Středoškolská technika 2017

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

SKRYTÉ ÚNIKY VODY

Zdeňka Blažejovská

Střední odborná škola a Střední zdravotnická škola Benešov, příspěvková organizace,
Černoleská 1997, Benešov

Spolupracující firma: Vodohospodářská společnost Benešov, s.r.o.

Poradce: Karel Houda, Mgr. Daniela Kulíčková

Anotace:

Autorka poukazuje ve spolupráci s Vodohospodářskou společností Benešov, s.r.o na velice důležitou oblast v problematice hospodaření vodou, a to na skryté úniky, tj. na úniky vody vlivem netěsnosti potrubí, ještě na straně dodavatele. Popisuje způsob monitorování těchto ztrát a řešení vedoucí k jejich snížení.

Práci doplňuje pro názornost několika svými výpočty a anketou mezi spolužáky.

V závěru vyjadřuje své postřehy a názory plynoucí jednak z rozhovoru s panem ředitelem Pierre-Alexandre Sègre, jednak z jejích vlastních poznatků, zkušeností a jednoduchého pokusu.

OBSAH

Úvod 1

Vodohospodářská společnost Benešov, s.r.o. 2

Hospodaření vodou 3

Vyhodnocení úniků 4

Snižování ztrát 6

Dispečink 7

Průzkum vodovodní sítě 8

Lokalizace úniků 9

Ekonomické hledisko a efektivita 11

Anketa 12

Závěr 13

Zdroje: 16

Úvod

V poslední době čím dál víc slýcháme o nutnosti šetření vody, neboť pitné vody rapidně ubývá. Nejvíce se diskutuje o šetření jednotlivců, což bude v projektu zahrnuto také, ale nikde už se nemluví o prvotních ztrátách již při cestě potrubím. Vzhledem k nepřílišné známosti této problematiky mezi veřejností, jsem se rozhodla zpracovat toto téma.

Ve spolupráci s VHS Benešov jsem měla možnost si vyzkoušet různé způsoby detekce vad potrubí a dozvědět se něco o ztrátě vody jimi způsobenou.

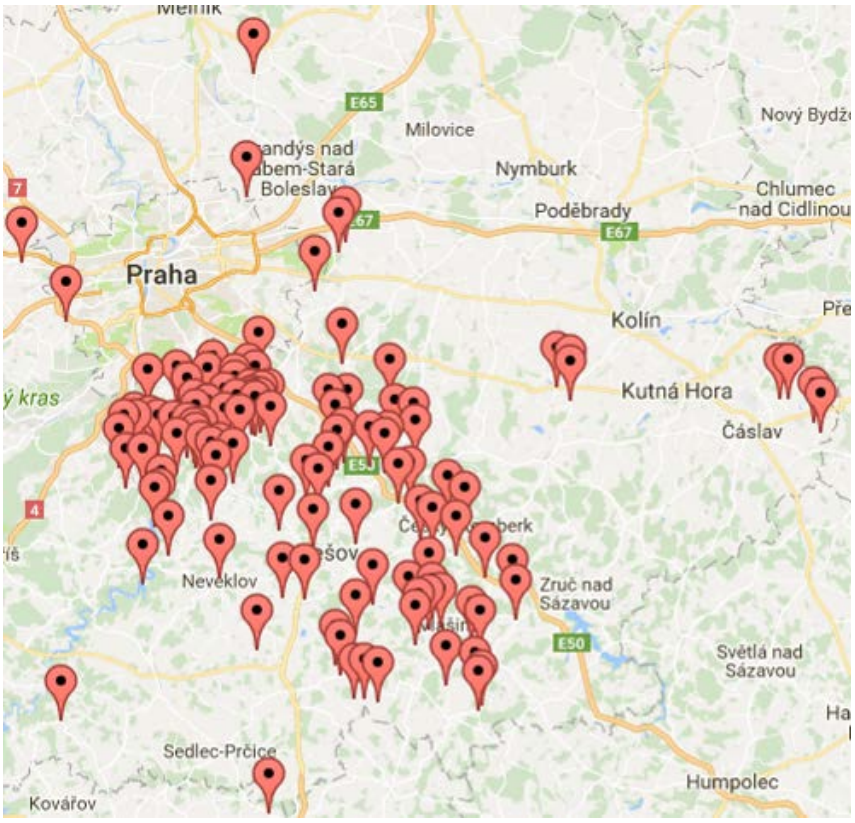
Obr. 1: Velice ochotně se mi věnoval pan Karel Houda, který se ve VHS Benešov specializuje na vyhledávání poruch [10]

Díky dispečinku a údržbě ke ztrátám nedochází často, ale i přesto se to stává.

Nejmenší a oprávněný podíl na ztrátách vody mají hasiči, ale je to jen malé procento. Po nich následují tzv. černí odběratelé, na které se však dá celkem snadno přijít. Jako další tu jsou technologické vody, což jsou třeba průplachy potrubí. Největší ztráty mají na svědomí havárie a skryté úniky. V obou případech vzniká velká újma. Při haváriích uniká velké množství vody, ale díky neustálému monitorování je vada rychle zjištěna a opravena, kdežto u skrytých úniků trvá mnohem déle, než se na ně přijde.

