

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta

Institut enviromentálního inženýrství

DÁLKOVÉ ODEČTY VODOMĚRŮ A JEJICH VYUŽITÍ VE VODÁRENSTVÍ

Bakalářská práce

Autor:

Jan Trojek

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vojtěch Václavík, Ph.D.

Ostrava 2020

VŠB- TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

Faculty of Mining and Geology

Department of Environmental Engineering

**REMOTE WATER METER READING AND IT'S
USE IN WATER INDUSTRY**

Bachelor thesis

Author:

Jan Trojek

Supervisor:

doc. Ing. Vojtěch Václavík, Ph.D.

Ostrava 2020

Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Trojek**

Studijní program: B2102 Nerostné suroviny

Studijní obor: 2102R006 Technologie a hospodaření s vodou

Téma: **Dálkové odečty vodoměrů a jejich využití ve vodárenství**
Remote water meter reading and it's use in water industry

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

- 1) Úvod
- 2) Vodoměry
- 3) Dálkové odečty
- 4) Vliv tlakových poměrů na vodovodní síti na spotřebu vody
- 5) Závěr a doporučení

Seznam doporučené odborné literatury:

KYNCL, Miroslav. Hydrotechnická vybavenost. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1685-2.

NOVÁK, Josef. Příručka provozovatele vodovodní sítě. Líbeznice u Prahy: Medim, c2003. ISBN 80-238-9946-5.

PLOTĚNÝ, Karel, Jakub VRÁNA a Oldřich PÍREK. B9 - Zásady provádění vodovodů a kanalizací při realizaci budov dle principů trvale udržitelné výstavby. Brno: Národní stavební centrum, 2012. ISBN 978-80-87665-29-9.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vojtěch Václavík, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2019

Datum odevzdání: 30.04.2020




doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Autorské prohlášení

Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu. Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠBTUO) má právo nevydělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 31.05.2020

Jan Trojek



Poděkování

Rád bych poděkoval panu doc. Ing. Vojtěchu Václavíkovi Ph.D. za vedení této práce a cenné rady při jejím zpracování. Zároveň bych rád poděkoval doc. Ing. Sylvě Drábkové Ph.D. za pomoc s hydromechanickými výpočty.

Dále bych rád poděkoval společnosti Ostravské Vodárny a Kanalizace za poskytnutá data a možnost práci na toto téma zpracovat. Konkrétně pak Ing. Peteru Ostrákovi a Marku Trojkovi za cenné rady ohledně problematiky a objasnění všech náležitostí týkajících se mé praktické části bakalářské práce.

Anotace

Bakalářská práce se zabývá technologií Smart Metering ve spojitosti s vodárenstvím. Teoretická část si klade za cíl seznámit čtenáře s problematikou měření proteklého objemu vody přes vodoměry a jeho dálkovým měřením. Cílem výzkumné části je navrhnout dvě nové možnosti využití těchto dálkových odečtů. Konkrétně pak jde o zvýšení tlaku na síti a sledování změny proteklého objemu do sítě a z toho vyplývající změnu ztrát vody na síti, či změnu množství odebrané vody v domácnostech v konkrétní bilanční zóně. Došli jsme k závěru, že díky dobrému technickému stavu na síti, kde byla měření prováděna, k žádným vyšším únikům vody nedošlo. Naopak spotřeba domácností se oproti měřením během stejného období za minulý rok zvedla v průměru o 2,1 %. Druhá část tohoto výzkumu se věnuje změnám chování spotřebitelů během celostátní karantény v souvislosti s pandemií nemoci COVID-19. Byl zaznamenán celkový přítok do vodovodní sítě, který se snížil v průměru o 3074 m³ denně především v důsledku omezení provozu některých průmyslových podniků, či uzavření restaurací, naopak nárůst v reprezentativní bilanční zóně obsahující obytné budovy byl průměrně až o 7% vyšší oproti normě.

Klíčová slova

vodoměr, chytré měření, dálkové odečty vody, zvýšení tlaku na vodovodní síti, COVID-19

Summary

The bachelor thesis deals with Smart Metering technology in connection with water supply. The theoretical part aims to acquaint the reader with the issue of measuring the flowed volume of water through water meters and its remote measurement. The aim of the research is to suggest two new possibilities of using these remote water readings. Specifically, it is about increasing the pressure on the network and monitoring the change in the volume flowed into the network and the resulting change in water losses on the network, or a change in the amount of water taken in households in a particular balance zone. We came to the conclusion that due to the good technical condition on the network where the measurements were performed, there were no higher water leaks. On the contrary, water consumption in households increased by an average of 2.1 % compared to measurements

during the same period last year. The second part of the research focuses on changes in consumer behavior during the national quarantine in connection with the COVID-19 pandemic. The total inflow into the water supply network was registered, which decreased by an average of 3074 m³ per day mainly due to working restrictions of some industrial companies or restaurant closures, while the increase in the representative balance zone containing residential buildings was up to 7 % higher than normal.

Key words

water meter, smart metering, remote water metering, increase of pressure on the water distribution network, COVID-19

OBSAH

ÚVOD	1
Vodoměry	2
1.1 Instalace vodoměru	2
1.2 Dělení vodoměrů dle způsobu měření protékající kapaliny.....	3
1.2.1 Rychlostní vodoměry.....	3
1.2.2 Objemové vodoměry	4
1.2.3 Průřezové vodoměry.....	5
1.2.4 Ultrazvukové vodoměry	5
1.2.5 Indukční (Elektromagnetické) vodoměry	5
1.3 Dělení vodoměrů dle účelu pro měření spotřeby vody	6
1.3.1 Vodoměry stanovené (fakturační)	6
1.3.2 Vodoměry nestanovené (provozní)	6
2. Dálkové odečty	7
2.1 Problematika zjišťování ztrát na síti a u odběratele	7
2.2 IoT	8
2.2.1 LoRaWAN.....	9
2.3 Výhody a přínosy	9
2.4 Realizace ve společnosti OVAK.....	12
2.4.1 Vysílače	12
2.4.2 Přijímače.....	14
2.4.3 Přenos a zpracování dat	15
2.4.4 Výstup.....	16
2.5 Bilanční zóny	17
2.5.1 Akustické loggery.....	18

2.6	Budoucí možnosti využití	18
3.	Vliv tlakových poměrů na vodovodní síti na spotřebu vody.....	20
3.1	Ztráty vody na síti	21
3.2	Změna spotřeby vody za domácím vodoměrem	23
4.	Vliv pandemie nemoci Covid-19 na dodávku vody ve společnosti ovak	24
4.1	Celkové zhodnocení přítoku do vodovodní sítě na území Ostravy v závislosti na vládních opatřeních.....	25
4.2	Zhodnocení odběru vody v obytné zóně Ostrava-Výškovice	27
	Závěr.....	30
	Literatura	31
	Seznam použitých zkratk.....	35
	Seznam obrázků	36
	Příloha	37

ÚVOD

Zatímco globálně spotřeba vody stále roste, zásoby pitné vody se naopak tenčí. Jedním ze způsobů, jak spotřebu vody efektivně regulovat, potažmo snižovat ztráty vody na síti, by se již v blízké budoucnosti po celém světě mohla stát technologie Smart Metering, která je v zjišťování ztrát pitné vody na síti prokazatelně efektivnější než zjišťování těchto ztrát pomocí výpočtu nočního minima.

Technologie Smart Meteringu je již v dnešní době hojně využívána například v Izraeli, nebo v některých městech západní Evropy. Ostrava, respektive společnost Ostravské Vodárny a Kanalizace, která vodovody v rámci Ostravy spravuje, je v rámci východní Evropy v tomto směru nejrozvinutější. I v souvislosti s tím, že studuji vysokou školu ve stejném městě, rozhodl jsem se ve své bakalářské práci věnovat tomuto tématu. Dalším důvodem pro mne bylo například i to, že práce na toto v českém jazyce doposud neexistuje.

Cílem této práce je zpracovat současné využití a navrhnout nové možnosti využití technologie Smart Metering.

V teoretické části práce (kapitola 1, 2) je věnována pozornost vodoměrům, které mohou být osazeny chytrými zařízeními na odesílání dat o průtoku v reálném čase, jejich historii, způsobu instalace a rozdělení. Dále pak technologii Smart Metering, způsobu fungování, přínosu, nebo realizaci ve společnosti OVAK.

V praktické části (kapitola 3, 4) se práce zabývá novými návrhy využití této technologie. Konkrétně se pak jedná o vliv tlaku na síti na samotné ztráty na vodovodu, či změnu objemu odebírané vody v domácnostech a následně také sledování změny chování spotřebitelů v souvislosti s pandemií viru SARS-2.

VODOMĚRY

Ve vodárenství je nutné měření průtoků a z toho vyplývající proteklé množství vody. Hlavním důvodem pak je kontrola a základní informace o výrobě a distribuci vody, nebo získávání podkladů pro následnou fakturaci. Jedná se tedy především o měření okamžitých průtoků a o měření celkového množství proteklé vody v daném měřicím místě potrubí. [18].

Měření ve vodárenství je pak z většiny zajišťováno vodoměry. Jako vodoměr se označuje zařízení, sloužící k měření průtočného objemu vody. Množství vody potom většinou měříme v m³. Na měření spotřeby vody, ale případně i jiných tekutin se používají především rychlostní a objemové vodoměry. Proto mluvíme o vodoměrech jako o přístrojích, udávající součtové množství vody, která protekla v objemových jednotkách, tato hodnota je pak při fakturaci považována za vodné. [10, 18].

Vodoměr musí být umístěn na všech vodovodních přípojkách, na které měří množství pitné vody převzaté z veřejného vodovodu do vnitřního rozvodu připojené nemovitosti. Toto dodané množství vody měří provozovatel a je pak využito i například k určení hodnoty stočného, které v případě že není měřeno množství odváděných odpadních vod, je jeho objem roven vodnému. [19, 35].

1.1 Instalace vodoměru

Hlavní kritéria pro výběr vodoměru se odvíjí z typu metrologické řady a velikosti vodoměru. Jsou určeny s ohledem na podmínky instalace a je důležité brát v úvahu další proměnné, jako tlak, který máme k dispozici, fyzikální a chemické vlastnosti vody, dovolenou tlakovou ztrátu způsobenou průtokem vodoměrem, nebo předpokládané průtoky. [18, 22].

Instalace vodoměru a splnění všech předepsaných podmínek jsou důležité pro správnou funkci vodoměru a správnost měření. Vodoměr je také jako každé měřidlo cejchován, každý provozovatel, či vlastník vodovodního systému je proto zákonem nucen každých 4 až 6 let provést výměnu vodoměru a jeho přecejchování (netýká se vodoměrů provozních). Tento cejch je opatřen informacemi o době jeho platnosti a o firmě, která cejchování provedla. [18, 22].

Aby mohl být vodoměr instalován, musí být splněno několik podmínek. Vodoměr by měl být co nejlépe přístupný pro montáž, demontáž, ale i údržbu nebo čtení výstupních hodnot. Musí být zamezeno znečištění, především nachází-li se měřidlo ve vodoměrné šachtě, nebo jiné jímce: tato jímka by měla být vybavena odvodňovací jímkou, nebo kanálem, které by měly měřidlo chránit i před dešťovou vodou a zaplavením. Musí být chráněno před poškozením nárazem. Nemělo by být vystaveno přílišnému namáhání armaturami, nebo potrubím, což by mělo zajistit mimo jiné i vhodné ukotvení přítokového a odtokového potrubí. Chraněno musí měřidlo být i před vysokými teplotami, nebo naopak mrazem. [18, 22].

