

DHI technológia znižovania strát vody vo vodovodných systémoch – praktická aplikácia na vodovodnej sieti obce Gánovce

Ing. Marián K u č e r a
Ing. Tomáš G i b a l a
Ing. Zdeněk S v i t á k

DHI SLOVAKIA, s.r.o.
Hattalova 12
831 03 Bratislava 3
m.kucera@dhi.sk
0905/653 190

Abstrakt

Vodovodná sieť obce Gánovce vykazovala počas riešenia projektu (7-10/2005) vysoké úniky vody. Z celkového priemerného nátok do siete $6,3 \text{ l}^* \text{ s}^{-1}$ tvorili úniky $4,6 \text{ l}^* \text{ s}^{-1}$ čo predstavuje 73% z celkového množstva dodanej vody. Za použitia DHI technológie sa z celkového úniku vody podarilo identifikovať takmer 98% a to len na 16% siete, čo predstavuje veľmi dobrý základ pre nasadenie špecializovaných pátračských skupín práve na tieto identifikované časti siete. Okrem určenia distribúcie únikov bolo spravené aj posúdenie tlakových pomerov na vodovodnej sieti. Výsledkom boli zoptimalizované dva varianty osadenia redukčných ventilov s navrhnutým poklesom tlaku až o viac ako 18 m vodného stĺpca. Po odstránení prvých troch porúch ale ešte stále bez redukcie tlakov klesol celkový priemerný nátok do siete zo $6,3 \text{ l}^* \text{ s}^{-1}$ na $3,6 \text{ l}^* \text{ s}^{-1}$ čo predstavuje pokles únikov o cca 58%.

Popis modelu

V projekte bol použitý softvérový nástroj ODULA (názov ODULA sa používa v Čechách a na Slovensku, vo svete je známy pod názvom MIKE NET). ODULA slúži na výpočet ustáleného alebo pomaly sa meniaceho prúdenia vo vodovodných sieťach. Je možné modelovať trasovanie vodných častíc, zmenu koncentrácie sledovanej látky alebo vek vody.

ODULA obsahuje tieto integrované moduly:

ODULA VSTUPY – databázový systém prípravy a kontroly vstupných dát.

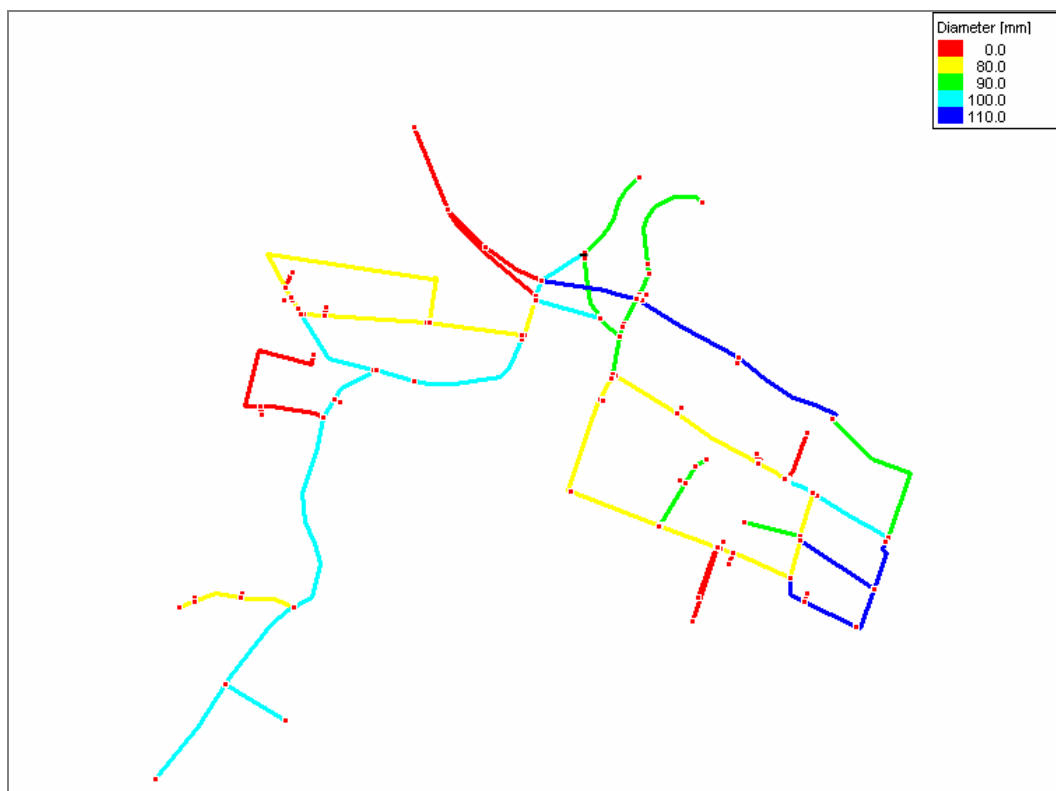
ODULA VÝPOČET – zahŕňa výpočet ustáleného stavu, pomaly meniaceho sa prúdenia, kvalitu vody, výpočet veku vody a trasovanie vodných častíc na štandardnej vodovodnej sieti.