Vodohospodářská společnost Benešov, s.r.o.

Společnost poskytuje komplexní vodohospodářské služby spojené se zásobováním obyvatel pitnou vodou, odváděním a čištěním odpadních vod. Zajišťuje provoz vodovodů, úpraven vody, kanalizací a ČOV. VHS Benešov provozuje více než 100 lokalit. Jenom **v Benešově** to představuje **49,572 km potrubí**.



Obr. 2: Lokality provozované VHS Benešov [5].

Vodovody:		*Kanalizace:*	
Zásobovaných obyvatel	71 003	Napojených obyvatel	63 410
Délka sítě (km)	696	Délka sítě (km)	488
Počet přípojek	18 154	Počet ČOV	56
Počet úpraven vody (kus)	24	Kapacita čistíren OV (m^3 den^{-1})	20 902
Voda vyrobená (vlastní) (tis. m^3)	537	Počet přípojek	16 892
Voda převzatá (tis. m^3)	3 864	Množ. vypoušt. OV (tis. m^3)	3 599
Voda předaná (tis. m^3)	579	- splaškových (tis. m^3)	2 258
Voda fakturovaná pitná (tis. m^3)	2 893	Množ. čištěných OV (tis. m^3)	5 712
- domácnosti (tis. m^3)	1 955	- splaškových (tis. m^3)	2 258
- ostatní odběratelé (tis. m^3)	938	Kaly produkované v ČOV (t suš.)	1 359

Tab. 1: Vybrané ukazatele za rok 2015 [9].

Hospodaření vodou

Na základě současného vývoje majitelé a provozovatelé vodovodů hledají způsoby, jak docílit toho, aby se vyrobená voda, neztrácela při distribuci. Začíná to vyhodnocováním hospodaření vodou.

Základní terminologie:

VV voda vyrobená

VR voda k realizaci, **VR = VV + voda převzatá - voda předaná**

VF voda fakturovaná

VNF voda nefakturovaná, **VNF = VR – VF**

VP vlastní potřeba (spotřeba na objektech, proplachy potrubí, ztráty způsobené běžným provozem, odkalování sítí apod.)

OVNF ostatní voda nefakturovaná (většinou pro požární účely)

MP minimální průtok (převážně v noci)

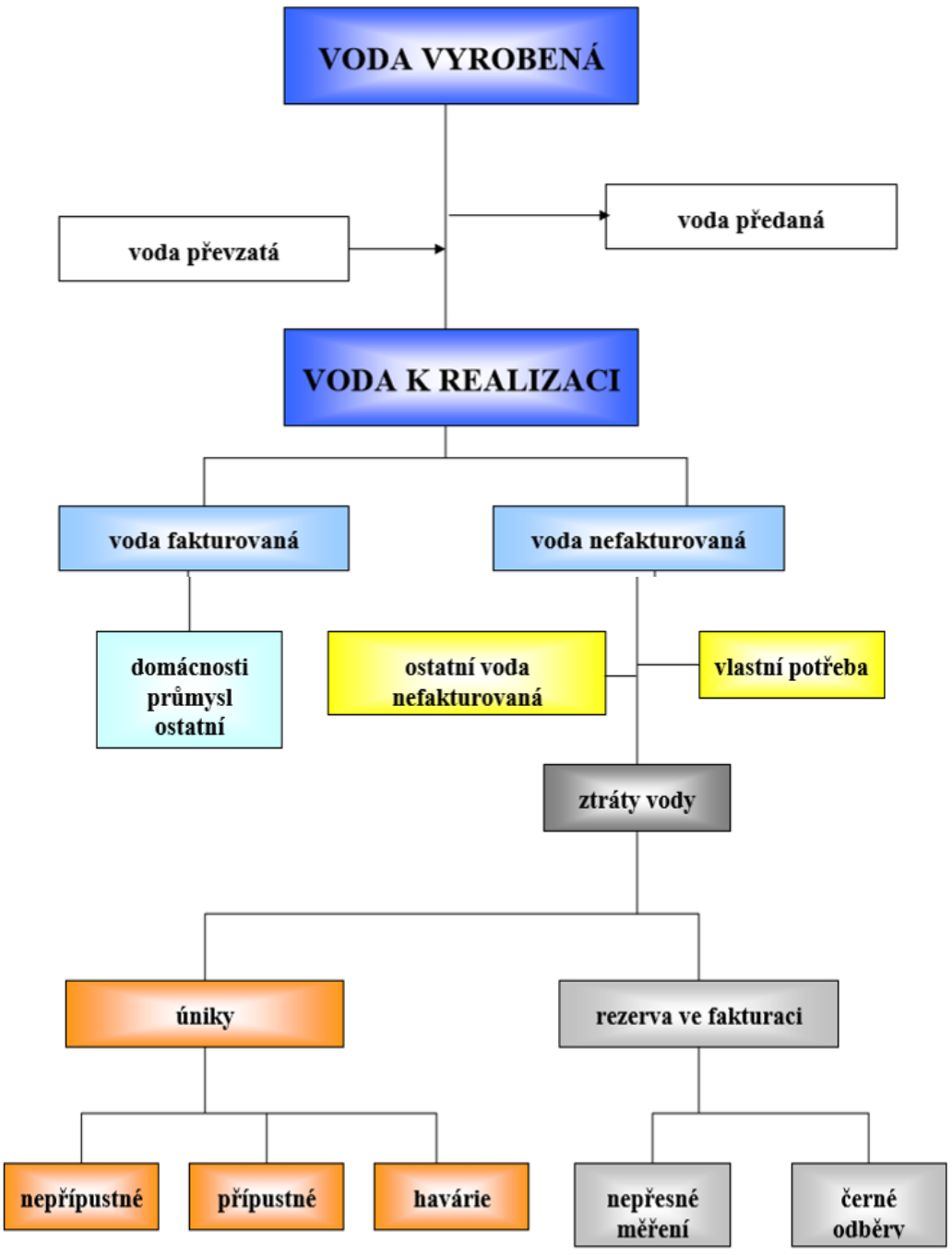
Ú úniky z potrubí (při haváriích, skryté úniky)