Instalace na vstupní straně vyžaduje ventil, nebo kohout před vodoměrem: ten slouží primárně k zastavení vody při výměně vodoměru. Pro vyšší přesnost měření je také vhodné použít přímé potrubí před a za vodoměrem o délce alespoň šestinásobku jmenovité světlosti připojovaných hrdel, či přírub vodoměru. Je-li z jakéhokoliv důvodu potřeba filtr, musí být zabudován mezi uzavěrný ventil (kohout) a měřidlo. V případě, že se jedná o vodoměr šroubový, je tento filtr potřeba nainstalovat ještě před vstupní přímé potrubí. Vhodné je také na vstupní straně vodoměr plombovat. Slouží jako prevence před případným neoprávněným přemístněním vodoměru. [18, 22].

U vodoměrů, u kterých se předpokládá trvalý průtok vyšší než 2,5 m³/h se za vodoměr zpravidla instaluje uzavírací kohout, nebo ventil. Pro zařízení, u kterých se předpokládá trvalý průtok přes 15 m³/h, se doporučuje instalace zařízení o nastavitelné délce, které by umožňovalo snadnou instalaci a demontáž. [18, 22].

1.2 Dělení vodoměrů dle způsobu měření protékající kapaliny

Mezi nejčastěji používané druhy vodoměrů dělené dle způsobu měření patří především rychlostní vodoměry a dále se využívají i vodoměry objemové, průřezové, ultrazvukové a indukční.

1.2.1 Rychlostní vodoměry

V současné době jde o nejpoužívanější typ vodoměrů, který je používán k měření takřka u všech přípojek k obytným objektům a jiným odběratelům. Měření probíhá díky

působení dynamického tlaku vody na rotor. Hodnoty počtu otáček, které jsou přímo úměrné množství objemu prošlé vody, jsou následně mechanicky přenášeny pomocí pulsů. To je ideální pro napojení na zařízení sloužící k dálkovému odečtu nebo odlišným způsobem na indikační zařízení (číselník). Na tomto číslníku pak lze vidět objem vody zpravidla v m³. Dle směru průtokové vody se můžeme setkat se dvěma typy těchto vodoměrů, a to sice s horizontálními nebo vertikálními. [10, 18, 20, 22].

Lopátkové rychlostní vodoměry fungují na principu roztáčení lopátkového kola. Osa otáčení tohoto lopátkového kola je kolmá ke směru proudění, což se podepisuje na výraznější tlakové ztrátě, než tomu může být u jiných typů měřidel. Využívají se zpravidla pro průtoky do 20 m³ a jejich hlavní nevýhoda tkví především v malé přesnosti měření při nízkých průtocích. [18, 20, 22].

V praxi se můžeme setkat s rychlostními vodoměry jednovtokovými nebo vícevtokovými. U jednovtokových zařízení naráží proud vody na rotor pouze v jediném místě. Díky této jednoduché konstrukci se u těchto zařízení vyskutekuje menší poruchovost, ale na rozdíl od vícevtokových vodoměrů se potýkají s menší přesností měření [10, 22].

Jednovtokové lopátkové vodoměry se dále mohou dělit na suchoběžné, kde je počítadlo umístěno mimo tlakový prostor nebo na mokroběžné, u kterých se číselník nachází v tlakovém prostoru. Měření je v případě mokroběžných vodoměrů přesnější ale je třeba zajistit vyčištění i drobných nečistot z měřené vody, aby nedocházelo k zanášení číselníku. [10, 22].

Šroubový (Woltmannův) vodoměr je zařízení specifické především tím, že se skládá z rotoru se šroubovými lopatkami, kde je na rozdíl od lopátkových vodoměrů osa otáčení rovnoběžná se směrem proudu. Používají se u objektů s vyšším průtokem vody, jako například u průmyslových velkoodběratelů, nebo například v úpravárnách, či vodojemech. Výhodou těchto vodoměrů oproti lopátkovým je také nízká tlaková ztráta a větší přesnost měření, toto je však kompenzováno vyšší pořizovací cenou. [10, 18, 22].

1.2.2 Objemové vodoměry

Tento typ vodoměru pracuje na principu přímého měření objemu prošlé vody, což znamená, že zaznamenává počet střídavého naplnění a vypuštění komor o daném obsahu.

Díky vysoké citlivosti a přesnosti se využívají v místech s malými průtoky, které již rychlostní vodoměry neregistrují. [10, 17, 18, 22].

1.2.3 Průřezové vodoměry

Pracují na principu změny tlaku před a za průtočným profilem. Mezi tyto typy vodoměrů patří Venturiho trubice a clonové vodoměry. Hodnota objemu prošlé vody je odvozena díky hydraulickým rovnicím. [18, 22].

Venturiho vodoměr se využívá především pro měření velkých průtoků a způsobuje relativně malou ztrátu tlaku. V podstatě se jedná o kónicky zúženou troubu, kde se zjišťuje průtoková rychlost měřením tlakových rozdílů pomocí principu diferenciálního manometru což je rozdíl tlaků měřený v nejužším a nejširším místě. [18, 22].

Clonový vodoměr je sestaven z trouby, do které je implementován škrťací orgán, jakým je například clona, nebo dýza. Měřený průtok je potom počítán z rozdílu tlaku před škrťacím orgánem a za ním. Jsou doporučeny pouze pro menší průtoky, jelikož způsobují poměrně značné tlakové ztráty. [18, 22].

1.2.4 Ultrazvukové vodoměry

Tato měřidla jsou složena ze dvou vysílačů a dvou přijímačů nacházejících se ve výklencích mimo potrubí. Primárně se pak sleduje doba průletu ultrazvukového signálu ve směru pohybu vody. Tato metoda může najít využití v širokém rozsahu průměrů potrubí a z toho vyplývajících průtoků a díky tomu, že se v armatuře nenachází žádná překážka, potýká se i s velmi malou tlakovou ztrátou a je schopen spolehlivě měřit i při velmi nízkých průtocích. [11, 18, 20].

1.2.5 Indukční (Elektromagnetické) vodoměry

Ke své funkci tato měřidla využívají principu Faradayova zákona elektromagnetické indukce. Průtokoměr se skládá z elektrod umístěných ve stěně trubky, které snímají indukované napětí protékající vody a dále pak cívkami, které vytváří magnetické pole. V neposlední řadě také ze zesilovače, zesilujícího signálu cívek a integrátoru, který sumarizuje čidlem proteklé množství kapaliny. Stejně jako ultrazvukových vodoměrů

neobsahují žádnou mechanickou překážku v profilu potrubí, čímž minimalizují tlakové ztráty a jejich měření je velice přesné. [18, 20].

1.3 Dělení vodoměrů dle účelu pro měření spotřeby vody

Vodoměry na síti se v základu dělí na dva typy. Jde o vodoměry stanovené, které jsou umístěny před vodovodní přípojkou a slouží především pro fakturaci domácností. Druhým typem jsou pak vodoměry nestanovené, které jsou přímo na síti a slouží k interním potřebám provozovatele vodovodní sítě.

1.3.1 Vodoměry stanovené (fakturační)

Jedná se o vodoměry, podle kterých jsou účtovány platby, odvíjející se od množství vody proteklé měřidlem. Ve většině případů se tedy bude jednat o vodoměry na domovních přípojkách. Mimo to se jedná například ještě o měření vody předávané do sítě jiného vlastníka, která se také fakturuje. Tyto vodoměry musí být označeny jako stanovená měřidla a musí být kalibrovány každých 5 let, tuto kalibraci může provádět jen autorizované metrologické středisko [18, 20].

U domů s více bytovými jednotkami je zpravidla na vodovodní přípojce umístěn takzvaný domovní vodoměr, který je rozhodující pro provozovatele sítě a slouží pro fakturaci vodného. U jednotlivých obytných jednotek v domě se využívají bytové vodoměry, ty tedy slouží pro vhodné rozdělení nákladů za vodné a stočné z domovního vodoměru. [20, 22].

1.3.2 Vodoměry nestanovené (provozní)

Slouží především pro interní potřebu provozovatele například ke sledování a kontrole provozu, distribuci vody ve vodárenském systému, nebo měření na síti. Můžeme je najít v úpravkách vod, vodojemech, či na síti mimo přípojky, jako vodoměry sekční, které sledují spotřebu vody v dané lokalitě, nebo se používají pro hodnocení ztrát vody. Tyto vodoměry nemusí být kalibrovány stejně jako vodoměry stanovené. [17, 18, 22].

2. DÁLKOVÉ ODEČTY

Trh s přístroji na dálkové odečty vody na vodoměrech vznikl na přelomu tisíciletí jako reakce na globální trend používání detailních a takřka v reálném čase analyzovatelných dat. Zakladní kostrou je tzv. AMI (advanced metering infrastructure) technology. AMI zajišťuje dálkové a obousměrné datové spojení mezi použitými zařízeními, vodoměry a zákazníky. Komunikace může být zajištěna různými technologiemi jako třeba PLC, mobilními sítěmi, širokopásmovým připojením, optickými kabely, rádiovými frekvencemi nebo celulárními přenosy. [25, 28].

V České republice byly první projekty na testování a ověření systému dálkových odečtů využívající rádiovou frekvenci 169 MHz zahájeny v roce 2014 společností SUEZ, která spoluvlastní například OVAK, BVK a další vodárenské společnosti. Ale již v roce 2011 bylo nasazeno řešení Sensus Scout, WALK-BY systém pro fakturační vodoměry, pracující jen na dálkové odečty. Technologie využívaná skupinou SUEZ umožňuje nejen plně automatizovaný odečet pro potřeby fakturace, ale poskytuje také softwarovou podporu pro vyhodnocení odečtených dat na straně společnosti i zákazníka formou webových aplikací. Svým charakterem jde již o skutečné řešení Smart meteringu a nejen pouhého odečtu vodoměru. [9, 25].

Společnost SUEZ je v současné době lídrem ve využívání těchto technologií pod názvem ON'Connect nejen v rámci Evropské unie, kde ke konci roku 2019 spravovala na cca šest miliónů odečítaných měřidel, jakými jsou kromě vodoměrů i plynoměry nebo elektroměry. I v České republice si tato společnost drží své prvenství s přibližně 20 000 dálkově automaticky odečítanými vodoměry. [29, 30].

Za zmínku také určitě stojí skupina Veolia, spoluvlastníci mimo jiné PVK, která má za cíl do konce roku 2020 chytrými zařízeními osadit 80 % pražských vodoměrů. [2, 15].

2.1 Problematika zjišťování ztrát na síti a u odběratele

Problematika zjišťování a snižování ztrát na distribuční síti vodárenských společností se řadí k jejím základním úkolům. Dnes se již žádná vodárenská společnost neobejde bez systematického monitoringu sítě pro distribuci vody realizované, včetně sledování trendů. Děje se tak především z důvodu finanční nákladnosti investic do rekonstrukce sítě a tím

plynucí zastarávání vodovodní sítě. Zvyšování provozních nákladů z úniku vody fakturované může vést až k ceně vodného nižšího, než by byly náklady na provoz sítě. [17].

Metod, které by vedly ke snižování ztrát vody na síti, je celá řada. Všechny z nich mají své výhody i nevýhody týkající se především v účinnosti nalezení poruchy. Mezi hlavní metody zjišťování ztrát na síti patří:

- Odposlech armaturní sítě;
- Korelace sítě;
- Sledování nočních průtokových režimů;
- Bilanční pásma;
- Mobilní měření sektorů.

Smart metering je pak v současné době nejrozšířeněji zavedenou metodou pro sledování ztrát vody fakturované, tedy na straně odběratele. Tyto ztráty bývají způsobeny buď poruchami v potrubí přípojky, domovních rozvodů, případně protékáním toalet nebo vodovodních kohoutků. [17, 31].

