

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ**



**ENERGETICKÉ ZHODNOCENÍ
ZÁSOBOVÁNÍ VODOU**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LUCIA VACHOVÁ

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Iva Čiháková, CSc.

Květen 2018



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákuřova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vachová Jméno: Lucia Osobní číslo: 438982

Zadávací katedra: KZEI - K 144

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Energetické zhodnocení zásobování vodou

Název bakalářské práce anglicky: Energy evaluation of water work system

Pokyny pro vypracování:

Náklady na elektrickou energii se významně podílí na celkových provozních nákladech zásobování pitnou vodou a tvoří spolu s dalšími položkami cenu vody.

Zpracujte rešerši dané problematiky.

Na základě údajů ze stávajících vodárenských provozů proved'te analýzu energetické náročnosti jednotlivých prvků vodárenských provozů.

Proved'te posouzení na základě stávajících generelů zásobování vodou. Navrhněte systém hodnocení jednotlivých prvků na základě posouzení jejich energetické náročnosti.

Posouzení zpracovávejte pod označením 1, 2, ... nikoli pod názvy provozů.

Seznam doporučené literatury:

Generely řešených oblastí

Platné EN a ČSN

Tesařík, I: Vodárenství

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Iva Čiháková, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 26.2.2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že som predloženú prácu vypracovala samostatne a že som uviedla všetky použité informačné zdroje v súlade s Metodickým pokynom o etickej príprave vysokoškolských záverečných prác.

V Prahe dňa 27.5.2018

Lucia Vachová

Pod'akovanie

Rada by som sa touto cestou pod'akovala vedúcej mojej bakalárskej práce, pani docentke Ing. Ivě Čihákové, CSc. za odborné rady, trpezlivosť a ochotu počas celého vedenia práce. Ďalej by som sa chcela pod'akovať mojej rodine a blízkym za ich podporu a porozumenie. V neposlednom rade patrí moja vďaka spoločnosti D plus projektová a inženýrská a.s., za poskytnutie dát a podkladov potrebných k vypracovaniu tejto práce a za cenné rady a konzultácie.

Anotácia:

Významnú časť nákladov na pitnú vodu tvoria náklady na elektrickú energiu, potrebnú pri úprave, doprave a ďalších procesoch zásobovania vodou. V mnohých prevádzkach je možné nájsť postupy a prvky, ktoré sú energeticky náročné a nadmernou spotrebou energie môžu prispievať k vysokej cene vody. Cieľom tejto bakalárskej práce je navrhnúť spôsob hodnotenia vodárenských prevádzok z energetického hľadiska.

Teoretická časť sa zaoberá zhodnotením energetickej náročnosti jednotlivých prvkov systému zásobovania vodou, od zdroja vody až po distribúciu vody k spotrebiteľovi.

Praktická časť je zameraná na zhodnotenie konkrétnych prevádzok a ich zaradenie do navrhnutého systému hodnotenia. Na záver sú uvedené opatrenia, ktoré by mohli prispieť k zefektívneniu a zníženiu nárokov na energiu v jednotlivých prevádzkach.

Kľúčové slová:

zásobovanie vodou, energetické zhodnotenie, energetická náročnosť zásobovacích systémov, energetické straty v zásobovaní vodou

Annotation:

Electricity costs are an important part of drinking water costs. Electricity is needed for water treatment, water transport and many other processes in water supply systems. It is possible to find energy demanding procedures and elements in many water services. These energy demanding procedures can contribute to high water prices, by their excessive use of energy. The subject of this thesis is to create the evaluation criteria for water work systems from energetical point of view.

Theoretical part deals with energy evaluation of individual parts of water work systems, from abstraction of the raw water from source, to water distribution to consumers.

Practical part focuses on energy evaluation of particular water utilities and their classification according to created evaluation system. In the conclusion are presented steps, which could help individual water utilities to improve their practices and reduce their energy consumption.

Key words:

water supply, energy evaluation, energy demands of water work systems, energy losses in water work systems

OBSAH

1	Úvod.....	9
2	Teoretická časť	10
2.1	Prvky vodovodu	10
2.1.1	Zdroj vody	10
2.1.1.1	Podzemná voda	10
2.1.1.2	Povrchová voda.....	11
2.1.1.3	Ochranné pásma	12
2.1.2	Odberné objekty.....	13
2.1.2.1	Odberné objekty pre podzemnú vodu	13
2.1.2.1.1	Plošné zachytávacie objekty	13
2.1.2.1.2	Vertikálne zachytávacie objekty	13
2.1.2.1.3	Horizontálne zachytávacie objekty	14
2.1.2.2	Zachytávacie objekty pre povrchovú vodu.....	14
2.1.2.2.1	Zachytávacie objekty v nádržiach.....	14
2.1.2.2.2	Záchytávacie objekty v tečúcich vodách.....	14
2.1.3	Čerpanie	15
2.1.3.1	Automatická tlaková stanica.....	16
2.1.3.2	Čerpacia stanica 1. stupňa	16
2.1.3.3	Čerpacia stanica 2. stupňa	16
2.1.4	Úpravňa vody	17
2.1.5	Akumulácia.....	18
2.1.6	Vodovodné rady.....	19
2.1.6.1	Privádzacie rady.....	19
2.1.6.2	Zásobovacie rady	19
2.1.6.2.1	Typy distribučných sietí	20
2.1.6.2.2	Tlakové pásma	20
2.2	Prvky vodovodu z energetického hľadiska.....	21
2.2.1	Základné typy vodovodov	21
2.2.1.1	Výškové a situačné usporiadanie vodovodu.....	22
2.2.2	Zdroje vody	22

2.2.2.1	Kategórie surovej vody	23
2.2.3	Odberné zariadenia	24
2.2.3.1	Odberné objekty podzemnej vody	24
2.2.3.2	Odberné objekty povrchovej vody	25
2.2.4	Čerpacie stanice 1. a 2. stupňa	26
2.2.4.1	Náklady na elektrickú energiu	26
2.2.4.2	Čerpacie stanice z energetického hľadiska	27
2.2.5	Úpravňa vody	28
2.2.5.1	Čírenie	28
2.2.5.1.1	Koagulanty	28
2.2.5.1.2	Počet stupňov úpravy a spôsoby miešania vody	28
2.2.5.2	Filtrácia	29
2.2.5.2.1	Pomalá filtrácia	29
2.2.5.2.2	Rýchla filtrácia	30
2.2.5.2.3	Membránové spôsoby filtrácie	31
2.2.5.3	Dezinfekcia	32
2.2.5.3.1	Dezinfekcia chlórom a chlórnanmi	32
2.2.5.3.2	Dezinfekcia oxidom chloričitým	32
2.2.5.3.3	Dezinfekcia ozónom	33
2.2.5.3.4	Dezinfekcia UV žiarením	33
2.2.5.4	Kalové hospodárstvo	34
2.2.5.4.1	Zahusťovanie kalu	34
2.2.5.4.2	Odvodňovanie kalu	35
2.2.6	Akumulácia vody	36
2.2.6.1	Zemné a vežové vodojemy	37
2.2.6.2	Údržba a miešanie vody vo vodojemoch	37
2.2.7	Privádzacie a zásobovacie rady	37
2.2.7.1	Hydraulické straty	38
2.2.7.2	Redukcia únikov vody	39
2.2.7.3	Redukcia prebytočného tlaku vo vodovodnej sieti	40
2.2.7.4	Mikroturbíny	41

3	Praktická časť	43
3.1	Prevádzka č.1	46
3.2	Prevádzka č.2	50
3.3	Prevádzka č.3	52
3.4	Zhodnotenie	55
3.4.1	Lokalita č.1	55
3.4.2	Lokalita č.2	56
3.4.3	Lokalita č.3	57
4	Záver	59
5	Zoznam literatúry.....	61
6	Zoznam príloh.....	64

1 ÚVOD

Zásobovanie vodou je dôležitou súčasťou každodenného života našej spoločnosti. Keď vezmeme do úvahy celosvetovú situáciu týkajúcu sa vody, klimatické zmeny a stále častejší výskyt sucha, voda sa stáva čoraz významnejšou strategickou surovinou. S ohľadom na tieto skutočnosti je pravdepodobné, že cena vody sa bude v budúcnosti zvyšovať. Na cene za pitnú vodu sa vo veľkej miere podieľajú náklady za elektrickú energiu. Bez elektrickej energie by nebolo možné zabezpečiť chod niektorých zariadení a prístrojov, ako napríklad miešadiel vody, odstrediviek, kalolisov, dávkovacích zariadení a hlavne chod čerpadiel a čerpacích staníc.

