Získaná data byla k dispozici pouze měsíčně, proto bylo nutné měsíční hodnoty rozdělit rovnoměrně na jednotlivé dny.



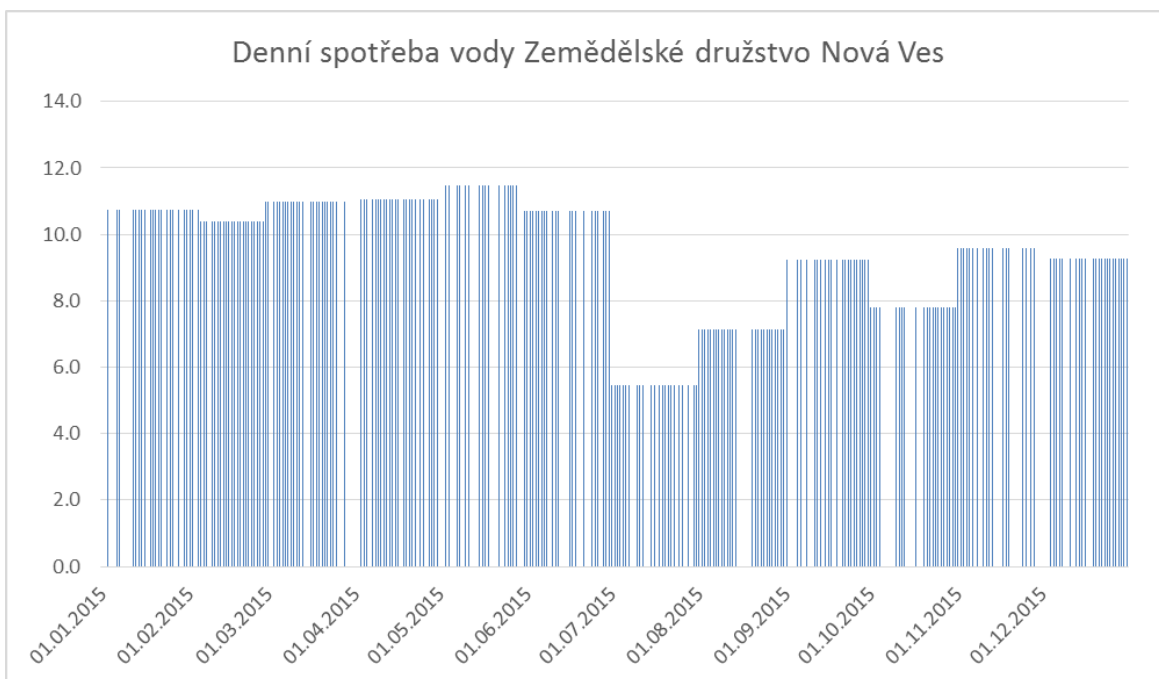
Graf 6 Průměrná denní předávka vody naměřená ve vodoměrné šachtě Ústrašice

Naměřená spotřeba vody ve firmě Kostelecké uzeniny a.s. byla získána pouze měsíčně. Dle denního procentuálního rozdělení spotřeby vody v každém měsíci v profilu Chýnovská byla rozdělena i měsíční data z této firmy (Graf 7, Příloha 8). Tyto odběry jsou velmi významnou složkou pro vodohospodářskou síť v Plané nad Lužnicí. Tvoří cca 65 % odebrané vody v RVŠ Chýnovská. Průměrný denní odběr byl 546 m³.



Graf 7 Denní spotřeba vody pro firmu Kostelecké uzeniny a.s.

Další firmy a některé rodinné domy jsou svým odběrem pitné vody zanedbatelné. Do konečných dat jsou pro ukázkou použity odběry pro Zemědělské družstvo Nová Ves, které má průměrný denní odběr 9,4 m³ (Graf 8, Příloha 8). Data nebyla měřena v ekvidistantním časovém rozmezí, proto byla rovnoměrně rozdělena na odpovídající dny.