SkÚ skryté úniky (největší část VNF), mají dlouhodobý charakter, výrazně ovlivňují účinnost zásobování, nemají bezprostřední vliv na distribuci, většinou se časem projeví jako havárie, dělíme je na přípustné a nepřípustné

Hav objem vody unikající při haváriích (tj. do doby uzavření – závisí na rychlosti uzavření)

ReF rezerva ve fakturaci (nevhodná, nepřesná měřidla - často předimenzovaná; nutné periodické cejchování, výměny při změně objemu odběru, černé odběry tj. neplacené – krádeže z hydrantů, přes požární obtoky, nelegální přípojky, neplatiči) [1]

Ztráty vody se vyjadřují tzv. **jednotkovým únikem**, což je přepočtená (redukovaná) délka sítě na omočenou plochu potrubí DN150. Limit ztráty nefakturované vody je **3 200 m^3 na km přepočtené délky sítě za rok**. Tento limit může být stanovený jinak v závislosti na konkrétních podmínkách – na ceně a dostupnosti surové vody, způsobu úpravy na vodu pitnou, způsob distribuce atd.



Obr. 3: Schéma distribuce vody [1]

Vyhodnocení úniků

Prvním krokem je rozdělení sítě na zásobní pásma, která jsou oddělená od okolní sítě, mají měřenou vodu k realizaci a fakturovanou, a je známá skladba sítě. Optimální oblasti pro sledování jsou v rozsahu 10 – 15 km sítě. Rozdíl mezi vodou dodanou do města a součtem vody dodané do všech zásobních pásem udává odběry a ztráty vody na distribučních - přiváděcích řadech.

K hodnocení ztrát vody se používají **ukazatele – kritéria**, a jejich propracovanost závisí na účinnosti zásobování u konkrétních společností. Jsou zde uvedena tři základní, z nichž je jednotkový únik technicky nejvhodnější.

- **Procento vody nefakturované (% VNF)** % VNF=100.VNF/VR
- **Jednotkový únik (JÚ)** JÚ=VNF/přepočtená délka sítě [tis.m^3.km^{-1}.rok^{-1}]
- **Tekoucí havárie (TH)** TH = havárie/délka sítě [ks.km^{-1}.rok^{-1}] nebo [ks.km^{-1}.den^{-1}]

Kritérium %VNF je nejjednodušší a je vykazováno u každé společnosti, pokud existuje měření fakturační, tj. u odběratelů, kritérium JÚ je technicky přesnější.

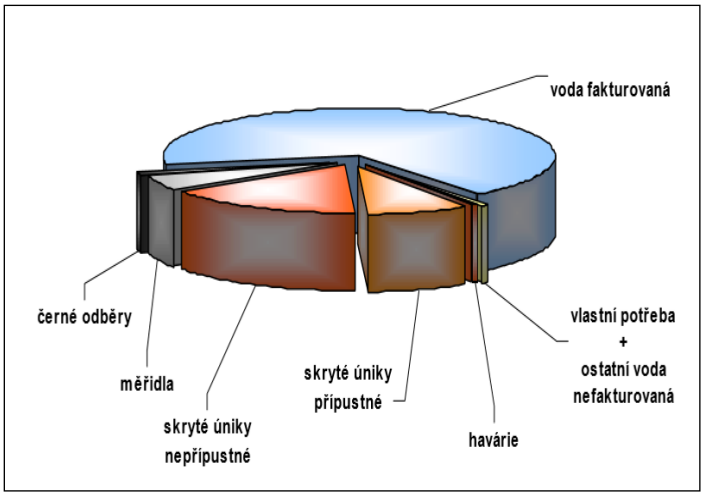
Proto je výhodná kombinace kritéria JÚ s minimálním průtokem (MP). Porovnáním s naměřeným MP lze již odhadnout, jde-li hlavně o skryté úniky nebo nedostatečnou fakturaci.