V mnohých prevádzkach sa však vyskytujú procesy, ktoré sú energeticky náročné, alebo javy, ktoré nepriaznivo ovplyvňujú spotrebu energie - napríklad vysoké úniky vody. Cieľom tejto práce je zanalyzovať jednotlivé prvky systému zásobovania vodou, od zdroja až po zásobovacie vodovodné rady, a zhodnotiť, čo všetko môže ovplyvniť spotrebu energie a ktoré procesy patria k energeticky náročnejším.

Prvá časť práce predstavuje teoretický základ a zhrnutie dostupných informácií, ktoré sa týkajú energetického zhodnotenia zásobovania vodou.

V druhej časti je na základe teoretických poznatkov navrhnutý systém hodnotenia jednotlivých prvkov zásobovania vodou. Stanoveným kategóriám je pridané váhové hodnotenie v závislosti na tom, do akej miery sa podieľajú na množstve spotrebovanej energie. Následne sú podľa navrhnutého systému hodnotené konkrétne vodárenské prevádzky. Systém hodnotenia má za úlohu poukázať na energeticky náročné časti zásobovania vodou, umožniť ich optimalizáciu a zváženie opatrení, ktoré by viedli k energeticky hospodárnejšej prevádzke oproti súčasnému stavu. Tento systém by sa dal tiež použiť pre účely porovnania rôznych variantov, ak máme k dispozícii viac možností zásobovania vodou pre jednu lokalitu.

2 TEORETICKÁ ČASŤ

2.1 Prvky vodovodu

Zásobovanie obyvateľov pitnou vodou patrí k základným požiadavkám každej spoločnosti. K zásobovaniu vodou slúžia vodovody, ktoré sú súborom viacerých, vzájomne súvisiacich prvkov. Medzi základné prvky vodovodu patrí:

1. Zdroj vody
2. Čerpacia stanica 1. stupňa
3. Čerpacia stanica 2. stupňa
4. Odberný objekt
5. Úpravňa vody
6. Akumulácia
7. Privádzací rad
8. Zásobovací - rozvádzací rad

2.1.1 Zdroj vody

Pre zásobovanie pitnou vodou môžeme využiť dva typy zdrojov - povrchovú a podzemnú vodu. V minulosti sa pre vodárenské účely používala prevažne povrchová voda, ktorá tvorila v niektorých obdobiach takmer 80 % dodávanej vody. Dnes je zastúpenie podzemnej a povrchovej vody pre vodárenstvo približne vyrovnané.

2.1.1.1 Podzemná voda

Zdroje podzemnej vody sú tvorené zásobami vody, ktorá presiakne do podzemia vďaka priepustnosti povrchových vrstiev Zeme. Pravidelne sú dopĺňované infiltráciou atmosferických zrážok a povrchových vôd, ako aj kondenzáciou vodných pár v pôdnom prostredí. Chemické zloženie podzemných vôd závisí na type hornín a pôdy, s ktorými prišli do styku. [21]

Najväčší význam pre vodárenstvo má gravitačná voda. Gravitačná voda je obsiahnutá v póroch alebo puklinách, kde je pôsobenie gravitačných síl väčšie ako vplyv povrchového napätia. V prípade, že sa v hornine nachádzajú súvislé dostatočne veľké otvory, ktorými dokáže prúdiť voda, hovoríme o priepustných horninách. Ďalej rozoznávame:

- puklinovú priepustnosť – majú ju skalné horniny, závisí predovšetkým na hustote puklín a ich výplni
- medzizrnovú priepustnosť – je typická pre piesky, štrky, suť a iné nesúdržné horniny
- krasovú priepustnosť – je charakteristická pre vápence a dolomity, chemickými reakciami medzi vodou a horninou sa dutiny rozširujú, nie je vhodná pre úpravu na pitnú vodu [29]

Priepustnosť hornín môžeme určiť rôznymi spôsobmi a metódami, najpoužívanejšie z nich sú:

- určenie podľa kriviek zrnitosti
- laboratórne skúšky
- vsakovacie skúšky
- čerpacie skúšky

Na akosť podzemnej vody významne vplýva stupeň využívania zdroja či prameniska. [29]

2.1.1.2 Povrchová voda

Medzi hlavné výhody povrchových vôd patrí ich ľahká dostupnosť a tiež väčšie množstvo v porovnaní s podzemnými vodami. Nevýhodou je ich horšia kvalita a väčšie znečistenie, z toho vyplývajúca nákladnejšia úprava na pitnú vodu. Jedným z kľúčových faktorov pre udržiavanie požadovanej kvality povrchových vôd je určenie a dodržiavanie ochranných pásiem. [21]

Povrchovú vodu môžeme ďalej rozdeliť na tečúcu vodu v tokoch a stojatú vodu v umelých, alebo prirodzených nádržiach, teda jazerách. Odber vody z tokov pre vodárenské účely je možný len z tokov stanovených tried. V Českej republike sa zo stojatých vôd využívajú ako zdroje pitnej vody najmä umelé vodné nádrže - priehradné nádrže a rybníky. [29] Zdroj povrchovej vody je na obrázku č.2.1.1.2.



Obrázok č.2.1.1.2 - Vodárenská nádrž [16]

Na kvalitu vody v nádrži má významný vplyv hĺbka vody. Pri plytkých nádržiach zhruba do hĺbky 10 metrov sa voda ľahko premiešava vplyvom vetra a kvalita vody v zvislom smere sa podstatne nemení. U hlbokých priehradných nádrží sa počas roku akosť vody v jednotlivých hĺbkach mení významne, vznikajú vrstvy s odlišnými vlastnosťami. Vplyv na vlastnosti jednotlivých vrstiev má teplota, ako aj prenikanie slnečného svetla do vody. Vo všeobecnosti je pre vodárenské účely vhodnejšia voda s nižšou teplotou, pretože obsahuje menšie množstvo biologického oživenia. [11]

2.1.1.3 Ochranné pásma

Ochranné pásma sú územia stanovené k ochrane výdatnosti, akosti alebo zdravotnej nezávadnosti vodných zdrojov povrchových alebo podzemných vôd, ktoré sú určené pre zásobovanie pitnou vodou.

Ochranné pásma sa delia na ochranné pásma prvého stupňa a ochranné pásma druhého stupňa. Ochranné pásma prvého stupňa slúžia k ochrane vodného zdroja v bezprostrednom okolí zachytávacieho, alebo odberného objektu. Ochranné pásma druhého stupňa slúžia k ochrane vodného zdroja v územiach stanovených vodohospodárskym úradom tak, aby nemohlo dôjsť k ohrozeniu jeho výdatnosti, akosti, alebo zdravotnej nezávadnosti. [11]

2.1.2 Odberné objekty

2.1.2.1 Odberné objekty pre podzemnú vodu

2.1.2.1.1 Plošné zachytávacie objekty

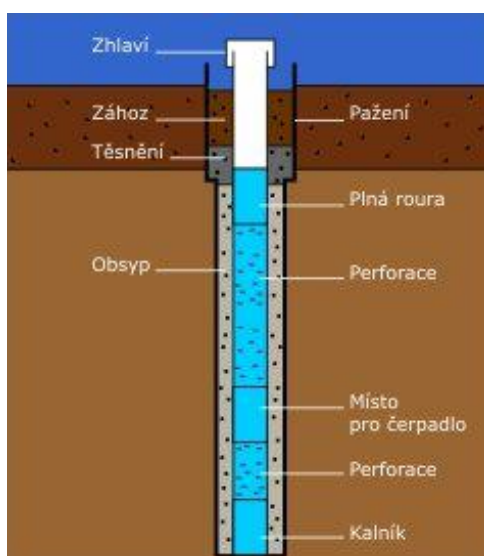
Dnes sa už budujú len ojedinele. Prednosť sa dáva vrtom, ktoré sú schopné zachytiť vodu vo väčších hĺbkach. Slúžia na zachytávanie plošných výverov vody a prameňov zo skalných hornín. Zachytávanie vody musí rešpektovať hydrogeologické podmienky výveru vody a preto je nevyhnuté zachytiť ju v skalnom podloží. [29]

2.1.2.1.2 Vertikálne zachytávacie objekty

Najrozšírenejšie vertikálne zachytávacie objekty sú hydrogeologické vrty. Podľa spôsobu rozrušovania hornín môžu byť hĺbené nárazovým alebo otáčavým vrтанím. Spôsob ich hĺbenia závisí na požadovanom priemere a hĺbke vrtu, ako aj na type horniny, ktorou vrt prechádza. Rez vrtanou studňou je na obrázku č.2.1.2.1.2.