ODULA VÝSTUPY – kompletne grafické a tabelárne spracovanie vypočítaných dát. Grafické dáta je možné exportovať do formátu DXF pre ďalšie využitie v systéme AutoCad, MicroStation a pod. Ďalej je možný export dát do formátu MapInfo, ESRI ArcView, VaKBase, obojstranný prenos dát s modelom HYPRESS a obojstranný prenos ASCII dát.

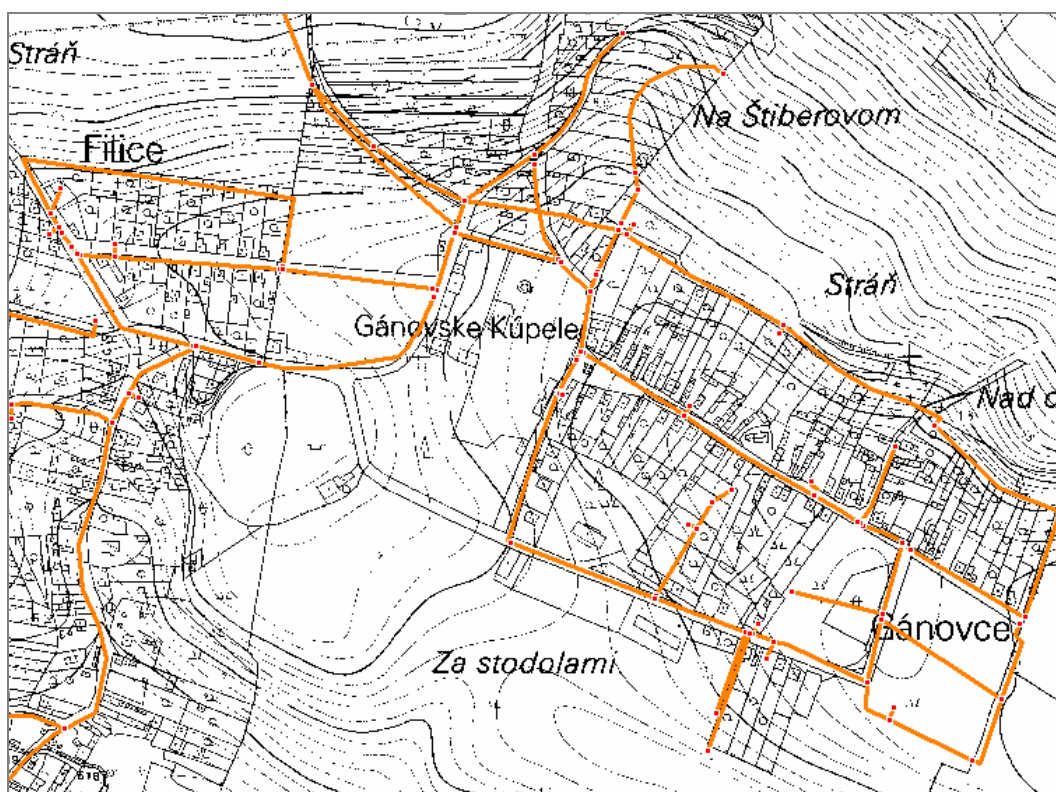
ODULA je k dispozícii v českej, poľskej, ruskej, litevskej a anglickej verzii spolu s podrobným manuálom a integrovaným návodným systémom.

Zostavenie modelu

Základné dáta popisujúce vodovodnú sieť boli načítané z GISu PVPS, a.s. zo systému LIDS do modelu ODULA. Bola vytvorená topológia siete a boli doplnené niektoré chýbajúce atribúty (DN, vek potrubia, ulice). Nadmorské výšky uzlov vodovodnej siete boli doplnené z vrstevnicovej mapy a chýbajúce údaje boli doplnené na základe informácií z prevádzky.