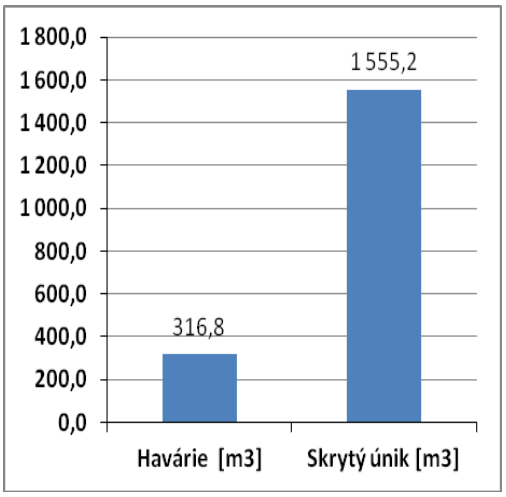
Výše jsou uvedené pouze základní možnosti vyhodnocení, ale často jde o kombinaci uvedených vlivů. Stav sítě mohou ovlivňovat tlakové poměry v pásmu a způsob zásobování, geologická stavba podloží, hladina spodní vody, agresivita půdy, topologie sítě, četnost přípojek a armatur, stáří a materiál potrubí, uložení a dopravní zatížení potrubí, způsob zásobování, kvalita vody a další.

Obr. 4 a 5: Likvidace havárie [9]

Snižování ztrát

Výsledkem rozboru ztrát je, že **největším objemem jsou skryté úniky vody**, jak je vidět z následujícího grafu.





Graf 1: Složky vody k realizaci [1]

Graf 2: Porovnání havárie a skrytého úniku

Mohlo by se zdát, že větším problémem jsou havárie, ale musíme si uvědomit, že havárie trvají většinou řádově hodiny, ale skryté úniky týdny, či spíše měsíce.

Na základě materiálů poskytnutých firmou jsem provedla jednoduché porovnání následků havárie a skrytého úniku (graf 2).

Viditelná havárie – potrubí LT DN 150 – velikost poruchy 4 l/s – délka trvání 22 hodin:

Celkové množství uniklé vody = 4 . 3 600 . 22 hodin = 316 800 litrů, tj. **316,8 m^3**

Skrytý únik – porucha uzávěru přípojky (tekoucí ucpávka) – velikost poruchy 0,2 l/s – délka trvání 3 měsíce

Celkové množství uniklé vody = 0,2 . 3 600 . 24 . 90 dní = 1 555 200 litrů, tj. **1 555,2 m^3**

Proto **vyhledání a odstranění skrytých úniků vody** je vždy první a významný krok při nápravě. Zároveň tato činnost přispívá *k prevenci havárií*, kterými se neodstraněné skryté úniky po čase projeví.

Další možností je **snižování provozních tlaků** v síti, kterým je možné odstranit téměř **12 %** z objemu unikající vody. Principem je snížení tlaku vody v době menších odběrů, většinou v nočních hodinách, kdy by logicky unikalo díky většímu tlaku více vody stávajícími netěsnostmi. Regulací tlaků se snižují celkově *všechny úniky vody*. Kromě významného snížení ztrát vody se zajistí i nižší poruchovost, zkvalitní distribuce a prodlouží životnost sítě. Monitoring tlaků bývá často součástí průzkumu sítě, neboť snížené tlaky mohou signalizovat skrytý únik.

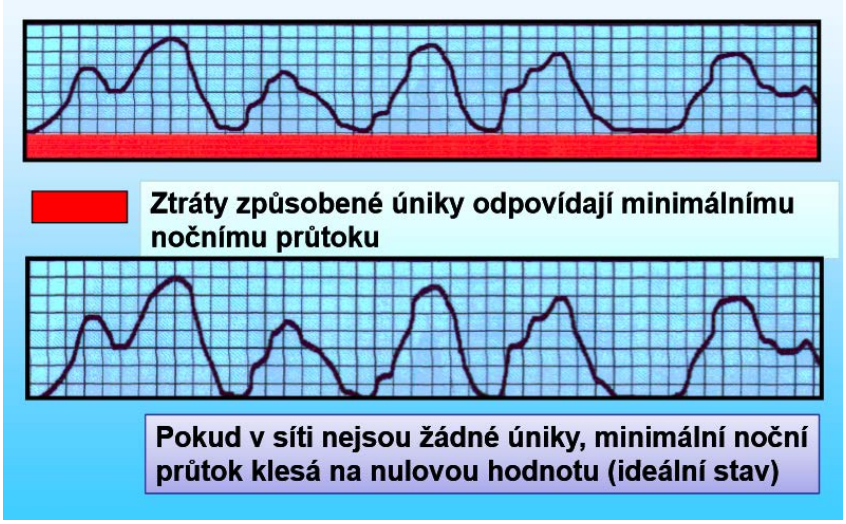
Ekonomické ztráty vody způsobené **rezervou ve fakturaci** nejsou většinou takovým problémem jako úniky vody, ale včasnými opravami fakturačních měřidel, pravidelně prováděným cejchováním, výměnou předimenzovaných měřidel pozitivně ovlivníme jejich pokles.