Vyhĺbený vrt sa stáva odberným objektom až po vystrojení. Základné vystrojenie vrtu tvorí:

- zárubnica a obsyp v aktívnej časti vrtu
- plné pažnice v neaktívnej časti vrtu
- zhlavie vrtu s uzáverom vrtu
- kalník [29]



Obrázok č.2.1.2.1.2 - Rez vrtanou studňou [33]

2.1.2.1.3 Horizontálne zachytávacie objekty

Využívajú sa prevažne v prípadoch, ak by bolo zachytávanie vertikálnym objektom ekonomicky nevýhodné, alebo nepostačujúce z hľadiska výdatnosti.

Horizontálne objekty delíme na:

- zárezy - sú často budované v málo priepustných plytkých zvodnatených vrstvách hornín, budujú sa až na nepriepustné dno
- štôlne - sú razené baníckym spôsobom
- vodorovné vrty - najčastejšie sú to studne s horizontálnymi zberačmi, po dokončení vertikálnej studne sa vo zvodnatených vrstvách lúčovito vybudujú horizontálne vrty, studňa slúži ako zberný objekt [29]

2.1.2.2 Zachytávacie objekty pre povrchovú vodu

2.1.2.2.1 Zachytávacie objekty v nádržiach

Na odoberanie vody z nádrží sa používajú vežové objekty. Vežové objekty môžu byť postavené ako samostatné stavby, hlavne u sypaných priehrad, alebo sú súčasťou telesa hrádze. Pre odber vody musia mať minimálne 3 vtokové otvory, aby bolo možné vodu odberať z viacerých úrovní a tak zabezpečiť čo najlepšiu kvalitu vody. Kvalita vody sa v priebehu ročných období výrazne mení. [11]

Menej frekventovaným spôsobom odberu vody z nádrží je zachytávanie vody nad dnom. Tento spôsob je možné využiť len u nádrží s veľmi čistou vodou, kde nedochádza k tvorbe dnového sedimentu. Odber musí byť umiestnený aspoň 1 meter nad dnom a v dostatočnej vzdialenosti od miest znečistenia. [29]

2.1.2.2.2 Záchyťavacie objekty v tečúcich vodách

Pri odbere vody z vodného toku je nutné zohľadniť vplyv odberu na ostatných užívateľov toku. Riečisko musí byť stabilné, nesmie dochádzať k zanášaniam odberného objektu a tiež musí byť zachovaný určitý minimálny zostatkový prietok.

Zachytávacie objekty v riečisku - sú vhodné najmä pre širšie toky s nestabilnými brehmi a pre toky, v ktorých dochádza na brehoch k výraznému kolísaniu hladín. Odberný objekt sa umiestňuje do prúdnice, pričom vtokový otvor je chránený hrablicami pred zanášaním nežiadúcimi látkami. [29]

Brehové zachytávacie objekty - používajú sa pre stredné a dolné úseky vodných tokov, pre vodné toky so stabilným dnom a brehmi. Aby bolo možné odoberať vodu za akéhokoľvek vodného stavu, odberný objekt je situovaný pod minimálnou hladinou. Pri umiestnení vyberáme miesto mimo dosah zanášania splaveninami. [21]

Zachytávacie objekty na dne koryta - sú vhodné pre toky s bystrinným prúdením. U menších potokov sú riešené bodovým odberom, pri väčších tokoch sa používajú priečne zachytávacie žľaby, alebo zachytávacie drény. Žľab alebo drén nesmie zmenšovať prietokový profil toku. [11]

2.1.3 Čerpanie

Čerpadlá sú zariadenia, ktoré slúžia na dopravu vody z nižšie položených miest do vyššie položených objektov. Hydraulický systém sa skladá z čerpadla a potrubia. Potrubie má dve časti, sacie potrubie, ktoré privádza vodu zo sacej jamy a výtlačné potrubie, ktoré dopravuje vodu do vyššie položenej nádrže. Energia, ktorú predá čerpadlo vode, musí byť dostatočne veľká na to, aby prekonal: rozdiel hladín medzi sacou a výtlačnou nádržou, straty ktoré vzniknú v systéme, rozdiel tlakov nad hladinami nádrží a rozdiel rýchlostných výšok v sacom a výtlačnom potrubí. [11]

Vo vodárenstve sa používajú rôzne druhy čerpadiel, ktoré závisia na type činnosti, množstve a kvalite čerpanej vody. Najčastejšie používané sú:

- pre dopravu vody - rotačné, odstredivé horizontálne čerpadlá
- pre dopravu filtračného piesku - ejektory
- pre čerpanie zo studní - mamutky, ponorné čerpadlá
- dávkovacie čerpadlá - piestové [11]

Čerpadlá môžeme umiestňovať do mokrej alebo suchej jamy. V mokrej jame je sací nástavec a vlastné čerpadlo ponorené do čerpaného média. V suchej jame je čerpadlo umiestnené nad hladinu vody v nádrži. Všetky čerpadlá dopravujúce vodu do spoločného hydraulického priestoru musia mať uzatváraciu a spätnú armatúru na výtlačnom potrubí. Je tiež vhodné pre celý systém navrhnuť ochranu z hľadiska hydraulického rázu. [29]

Pri bežnom prevádzkovaní je často nutné čerpadlá regulovať. Je to možné týmito spôsobmi:

- púšťaním do obtoku
- škrtaním na konci potrubia - vznikajú veľké energetické straty

- reguláciou počtu otáčok - z energetického hľadiska najvýhodnejší spôsob [11]

2.1.3.1 Automatická tlaková stanica

Najbežnejším spôsobom čerpania je čerpanie do nádrže s voľnou hladinou. Okrem toho však existuje aj čerpanie cez tlakovú nádobu. Tento spôsob čerpania sa nazýva ATS - automatická tlaková stanica. Tlaková nádoba má určitý úžitkový objem s minimálnou a maximálnou úrovňou hladiny. Nad hladinou vody je stlačený vzduch, ak hladina vody klesne pod minimálnu hodnotu, čerpacia stanica sa automaticky zapne. Tejto úrovni hovoríme zapínacia. Naopak, pri dosiahnutí maximálnej hladiny sa čerpadlo vypne (vypínacia hladina). ATS sa používa, ak nie je možné vybudovať vodojem, alebo inú nádrž s otvorenou hladinou. [29]

2.1.3.2 Čerpacia stanica 1. stupňa

Čerpacia stanica 1. stupňa dopravuje surovú vodu z pramenísk, vrtov a studní buď do odberných objektov, alebo do akumulčných nádrží surovej vody v úpravniach vôd. Ak sa v pramenisku vyskytuje voda s vysokou kvalitou, je možné dopravovať čerpacou stanicou 1. stupňa surovú vodu priamo do vodojemu.

Pri čerpaní vody zo zdroja do úpravne navrhujeme čerpaciu stanicu na maximálnu dennú potrebu vody Q_m pri odbere 24 hodín, alebo pri prerušovanom čerpaní na dennú potrebu vody Q_c .

$$Q_c = \frac{24 Q_m}{T} \quad \text{kde } T \text{ je doba čerpania v hodinách}$$

Čerpacia stanica 1. stupňa je zvyčajne nízkotlaková - dopravná výška čerpadla 20 - 40 m vodného stĺpca. [29]

2.1.3.3 Čerpacia stanica 2. stupňa

Čerpacia stanica 2. stupňa zabezpečuje dopravu upravenej vody z úpravne do vodojemu, prípadne z vodojemu priamo do zásobovacej siete. Pre čerpanie vody do distribučnej siete sa často používajú horizontálne čerpadlá. Ich hlavnými prednosťami je prevádzková spoľahlivosť, pomerne nízka cena a menšia náročnosť na obsluhu a údržbu. Môžu však byť umiestnené len v suchej jame.