Graf 8 Denní spotřeba vody pro Zemědělské družstvo Nová Ves

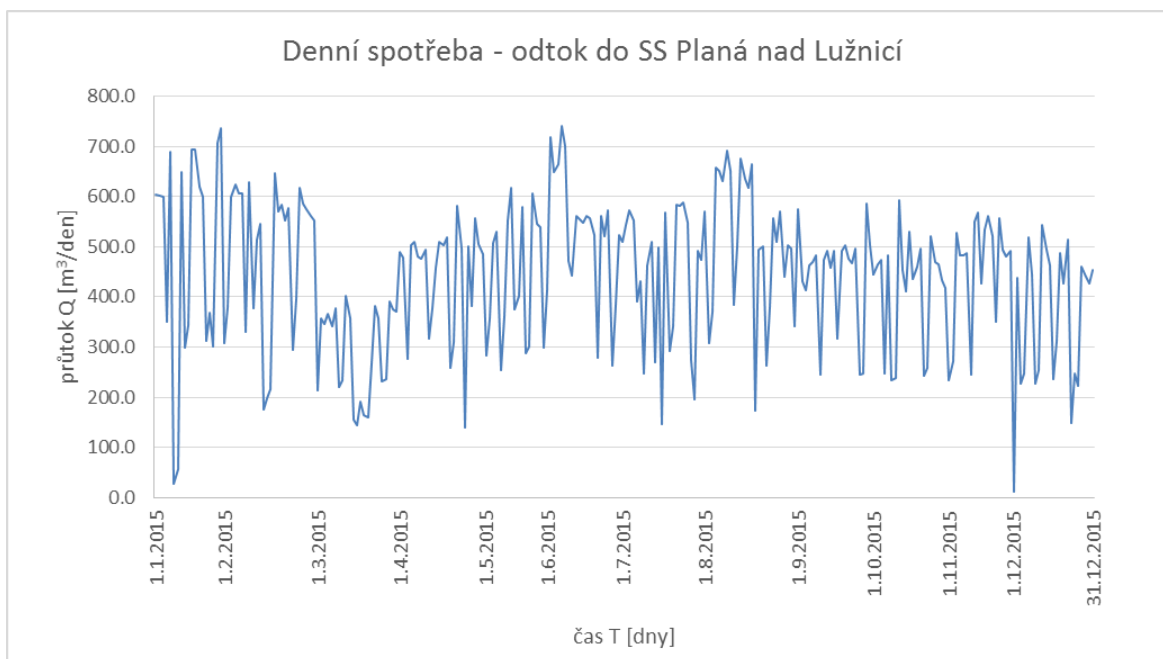
Pro stanovení odpadních vod je nutné znát stočné od odběratelů, kteří mají vlastní zdroj vody. Jedná se cca o 350 odběratelů z rodinných domů a chatových osad. Vzhledem k tomu, že data byla zjišťována většinou jednou za rok, byla rovnoměrně rozdělena na každý den. Průměrná hodnota průtoku odpadních vod od odběratelů s jiným zdrojem byla 35,7 m³/den (Příloha 8).

Pro stanovení odtoku vody do stokové sítě byla použita rovnice:

Chýnovská + Strkov + Nad Hejtmanem – Ústrašice – Kostelecké uzeniny a.s. – Zemědělské družstvo Nová Ves + stočné z jiných zdrojů = odtok do stokové sítě

kde Kostelecké uzeniny a.s. a Zemědělské družstvo Nová Ves vypouští odpadní vodu také do stokové sítě, ale až za čerpací stanicí u VHL, proto je nutné tato data odčítat.

Výsledné denní hodnoty byly vyneseny do grafu (Graf 9). Odtok do stokové sítě kolísal většinou mezi 200 – 600 m³/den. Průměrný průtok byl 441 m³/den.



Graf 9 Vypočítané množství odpadní vody, které odtéká do stokové sítě v Plané nad Lužnicí