2.2 IoT

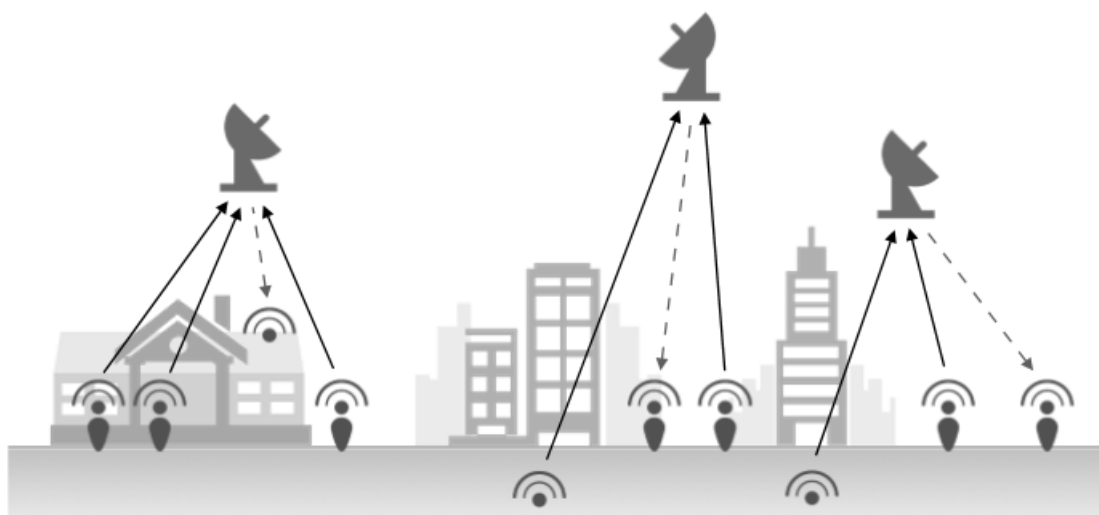
Internet of Things (Internet věcí) je jedním z největších fenoménů současnosti. Lze jej popsat jako komplexní soubor vzájemně propojených a komunikujících zařízení, přenosových platforem a softwareových aplikací. Díky tomuto vzniká zcela nový způsob komunikace a otevírá se i cesta pro nové řešení. Využití je opravdu široké, v současné době se tato technologie dá využít například:

- Osvětlení - úspora energie a snížení světelného znečištění.
- Parkování - lepší využití parkovacích míst ve městě a výběr parkovného.
- Odpad - hlášení plných odpadových kontejnerů.
- Bezpečnost - hlídání poklopů kanálů proti zcizení.
- Zemědělství - individuální starost o zemědělské plodiny, ochrana vytěženého dřeva.
- Dálkové měření - měření spotřeby na měřidlech pro elektřinu, vodu, nebo plyn.

Především ve vodárenském průmyslu platí, že okamžité a aktuální informace jsou velice cenné. Díky těmto technologiím je možné získat množství dat, které je možno rychle zpracovat a následně je možno odhalovat úniky způsobené poruchami, či nezákonnou manipulací v co nejkratším čase. [12, 13, 27].

2.2.1 LoRaWAN

V současné době jde o technologii s jedním z nejvyšších datových přenosů a zároveň je tato technologie i „diskrétní“ – data jsou zpracovávána v období lokální datové sítě. Provozovatel tedy získává větší nezávislost ve zpracování dat i v nastavení datových paketů. Toto řešení v rámci EU frekvenci 868 MHz a v městské zástavbě je udáván dosah přijímače okolo 2 km, na volném prostranství pak až 40 km. Data z přijímačů jsou následně odesílána na server a dále zpracovávána. [12, 23].



Obr. 1 LoRaWAN [23]

2.3 Výhody a přínosy

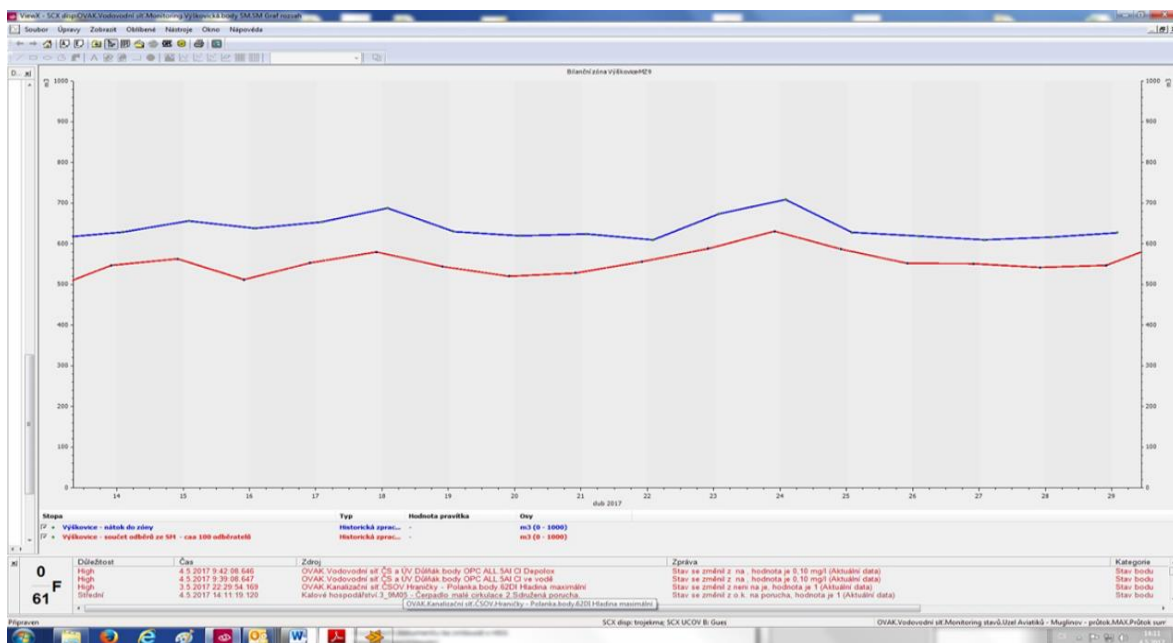
Základní podmínkou úspěšného uvedení do praxe je přínos pro všechny tři zaujaté strany – zákazníka, město i dodavatele vody. Jednou z největších výhod je aktuální přehled o spotřebě vody na odběrných místech pro společnost i zákazníka, identifikace případných problémů: neúměrná spotřeba či nesrovnalosti a výkyvy ve spotřebě, detekování úniků a černých odběrů. [29, 31].

Přenosy z vodoměrů jsou zajišťovány na frekvenci 169 MHz (konkrétně 169,4 – 169,475 MHz), tato frekvence je pro tyto účely dlouhodobě chráněna Evropskou unií na základě rozhodnutí Komise Evropských společenství 20. prosince 2005 o harmonizaci frekvenčního pásma 169,4 až 169,8125 MHz ve Společenství. [3, 6, 25, 31].

Možnost zjištění spotřeby vody bez nutnosti fyzického odečtu odečítačem, z čehož může plynout několik pozitiv:

- Možnost zvýšení četnosti fakturace dle skutečných údajů (odbourání fakturace dle odhadů, snížení reklamací, garance spolehlivé a poctivé fakturace).
- Úspora pracovních míst odečítačů ve střednědobém horizontu.
- Zvýšení bezpečnosti práce při odečtech vodoměrů, v případě, že se vodoměr nachází ve špatně přístupné nebo zatopené vodoměrné šachtě. [25, 29, 31].

Díky online přenášeným datům z vodoměrů, akustických loggerů a běžně používaných sekčních měřidel máme nástroj pro rychlou a přesnou detekci poruch a nestandardních stavů ve vodovodním potrubí tzv. vyhodnocování bilančních zón. Tyto informace dávají společně velmi přesný obrázek o reálné situaci a mimořádných stavech v dané zóně. [25, 29, 30, 31].



Obr. 2 Grafické srovnání vtoku a výtoku u konkrétní zóny [25]

Nabízí i možnost lepší analýzy spotřeby a následný návrh vhodnější typu vodoměru pro každého konkrétního zákazníka, což v konečném důsledku způsobí menší ztráty vody měřením v důsledku nevhodného měřidla. [25, 29].

Další výhodou může být možnost větší kontroly spotřeby vody v případě, že dojde k plošnému omezení její spotřeby (extrémní sucha aj.). Tato skutečnost byla zmíněna jako jedna z možností také v materiálu Vlády ČR zaměřeném na boj proti suchu z června roku 2015. [25].

V neposlední řadě i detekce a následná eliminace zpětných toků přes vodoměr zpět do řádu, což sníží riziko kontaminace vody. [25].



Obr. 3 Graf znázorňující alarm - zpětný tok s popisem alarmu. [30]

Zaručuje přesnější odhad spotřeby vody a tržeb díky stanovení dohadných položek na konci období, což umožňuje analyzovat chování zákazníků. [25].

A nakonec umožňuje i modernizaci procesů a nabídka nových služeb zákazníkům, ti získají přístup ke svým datům o spotřebě on-line. Automatické zasílání upozornění zákazníkům o zvýšené spotřebě, úniku u jejich vodoměru, či vadném vodoměru zamezí zbytečným nákladům a možným škodám na majetku. Případně u dlouhodobě neobývaných nemovitostí má majitel společně s nastavenými alarmy zabezpečenou nemovitost proti únikům vody. [25, 30].

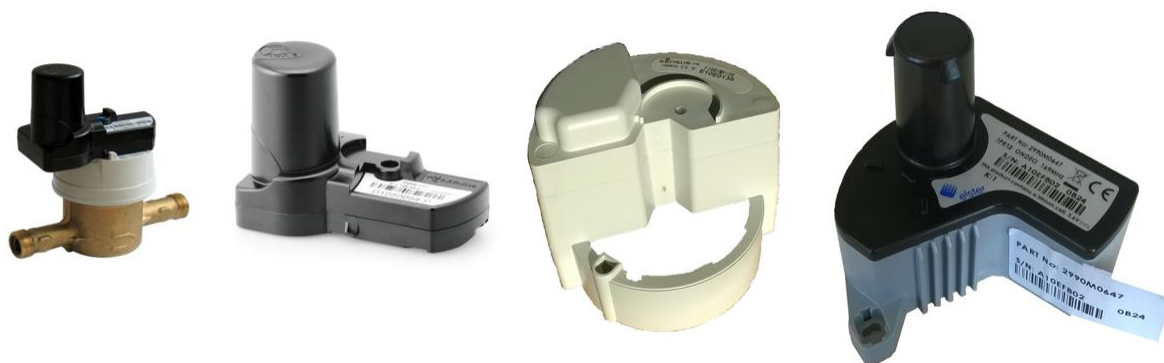
2.4 Realizace ve společnosti OVAK

Princip přenosu a využívání informací z vodoměrů se vztahuje na čtyři kroky, které jsou nezbytným předpokladem řešení problematiky odečtů měřidel. [30].

2.4.1 Vysílače

Protečené množství vody vodoměrem je zaznamenáno za pomoci pulsního výstupu vodoměru z pravidla po m³. Pulzní výstup je dnes standardem u všech nových mechanických vodoměrů, ve společnosti OVAK jde pak především o vodoměry výrobců Itron a Sensus, se kterými je řešení Smart Metering plně kompatibilní. V současné době je v Ostravě těmito vysílači osazeno více než 8 000 vodoměrů, což činí přibližně 25 % z celkového počtu odběrných míst. [24, 30].