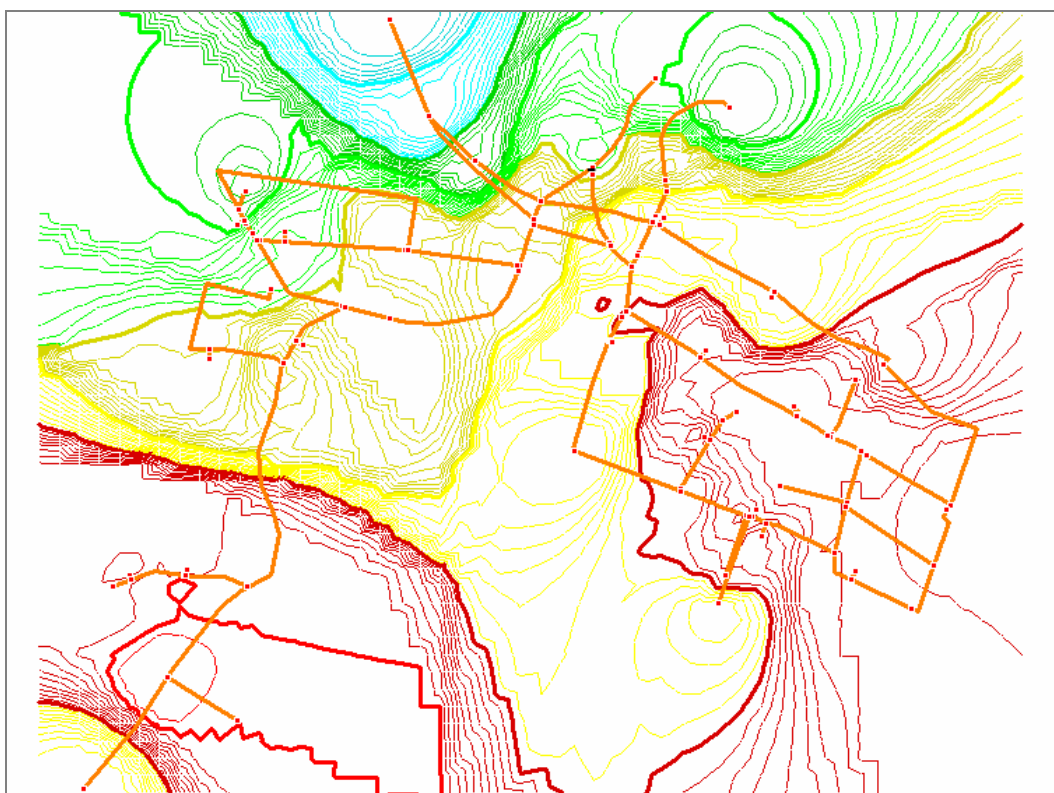


Obr. 1 Topológia siete po načítaní do modelu ODULA



Obr. 2 Vodovodnej sieť s rastrovou mapou s vrstevnicami terénu

Na základe rastrovej vrstevnicovej mapy bol vytvorený digitálny model územia.



Obr. 3 Znáozornenie výškových údajov jednotlivých uzlov v modeli pomocou vrstevníc.

V jestvujúcej vodovodnej sieti nie sú osadené žiadne čerpadlá ani redukčné ventily. Jediným objektom v modeli pre existujúci stav je vodojem Gánovce. Pri vodojeme bola okrajovou podmienkou hladina v nádrži a objem vodojemu. Vodojem Gánovce má objem 150 m^3 , maximálna kóta hladiny vo vodojeme je 696 m n.m. a minimálna kóta hladiny je 691 m n.m. Odbery v modeli sú rozdelené na základe dát zákaznickeho informačného systému (ZIS) PVPS, a.s. Výpis odberateľov pre Gánovce zahŕňa 302 záznamov. Jednotlivé odbery boli v modeli priradené príslúchajúcim uzlom na základe adresy umiestnenia vodomera. Takto sa automatickým prevodom medzi GISom, ZISom a modelom dosiahlo umiestnenie 163 odberných miest (54%) s celkovým denným odberom $54,7 \text{ m}^3$ (60%). Ostatné odbery boli doplnené na základe rekognoscácie terénu a konzultácií s pracovníkmi prevádzky. Podľa odčítania vodomera na nátok do vodovodnej siete, ktorý bol robený raz mesačne, bola celková spotreba vody v období riešenia projektu cca $6,3 \text{ l/s}$. Podľa merania nočného nátku robeného dňa 7.9.2005 je minimálny nočný nátok do obce $4,6 - 4,8 \text{ l/s}$. Vzhľadom k charakteru spotrebiska by sa mal nočný nátok blížiť k nule. Únik teda vychádza $4,6 \text{ l/s}$.

Merná kampaň

Meranie kapacity vodovodnej siete bolo robené pre účely kalibrácie modelu a overenia kapacity vodovodnej siete. Meranie bolo založené na meraní tlakov a prietokov vo vodovodnej sieti a robení hydrantových testov pre zvýšenie záťaže vodovodnej siete. Výsledky hydrantových skúšok v kombinácii so súčasným meraním tlaku na sieti, sú veľmi cenné aj pre kalibráciu matematického modelu a pre identifikáciu neštandardných javov vo vodovodnej sieti vzhľadom k tomu, že za štandardnej prevádzky vodovodnej siete a vzhľadom k jej predimenzovaniu, sú tlakové straty príliš malé.