11.3 VYHODNOCENÍ MNOŽSTVÍ BALASTNÍCH VOD

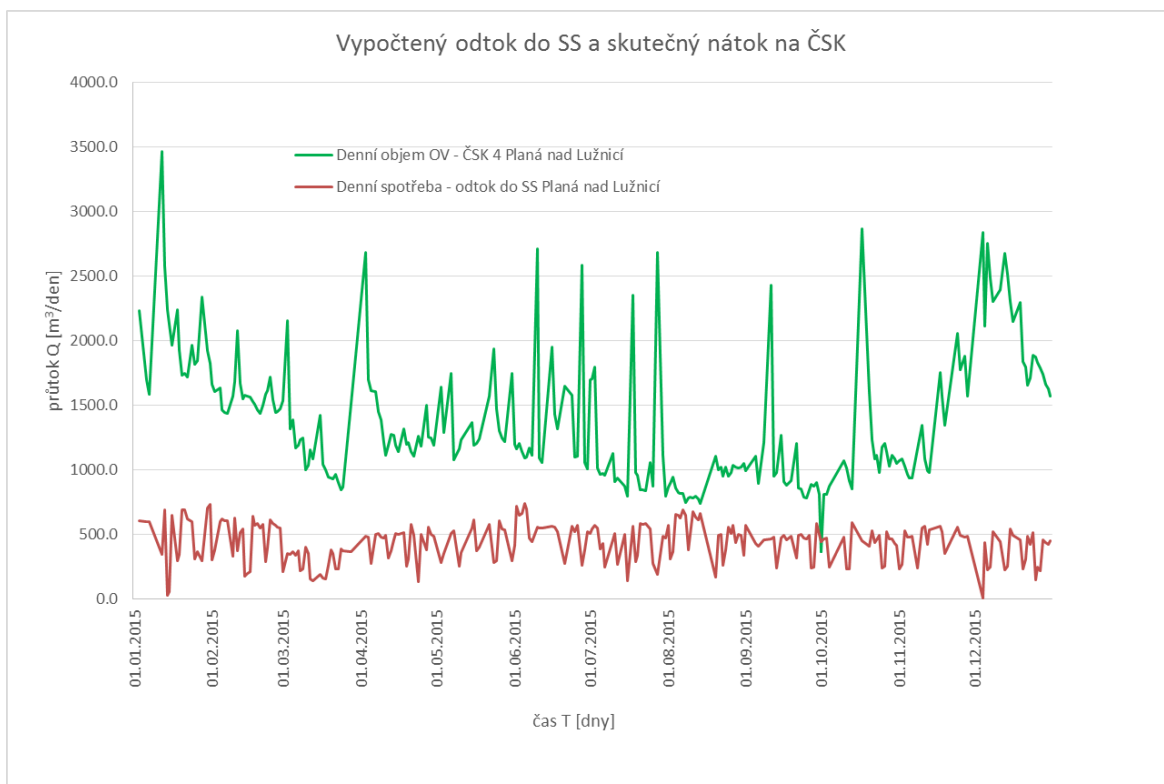
Ke stanovení množství balastních vod jsou potřebná data (Příloha 8):

- denní průtok odpadní vody v profilu Q4bH (naměřená)
- denní odtok do stokové sítě (vypočtená)

Po vynesení do společného grafu (Graf 10) lze vyčíst, že nátok na ČSK je vyšší, než jaký by měl být podle výpočtu nátoků do stokové sítě. Denní odtok není natolik rozkolísaný jako průtok odpadních vod v profilu Q4bH.

Při porovnání průměrného denního objemu balastních vod za dešťových událostí i bez nich (Tab. 3) je patrné, že dešť nemá téměř žádný vliv na podíl balastních vod. Balastní vody (242 925 m³/rok) tvoří 68 % veškerých vod (358 561 m³/rok), které přitečou do měrného profilu Q4bH, tedy na čerpací stanici v bezdeštných dnech. Tato hodnota neodpovídá normě, která uvádí, že přípustné množství balastních vod je do 15 % z celkového bezdeštného průtoku odpadních vod.

Odpadní vody z Plané nad Lužnicí přitékají na AČOV do Tábora, kde bylo v roce 2015 vyčištěno 3 695 441 m³ vody. Balastní vody z Plané nad Lužnicí činily 6,6 % z celkového množství vody na AČOV.