Vysílače jsou prováděny ve dvou provedeních. Prvním je kompaktní verze, která spojuje snímač vodoměru s vysílačem velkým asi 9 centimetrů v jeden modul, který je používán v místech s dostatečným postupem signálu, většinou tedy i do tubusových šachet. Toto řešení je tak prostorově mnohem úspornější a cenově dostupnější. Druhá, oddělená verze, funguje tak, že snímač pulzů vodoměru funguje jako samostatný modul na vodoměru a je kabelem spojen s vysílačem. Toto řešení je vhodnější pro místa, kde pro kompaktní verzi vysílače není dostatečný signál, zpravidla tedy jde o hluboko zavedené vodoměrné šachty, sklepení a další objekty s horší prostupností signálu. [24, 30].



Obr. 4 Kompaktní verze vysílače [25]



Obr. 5 Oddělený vysílač [25]

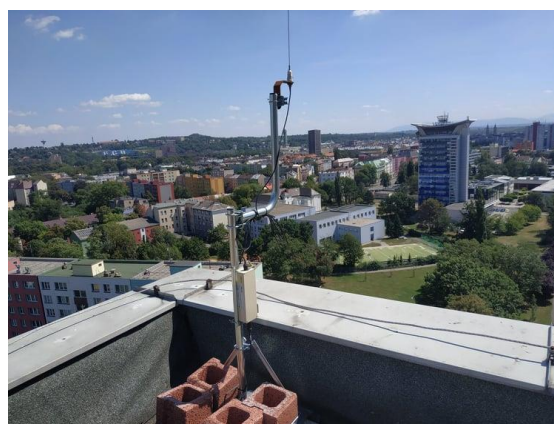
Každý vysílač má svou SIM kartu a na frekvenci 169 MHz, která je pro tyto účely vyhrazena a je specifická mimo jiné i velmi dobrou propustností konstrukcí budov, komunikuje s přijímačem. Odečtená data je pak možné vysílačem odesílat v několika režimech. V některých případech je možnost odesílání dat až 24krát za den, zpravidla se ale volí možnost odesílání dat dvakrát za den v dvanácti hodinových intervalech z důvodu úspory baterie, který je pro účely domovních vodoměrů dostačující. Načtený počet pulzů je ukládán v paměti vysílače a vysílán na přijímač dle zvolené frekvence. Při tomto intervalu je udávána životnost baterie až 15 let, z hlediska legislativy je důležité, aby vysílač vydržel dvakrát 6 let, což je minimální udávaná životnost vodoměru. [24, 30, 33].

2.4.2 Přijímače

Data vysílána vysílači jsou následně předávána přijímačům, které bývají instalovány na výškových objektech. Komunikace probíhá uzavřeným komunikačním protokolem se standardním šifrováním. Kvalita a dostupnost přijímaného signálu je závislá na morfologii terénu a okolní zástavbě a také na umístění vodoměru. Reálně jsou přijímače současné generace schopny přijímat data ze vzdálenosti alespoň dva kilometry, na volných prostranstvích pak až maximálně čtyřicet kilometrů. Aby bylo zajištěno co nejlepší pokrytí signálem přijímače, každý má ve třech rozích budovy umístěny antény. [23, 24, 25, 26, 30].



Obr. 6 Přijímač



Obr. 7 Anténa přijímače

Cílem pak je vytvořit celistvé pokrytí celého města Ostravy přijímači ve formě tzv. včelích pláství podobně jako je budováno pokrytí mobilních operátorů. Vytváří se proto i záměrné překrytí signálu, které zaručuje rovnoměrné pokrytí. Za tímto účelem se tak musí najít vhodný výškový objekt (výšková budova) a s jeho vlastníkem uzavřít smlouva. [24, 25, 26, 30].



Obr. 8 Pokrytí přijímači města Ostravy v roce 2019 [23]

Napájení těchto přijímačů je možné řešit dvěma způsoby. První ze způsobů je využít již zavedené elektro rozvody a napájení přímo ze sítě. Tento způsob není z několika důvodů preferovaný. Především kvůli komplikacím spojených s budováním nové elektro přípojky například kvůli nesouhlasu majitele objektu. Druhou variantou je pak napájení pomocí solárních panelů, což přináší mnoho výhod. Elektrický obvod je s maximálním napětím 24 V oddělený od vnitřních rozvodů, takže v případě zásahu bleskem nemůže dojít k přenosu do objektu a dalším vzniklým komplikacím. Pro vlastní potřebu pak mají i sadu baterií, která je dostatečná i v zimních dnech s nižším slunečním svitem. Není také potřeba zasahovat do fasády a stěn objektu pro protažení vodičů a také mizí nutnost revize elektrozařízení. Při změně objektu je možné celé zařízení rozložit a přenést na jiný objekt bez větších ztrát. [24, 25, 26, 30].

2.4.3 Přenos a zpracování dat

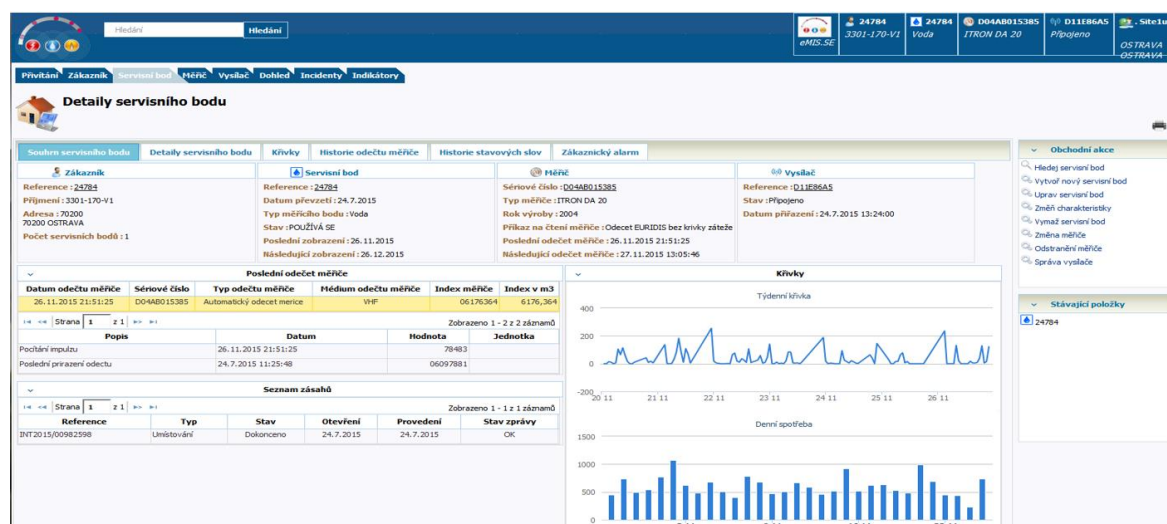
Přenos dat z vysílačů do datového uložení je zajištěn technologií GPRS (2G síť) a následně přes rozhraní na server do informačního systému pro správu dat. Tento digitální

řetězec dat je šifrován a nejsou jím přenášeny žádné osobní informace, které by mohly mít za následek identifikaci odběratele. Data obsahují pouze informace o vysílači, počet pulzů za danou časovou periodu a další informace potřebné pro chod systému. Tato data systém následně zpracuje a přiřadí je ke konkrétnímu odběrnému místu. [24, 25, 26, 30].

2.4.4 Výstup

Přístup k datům je následně řešen pomocí dvou webových portálů eMIS (Energy Meter Information Solution). První portál eMIS.DM slouží pro správu a vyhodnocení dat. K tomuto mají přístup pouze pověřeni zaměstnanci společnosti a provádí běžné operace pro fungování systému. Právě v tomto systému se zpracovávají anomálie ve spotřebě, což bývají nejčastěji nereagující vodoměry, anebo skokově vyšší spotřeba vody vytvořená poruchou za vodoměrem. [24, 25, 26, 30].

Druhý webový portál eMIS.SE pak slouží samotným odběratelům, kde se odečtená data zobrazují jak v textové, tak grafické formě. Slouží pro možnost kontroly spotřeby vody zákazníka a nelze v něm provádět žádné změny. Pokud zaznamená nestandardní spotřebu, systém sám zákazníkovi zašle upozornění emailem a SMS zprávou. Díky tomuto včasnému odhalení závady, kterou může být nadměrná spotřeba vody nebo obtížně zaznamatelné drobné úniky vody. Toto upozornění dokáže odběrateli ušetřit výdaje s tím spojené. [24, 25, 26, 30].



Obr. 9 Webový portál eMIS.DM [11]

Současně s tímto informačním systémem pro správu dat se denně generují CVS soubory s informacemi o odečtených datech a ukládají se na FTP servery. Tyto databázové soubory pak slouží především k fakturaci, proto se může zákazník s osazeným vodoměrem setkat na faktuře s termínem „dálkový odečet“. [24, 26].

2.5 Bilanční zóny

Užitečným nástrojem pro rychlou a přesnou detekci poruch a nestandardních stavů ve vodovodním potrubí je vyhodnocování tzv. bilančních zón. K vyhodnocování se využívají základní dostupné informace:

- Přítok do zóny, jehož hodnota je získávána z běžně používaných sekčních měřidel, obvykle online přenášena do dispečinkových systémů.
- Fakturovaný odtok ze zóny, který je rovněž získáván online díky datům z fakturačních měřidel prostřednictvím Smart Meteringu.



Obr. 10 Bilanční zóna Ostrava Výškovice [26]

- Údaje z akustických loggerů o šumu v potrubí, které pomůžou přesněji identifikovat konkrétní místo poruchy. Tyto informace společně dávají přesný obrázek o reálné situaci a mimořádných stavech v dané zóně. Toto je potom základem pro rychlou identifikaci poruch, vyloučení zbytečných výjezdů pracovníků, a nakonec také i přesnější určení místa poruchy. [25, 30].

2.5.1 Akustické loggery

Akustické loggery jsou malá zařízení používaná k brzkému detekování úniku vody ve vodovodu, na který jsou instalovány ještě před známým únikem a následně potrubí permanentně monitorují. Jsou rozmístěny na vodovodu, kde přímo na potrubí monitorují hluk. Fungují na principu detekce akustického šumu, který je nejnadhěji detekovatelný v průběhu noci. Data jsou vyhodnocována na hlukové amplitudě, kde se mimo náhodných a silnějších zvuků může zobrazit konstantní, ne tolik výrazný šum – v tomto případě se jedná o únik. Data ze všech loggerů v dané zóně jsou následně online zpracovávány a jsou díky nim jednoduše detekovatelné části potrubí, kde byl zaznamenán únik. [1, 21].

K praktickému využití těchto zařízení může sloužit například nástroj AQUADVANCED. Tento software využívá data z loggerů, ale například i z dálkových odečtů vodoměrů a dokáže samostatně identifikovat a lokalizovat poruchu na síti. [1, 21].

2.6 Budoucí možnosti využití

Každý objekt má dnes svůj vlastní vodoměr. S přístupem k datům o spotřebě vody v reálném čase se otevírá cesta k novým možnostem využití těchto vodoměrů a zcela nová generace služeb pro odběratele. [31].

Dnes v České republice žije cca 183 tisíc lidí s demencí a dle předpokladů to bude v roce 2050 cca 385 tisíc lidí, což znamená až 3,7 % populace. Tato nemoc většinou přichází pozvolna a mimo jiné se projevuje i změnou chování a zvyků, tedy i změnou hygienických návyků. Tyto změny pak přirozeně vedou ke změnám v křivkách spotřeby vody, které se pomocí vodoměru dají sledovat. Sledování spotřeby vody v závislosti na změně chování tak může včas odhalit přicházející nemoc, případně usnadnit kontrolu jejího dalšího průběhu. [9, 31].