Princípom hydrantovej skúšky je odber vody z hydrantu vodovodnej siete cez zariadenie, ktoré slúži pre meranie prietoku vody a meranie tlakovej straty. Podľa nameranej tlakovej

straty sa v tabuľkách vyhľadá príslušná hodnota prietoku. Pre účely kalibrácie matematického modelu je samotná hydrantová skúška doplnená meraním tlaku na viac miestach vodovodnej siete. Rozmiestnenie týchto meraní, prípadne ďalšie manipulácie na vodovodnej sieti sa prispôbujú konkrétnym potrebám kalibrácie. Výsledkom hydrantových skúšok je nameranie hodnôt tlaku pri odlišných odberoch vody z hydrantov.

Vlastné naplánovanie mernej kampane vychádza z účelu merania, informácií získaných od prevádzkovateľa a predbežných simulácií urobených v matematickom modeli. Ďalej je potrebné vziať v úvahu reálne podmienky vo vodovodnej sieti, predovšetkým rozmiestnenie funkčných hydrantov. V neposlednom rade je potrebné vyhodnotiť a s prevádzkovateľom prejednať potenciálne riziká zhoršenia kvality vody, možnosti odvádzania vypúšťanej vody atď.

Meranie distribúcie únikov vo vodovodnej sieti bolo založené na segmentácií siete do 12 merných okrskov. Rozdelenie siete vyplývalo z prevádzkových podmienok, predovšetkým vhodnosti inštalácie prenosných prietokomerov a možnosti oddeľovania častí siete uzatváraním funkčných uzáverov. V rámci manipulácií bola snaha maximálne udržať vodovodnú sieť pod tlakom.

Kalibrácia modelu

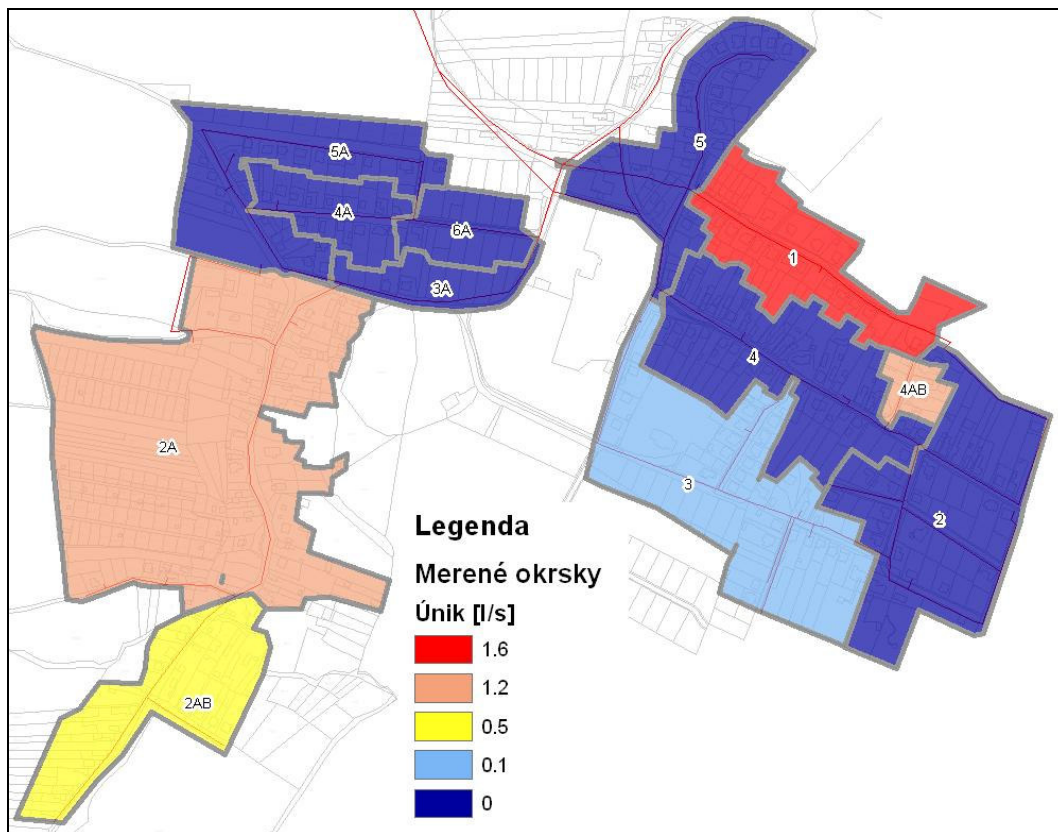
Na základe reálne nameraných veličín bola spravená kalibrácia modelu a bola overená kapacita siete. Z hľadiska následne robeného prieskumu distribúcie únikov má toto meranie nezastupiteľnú úlohu, pretože je možné pomocou neho identifikovať uzávěry ktoré sú uzavreté bez vedomia prevádzkovateľa. Kalibrácia modelu je založená na porovnaní simulovaných tlakov v modeli s reálne nameranými tlakmi v dobe zaťaženia jednotlivými hydrantovými testami v modeli, kde prietokové pomery korešpondujú s reálne nameranými. Model potrubného systému bol nakalibrovaný na ustálený stav ako pre štandardnú prevádzku tak aj pre jednotlivé mimoriadne zaťažovacie stavy pri hydrantových testoch.