Graf 10 Odtok do stokové sítě a skutečný nátok na čerpací stanici

Tab. 3 Procentuální zastoupení balastních vod v odpadních vodách včetně dešťových událostí i bez dešťových událostí v roce 2015

včetně dešťových událostí		
	m ³	%
průměrný denní objem odpadních vod na ČSK	1608	100
průměrná denní spotřeba - odtok do SS	447	28
průměrný denní objem balastních vod	1161	72
bez dešťových událostí		
	m ³	%
průměrný denní objem odpadních vod na ČSK	1369	100
průměrná denní spotřeba - odtok do SS	441	32
průměrný denní objem balastních vod	927	68

12 POROVNÁNÍ DAT Z ROKU 2015 S DATY Z ROKU 2014

V roce 2014 byl podíl balastních vod jako v roce 2015 téměř stejný při deštivých i bezdeštných dnech (Tab. 4). Potvrzuje se tak domněnka, že deštivé dny nemají vliv na procentuální hodnotu balastních vod v odpadních vodách. Celkově v roce 2014 nateklo více odpadních vod na ČSK, zhruba o 690 m³/den více, i přesto, že ostatní hodnoty pro výpočet jsou v roce 2014 téměř stejné jako v roce 2015 (Tab. 4). Rok 2014 byl vydatnější i na podíl balastních vod v odpadních vodách, konkrétně o 11 % více než v roce 2015. Grafické znázornění porovnání odpadních a balastních vod v letech 2014 a 2015 je uvedeno v Příloze 9.

Tab. 4 Porovnání výsledků odpadních vod v letech 2014 a 2015

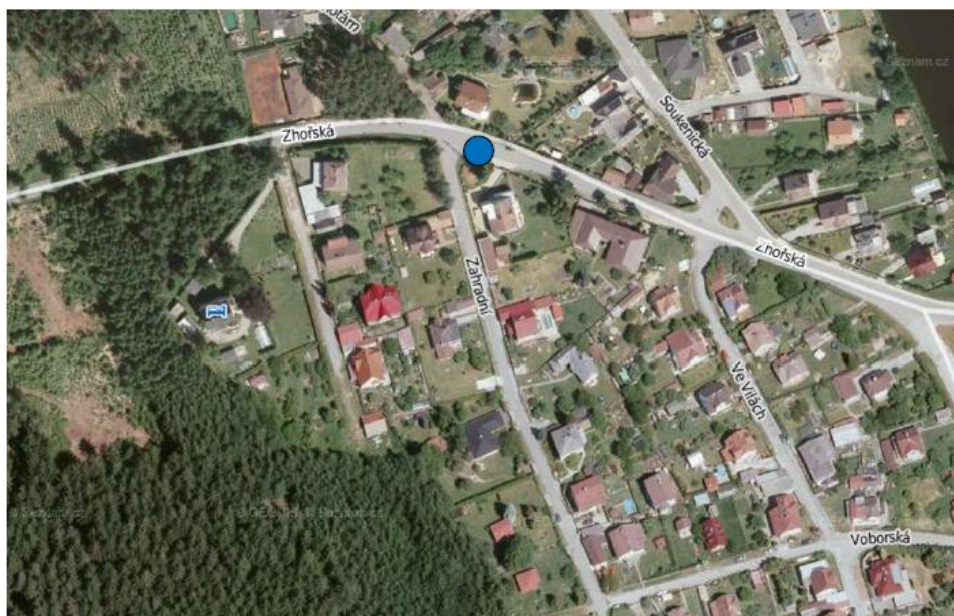
	2014	2015
průměrný denní objem odpadních vod na ČSK [m ³]	2059	1369
průměrná denní spotřeba vody ŠMR Planá nad Lužnicí - Chýnovská [m ³]	771	845
průměrný denní spotřeba vody ŠMR Planá nad Lužnicí - Strkov [m ³]	133	140
průměrná denní spotřeba vody RVŠ Planá nad Lužnicí - Strkov - Nad Hejtmanem [m ³]	-	43
průměrná denní předávka vody - Ústrašice [m ³]	28	30
průměrná denní spotřeba vody Kostelecké uzeniny a.s. [m ³]	522	546
průměrná denní spotřeba vody Zemědělské družstvo Nová Ves [m ³]	7	9
průměrné denní stočné z jiného zdroje [m ³]	37	36
průměrná denní spotřeba - odtok do SS Planá nad Lužnicí [m ³]	440	441
průměrný denní objem balastních vod - včetně deštivých událostí [%]	82	72
průměrný denní objem balastních vod - bez deštivých událostí [%]	79	68