U specifických typů odběratelů – veřejné budovy, školy, obytné budovy, rekreační zařízení apod. – je průběh spotřeby vody v určitých časech a dnech velmi podobný a standardizovaný pro daný den. Principem je nastavení podrobného časového snímku spotřeby vody pro konkrétní dny a měřené místo na základě historických dat, stanovení mezních hodnot, průběžné sledování reálných hodnot z vodoměru a zastavování vody na dálku v hodinách mimo provoz budovy nebo v případě poruchy. Společně s doplněním nových podružných vodoměrů (např. společné toalety a sprchy) a nových na dálku uzavíratelných uzávěrů u vodoměrů může odběratel rychle a efektivně snížit svoji spotřebu vody. U případových studií se jednoznačně potvrdil přínos tohoto produktu:

- 10 škol po dobu 3 let, detekce 42 úniků, ušetřeno 29 000 m³ vody, návratnost investice méně než 9 měsíců.
- 1 kemp po dobu 34 měsíců, detekce 101 úniků, ušetřeno 9 500 m³ vody, návratnost investice méně než 6 měsíců.
- 10 vlakových stanic po dobu 18 měsíců, detekce 19 úniků, ušetřeno 34 000 m³ vody, návratnost investice méně než 4 měsíce. [31].

3. VLIV TLAKOVÝCH POMĚRŮ NA VODOVODNÍ SÍŤI NA SPOTŘEBU VODY

Vyhláška číslo 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů uvádí, že maximální přetlak v nejnižších místech vodovodní sítě každého tlakového pásma nesmí převyšovat hodnotu 0,6 MPa a při zástavbě do dvou nadzemních podlaží hydrodynamický přetlak v rozvodné síti musí být v místě napojení vodovodní přípojky nejméně 0,15 MPa. Při zástavbě nad dvě nadzemní podlaží nejméně 0,25 MPa. [34].

V zájmové oblasti Výškovic je vodovodní řád veden z přivaděče a tlak je regulován pomocí ventilu na začátku zóny na průměrných 0,45 MPa, který je legislativně dostačující pro potřeby všech domů v dané zóně. Přivaděč je veden ze sítě společnosti SMVaK, takže se jedná o vodu předanou z jiného vodovodu. Pro potřeby této práce byl tlak na vstupu do zóny zvýšen o 0,05 MPa na celkovou průměrnou hodnotu 0,5 MPa a udržován po období od listopadu 2019 až do konce února 2020.

Toto navýšení tlaku je pak rovněž v souladu se všemi legislativními normami. Tato kapitola si pak dává za cíl prakticky zjistit, zdali toto navýšení tlaku bude mít za následek vyšší ztráty na vodovodní síti, popřípadě i za domovními vodoměry na vodovodních přípojkách, potažmo přímo v domácnostech, kde se pracuje s předpokladem zvýšení objemu protečené vody v závislosti na rychlosti průtoku vody při činnostech, jako je umývání nádobí, nebo sprchování, tedy činnosti, které nemají spojitost s napouštěním nádrží, či nádob.

Toto navýšení tlaku bylo umožněno díky společnosti OVAK v bilanční zóně Ostrava-Výškovice za účelem získání dat pro tuto práci. Data o tlaku a množství vody nateklé do zóny je získáváno z měřicí stanice na vstupu do zóny, data týkající se nateklého objemu vody do domácností pak z domácích vodoměrů pomocí Smart Meteringu. Všechna data byla jednou denně odesílána ke zpracování v období od února 2018, kdy byla zóna kompletně osazena zařízeními na dálkový odečet, a to až do února 2020, po který byl tlak v zóně navýšen.

Data byla zpracována ve společnosti OVAK k interním účelům a následně poskytnuta k účelům této práce. Případné chybějící hodnoty vzniklé výpadkem byly softwareově dopočítány.

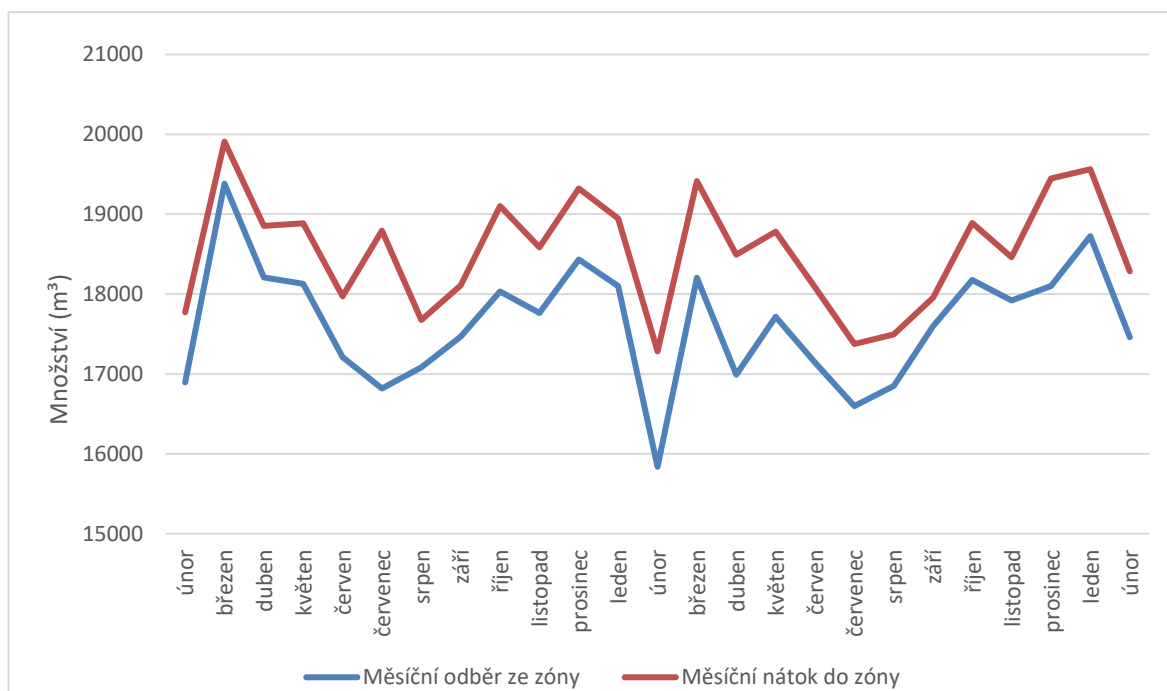
Součástí měl původně být také teoretický výpočet dle níže uvedeného vztahu za předpokladu, že chování zákazníků se v průběhu roku nezmění, se kterým by byly následně vypočítané výsledky porovnávány.

$$Qv = \sqrt{\frac{\Delta p}{k}} \quad (1)$$

Není možné zjistit koeficient k shrnující veškeré ztráty na potrubí, kvůli neznalosti kompletní charakteristiky potrubí, jelikož není známo, kde a v jakém množství se netěsnosti, nebo případné otvory na potrubí nachází. Zároveň situace na domovních přípojkách je zcela neznámá.

3.1 Ztráty vody na síti

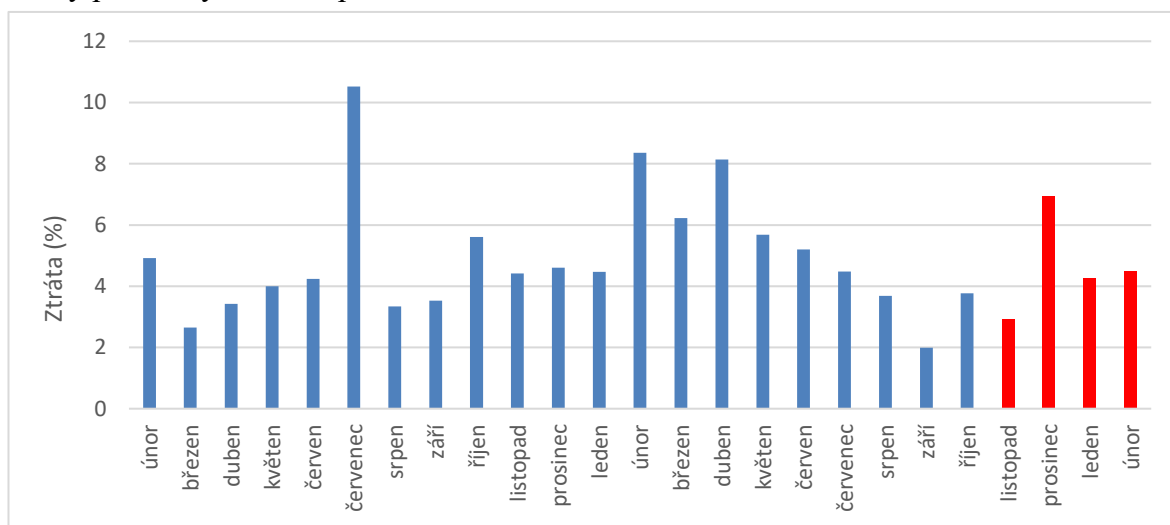
Technologie Smart Meteringu nám umožňuje přesně změřit vodu ztracenou při dodání zákazníkovi. Do jisté míry se jedná o obraz toho, v jakém technickém stavu je síť a jak dobře se daří tyto ztráty napravovat. V této konkrétní zóně dosahuje ukazatel %VNF za rok 2018 a 2019 hodnotu okolo 5 %, což indikuje, že potrubí v této oblasti v porovnání s celorepublikovým průměrem, který se pohybuje okolo 16 %, je na velice dobré úrovni. Průměr ve společnosti OVAK je pak okolo 11 %. Nedá se tedy předpokládat, že by ani zvýšení tlaku v této oblasti úniky na síti nějak razantně ovlivnily.



Obr. 11 Měsíční nátok a odběr zóny

Na předcházejícím grafu můžeme vidět červenou linii grafu, která zobrazuje nátok do zóny a modrou linii grafu zobrazující fakturovaný odběr vody ze zóny. Výšeč mezi těmito dvěma liniemi se pak rovná ztrátě vody na síti.

Z naměřených údajů a porovnání objemového nátok a sumy průtoku na dálkově odečítaných vodoměrech můžeme vyvodit, že zvýšení tlaku v zóně nemělo na ztráty vody žádný podstatný vliv viz. příloha 1.



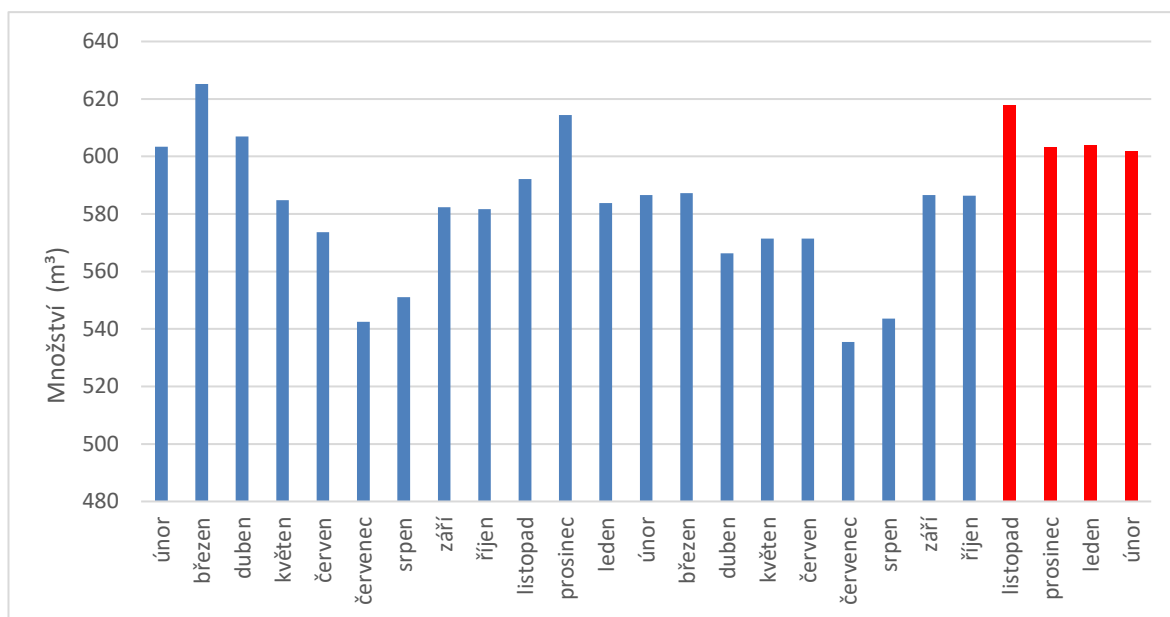
Obr. 12 Průměrná denní ztráta na síti za měsíc

Z grafu můžeme vyčíst průměrnou ztrátu vody na síti. Sloupce vyznačené červeně pak znázorňují ztráty po dobu zvýšeného tlaku na síti.