Čerpaciu stanicu pre dopravu vody do zásobovacích radov musíme dimenzovať na

maximálnu hodinovú potrebu Q_h . Pri odbere s prevádzkovými prestávkami spočítame čerpané množstvo ako:

$$Q_{\dot{c}} = \frac{24 Q_h}{T}$$

kde T je doba čerpania v hodinách, najčastejšie čerpáme po dobu 17 hodín

Čerpacia stanica 2. stupňa je zvyčajne vysokotlaková - dopravná výška čerpadla 60 - 80 m vodného stĺpca, limitáciou sú armatúry, v ktorých vznikajú hydraulické straty. [29]

2.1.4 Úpravňa vody

Hlavným cieľom úpravy vody je zlepšenie jej vlastností na požadovanú kvalitu tak, aby mohla byť ďalej využívaná na pitné, výrobné či iné účely. Za pitnú vodu považujeme vodu, ktorá ani pri dlhodobom požívaní nespôsobuje zdravotné problémy, ochorenia a neobsahuje mikroorganizmy, alebo látky poškodzujúce zdravie spotrebiteľa či jeho potomstva. [11]

Úprava vody sa líši podľa toho, či voda pochádza z povrchového, alebo podzemného zdroja. Úprava vody závisí na množstve a type jej znečistenia, fyzikálnych a chemických ukazovateľoch, rozpustených látkach, ktoré obsahuje. Vo všeobecnosti platí, že povrchové vody obsahujú väčšie množstvo hrubých nečistôt, organických látok, mikroorganizmov, rozpusteného kyslíku, majú premenlivú teplotu a ich kvalita kolíše. Naopak podzemné vody majú vyšší podiel oxidu uhličitého, rozpustených látok, železa a mangánu. [29]

Podzemné vody upravujeme nasledujúcimi spôsobmi: odkyselo vanie, odželezovanie, odmangánovanie, filtrácia, dezinfekcia, odstraňovanie vápniku a horčíku, deionizácia, demineralizácia, desorpcia, membránové procesy a iónová výmena.

Medzi procesy úpravy povrchovej vody patrí: mechanické predčistenie, preoxidácia, čírenie, filtrácia, adsorpcia, dezinfekcia, ultra a nanofiltrácia, stabilizácia, flotácia, fluorizácia. [21]

Úpravňu vody umiestňujeme mimo zastavaného územia, čo najbližšie k zdroju vody. Areál úpravne má byť dostatočne veľký, aby umožnil prípadné doplnenie nových technológií, rozšírenie kapacity úpravne. V našich podmienkach sa všetky úpravne vôd zastrešujú. Deje sa tak kvôli zvýšeniu ochrany pred znečistením a tiež preto, že slnečné

žiarenie je z hydrobiologického hľadiska pri procesoch úpravy vody nežiadúce. [29]

Typy objektov v úpravniach sa môžu podľa veľkosti prevádzok líšiť. Spravidla však úpravňu tvorí: vlastná úpravňa, chemické hospodárstvo, strojovňa a energetika, administratívna budova, nádrž čistej vody a hospodárske zariadenie. [21]

Výškové usporiadanie volíme tak, aby voda pretekala celou úpravňou gravitačne. Pri rovinnom teréne budujeme prvé technologické stupne na vyvýšený terén, aby neboli posledné objekty príliš zahĺbené. [21]

2.1.5 Akumulácia

Akumuláciu vody môžeme rozdeliť z rôznych hľadísk: na krátkodobú a dlhodobú, na akumuláciu upravenej a surovej vody, na akumuláciu u veľkých spotrebiteľov alebo vo vodárňach. Dlhodobú akumuláciu zabezpečujú vodné toky, nádrže a priepustné vrstvy hornín, ktoré akumulujú vodu v podzemí. Pre krátkodobú akumuláciu slúžia zemné a vežové vodojemy, ktoré majú tri základné funkcie:

- tlakovú
- akumuláciu
- kontaktnú [29]

Tlaková funkcia zaisťuje primeraný tlak vo vodovodnej sieti. Je daná polohou vodojemu voči zásobovanému územiu. V ideálnom prípade by mal jeden vodojem zásobovať tlakové pásmo s rozdielom nadmorských výšok 25 - 35 metrov a to z dôvodu zachovania minimálnych a maximálnych tlakov vo vodovodnej sieti. Výškový rozdiel určíme vzťahom:

$$h = H_{\max} - H_{\min} - \Delta h - \Delta p$$

kde: H_{\max} je maximálny tlak vo vodovodnej sieti ; $H_{\max} = 60$ m v. sl.; výnimočne 70

H_{\min} je minimálny tlak vo vodovodnej sieti ; $H_{\min} = 25$ m v. sl.; výnimočne 15

Δh je kolísanie hladiny vodojemu, uvažujeme 5 m

Δp je odhad tlakových strát na trase vodojem - zásobované územie, uvažujeme 5 m v. sl. [11]

Akumulačná funkcia slúži pre vyrovnanie rozkolísanosti prítoku a odtoku z/do vodojemu z dôvodu nerovnomernej spotreby vody v zásobovanom území, k zabezpečeniu vody pre požiarne účely, zaisteniu dodávky vody pri poruche na privádzacom rade. [21]

Kontaktná funkcia vodojemu je dôležitá pre zaistenie dostatočne dlhého kontaktu vody s

chemikáliami a pre hygienické zabezpečenie vody. [11]

2.1.6 Vodovodné rady

Pre dopravu vyrobenej pitnej vody k spotrebiteľovi slúžia vodovodné rady. Vodovodné rady delíme podľa dôležitosti do 4 kategórií:

- privádzacie rady
- hlavné rady
- vedľajšie rady
- domové prípojky

2.1.6.1 Privádzacie rady

Dopravujú vodu medzi zdrojom a úpravňou a tiež medzi úpravňou a vodojemom. Privádzacie rady dimenzujeme na Q_m - maximálnu dennú potrebu vody.

$$Q_m = (O \cdot q + O \cdot q_{vyb}) \cdot k_d \quad \text{kde:}$$

O - je počet obyvateľov

q - špecifická potreba vody (l/osobu*deň)

q_{vyb} - špecifická potreba vody pre vybavenosť

k_d - súčiniteľ dennej nerovnomernosti [29]

Pri značne členitom teréne rozdeľujeme privádzací rad na tlakové pásma. Ich výšku stanovujeme na základe maximálneho prevádzkového pretlaku, ktorý je daný menovitým tlakom PN, ten sa líši pre rôzne druhy potrubia. Často používaným materiálom pre výstavbu privádzačov je oceľ. [11]

Pri návrhu privádzacieho radu dbáme na dostupnosť potrubia kvôli prípadným opravám, navrhujeme priame úseky a čo najkratšiu trasu. [4] Je dôležité potrubie chrániť pred hydraulickými rázmi a pred koróziou. Rýchlosť prúdenia vody by mala byť približne 1 m/s. Pri nižších rýchlostiach a tiež vplyvom korózie a usádzania sedimentov môže dôjsť k zhoršeniu kvality vody. [29]

2.1.6.2 Zásobovacie rady

Hlavné rady, vedľajšie rady a domové prípojky spoločne tvoria zásobovaciu sieť. Voda v nich prúdi z vodojemu až k spotrebiteľom. Zásobovacie rady dimenzujeme na

maximálnu hodinovú potrebu vody - $Q_{h \max}$

$$Q_{h \max} = Q_m \cdot k_h \quad \text{kde:}$$

Q_m - je maximálna denná potreba vody

k_h - súčiniteľ hodinovej nerovnomernosti [29]

2.1.6.2.1 Typy distribučných sietí

Poznáme dva základné typy distribučných sietí - okruhových a vetvených vodovodných sietí. Vetvená sieť sa používa najmä pre rozsahovo menšie zásobované územia. Jej charakteristickým znakom je, že voda sa k spotrebiteľovi dostáva jedinou prietokovou cestou. Vybudovanie okruhovej siete je oproti vetvenej sieti ekonomicky náročnejšie, je však prevádzkovo spoľahlivejšia, rady sú usporiadané do uzavretých okruhov. [14]

2.1.6.2.2 Tlakové pásma

S výškovým usporiadaním a členitosťou terénu súvisia tlakové pásma. Tlak v zásobovanom území sa môže pohybovať v určitom rozmedzí, ideálne je rozpätie 25 - 35 metrov. Pri prekročení tejto hodnoty je vhodné zásobované územie rozdeliť na viac tlakových pásiem. Tlakové pásma sú hydraulicky nezávislé systémy, kde je každá časť siete zásobovaná vždy z jedného vodojemu. Prepojenie tlakových pásiem je ojedinelé. Pri bežnej prevádzke sú prepojenia uzatvorené, aby nedochádzalo k nepriaznivému ovplyvňovaniu tlakových pomerov v jednotlivých pásmach. Prepojenia sa využívajú pre dodávku vody v prípade havárie, alebo poruchy v niektorej časti siete. [11]

Pre vodovodné rady sa používajú rôzne druhy materiálov, medzi najčastejšie patrí šedá a tvárna liatina, oceľ, plast, sklolaminát. V minulosti sa používali tiež olovené trubky a azbestocement. [29] Pokladanie potrubia je na obrázku č.2.1.6.2.2.