Vyhodnotenie distribúcie únikov

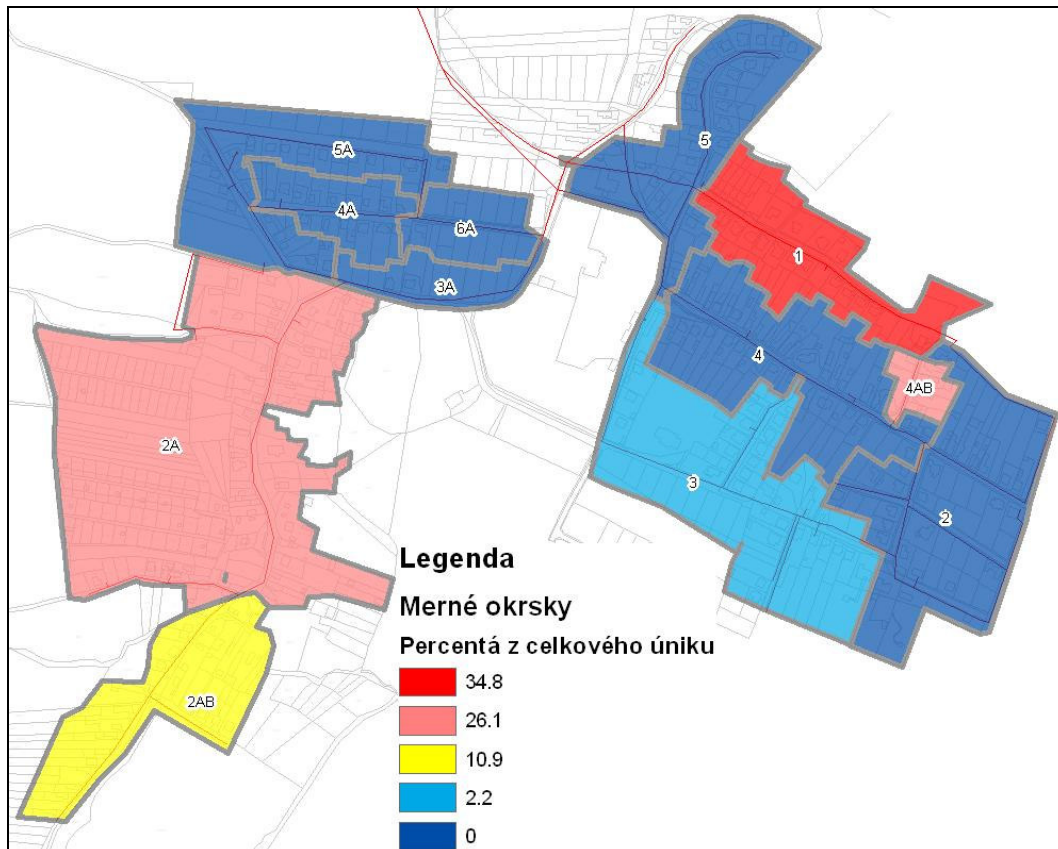
Vyhodnotenie distribúcie únikov vo vodovodnej sieti vyplýva z vyhodnotenia zmien meraného nátoku do siete pri nočnom meraní v dobe uzatvárania jednotlivých merných okrskov. Výsledky vyhodnotenia distribúcie únikov vo vodovodnej sieti sú znázornené ako:

- Veľkosť únikov v merných okrskoch [l/s] – odpovedá hodnotám priamo odvodeným z merania (Obr. 4)
- Percentuálny podiel úniku v merných okrskoch [%] – podiel hore uvedených hodnôt z celkového množstva únikov vo vodovodnej sieti – 4,6 l/s (Obr. 5)
- Vyhodnotenie jednotkového úniku v merných okrskoch [$m^3 \cdot km^{-1} \cdot rok^{-1}$] – teda únik prepočítaný na m^3 za rok je vydelený dĺžkou vodovodných radov v danom okrsku. (Obr. 6)