13 PRŮZKUM BALASTNÍCH VOD

V roce 2013 byla firmou DHI a.s. realizována indikativní měrná kampaň jako součást Koncepční studie odvodnění a zásobování vodou Planá nad Lužnicí. Kampaň byla uskutečněna během dvou květnových nocí, konkrétně mezi půlnocí a čtvrtou hodinou ranní, kdy bylo možné předpokládat průtok pouze balastních vod. Měření bylo provedeno v 39 měrných místech (Příloha 10). [9]

Výsledkem studie je fakt, že balastními vodami je zatížena většina stokové sítě. Kanalizaci zbytečně zatěžují jak extravilánové vody, které jsou zaústěny do stokové sítě, tak infiltrované vody z okolního prostředí a řeky Lužnice podél kanalizačního potrubí.

Měření byly zjištěny tři lokality s průtokem vyšším než 2 l/s v nočních minimech. První významný průtok byl v měrném profilu č. 23. Do této šachty natékají odpadní vody z poměrně velké části Plané nad Lužnicí. Druhý problémový profil č. 1 se nachází na okraji odvodňované části. Z přilehlých lesních pozemků jsou do kanalizace v těchto místech svedeny dešťové a drenážní vody odvodňovacími příkopy (Obr. 26). Třetí šachta č. 29, kde bylo naměřeno až 6,5 l/s, se nachází na pravém břehu řeky Lužnice. [9] Není ale v těsné blízkosti řeky, proto hladina podzemní vody ovlivněná hladinou vody v řece nebude mít zřejmě podstatný vliv na tento průtok. Poblíž tohoto měrného místa se nachází pole, přes které vede železniční trať. Důvodem velkého průtoku v šachtě mohou být dosud neznámé drenáže vedené od železnice i z polí do kanalizace.



Obr. 26 Měrný profil 1 na okraji města [9]

14 ZÁVĚR

V roce 2015 činily balastní vody 68 % (927 m³/den) z celkového objemu odpadních vod v bezdeštném období. Při porovnání s balastními vodami z roku 2014, kdy tvořily 79 % (1620 m³/den) celkového objemu odpadních vod, lze konstatovat, že na objem balastních vod má jednoznačně vliv úroveň hladiny podzemních vod a množství a rozložení srážek v daném roce. Pokud se zahrnou do statistiky i dny se srážkovými událostmi, objem balastních vod se zvýšil v obou letech cca o 4 %. Tyto nežádoucí vody z Plané nad Lužnicí tvoří 6,6 % z celkového přítoku na AČOV, což je poměrně vysoké množství vzhledem k tomu, že odpadní vody z tohoto města tvoří pouze zlomek veškerých vod přivedených na čistírnu (9,7 % včetně balastních vod).

Kanalizace je zatížena infiltrací z okolního prostředí. To je způsobeno hlavně stářím stokové sítě a použitým materiálem. Hlavním důvodem infiltrace je poloha hladiny podzemní vody, která je mimo jiné ovlivněna také hladinou vody v řece Lužnici.

Větší podíl na množství balastních vod mají zřejmě extravilánové vody, které jsou zaústěny do stokové sítě. V zájmové lokalitě se nachází pole, ze kterých bude pravděpodobně odvedena voda drenážním potrubím do kanalizace. Neidentifikované drenáže mohou odvádět prameny i vodu ze zahrad u rodinných domů. Do stokové sítě jsou zřejmě zaústěny i občasné bezejmenné vodoteče, které svádí dešťovou vodu z luk, polí, lesů i od rybníků. Tyto vodoteče nebyly v minulosti dostatečně odděleny od jednotné kanalizace.

Pro identifikaci míst bodových zdrojů balastních vod do kanalizace je doporučován kamerový průzkum. Pro úplné odstranění balastních vod ze stokové sítě by bylo nutné síť částečně zrekonstruovat a navrhnout dešťovou kanalizaci, která by sváděla do recipientu soustředěné nátoky balastních vod z extravilánu.

Přesto je žádoucí odstranit balastní vody ze stokové sítě především z důvodu ceny čerpání v čerpací stanici a zatížení AČOV. V úvahu připadá zpracování projektu na podchycení bodových nátoků balastních vod, odvedení dešťovou kanalizací přímo do recipientu a následné porovnání návratnosti investic s neustále se zvyšující cenou energie.