Obrázok č.2.1.6.2.2 - Pokladanie vodovodného potrubia [19]

2.2 Prvky vodovodu z energetického hľadiska

2.2.1 Základné typy vodovodov

Podľa výškového usporiadania zdroja vzhľadom k zásobovanému územiu rozlišujeme:

- gravitačné vodovody - zdroj je umiestnený nad zásobovaným územím s dostatočným pretlakom, voda prúdi vo vodovodných potrubiach gravitačne
- výtlačné vodovody - zdroj leží nižšie než zásobované územie, vodu je nutné do systému čerpať
- kombinované vodovody - najmä pri zásobovaní rozsiahlejších lokalít môže byť pre zásobovanie územia potrebných viac vodojemov, umiestnených v rôznych výškach, potom je možné využiť kombináciu gravitačného a výtlačného vodovodu [14]

2.2.1.1 Výškové a situačné usporiadanie vodovodu

Výškové umiestnenie zdroja, vodojemu a zásobovaného územia hrá významnú rolu v energetickej náročnosti celého systému zásobovania vodou. Najvýhodnejšie je, ak je najnižšie umiestnené zásobované územie, o niečo vyššie nad ním sa nachádza vodojem a najvyššie položený je zdroj vody. Ak sú zároveň výškové rozdiely dostatočne veľké, aby zabezpečili požadovaný prevádzkový tlak vo vodovodnej sieti, ale zároveň ho nepresiahli, jedná sa o ideálny prípad. Do zásobovaného územia tak môže prúdiť voda gravitačne a nie je nutné budovať čerpacie stanice a vynakladať energiu na čerpanie, ani umiestňovať redukčné ventily na tlmenie prebytočného tlaku. [29]

Energeticky náročnejšie je napríklad zásobovanie rovinatých území, kde nie je dostatočný výškový rozdiel pre zabezpečenie optimálneho tlaku. Voda sa musí do systému čerpať, alebo je nutné vybudovať vežový vodojem. Výrazná členitosť územia tiež komplikuje koncepčné riešenie vodovodu. Môže byť potrebné zásobovanú oblasť rozdeliť podľa výškových rozdielov na viacero tlakových pásiem, z ktorých niektoré môžu byť zásobované gravitačne a niektoré čerpaním. [11]

Energeticky najnáročnejšia situácia nastáva, ak je zásobované územie vzhľadom k zdroju vody umiestnené na kopci. Vodu je nutné v systéme po celú dobu čerpať a dopravovať do značnej výšky. Čím väčší je výškový rozdiel medzi zdrojom a vodojemom / vodojemom a zásobovaným územím, tým je energeticky náročnejšie dopraviť vodu na požadované miesto. [29]

Okrem výškového usporiadania má na energetickú náročnosť vplyv aj vzdialenosť zdroja a vodojemu od zásobovaného územia. Pri väčších vzdialenostiach vzrastajú investičné náklady na vybudovanie potrubia, zvyšujú sa straty trením, ktoré spôsobujú pokles tlaku a vzniká väčšia plocha pre potenciálny vznik porúch a únikov vody. Z týchto dôvodov sa snažíme hľadať zdroj vody čo najbližšie k zásobovanému územiu. Pre privádzacie potrubie volíme čo najkratšiu možnú trasu a priame úseky. [29]

2.2.2 Zdroje vody

Zdroj vody, ktorý použijeme na získanie surovej vody môže tiež vo veľkej miere ovplyvniť energetickú efektívnosť celého systému zásobovania vodou. Vo všeobecnosti sú za kvalitnejšie považované podzemné vody. Podzemné vody sú menej zasiahnuté znečistením spôsobeným vplyvom ľudskej činnosti, pretože prešli prírodnými filtrami. Je

vysoká šanca, že nebudú obsahovať patogénne baktérie, celkovo obsahujú malé množstvo organických látok. Oproti tomu, kvalita povrchových vôd značne kolíše, čo sťažuje jej úpravu pre vodárenské účely. Podzemné vody zväčša vyžadujú len minimálnu úpravu - odstránenie prebytočných minerálnych látok a dezinfekciu. Preto je úprava podzemných vôd energeticky menej náročná než úprava povrchových vôd. [7]

Ak chceme pre zásobovanie vodou využiť povrchové vody, je vhodné zamerať sa na horné časti vodárenských tokov, kde sa kvalita vody a jej vlastnosti viac približujú požiadavkám na pitnú vodu. [21]

2.2.2.1 Kategórie surovej vody

Vyhláška č. 428/2001 Sb. zaraďuje surovú vodu do štyroch kategórií, podľa jej kvality a požadovanej úpravy:

1. Vodné zdroje zodpovedajúce kvalite pitnej vody
2. Vodné zdroje, vyžadujúce jednoduchšie spôsoby úpravy
3. Vodné zdroje, ktoré vyžadujú zložitejšiu úpravu
(čírenie, odželezovanie, odmangánovanie, odstránenie ťažkých kovov...)
4. Vodné zdroje takmer nevhodné pre úpravu na pitnú vodu (obsahujúce vysoké koncentrácie organických látok, ťažkých kovov, dusičnanov,...) [25]

Energeticky i ekonomicky je najvýhodnejšie používať vodu patriacu do kategórie A1. Energetická i ekonomická náročnosť sa pri ďalších kategóriách postupne zvyšuje, najvyššia je pri prekročení koncentrácií uvedených pre kategóriu A3. Podrobnejší popis jednotlivých kategórií je v tabuľke č.2.2.2.1.

Tabuľka č.2.2.2.1 Štandardné metódy úpravy vody, typy úprav pre jednotlivé kategórie surovej vody [6]

Pre kategóriu	Typy úprav
A1	Úprava surovej vody s prípadnou dezinfekciou pre odstránenie zlúčenín a prvkov, ktoré môžu mať vplyv na jej ďalšie použitie a to zvlášť zníženie agresivity voči materiálom rozvodného systému vrátane domových inštalácií (chemické alebo mechanické odkyselenie), ďalej odstránenie pachu a plyných zložiek

	prevzdušňovaním. Prostá filtrácia pre odstránenie nerozpustených látok a zvýšenie akosti.
A2	Surová voda vyžaduje jednoduchšiu úpravu, napr. koagulačnú filtráciu, jednostupňové odželezňovanie, odmangánovanie alebo infiltráciu, pomalú biologickú filtráciu, úpravu v horninovom prostredí a to všetko s koncovou dezinfekciou. Pre zlepšenie vlastností je vhodná stabilizácia vody.
A3	Úprava surovej vody vyžaduje dvoj či viacstupňovú úpravu čírením, oxidáciou, odželezňovaním a odmangánovaním s koncovou dezinfekciou, popr. ich kombináciu. Ďalšími vhodnými procesmi sú napríklad využívanie ozónu, aktívneho uhlia, pomocných flokulantov, flotácie. Ekonomicky náročnejšie postupy technicky zdôvodnené (napríklad sorpcia na špeciálnych materiáloch, iónová výmena, membránové postupy) sa použijú mimoriadne.
Vyššie koncentrácie než sú uvedené pre kategóriu A3	Podľa § 13 odst. 2 zákona je možné vodu tejto akosti výnimočne odoberať pre výrobu pitnej vody s udelením výnimky príslušným krajským úradom. Pre úpravu na vodu pitnú sa musia použiť technologicky náročné postupy spočívajúce v kombinácii typov úprav uvedených pre kategóriu A3, pričom je nutné zaistiť stabilnú kvalitu vyrábanej pitnej vody podľa vyhlášky č. 252/2004 Sb. Prednostným riešením v týchto prípadoch je však eliminácia príčin znečistenia alebo vyhľadanie nového zdroja vody.

2.2.3 Odberné zariadenia

Vodu z povrchových a podzemných zdrojov môžeme odoberať rôznymi spôsobmi a zariadeniami.