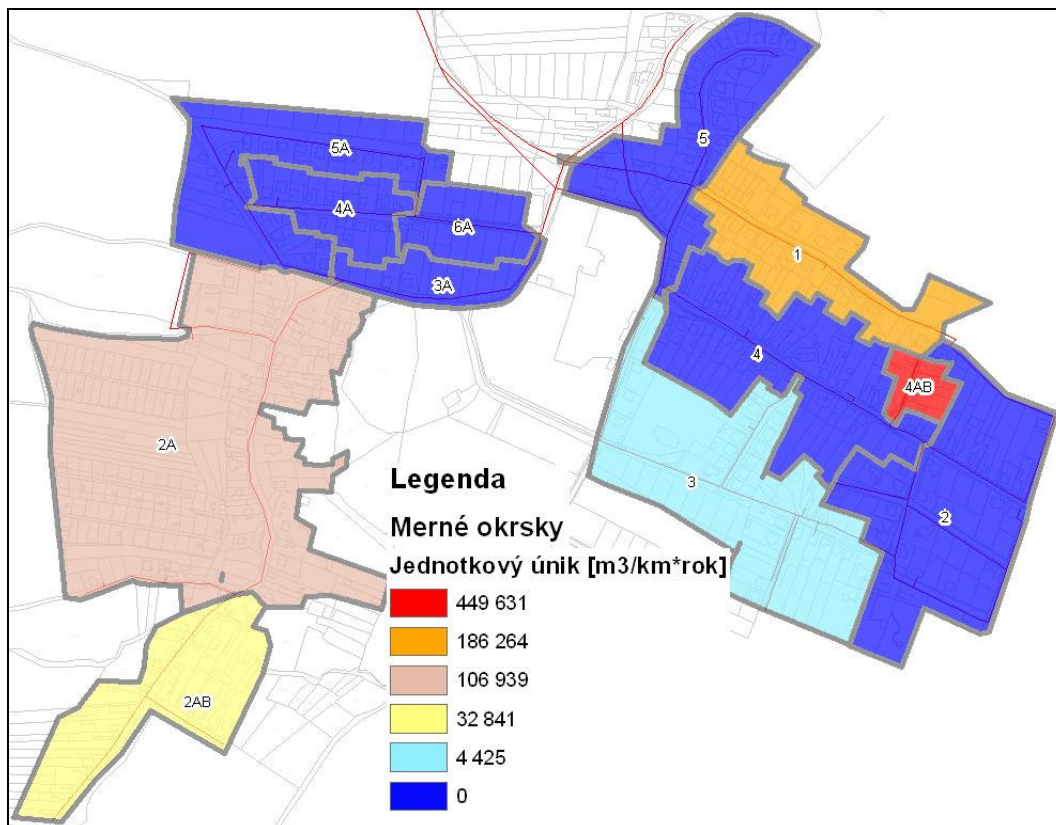
Prvé dve vyhodnotenia dávajú predstavu o výške úniku ktorý je možné v mernom okrsku odstrániť. Vyhodnotenie jednotkového úniku má význam z hľadiska poradia pre následnú detekciu a odstraňovanie únikov.



Obr. 4 Vyhodnotenie distribúcie únikov v $l*s^{-1}$



Obr. 5 Vyhodnotenie distribúcie únikov – percento z celkového úniku.



Obr. 6 Vyhodnotenie distribúcie únikov – jednotkový únik

Je možné konštatovať, že veľká časť siete bola detekovaná s nulovým únikom. Únik predstavujúci takmer 98 % z celkového úniku v sieti bol identifikovaný na 16 % z celkovej dĺžky siete. To predstavuje veľmi dobré predpoklady pre následnú detekciu únikov a ich odstránenie.