Průměrně se za období únor 2018 až únor 2020 ztráty pohybují mezi 2 % až 10,5 %. Průměr za období se nižším tlakem pak činí 4,9 % a s tlakem zvýšeným to pak je 4,7 %. Z těchto dat tedy můžeme soudit, že zvýšení tlaku na síti nemělo žádný podstatný vliv na ztráty na vodovodu, naopak z dat můžeme vidět, že se hodnota procentuální ztráty vody dokonce lehce snížila.

3.2 Změna spotřeby vody za domácím vodoměrem

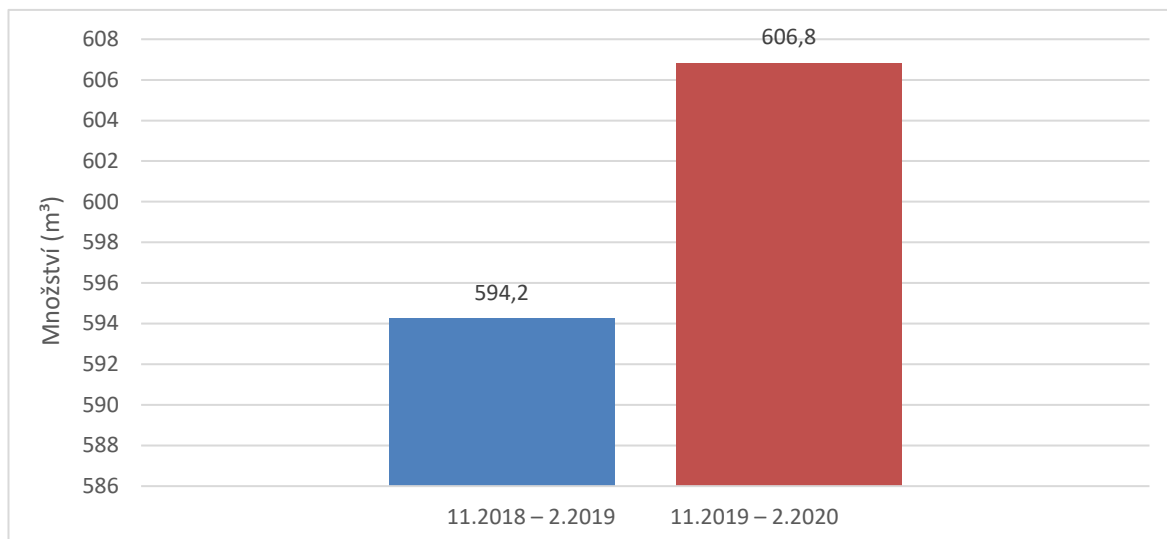
Zajímavější z pohledu výsledků je pak část ohledně situace na domovních přípojkách, kde je potrubí starší a v horším stavu než na samotné vodovodní síti. Ztráty na části za domovními vodoměry jsou způsobeny jak většími ztrátami na potrubím samotném, ale i vyššímu odběru při činnostech, jako je sprchování nebo umývání nádobí.



Obr. 13 Průměrný denní odběr ze zóny vodoměry

Z grafu můžeme zjistit průměrný denní odběr vody všech vodoměrů v zóně za měsíc. Sloupce vyznačené červeně znázorňují ztráty po dobu zvýšeného tlaku na síti.

Z naměřených dat vyplývá, že odběr vody v domácnostech se po dobu zvýšeného tlaku narostl oproti zbytku dat z průměrných denních nátoků všech domovních vodoměrů za měsíc o 4,4 % viz. příloha 1.



Obr. 14 Porovnání stejného období s normálním a zvýšeným tlakem

V grafu je porovnán odběr vody za normálního tlaku, který je reprezentován modrým sloupcem a odběr vody za tlaku navýšeného znázorněného sloupcem červeným.

Oproti stejnému čtyřměsíčnímu období za minulý rok je nárůst o 2,1 %. Konkrétně pak je denní průměr s nižším tlakem 579,9 m³. V období od listopadu 2018 do února 2019 činil 594,2 m³ a v období se zvýšeným tlakem, tedy od listopadu 2019 do února 2020, byl naměřen průměrný denní přítok 606,8 m³ viz. příloha 1.

4. VLIV PANDEMIE NEMOCI COVID-19 NA DODÁVKU VODY VE SPOLEČNOSTI OVAK

Celosvětová pandemie nemoci Covid-19, potažmo vládní nařízení týkající se ať už přímých nebo nepřímých omezení provozu některých podniků, či celostátní karanténa, měla vliv i na dodávku vod.

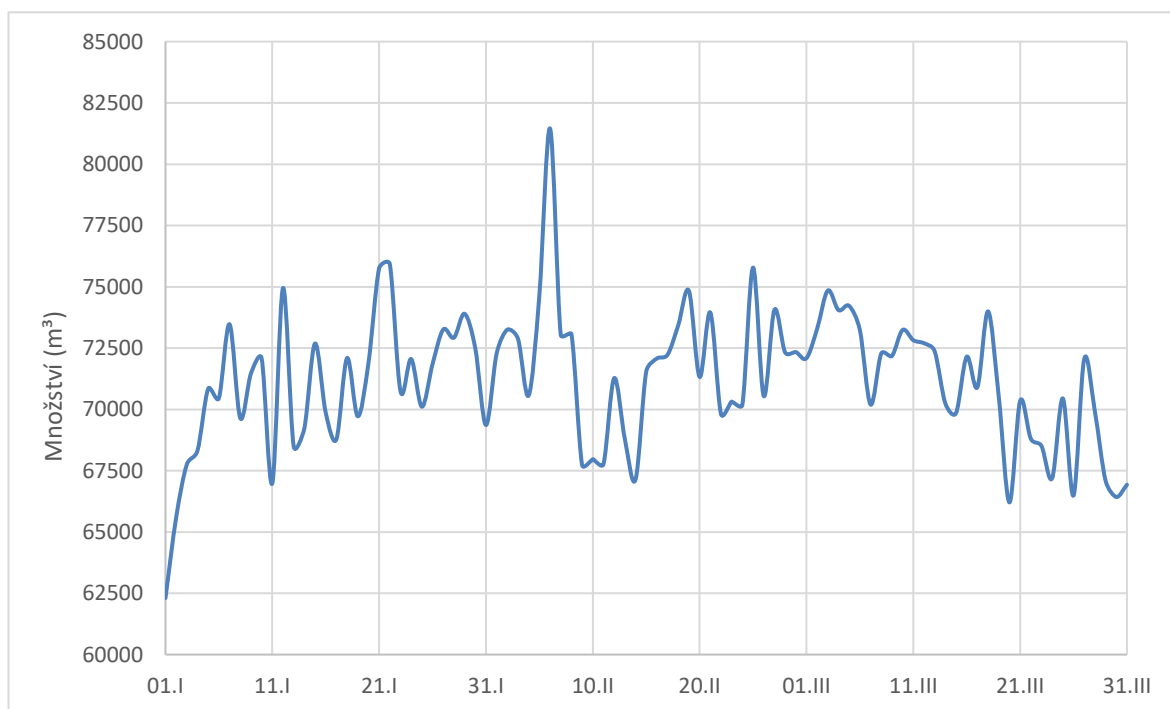
Ve společnosti OVAK bylo již začátkem března 2020 přistoupeno k některým krokům, které by měly vést ke snížení nákazy. V souvislosti s vodovodní sítí bylo přistoupeno například k preventivnímu opatření týkajícího se dochlorování vody na provozovaných zdrojích na maximální možnou úroveň povolenou Vyhláškou č. 252/2004 Sb., která stanovuje hygienické požadavky na pitnou vodu a rozsah její kontroly [16].

Dále pak byly pozastaveny odečty vodoměrů a jejich výměny nebo osazování nových. Díky relativně velkému rozšíření chytrého měření, které přenáší informace o spotřebě dálkově, není potřeba fyzické přítomnosti zaměstnanců společnosti OVAK u spotřebitele.

4.1 Celkové zhodnocení přítoku do vodovodní sítě na území Ostravy v závislosti na vládních opatřeních

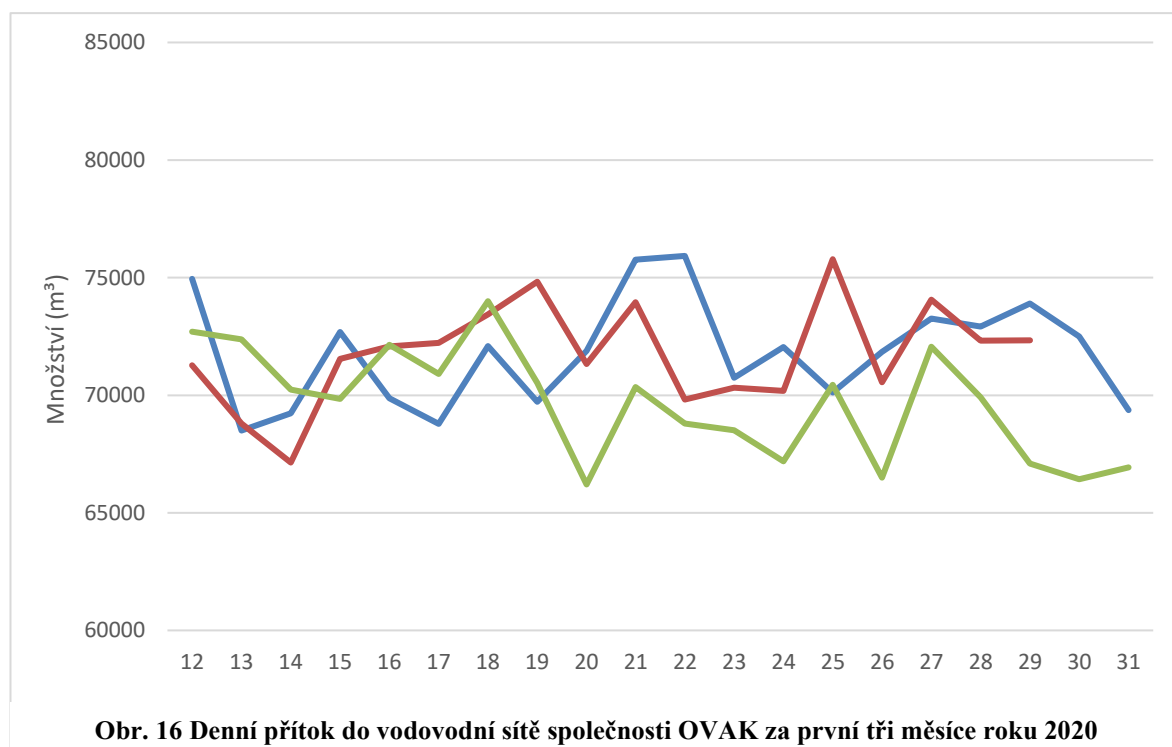
Vliv na odběr pitné vody z vodovodní sítě společnosti OVAK měla vliv celá řada státních opatření. Mezi největší faktory by se dalo uvažovat uzavření všech školských zařízení s platností od 12. 3. 2020, uzavření restaurací a barů od 14. 3. 2020, nebo vyhlášení celostátní karantény a s tím související omezení volného pohybu osob, které vešlo v platnost od 16. 3. 2020 [32].