2.2.3.1 Odberné objekty podzemnej vody

Vo všeobecnosti bude odoberanie vody z podzemných zdrojov náročnejšie, keďže vo väčšine prípadov musíme vodu dopravovať z hĺbky na povrch. Čím hlbšie sa voda v

podzemí nachádza, tým náročnejšia bude jej doprava na povrch. Taktiež vybudovanie napríklad hlbkej vrtanej studne a jej vystrojenie bude energeticky náročnejšie ako vybudovanie šachtovej studne, ktorej hĺbka spravidla nepresahuje 15 metrov. Pri plytkých zvodnatených vrstvách je výhodné budovať zachytávacie zářezy, ktoré sú však výrazne závislé na množstve zrážok. Ďalšou možnosťou v lokalitách, kde zvodnatená vrstva preniká, obvykle v svažitom území, až na zemský povrch je vybudovať zachytávacie štôlne a galérie. Získame tak kvalitnú podzemnú vodu bez nutnosti čerpania. [4]

Pre dopravu vody zo studní môžeme použiť čerpanie ponorným čerpadlom z každej studne samostatne, horizontálnym čerpadlom so spoločným sacím potrubím, alebo pri menších hĺbkach je možné využiť násoskový systém. Pokiaľ to podmienky umožňujú, je vhodné pre dopravu vody použiť násosku, ktorá pre svoju funkciu nevyžaduje elektrickú energiu. [29]

Z energetického hľadiska a s ohľadom na dobrú kvalitu vody by bolo najvýhodnejšie používať podzemnú vodu s artézskym výverom. Jej úprava nie je finančne a energeticky náročná. Zároveň tlak nepriepustných vrstiev, medzi ktorými sa nachádza, je dostatočne veľký, aby sa voda dostala na povrch bez použitia čerpadla, čím znížime náklady na elektrickú energiu.

2.2.3.2 Odberné objekty povrchovej vody

Odber povrchovej vody je oproti podzemnej podstatne jednoduchší, pretože povrchová voda je dostupnejšia. V porovnaní napríklad so studňami nie je potrebné vrtat' hlboké otvory, dopravovať vodu na povrch a prevádzať čerpacie skúšky na overenie výdatnosti.

Najjednoduchším zariadením pre odber povrchovej vody sú odberné objekty na dne koryta, ktoré sú vhodné pre bystrinné toky. Tvorí ich priečny zachytávací žľab/drén, u potokov bodový odber. Vyžadujú si pravidelné čistenie, čo si môže vyžadovať energetický vstup. [11]

Pre stredné a dolné úseky vodných tokov sa často budujú brehové odberné objekty, prípadne pri nestabilných brehoch odberné objekty v riečisku. Pri tomto type odberov je dôležité zabezpečiť odberné objekty proti namrzaniu a zanášaniam usadeninami. Súčasťou brehových odberných objektov môže byť upokojujúca komora s jemnými česlami, alebo lapač piesku, ktoré treba pravidelne čistiť. [29]

Energeticky náročnejšie je zachytávať povrchovú vodu z vežových odberných objektov vo vodárenských nádržiach. Každý vežový odberný objekt má minimálne tri odberné otvory. Hĺbka odberu sa mení počas ročných období v závislosti na kvalite vody. Uzávery jednotlivých odberných otvorov môžu byť ovládané ručne, avšak v dnešnej dobe prevláda elektronické ovládanie. Aby sme zamedzili vniknutiu plávajúcich látok, často sa inštalujú pohyblivé hrablice. [29]

2.2.4 Čerpacie stanice 1. a 2. stupňa

2.2.4.1 Náklady na elektrickú energiu

Výdavky na elektrinu tvoria veľkú časť prevádzkových nákladov v sektore zásobovania vodou. V prípade centrálnej a východnej Európy tvoria pre polovicu firiem výdavky na elektrinu aspoň 18% zo všetkých prevádzkových nákladov. To je pomerne veľký podiel, preto by bola akákoľvek redukcia výdavkov na elektrickú energiu určite prínosom. Cenu energií môžeme znížiť jednou z dvoch ciest:

1. Znížiť jednotkovú cenu energetického nákupu/vstupu
2. Zlepšiť energetickú efektívnosť procesov, teda znížiť spotrebu energie pri rovnakej produkcii [3]

Existuje niekoľko možností, ako znížiť jednotkovú cenu elektrickej energie. Poplatky za elektrinu pre firmy s vodnými službami sa môžu líšiť podľa zmlúv stanovených s dodávateľskou spoločnosťou. V prípade konkurencie schopného trhu preto dáva zmysel venovať zvláštnu pozornosť obstarávaciemu procesu, porovnávaniu jednotlivých ponúk dodávateľov, aby sme dosiahli atraktívne sadzby. [3]

Ďalším faktorom, ktorý stojí za zváženie, je že cena elektriny sa mení v závislosti na čase, podľa časti dňa, kedy je odber uskutočnený. Typ poplatku, ktorý je často používaný v zmluve pre systémy zásobovania vodou je uvedený ako hodinový poplatok. Pri tomto type sadzby existuje doba nazývaná ako čas špičkového dopytu, kedy je jednotková cena energie zvyčajne oveľa vyššia ako počas zvyšku dňa. Z toho vyplýva, že systémy pre zásobovanie vodou môžu presunúť niektoré odbery s veľkou spotrebou elektrickej energie na hodiny s nižšími tarifami a to dômyselným plánovaním a aktívnym procesom kontroly a automatizácie. [27]

Možnosť znížiť jednotkovú cenu určite existuje, avšak potenciál zníženia nákladov

vd'aka zlepšeniu energetickej efektívnosti čerpadiel je pravdepodobne oveľa vyšší.

2.2.4.2 Čerpacie stanice z energetického hľadiska

Veľká časť energie, ktorú dodávame do systému zásobovania vodou je spotrebovaná operáciami, ktoré súvisia s čerpaním vody. Najmä pri starších prevádzkach je množstvo dodávanej energie vyššie, ako by pri optimálnom návrhu bolo nutné. Je to výsledok strát vody v sieti, neefektívnych čerpacích zariadení, ďalšími faktormi sú tiež vysoký vek čerpadiel, ich opotrebovanosť a nevhodná veľkosť. [3]

Mnoho čerpacích staníc bolo navrhnutých a vybudovaných v 70. až 80. rokoch 20.storočia, kedy bola spotreba vody v Českej republike výrazne vyššia, než je dnes. Zmeny v ekonomike a následné zvýšenie ceny vody, spolu so stále úspornejšími zariadeniami pre domácnosť, spôsobili pokles spotreby vody. V dôsledku toho sú čerpadlá často predimenzované a menej efektívne, keďže čerpajú menší objem vody, než na aký boli navrhnuté.

Nahradenie starých čerpadiel energeticky efektívnejšími zariadeniami nielen šetrí energiu, ale v mnohých prípadoch tiež ušetrí výdaje na údržbu a zabezpečí spoľahlivejšiu prevádzku celého systému. Tieto investície majú často krátku dobu návratnosti. V prípade, ak sa plánuje výmena čerpadiel, predvídanie spotreby vody s ohľadom na životnosť technológie - pre čerpadlá približne 20 rokov - môže pomôcť vo výbere vhodných a energeticky efektívnych čerpadiel. Zrekonštruovaná čerpacia stanica je na obrázku č.2.2.4.2. Je tiež vhodné zvážiť čerpadlá s frekvenčnými meničmi, keďže tieto dokážu regulovať objemový prietok a tak šetriť energiu v dobe nízkeho prietoku. [1]



Obrázok č.2.2.4.2 - Zrekonštruovaná čerpacia stanica [2]

2.2.5 Úpravňa vody

V závislosti na kvalite surovej vody prechádza voda v úpravni väčším či menším množstvom procesov, ktoré ju zbavujú znečistenia. Mnohé z týchto procesov sa dajú uskutočniť rôznymi metódami, z ktorých niektoré sú energeticky náročnejšie než ostatné. Nižšie sú uvedené najčastejšie procesy úpravy vody, s ktorými sa v našich podmienkach stretávame.