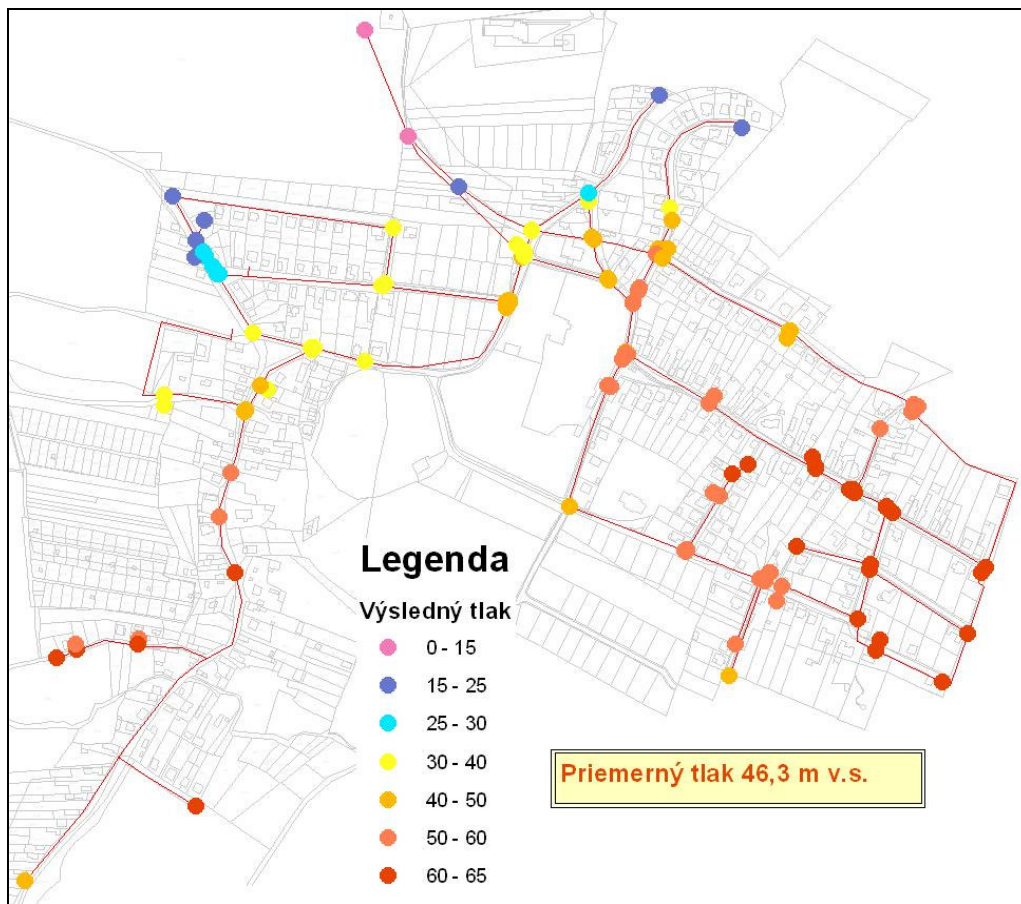
Vyhodnotenie tlakových pomerov

V kalibrovanom modeli bola spravená simulácia tlakových pomerov. Tlakové pomery sú značne nevyhovujúce. Aj keď by vzhľadom k výške zástavby stačili tlaky vo väčšine prípadov do 15 m vodného stĺpca (najviac jednopodlažná zástavba), presahujú tlaky v prevažnej časti siete 40 m vodného stĺpca. Vo veľkej časti siete sú tlaky vyššie ako 60 m vodného stĺpca (Obr 7). Výsledný priemerný tlak vychádza 46,3 m vodného stĺpca.

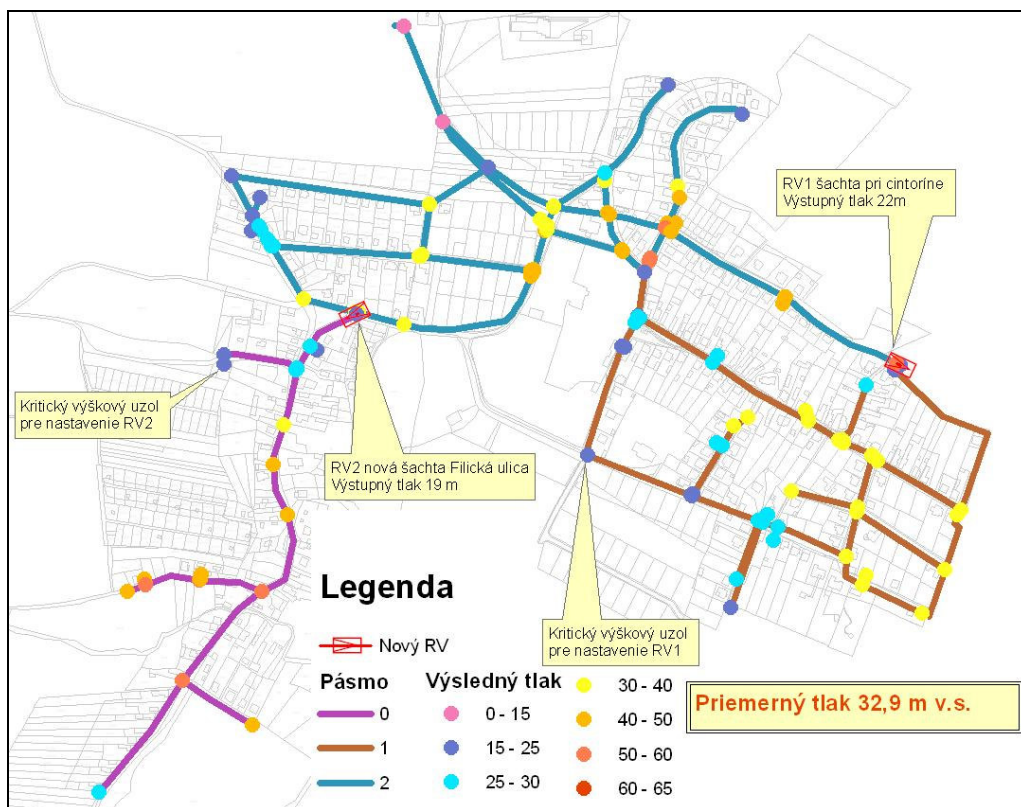
Návrh redukcie tlakov bol riešený v dvoch variantoch.

Variant 1 počíta s umiestnením dvoch redukčných ventilov. Jeden bude umiestnený v existujúcej šachte pri cintoríne, druhý bude umiestnený v križovatke ulíc Hlavná a Filická. Variant počíta s obmedzenými možnosťami umiestnenia novej šachty v ulici Filická, preto je šachta umiestnená na nie ideálnom ale na reálnom mieste. Výsledný priemerný tlak vychádza 32,9 m vodného stĺpca.