15 POUŽITÉ ZDROJE

- [1] BUTLER D. a DAVIES J.W: *Urban drainage*. Abingdon: Spon Press, 2004, 566 s. ISBN 0-415-30607-8.
- [2] ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA: ČSN 75 0161, *Vodní hospodářství - Terminologie v inženýrství odpadních vod*. 2008.
- [3] ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA: ČSN 75 6401, *Čistírny odpadních vod pro ekvivaletní počet obyvatel (EO) větší než 500*. 2014.
- [4] Český hydrometeorologický ústav: *Územní srážky* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>.
- [5] FIEDLER - elektronika pro ekologii: *produkty* [online]. 2014 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.fiedler-magr.cz/cs/produkty>.
- [6] *Global water: Inflow and infiltration* [online]. 2015 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.globalw.com/support/inflow.html>.
- [7] HLAVÍNEK Petr, MIČÍN Jan a PRAX Petr: *Příručka stokování a čištění odpadních vod: Popis principu a systémů odvádění odpadních vod: technologie čištění odpadních vod a zpracování kalů*. Brno: Ardec, 2006.
- [8] *Kanalizační řád pro aglomerace měst Tábor, Sezimovo Ústí, Planá nad Lužnicí* [online]. ČEVAK, 2013 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: https://www.cevak.cz/documents/verejne/plana_nad_luznici.
- [9] *Koncepční studie odvodnění a zásobování pitnou vodou Planá nad Lužnicí - část: kanalizace - koncepční řešení*. DHI a.s., 2013.
- [10] KUBÝ a MUCHA: *SOVAK: Současná koncepce řešení odvodnění urbanizovaných území* [online]. 2000, (07-08) [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/ris/ais-ris-info-copy.nsf/4d735ff9c7e64b58c12569e7001a2d9c/a3139f3781f1adaac1256c370072c835?>

- [11] *Manuál obsluhy monitorovacích zařízení instalovaných v rámci projektu "Realizace systému měření na kanalizační síti a srážek ve městech Tábor, Planá nad Lužnicí a Sezimovo Ústí".*
- [12] *Mapy* [online]. [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: www.mapy.cz
- [13] *Město Planá nad Lužnicí: Město a jeho správa* [online]. 2016 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <http://www.plananl.cz/mesto-a-jeho-sprava/>
- [14] NYPL V. a SYNÁČKOVÁ M.: *Zdravotně inženýrské stavby 30: Stokování*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1998, 149 s. ISBN 800101729X.
- [15] *Povodňový plán města Planá nad Lužnicí: Kanalizační systém* [online]. 2014 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: http://www.jihocesky.dppcr.cz/web_552828/index.html?hydro_pom.htm
- [16] *Provozní řád kanalizace Planá nad Lužnicí*. 2008.
- [17] *ROUZANT: Estaciones Meteo davis*. [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: https://meteo.rouzaut.es/productos/pluviometro_para_vantage_pro2
- [18] STRÁNSKÝ D.: *Metodická příručka posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí*. [online]. 2009 [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: http://www.opzp2007-2013.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237-01052009_metodicka_prirucka_stokovy_system_090604.pdf.
- [19] STRÁNSKÝ D. a kol.: *Vodní hospodářství: Identifikace a kvantifikace zdrojů balastních vod ve stokových systémech*. 2004, 54 (11).
- [20] *Uživatelská příručka: Senzory - Dopplerova metoda*. 2010.

16 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Schéma kanalizace v Plané nad Lužnicí

Příloha 2 – Umístění měrných profile v Plané nad Lužnicí

Příloha 3 – Vodovodní síť v Plané nad Lužnicí

Příloha 4 – Schéma RVŠ Planá nad Lužnicí – Chýnovská

Příloha 5 – Schéma RVŠ Planá nad Lužnicí – Strkov - obec

Příloha 6 – Schéma RVŠ Planá nad Lužnicí – Strkov – Nad Hejtmanem

Příloha 7 – Schéma VŠ Ústrašice

Příloha 8 – Vyhodnocení balastních vod dle objemu odpadních vod – bez dešťových událostí

Příloha 9 – Grafické znázornění odpadních a balastních vod v letech 2014 a 2015

Příloha 10 – Výsledky průzkumu balastních vod v Plané nad Lužnicí