Nelegální odběry – krádeže se obtížně vyhledávají. Odhalit se dají při rekonstrukcích a kontrolách v terénu. Úniky vody mohou vznikat i netěsností vodojemů. Jejich objem lze změřit úbytkem vody v čase a náprava je charakteru stavebního nebo úpravy vnitřního povrchu.

Dispečink

Všechny činnosti koordinuje a řídí nedávno modernizovaný **dispečink** s radiovým a GSM spojením s významnými body provozovaných vodovodů a kanalizací. Počítač průběžně vyhodnocuje průtoky na jednotlivých částech sítě. Pokud průtok stoupne náhle, jde o havárii, pokud postupně roste minimální průtok, signalizuje to v dané části skrytý únik. Minimální průtok se odečítá v noci, kdy se předpokládá téměř nulový odběr.

Stále častěji se tak daří odhalit a odstranit problémy na síti dříve, než je pocítí koncový uživatel.



Graf 3: Měření minimálního nočního průtoku [3]

Obr. 6: Dispečink – odečet okamžitých průtoků [10]

Průzkum vodovodní sítě

Diagnostické přístroje pracují na principu **zpracování zvuku**, který vydává unikající voda. Kvalitní signál ke zpracování je, když voda uniká malým otvorem při dostatečném tlaku vody. Pokud je porušení velké, např. roztržené potrubí, klesá tlak, signál nemá vhodnou frekvenci a zaniká na krátké vzdálenosti.

Faktory ovlivňující vznik a šíření šumu:

- velikost poruchy/unikající množství
- tlak
- druh/hustota země (zásypu) – např. při úniku v jílovitém prostředí se vytvoří kaverna a nevzniká šum
- druh povrchu země (měkký/tvrdý)
- okolní rušivé hluky
- materiál a průměr potrubí - kovové potrubí nese zvuk dále než plastové, které je označováno jako „zvukově měkký materiál“, čím tvrdší materiál potrubí, tím se lépe (na větší vzdálenost) přenáší interní šum

Lokalizace úniků

„Zónové měření“ umožňuje přesnou kvantifikaci úniků. Na základě měření minimálních nočních průtoků (případně tlaku) dálkovými přenosy, případně pomocí přenosných datalogerů se určí nejkritičtější úseky.

„Předměření“ znamená ohraničení poruchových úseků a míst. V zájmové lokalitě se provede měření, případně manuální zavírání jednotlivých sekcí tak, aby se okruh úniku zmenšil na co nejmenší délku sítě. Provádí se v nočních hodinách, kdy jsou v sítí minimální průtoky.

„Dohledání“ je přesné zaměření poruchy korelační metodou, ověřením pomocí povrchového odposlechu, přímo pomocí půdních mikrofonů, případně použitím H_2 metody nebo inspekce potrubí.

Při plošném odposlechu, monitoring sítě se provádí odposlech jednotlivých pevných bodů za pomocí dotykového mikrofonu přes ovládací soupravy nebo v šachtách (hydranty, šoupata, přípojkové uzávěry).

Obr. 7: Půdní mikrofon [10] *Obr. 8: Korelátor [10]*

Korelační metoda využívá toho, že se od místa poruchy šíří po potrubí zvuk o určité frekvenci a úrovni šumu. Šíří se na obě strany od poruchy směrem k senzorům, které pak za pomocí korektoru měří rychlost šíření zvuku od poruchy a je schopen vyhodnotit v jaké vzdálenosti od senzorů se porucha nachází. Úspěšnost je závislá na vstupních informacích a znalosti sítě.

Plošné odposlechy pomocí logerů šumu – používá se zařízení, které se osadí po vodovodní síti a v nočních hodinách měří frekvence a úroveň šumu. Z těchto naměřených dat se dá vyhodnotit, zdali je v dosahu senzoru porucha či ne.

Hledání úniků pomocí plynu je nová doplňková metoda, kdy plynem (směs dusíku s vodíkem do max. 10 % vodíku) nasytíme vodu a detektorem plynu hledáme místo úniku. Perspektivní je tento způsob pro plastová potrubí a v případě, že není signál. Výhodné je i to, že nemusíme potrubí vypustit a plyn je zdravotně nezávadný.