Na následujících grafech je vyobrazen celkový přítok, tedy součet vody nakoupené a vody vyrobené do vodovodní sítě společnosti OVAK. Na grafu níže je konkrétně zaznamenán celkové množství přitéklé vody, tedy suma vody vyrobené a nakoupené, do vodovodní sítě společnosti OVAK



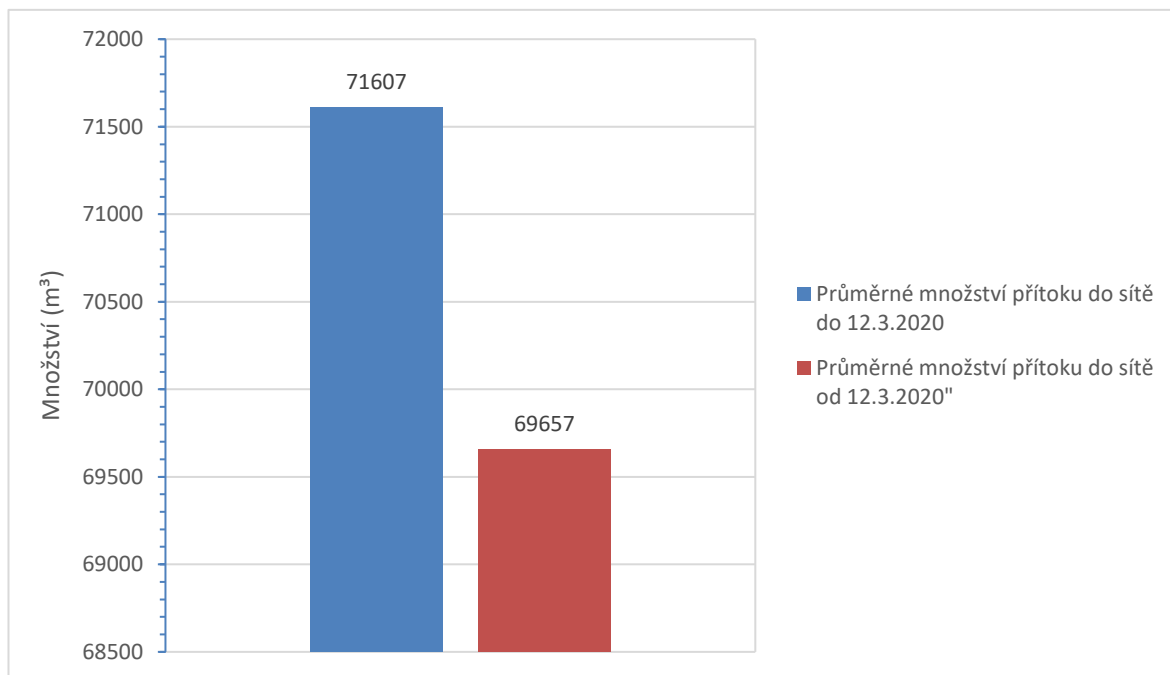
Obr. 15 Denní přítok do vodovodní sítě společnosti OVAK

V následujícím grafu je pak zaznamenán množství přítoku do vodovodní sítě z hlediska porovnání jednotlivých kalendářních dní prvních tří měsíců roku 2020. Modrou spojnicí je zaznamenán měsíc leden, červenou měsíc Únor a zelenou měsíc březen, v jehož průběhu jde poznat pokles související právě s vladními opatřeními.



Obr. 16 Denní přítok do vodovodní sítě společnosti OVAK za první tři měsíce roku 2020

Z předešlých grafů lze vyčíst jasný úbytek spotřeby vody v druhé polovině března související především s uzavřením restauračních zařízení, nebo průmyslových objektů produkujících na území Ostravy. Za zmínku stojí například společnost Vítkovice Heavy Machinery, která patří mezi jeden z největších průmyslových podniků na území Ostravy a výroba zde byla omezena natolik, že přibližně 500 zaměstnanců z celkového počtu asi 800 zaměstnanců zůstalo doma. [14, 32].



Obr. 17 Průměrný přítok do vodovodní sítě společnosti OPAK

V tomto grafu je naznačen průměrný denní přítok do vodovodní sítě společnosti OPAK před 12.3.2020 modře a od 12.3.2020 pak červeně.

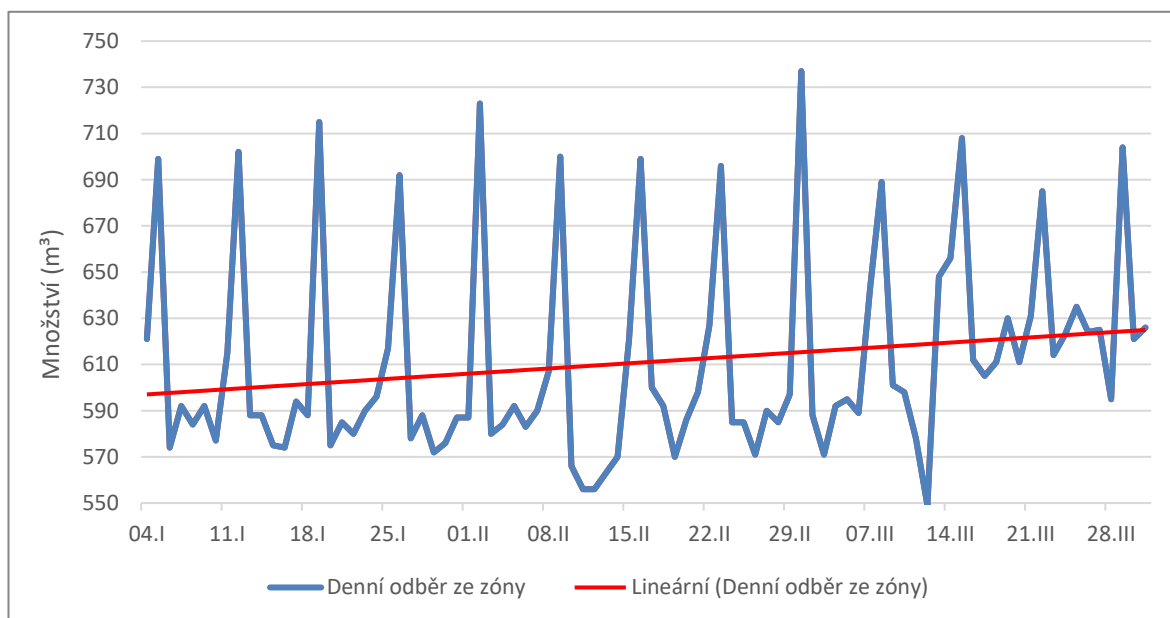
Na základě těchto dat ze společnosti OPAK lze následně říct, že celkový pokles přítoku do vodovodní sítě od začátku vládních nařízení omezujících běžný život činí v rámci Ostravy průměrně 1950 m³ denně. Od 19. 3. 2020, kdy už se opatření plně projevila a z dat lze číst největší úbytek přijaté vody, je to pak průměrně 3074 m³ denně viz. příloha 2.

4.2 Zhodnocení odběru vody v obytné zóně Ostrava-Výškovice

Následující data jsou čerpána z dálkových odečtů fakturačních vodoměrů ve vybrané reprezentativní zóně Výškovice. Zóna se skládá z celkem 92 vodoměrů osazených chytrými zařízeními na dálkový přenos dat. V této vybrané lokalitě se nenachází žádné průmyslové podniky, naopak je složena především z rodinných a bytových domů. V oblasti se nachází i základní a mateřská školy, ale z toho důvodu, že se tato kapitola snaží zaměřit pouze na obytné budovy a tyto školy jsou v době měření uzavřené, nebude s nimi v této kapitole počítáno.

Porovnané výsledky byly ovlivněny i zvýšeným tlakem, který byl v zóně udržován na začátku roku 2020 v období ledna a února kvůli výzkumné třetí kapitoly této práce. Bez této změny tlaku by byly výsledky nejspíše ještě markantnější.

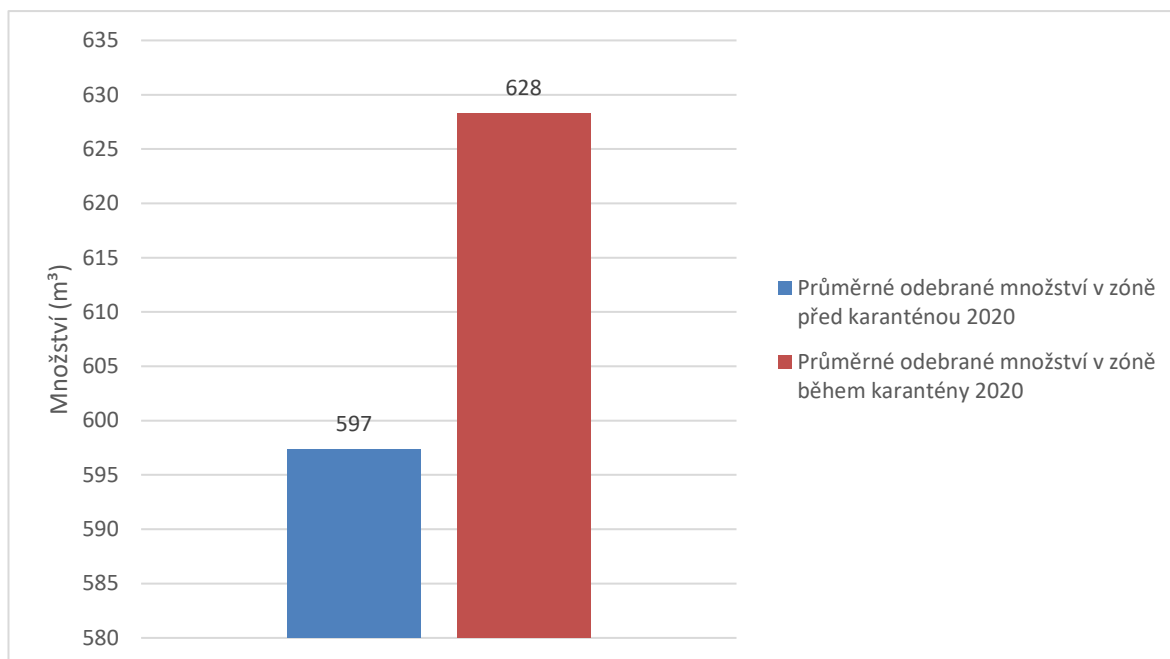
V následujícím grafu je vidět, že naopak od celkového odběru vody vyvozeného z přítoku do vodovodní sítě na území Ostravy, je situace v obytné zóně odlišná. Z těchto dat je jasně viditelný nárůst odběru pitné vody v domácnostech v důsledku důkladného dodržování omezení o pohybu osob. V období omezení volného pohybu osob je možné vidět především nárůst odběru vody ve všední dny, ale i zploštění výkyvů křivky, které jsou běžně způsobeny střídáním všedních a víkendových dnů. Červeně je v grafu pak zaznačena stoupající lineární regrese jasně reprezentující zvyšující se odběr pitné vody v této reprezentativní zóně.