2.2.5.1 Čírenie

Čírenie je najbežnejším spôsobom úpravy povrchovej vody. Je to proces odstraňovania jemných suspenzií a koloidných častíc z vody. Zahŕňa chemické a mechanické procesy, pri ktorých sa najprv nadávkuje koagulant a následne sa vytvoria a separujú vzniknuté vločky. [21]

2.2.5.1.1 Koagulanty

Celý proces začína nadávkovaním hydrolyzujúcich solí - koagulantov. Najčastejšie používané koagulanty sú na báze hliníku a železa, patrí sem napríklad síran a chlorid hlinitý, síran železitý, chlorid železitý a iné. Intenzifikáciu procesu môžeme dosiahnuť napríklad použitím účinnejších koagulantov, ako sú koagulanty na báze mangánu, kombináciou koagulantov, alebo pridaním zaťažkavadiel a flokulantov. [21]

Veľmi výhodné je najmä používanie polymérnych flokulantov, ako napríklad polyaluminium chloridu. Medzi hlavné výhody patrí:

- zvyšujú kapacitu prvého stupňa úpravy o 30 - 60%
- vznik menšieho množstva kalu než pri klasických koagulantoch, zníženie nákladov na čerpanie a odstraňovanie kalu
- vyžadujú nižšiu dávku koagulantu
- zlepšenie akosti upravenej vody [11]

2.2.5.1.2 Počet stupňov úpravy a spôsoby miešania vody

K premiešaniu vody s koagulačným činidlom slúžia rýchlomiesiče. Tie môžu byť založené na rôznych princípoch: mechanické, mechanicko-pneumatické, alebo hydraulické rýchlomiesiče. Z energetického hľadiska sú najvýhodnejšie hydraulické miesiče, ktoré k premiešaniu vody používajú javy ako vodný skok, zabudovanie zvislých stien,

horizontálne štrbiny a podobne. Mechanické lopatkové, alebo vrtuľové miesiče oproti tomu vyžadujú energetický vstup v podobe elektriny, ktorá poháňa miešacie zariadenie.

[15]

Po vytvorení dostatočne veľkých vločiek prichádza na rad ich separácia. Energetickú náročnosť celej tvorby a separácie vločiek ovplyvňuje kvalita vody. Pri čistých zdrojoch vody je možné použiť jednostupňovú úpravu, ktorá je investične lacnejšia a vyžaduje si menšie množstvo koagulantu. Voda je privádzaná priamo na vodárenský rýchlofilter, kde sú zachytávané vytvorené vločky. Dvojstupňová úprava je vhodná pre znečistenejšie vody. Prvý stupeň tvorí usadzovacia nádrž alebo čírič, druhý stupeň je tvorený rýchlofiltrom. Dvojstupňová úprava je investične náročnejšia aj z hľadiska prevádzky a údržby. Oproti jednostupňovej úprave vznikajú náklady na odstraňovanie väčšieho množstva sedimentu a čistenie nádrže/číriča. Okrem toho pretakaním vody cez nádrž vznikajú hydraulické straty a pre jej realizáciu sa vyžaduje väčšia zastavaná plocha.

[21]

Ak porovnáваме číriče s vločkovacími nádržami, vo všeobecnosti sa dá povedať, že energeticky náročnejšie sú číriče, pretkané zhora nadol, s recirkuláciou kalu, ako vločkovacie nádrže, ktoré pracujú na princípe Stokesovho zákona. Aj pri vločkovacích nádržach rovnako ako pri rýchlomiesičoch nájdeme rôzne druhy miešacích zariadení. Energeticky výhodnejšie budú opäť hydraulické spôsoby miešania s využitím tangenciálneho prívodu vody, zabudovaných priehradiek a rozdeľovacích stien. [15]

2.2.5.2 Filtrácia

Filtrácia je celkovo najpoužívanejší proces pre úpravu vody vo vodárenstve. Používa sa na odstraňovanie nerozpustených látok určitej veľkosti, pri filtrácii voda preteká zrnitým, alebo poréznym materiálom. Existujú rôzne druhy filtrácií, ktoré sa líšia filtračným materiálom, rýchlosťou filtrácie a spôsobom pretekania filtru. [21]

2.2.5.2.1 Pomalá filtrácia

Najstarším typom filtrácie je pomalá anglická filtrácia. Princíp tejto technológie spočíva v tom, že voda presakuje cez biologickú membránu ležiacu na povrchu vrstvy porézneho piesku. Významný prínos predstavuje práve vrchná vrstva filtra, ktorá je oživená mikroorganizmami a prebiehajú v nej biochemické procesy. Tie upravujú kvalitu

vody, majú priaznivý vplyv na obsah živín v upravenej vode a ponechávajú jej prirodzený charakter. [11]

Pomalá filtrácia nevyžaduje pre svoju obsluhu žiadnu elektrinu, pretože vrstva vody, ktorá je zhruba 1 meter hlboká poskytuje dostatočnú tlakovú výšku. V porovnaní s ostatnými procesmi úpravy vody má pomalá filtrácia malé náklady na inštaláciu a nevyžaduje si pridávanie chemikálií pre filtračný proces. Výhodou je tiež, že pieskové filtre sa perú len raz za niekoľko týždňov až rok, v závislosti na zákale vody. Nevýhodou je nízka filtračná rýchlosť a z toho vyplývajúca väčšia zastavaná plocha. Pomalá filtrácia je preto nízko nákladová možnosť pre malé úpravne vody, ktoré nie sú pri výbere technológie limitované priestorom. [15]

2.2.5.2.2 Rýchla filtrácia

Oproti pomalej filtrácii o niečo nákladnejšia, ale veľmi často používaná technológia, je rýchla piesková filtrácia. Zrinitosť náplne rovnako ako hĺbka filtračnej vrstvy sú väčšie než pri pomalej filtrácii. Hrubšia zrinitosť zabezpečuje vyššiu filtračnú rýchlosť, preto je potrebná menšia zastavaná plocha. Existuje veľké množstvo filtrov a ich delení, medzi základné patrí delenie na tlakové a otvorené filtre. Otvorený pieskový filter je na obrázku č.2.2.5.2.2. U otvorených filtrov je tlaková výška zabezpečená gravitačným prúdením vody, pri tlakových filtroch ju zabezpečuje čerpadlo. Tlakové filtre sú preto energeticky náročnejšie, ako tie otvorené. [29]



Obrázok č.2.2.5.2.2 - Otvorený pieskový rýchlofilter [30]

U všetkých filtrov sa nerozpustené častice zachytávajú vo vnútri náplne. Pre správnu funkciu celého systému je preto nutné pravidelné pranie filtru. Dĺžka celého filtračného cyklu - filtračnej a pracej fázy - sa vo väčšine prevádzok pohybuje medzi 24 a 60 hodinami. Pri praní vodou sa musí čerpadlom vyvolať dostatočný tlak, aby vzniknuté dotykové sily prevýšili adhézne sily a došlo k odtrhnutiu znečisťujúcich častíc od náplne filtru. Pri európskych rýchlofiltroch, ktoré majú oproti americkým hrubšiu náplň, sa na pranie filtrov používa zmes vody a stlačeného vzduchu. Používanie stlačeného vzduchu kladie ďalšie energetické nároky na prevádzku kompresorov a dúchadiel. Pranie filtru musí byť kvalitné, pri nedostatočnom praní sa skracaie filtračná fáza a predražuje prevádzka. [21]

2.2.5.2.3 Membránové spôsoby filtrácie

Medzi investične aj prevádzkovo nákladné procesy patria membránové spôsoby úpravy vody. Podľa veľkosti otvorov membrán sa delia od najväčších pórov po najmenšie na: mikrofiltráciu, ultrafiltráciu, nanofiltráciu a reverznú osmózu. Tieto technológie sú energeticky náročné a u nás sa používajú zatiaľ len v malých prevádzkach, s kapacitou v jednotkách až desiatkach l/s. Vo všeobecnosti platí, že nízkotlakové membrány (medzi ktoré zaraďujeme mikro a ultra filtráciu) majú nižšie energetické požiadavky ako vysokotlakové membrány (nanofiltrácia a reverzná osmóza). Čím vyšší tlak musíme vyvinúť, tým viac energie na to potrebujeme. Tlaky pri ktorých prebiehajú membránové procesy:

- mikrofiltrácia
- ultrafiltrácia 0,1 - 0,6 MPa
- nanofiltrácia 0,5 - 0,7 MPa
- reverzná osmóza nad 5 MPa [21]

Membrány sú vďaka malým otvorom tiež náchylné na zanášanie. Preto je nutná predúprava vody, pri ktorej sa odstráni väčšie napríklad zákalotvorné častice, čo vyžaduje ďalšiu energiu. Rovnako aj teplota vody má vplyv na prúdenie vody a účinnosť celého procesu. Dôležité je udržiavať teplotu vody okolo 20 °C, aby sme zredukovali požiadavky na energiu. Súčasťou membránových systémov, ktoré spotrebúvajú najväčšiu časť energie sú: napájacie čerpadlo / podtlaková pumpa, čerpadlo spätného preplachu (na pranie),

odsávač vzduchu a recirkulačné čerpadlo. [15]

Membránové procesy umožňujú odstraňovanie rôznych typov látok, medzi inými aj mikrobiálneho znečistenia - vírusov, baktérií, rias a prvkov, preto sa niekedy požívajú na primárnu dezinfekciu. [21]