Obr. 9: Použití H_2N_2 v poměru 5/95 % [3]

Další běžně používané přístroje při práci v síti jsou e*lektronické ucho,* které zesiluje a ověřuje existenci poruchového signálu a v*yhledávání armatur* přístroji, které zaznamenávají změnu magnetického pole nad kovovým předmětem – armaturou.

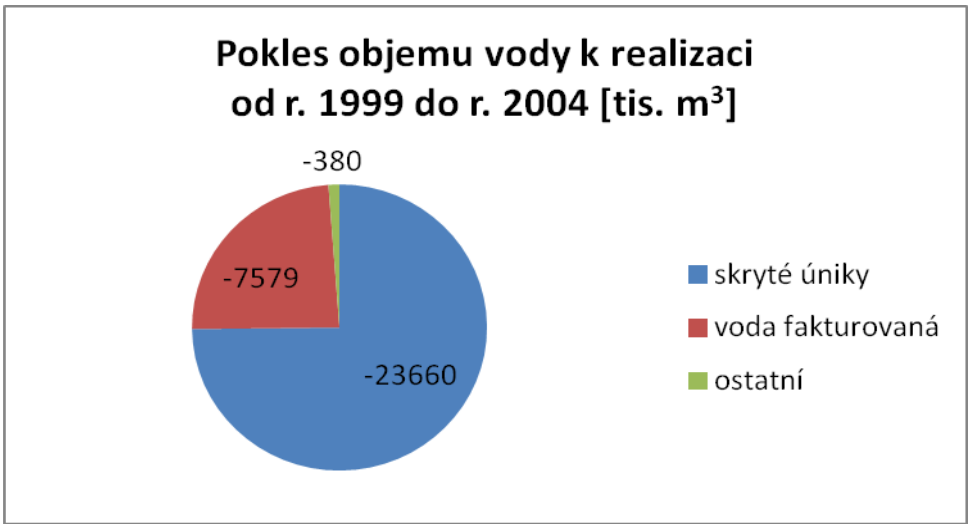
Pro sledování hospodaření vodou a organizaci prací ke snižování ztrát vody v terénu je optimální **centralizace**, která umožňuje vyhovět provozním potřebám a respektuje kvalitu distribuce. Prakticky je možné **v období většího výskytu havárií (v zimě) soustředit kapacitu na likvidaci havárií a v letním období se více věnovat preventivní činnosti**.

V loňském roce proběhla v Benešově rozsáhlá obnova sítě v ulicích Zapova a Vlašimská.

Ekonomické hledisko a efektivita

Opatření ke snižování nepřípustných ztrát vody jsou vždy ekonomicky výhodná a návratnost vložených investic je rychlá, ale je potřebné respektovat hranici mezi přípustnými a nepřípustnými úniky. Jako nejefektivnější se považuje vyhledávání a odstraňování skrytých úniků, ale pouze do doby, kdy náklady na neustálé práce v oblastech s opakovanými úniky nepřevyšují náklady na rekonstrukci.

Vyhledávání a odstraňování skrytých úniků je nejen o úspoře vody, ale slouží i jako prevence havárií. Dále se podílí na prodloužení životnosti celého systému a na zlepšení dodávky vody odběratelům. Na základě sledování statistiky zásahů v síti je zřejmý pokles tekoucích havárií při intenzivním odstraňování skrytých úniků. Oprava skrytého úniku je samozřejmě levnější než oprava následně vzniklé havárie, kdy může vzniknout i škoda na majetku, práce jsou prováděny v časové tísni a větším rozsahu. [3]