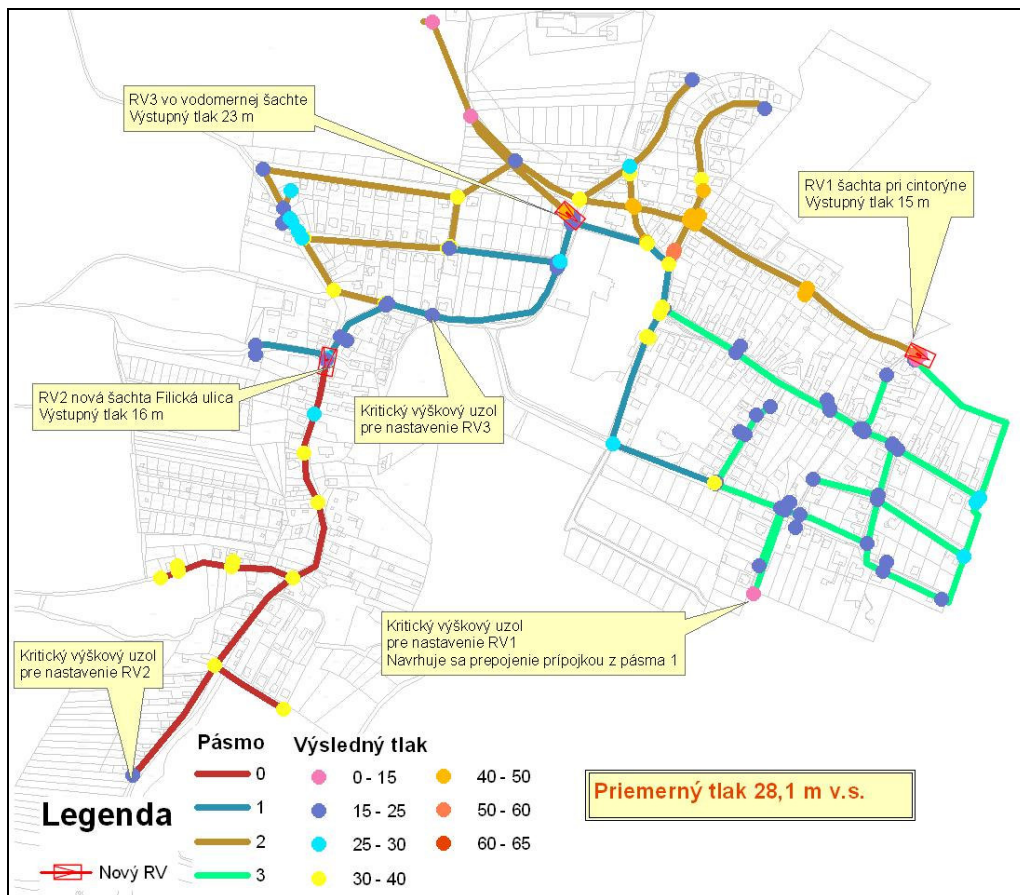
Variant 2 je navrhnutý na základe výsledkov variantu 1. Počíta s umiestnením troch redukčných ventilov. Jeden bude umiestnený v existujúcej šachte pri cintoríne, druhý bude umiestnený v ulici Filická a tretí bude umiestnený vo vodomernej šachte na prívodnom potrubí. Variant počíta s umiestnením RV vo Filickej ulici bez ohľadu na priestorové možnosti. Výsledný priemerný tlak vychádza 28,1 m vodného stĺpca. Popisy variantov, rozdelenia siete na tlakové pásma, kritické uzly pre nastavenie tlakov na RV a výsledky tlakových pomerov sú na obr 8 a obr 9.



Obr. 7 Tlakové pomery – jestvujúci stav



Obr. 8 Tlakové pomery – Variant 1



Obr. 9 Tlakové pomery – Variant 2

Záver

Na základe tohto projektu boli na miestach s najväčším únikom identifikované a odstránené prvé tri poruchy. Celkový priemerný nátok do siete klesol zo $6,3 \text{ l}^* \text{ s}^{-1}$ na $3,6 \text{ l}^* \text{ s}^{-1}$, čo predstavuje zníženie strát z hodnoty $4,6 \text{ l}^* \text{ s}^{-1}$ na $1,9 \text{ l}^* \text{ s}^{-1}$ (zníženie strát o cca 58%). V tejto dobe prebieha realizácia redukcie tlakov na základe variantu číslo 2. Bol zostavený a nakalibrovaný hydrodynamický model, ktorý je do budúcnosti možné použiť na riešenie ďalších úloh súvisiacich s rekonštrukciou resp. s rozširovaním vodovodnej siete obce Gánovce.

Ing. Marián Kučera
Ing. Tomáš Gibala