Obr. 18 Množství odebrané vody na fakturačních vodoměrech

Konkrétně se pak jedná o průměrný denní nárůst 31 m^3 , což znamená zhruba 5 % nárůst oproti normálu viz. příloha 1.

V tomto grafu je naznačen průměrný denní odběr ze zóny Ostrava-Výškovice před vyhlášením celostátní karantény modře a po vyhlášení pak červeně.



Obr. 19 Porovnání množství odebrané vody na fakturačních vodoměrech

Z výsledných dat můžeme pozorovat jasný dopad vladních nařízení týkajících se omezení volného pohybu osob, případně z nich vyvodit i důslednost jejich dodržování.

Tato data pak korespondují například i se studií Elizabeth Gibney, která mapovala důsledky omezení volného pohybu osob v belgickém Bruselu za pomoci dat týkajících se seismických otřesů pomocí přístrojů, které zaznamenávají vibrace z vozidel, průmyslové výroby, nebo i běžného pohybu obyvatel a ukazují až třetinový pokles tohoto hluku. Podobné výsledky jako v Bruselu zaznamenala i Celeste Labeledz v Los Angeles, kdežto například v Albuquerque v Novém Mexiku tento pokles takřka nezaznamenali. V případě rozšíření technologie Smart Metering by tento systém při další podobné krizi mohl posloužit i ke zmapování situace podobně, jako se nyní provádí pomocí sledování seismických otřesů. [7].

ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout nové možnosti využití technologie Smart Metering a pokusit se ověřit jejich funkčnost na reprezentativní, plně osazené bilanční zóně Ostrava-Výškovice.

Při zvýšení tlaku o 0,05 MPa v této zóně po dobu čtyř měsíců jsme díky naměřených dat z vodoměrů experimentálně zjistili, že toto navýšení tlaku nemělo na ztráty vody na síti takřka žádný vliv. Naopak v domácnostech jsme mohli pozorovat nárůst spotřeby vody oproti stejnému období minulého roku o 2,1 % a v porovnání s průměrem za celou dobu měření v této zóně je to pak rozdíl 4,4 %. Tyto změny byly dle předpokladů zapříčiněny nejspíše horším stavem potrubí na přípojce, nebo zvýšeným použitím objemu vody při činnostech v domácnostech nezahrnující naplňování nádob či nádrží.

Během sledování dat v průběhu pandemie a celostátní karantény o spotřebě vody na území Ostravy byl znatelný jasný pokles odběru z důvodu uzavření některých průmyslových podniků a restaurací. Naopak data z dálkově odečítaných vodoměrů pak ukázala 5 % nárůst spotřeby vody v domácnostech v rámci bilanční zóny Ostrava-Výškovice. Tyto údaje byly navíc ovlivněny předchozím měřením za zvýšeného tlaku, teoreticky by se pak dalo mluvit až o více než 7 % nárůstu spotřeby.

Tato nová využití dálkových odečtů vodoměrů by tedy v budoucnu mohla být použita jako pomoc při optimalizaci tlakových poměrů na síti, stejně jako umožnit lépe zmapovat situaci při podobné nenadálé události, jako je právě pandemie.

LITERATURA

1. AQUADVANCED Water Networks: General description. Paris: SUEZ.
2. BÁBÍKOVÁ, Jana. Vodovody a kanalizace: Smart metering ve skupině Veolia. *Ovodarenstvi* [online]. 20.5.2015 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/vodovody-a-kanalizace-smart-metering-ve-skupine-veolia>
3. *COMMISSION DECISION of 20 December 2005 on the harmonisation of the 169,4-169,8125 MHz frequency band in the Community*. In: Brusel: Official Journal of the European Union, 2005, ročník 2005, L 344/47. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005D0928&from=EN7>
4. EFTHYMIU, Costas, Georgios KALOGRIDIS, C. ADAY CURBELO MONTANEZ, S. SIKDAR, F. BALL a B. KENDALL. *Smart Grid Privacy via Anonymization of Smart Metering Data*. Bristol: Toshiba Research Europe, 2010.
5. General Packet Radio Service (GPRS); Overall description of the GPRS radio interface; Stage 2. *Portal.3gpp* [online]. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=2680>
6. *General presentation AMR 2G* [prezentace] Paris: Suez Smart Solutions 10.5.2017 [cit. 2020-03-24].
7. GIBNEY, Elizabeth. Coronavirus lockdowns have changed the way Earth moves. *Nature* [online]. 2020, **580**(7802), 176-177 [cit. 2020-05-03]. DOI: 10.1038/d41586-020-00965-x. ISSN 0028-0836. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/d41586-020-00965-x>
8. HÁJEK, David a Pavel PAJTL. Využití smart technologií ve vodárenství. In: *Sborník referátů z konference Provoz vodovodů a kanalizací 2019*. Praha: Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, 2019, s. 108-112. ISBN 978-80-907303-2-8.
9. CHALMERS, C., et al. *Detecting Activities of Daily Living and Routine Behaviours in Dementia Patients Living Alone Using Smart Meter Load Disaggregation*. New York: Cornell University, 2019.

10. CHRIAŠTEĽ, Štefan. *Tlakomery, vodomery, plynomery*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1960. Edícia strojárskkej literatúry.
11. *Inteligentní vodoměry* [online]. Kamstrup: ©2020 [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://www.kamstrup.com/cs-cz/reseni-pro-dodavatele-vody/inteligentni-vodomery/multical-21>
12. Internet věcí (IoT): Velké téma i ve vodárenství. *Sovak*. 2017, (11), 31.
13. Jalamudis, Patrik. *Smart cities dokáží vyřešit palčivé problémy městské správy. A bez nákladných investic*. [Prezentace] Praha: České radiokomuniakce, 27.4.2016 [cit. 2020-03-26].
14. KARBAN, Pavel. *Vítkovice Heavy Machinery zastavily výrobu, vedení podalo návrh na insolvenční* [online]. *Právo*, 2020, 11. 3. 2020 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/ekonomika/clanek/vitkovice-heavy-machinery-zastavily-vyrobu-40316312>
15. KAREL, Petr. *VEOLIA-SMART METERING VE VODÁRENSTVÍ* [Prezentace] Praha: Sovak, 29.11.2010 [cit. 2020-03-26].
16. Koronavirus - aktuální provozně-technická opatření. *Ovak.cz* [online]. Ostrava, 2020, březen 2020 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.ovak.cz/index.php?document=1052&lang=1>
17. KROČOVÁ, Šárka. *Provozování distribučních sítí pitných vod*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2004. ISBN 80-248-0606-1.
18. KYNCL, Miroslav. *Hydrotechnická vybavenost*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1685-2.
19. *Měření spotřeby vody* [online]. OVAK: ©2019 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.ovak.cz/index.php?structure=16&lang=1>
20. *Měření spotřeby vody* [online]. Enectiva: ©2016 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.enectiva.cz/cs/blog/2016/02/mereni-spotreby-vody/>
21. Noise Loggers Leak Detection. *LDS: Leak Detection Specialist* [online]. Worthing, UK, 2020 [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: <https://www.leakdetectionspecialists.co.uk/technologies/noise-loggers-leak-detection>
22. NOVÁK, Josef. *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. Líbeznice u Prahy: Medim, c2003. ISBN 80-238-9946-5.

23. OESTREICHER, Marcus. LoRa - LoRaWAN - LRSC: Wireless Long Range Network for M2M Communication [Prezentace] IBM 2016. [cit. 2020-03-26].
24. OSTRÁK, Peter a Kateřina DANČOVÁ. Projekt Smart Metering- využití moderních technologií ve prospěch OVAK a.s. i zákazníka. *Sovak*. 2017, **26**(10), 1-4.
25. OSTRÁK, Peter. *Chytré měření: OVAK PRO SMART OSTRAVU* [prezentace]. Ostrava: OVAK a.s. listopad 2017 [cit. 2020-03-24].
26. OSTRÁK, Peter. *Smart metering v OVAK* [prezentace]. Ostrava: OVAK a.s. únor 2019 [cit. 2020-03-24].
27. POP, Gabor. *Return on experience on national LoRaWAN deployments* [Prezentace] London: actility, 2010 [cit. 2020-03-26].
28. ROYAN, Fredrick. Smart Water Metering Networks An Intelligent Investment? *WaterWorld* [online]. USA: WaterWorld Magazine, 1.11.2011 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.waterworld.com/international/article/16202174/smart-water-metering-networks-an-intelligent-investment>
29. RUTAR, Ludvík. Smart metering společnosti SUEZ – jak může pomoci lidem v jejich každodenním životě? In: *Sborník referátů z konference Provoz vodovodů a kanalizací 2019*. Praha: Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, 2019, s. 104-107. ISBN 978-80-907303-2-8.
30. RUTAR, Ludvík. Technologie SMART METERING společnosti SUEZ – vodou to teprve začíná. In: *Sborník referátů z konference Provoz vodovodů a kanalizací 2018*. Brno: Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, 2018, s. 90-96.
31. RUTAR, Ludvík. *Základní popis systému dálkových odečtů vodoměrů a akustických loggerů společnosti* [prezentace]. Praha: SUEZ Water CZ, s.r.o. květen 2019 [cit. 2020-03-24].
32. SŮSA, Richard. Souhrn opatření vlády proti šíření koronaviru. *Novinky.cz* [online]. 2020 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://special.novinky.cz/covid-19/covid-19-seznam-opatreni-cr.html>
33. Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu. In: . Praha, 2002, 345/2002 Sb. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-345>

34. Vyhláška Ministerstva zemědělství, 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. In: . Ministerstvo zemědělství, 2002, ročník 2001, číslo 428.
35. Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AMI – Advanced Metering Infrastructure

BVK – Brněnské vodárny a kanalizace

CVS – Comma-separated values

FTP – File Transfer Protocol

h – hodina

l – litr

m³ – metr krychlový

MHZ – megahertz

OVAK – Ostravské vodárny a kanalizace

PVK – Pražské vodovody a kanalizace

sb. – sbírka zákonů

SMVaK – Severomoravské vodovody a kanalizace

V – Volt

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 LoRaWAN [23].....	9
Obr. 2 Grafické srovnání vtoku a výtoku u konkrétní zóny [25]	10
Obr. 3 Graf znázorňující alarm - zpětný tok s popisem alarmu. [30].....	11
Obr. 4 Kompaktní verze vysílače [25]	12
Obr. 5 Oddělený vysílač [25]	13
Obr. 6 Přijímač	14
Obr. 7 Anténa přijímače	14
Obr. 8 Pokrytí přijímači města Ostravy v roce 2019 [23]	15
Obr. 9 Webový portál eMIS.DM [11]	16
Obr. 10 Bilanční zóna Ostrava Výškovice [26]	17
Obr. 11 Měsíční nátok a odběr zóny	21
Obr. 12 Průměrná denní ztráta na síti za měsíc	22
Obr. 13 Průměrný denní odběr ze zóny vodoměry	23
Obr. 14 Porovnání stejného období s normálním a zvýšeným tlakem	24
Obr. 15 Denní přítok do vodovodní sítě společnosti OVAK	25
Obr. 16 Denní přítok do vodovodní sítě společnosti OVAK za první tři měsíce roku 2020	26
Obr. 17 Průměrný přítok do vodovodní sítě společnosti OVAK	27
Obr. 18 Množství odebrané vody na fakturačních vodoměrech	28
Obr. 19 Porovnání množství odebrané vody na fakturačních vodoměrech	29

PŘÍLOHA

Příloha 1- Odběr a nátok do zóny Ostrava-Výškovice

Příloha 2- Přítok vody do společnosti OVAK