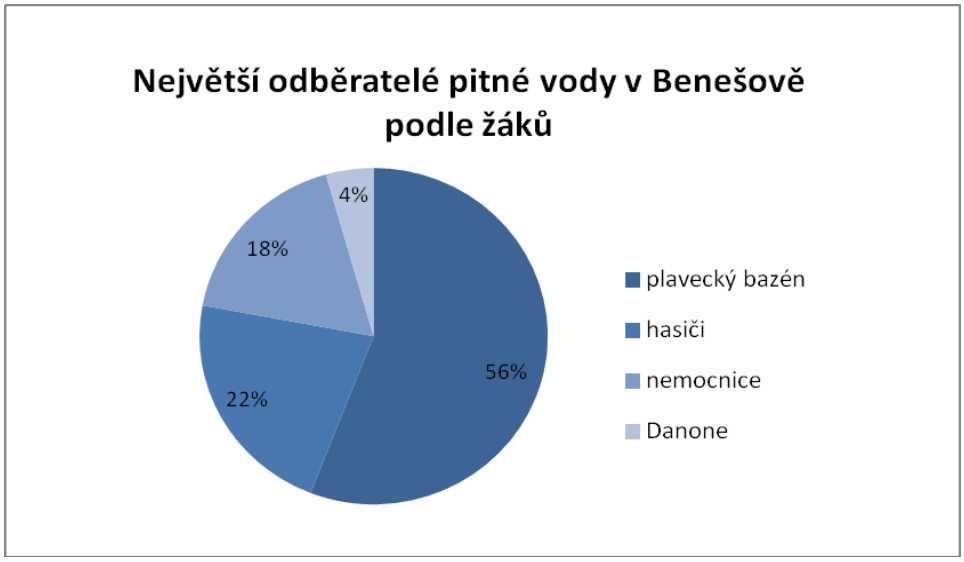


Graf 4: Pokles objemu vody k realizaci

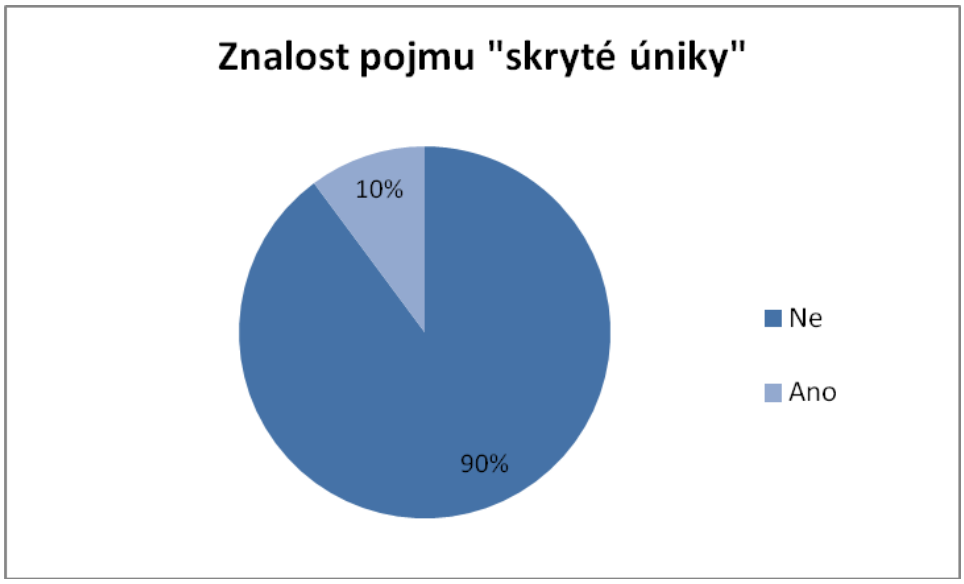
Anketa

Dotázala jsem se 59 žáků naší školy a jejich odpovědi porovnala se skutečností.

Přes polovinu žáků si myslí, že mezi největší odběratele pitné vody v Benešově patří plavecký bazén. To není pravda, voda v bazénu je čištěna, hygienická zařízení nemají výrazně větší spotřebu vody než bytové domy. Velkým odběratelem skutečně je nemocnice, hasiči, pivovar a Schreiber Foods (dříve Danone)



Graf 5:Výsledky ankety ve škole



Graf 6:Výsledky ankety ve škole

Co jsou skryté úniky, napadlo jen 6 žáků. Většina žáků odhadla, že častěji dochází k haváriím v zimě. Nikdo netušil, kde leží Aralské jezero, ale téměř všichni věděli, kde je Želivka a že je důležitým zdrojem pitné vody.

Závěr

Měla jsem možnost rozhovoru s panem ředitelem společnosti - **Pierre-Alexandre Sègre.**

Obr. 10: Rozhovor s panem ředitelem společnosti - Pierre-Alexandre Sègre [10]

Zajímalo mě, jestli se jejich společnosti nějak dotýká problematika šedé vody.

Pan ředitel odpověděl, že otázka šedé vody se zatím řeší více v zahraničí. Na využití šedé vody se musí myslet již při stavbě, proto je to dlouhodobější záležitost.

Obávám se, že dalším a možná dlouhodobějším problémem bude legislativa. Hygienické předpisy zatím například zakazují užití šedé vody ve školských zařízeních.

Dále jsme mluvili o ekologii i o tom, co doporučuje VHS svým klientům:

- Zkontrolovat jestli neprotéká záchod a funkčnost pojistných a venkovních ventilů bojlerů
- Vybírat pračku buď menší, nebo s možností regulovat množství vody podle naplněnosti pračky, používat sprchové hlavice s přimícháváním vzduchu - perlátory
- Možnost dálkových odečtů – přes internet si vlastník může například zkontrolovat odběr v jeho nepřítomnosti či odhalit třeba protékající záchod
- Umožnit provozovateli výměnu vodoměru. U starých vodoměrů s propadlým cejchem může docházet k nepřesnému měření
- Nechat si dovést vodu (pro zvláštní potřeby – napouštění bazénu) pro spotřebitele je to ekonomicky výhodnější a nehrozí přetížení sítě
- U sezonních nemovitostí vypouštět vodu, chránit i vodoměr
- Užívat dešťovou, eventuelně šedou vodu

  Líbí se mi, že VHS řeší nejen ekonomické hledisko, ale i ekologické.

Proto byly zakoupeny **elektromobily Citroën C-Zero**, jejichž provoz je šetrnější k životnímu prostředí, dále speciální **čisticí vůz,** kterým zajišťuje komplexní službu od zprůchodnění kanalizace až po ekologickou likvidaci odsátých nečistot.

Použití nového **kamerového vozu** vybaveného monitorovací technikou pro kanalizaci o průměrech 80 – 1 200 mm umožňuje včas určit typ a přesnou polohu závady v potrubí.

Obr. 11: Monitorovací kamera [5]

Obr. 12: Kamerový vůz [5]

Můj pokus

Do projektu zařazuji i svůj mini pokus o spotřebě vody při osobní hygieně. Vyzkoušela jsem, v jakém minimálním množství vody se dá umýt celé tělo.

Vodu jsem si odměřovala pomocí litrové konvice a naměřila jsem přibližně 8 litrů vody. Umývání bylo trošku složitější než obvykle, ale menší nepohodlí mi nevadilo při uvědomění si, kolik vody jsem díky tomu ušetřila. Protože při obvyklém sprchování spotřebujeme zhruba 30 až 60 litrů vody a při koupeli ve vaně neuvěřitelných 100 až 200 litrů pitné vody!

V závěru mého pokusu si uvědomuji, že jde jen o chvilkový nekomfort a zachráníme víc, než si myslíme. Přeci jen **8 a 200 litrů** je velký rozdíl.

Voda jako samozřejmost?

V dnešní době v našich končinách, je voda brána jako téměř 100% samozřejmost. Přestože pokaždé, když potřebujeme, stačí otočit kohoutek a vody máme, prakticky kolik chceme, měli bychom si stále uvědomovat, jak vzácná je. Na některých místech na Zemi je voda téměř nedostupná. A obávám se, že tomuto problému budeme za chvíli čelit všichni. To, že teď můžeme celkem bez povšimnutí nechávat protékat litry a litry vody neznamená, že to tak bude pořád. Voda je vyčerpatelný zdroj, a jak snadno vyčerpatelný zdroj! A my nejen, že s ním krátkozrace plýtváme, my jej i nepředstavitelně znečišťujeme! Pokud někoho nepřesvědčí tohle, tato čísla a fakta by snad mohla:

V Aralském jezeře poklesla hladina od roku 1960 do roku 2003 o 22 metrů a zásoba vody se tak zmenšila o 80 %! Z ankety vyplývá, že Aralské jezero a pokles jeho hladiny je pro spolužáky příliš vzdálený.

Proto jsem pro zajímavost spočítala, o kolik poklesne hladina našeho zdroje vody – Želivky pokud dojde k jednomu – výše uvedenému skrytému úniku vody.

Obr. 13: Lávka z hráze k odběrné věži

Vodní nádrž Želivka (správně **Švihov**) je vodárenská nádrž na řece Želivce, která slouží jako zdroj pitné vody pro téměř celou středočeskou oblast včetně Prahy. Má rozlohu 1602,6 ha a jedná se o největší vodárenskou nádrž ve střední Evropě.

Vodní tunel Želivka, který přivádí vodu z nádrže do Prahy a byl dokončen v roce 1972, je jedním z nejdelších tunelů světa.

Když objem uniklé vody dělíme rozlohou nádrže, tj.
únik **1 555,2 m^3/**rozloha 16 026 000 m^2 = 0,0001 m = **0,1 mm**.
Může se to zdát málo, ale je to **jen jeden únik.**

Když vezmeme v úvahu tolerovaný jednotkový únik 3 200 m^3/rok na 1 km potrubí, při délce **49,572 km potrubí v Benešově**, dělá to už pokles hladiny **1 cm ročně**.

Vzhledem k tomu, že skutečné úniky jsou vyšší a jen přívodní potrubí pro Prahu má délku 51 km a průměr tunelu je 2,6 metru, bude to představovat pokles hladiny nádrže daleko významnější a čísla už začínají být děsivější.

Z toho je vidět, že skrytým únikům je věnovaná zasloužená pozornost.

Zdroje:

1) RADKOVSKÁ, Eva. *Hospodaření vodou a snižování ztrát*. Veolia Voda ČR, 2016.
2) *Teorie vyhledávání tras inženýrských sítí*. sebakmt, 2008.
3) *Vyhledávání skrytých úniků*. sebakmt, 2008.
4) HOUDA, Karel. *Vyhledávání skrytých úniků*. VHS, 2016
5) O společnosti. In: *VHS: Vodohospodářská společnost Benešov, s.r.o* [online]. [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: http://vhs-sro.cz/cs/o-spolecnosti.html
6) Vodní nádrž Švihov. In: *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_n%C3%A1dr%C5%BE_%C5%A0vihov
7) Co je to šedá voda? In: *Voda v domě* [online]. [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: http://www.vodavdome.cz/co-je-to-seda-voda/
8) Aralské jezero. In: *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Aralsk%C3%A9_jezero
9) Materiály firmy VHS
10) Vlastní fotografie
11) Stribrohorak – Vlastní dílo, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=37659515