2.2.5.3 Dezinfekcia

Dezinfekcia je súčasťou každej úpravy vody na pitnú vodu, či už povrchovej, alebo podzemnej. Jej účelom je zneškodniť choroboplodné zárodky a zabrániť tak šíreniu chorôb. Dezinfekciu delíme na primárnu a sekundárnu. Primárna dezinfekcia je súčasťou úpravy vody na pitnú vodu, sekundárna dezinfekcia slúži pre zabezpečenie vody na ceste ku spotrebiteľovi v distribučnej sieti. Vodu môžeme dezinfikovať fyzikálnymi a chemickými spôsobmi, alebo ich kombináciou. [21]

2.2.5.3.1 Dezinfekcia chlórrom a chlórnanmi

Medzi najrozšírenejšie spôsoby dezinfekcie patrí používanie chlóru a chlórnanov, konkrétne chlórnanu sodného a chlórnanu vápenatého. Skutočným oxidačným činidlom je kyselina chlórna, ktorá vznikne zreagovaním voľného chlóru a vody. Chlór sa do vody dávkuje chlorátorom, pričom môžeme použiť priamu, alebo nepriamu chloráciu. Výhodami chlóru a chlórnanov je, že sú pomerne lacné, dostupné na trhu a zariadenia, ktorými sa dávkujú sú pomerne jednoduché a prevádzkovo nenáročné. Nevýhodou však je, že pri reakcii s vodou vzniká pomerne veľké množstvo vedľajších produktov, ktoré môžu byť aj pri nízkych koncentráciách karcinogénne. Preto je dôležité vziať do úvahy kvalitu surovej vody a pri vysokom obsahu prekursorov vzniku vedľajších produktov použiť iný spôsob dezinfekcie. [29]

2.2.5.3.2 Dezinfekcia oxidom chloričitým

O niečo vyššie prevádzkové náklady vznikajú pri dezinfekcií oxidom chloričitým. Jeho hlavnou výhodou oproti chlóru je, že pri pôsobení na humínové látky nevytvára haloformy a celkovo vzniká menej vedľajších produktov dezinfekcie. Jeho použitím sa však zvyšuje korózia armatúr a spočiatku dochádza tiež k uvoľňovaniu mikrobiologických nárastov. Tieto faktory spôsobujú, že celý systém sa musí častejšie odkalovať, čo kladie ďalšie nároky na energiu. Oxid chloričitý je pomerne nestabilný plyn, ktorý sa nedá stlačiť

ani skladovať, preto je nutné ho vyrábať vo vodnom roztoku, čo môže komplikovať prevádzku. [21]

2.2.5.3.3 Dezinfekcia ozónom

Ďalším chemickým spôsobom dezinfekcie je aplikácia ozónu. Ozón sa vyrába prúdením vzduchu, alebo čistého kyslíku cez dve elektródy s vysokým striedavým rozdielom potenciálov, napätím, ktoré sú od seba oddelené dielektrikom. [11] Vzduch pre výrobu ozónu musí byť suchý, k jeho vysušeniu sa používa mrazenie, ktoré patrí k energeticky náročným procesom.

Ozón sa zavádza do vody pomocou podtlaku. Pri generovaní ozónu sa energia spotrebúva počas tvorby ozónu z kyslíku (vzduchu) pri prevádzke miešacích zariadení a pri chode čerpadiel na ochladzovanie vody. Chladiaca voda odvádza teplo uvoľnené v ozónovom generátore. Ozón je vysoko nestabilný plyn, musí byť preto vyrábaný na mieste. Používanie ozónu vyžaduje vyššie náklady na zariadenie a vyššie prevádzkové náklady v porovnaní s ostatnými procesmi dezinfekcie. Je tiež pravdepodobné, že bude vyžadovať profesionála vyškoleného v manipulácii s ozónovou technológiou. Aby sme minimalizovali náklady a maximalizovali výkon celého ozónového procesu, mal by byť navrhnutý s účinným vstrekovacím systémom. [15]

Energetickú náročnosť v posledných rokoch zvyšuje tiež požiadavka na zaradenie filtrácie cez zrnené aktívne uhlie po ozonizácii. Tá umožňuje odstrániť zostatkovú koncentráciu ozónu. Ozón nemá žiadny zostatkový účinok v distribučnej sieti, preto funguje ako primárne dezinfekčné činidlo a nepoužíva sa pre sekundárne zabezpečenie. [21]

2.2.5.3.4 Dezinfekcia UV žiarením

Fyzikálne - chemickým spôsobom dezinfekcie, používaným vo veľkej miere pre dezinfekciu balených vôd, je UV žiarenie. UV žiarenie je založené na pôsobení svetla s vlnovou dĺžkou 200 - 300 nm. Pri jeho absorbovaní mikroorganizmami dochádza k poškodeniu ich DNA a RNA a tým k ich zneškodneniu. [21]

Zdrojom UV žiarenia môžu byť nízkotlakové, alebo vysokotlakové ortuťové výbojky. Vo všeobecnosti platí, že vysokotlakové lampy produkujú účinnejšie žiarenie, ale sú zároveň energeticky náročnejšie ako nízkotlakové lampy. Spotreba energie pre UV

systemy je väčšia, než pre chlórové systémy. Jedným z nedostatkov UV žiarenia je, že jednotlivé UV lampy majú ťažko redukateľný výkon. Pri prietoku nižšieho objemu ako návrhového sa vyprodukuje viac žiarenia, ako je minimum nutné pre dezinfekciu, čím sa znižuje energetická efektívnosť systému. [15]

Parametre kvality vody ako zákal a nerozpustené látky môžu znížiť priepustnosť UV žiarenia. Preto, v závislosti na kvalite vody, môže byť požadovaná dodatočná predúprava (navyššie k už existujúcej úprave vody). Teplota, znečistenie krytu lampy a vek lampy budú mať tiež vplyv na energetickú účinnosť UV lúčov, tak ako aj hydraulické podmienky a usporiadanie UV lúčov. Vo všeobecnosti, lineárne usporiadanie je považované za najefektívnejšie, aby sme sa vyhli stratám žiarenia kvôli samo absorpcii, odrazom a lomu svetla. Pre zredukovanie energetických nákladov spojených s UV systémami môžu úpravne uvažovať o používaní sodíkovno-sírových batérií, ktoré by sa nabíjali počas nešpičkových hodín a počas dňa by poháňali UV lampy. [15]

2.2.5.4 Kalové hospodárstvo

Kalové hospodárstvo je súčasťou každej úpravne vody. Kal vzniká pri rôznych procesoch úpravy, pri praní filtrov, čírení, mechanickom predčistení, odkyselení a mnohých ďalších. Jeho obsah tvorí z prevažnej časti voda - 94 - 99%, ktorú sa snažíme v čo najväčšej možnej miere odstrániť. Odvodňované kaly majú rôzne vlastnosti v závislosti na tom, z akého procesu pochádzajú, často sú ťažko odvodniteľné. [21]

2.2.5.4.1 Zahusťovanie kalu

Prvý stupňom spracovania kalu je zahusťovanie, pre ktoré môžeme využiť sedimentáciu, alebo flotáciu. Väčšina úpravni využíva sedimentáciu v zahusťovacích nádržiach, ktorá je založená na pôsobení gravitačných síl a energeticky nie je tak náročná ako flotácia. Princíp flotácie naopak spočíva vo vynášaní pevných látok na povrch, k hladine kvapaliny, kde sa tvorí súvislá vrstva zahustených častíc. Metóda spočíva v tom, že najprv je tlakový vzduch vytvorený vzduchovým kompresorom privádzaný do saturárotu, kde sa rozpustí vo vode. Následne je privedený do nádrže s normálnym hydrostatickým tlakom, tu sa vytvoria mikrobublinky, ktoré na seba naviažu častice nečistôt a vynášajú ich na povrch. Stlačenie vzduchu, rovnako ako jeho rozpustenie vo vode, so sebou nesie požiadavky na energiu. [21]

Okrem zahusťovania môžeme požiť aj ďalšie spôsoby úpravy vodárenských kalov. Najčastejšie používanou úpravou je pridávanie polymérnych flokulantov, ktoré pomáhajú pri vzniku väčších agregátov. V niektorých úpravniach sa používa tiež vymrazovanie kalu, ktoré sa však kvôli svojej vyššej energetickej náročnosti vyskytuje zriedkavejšie. [26]

2.2.5.4.2 Odvodňovanie kalu

Druhý stupeň spracovania kalu tvorí jeho odvodňovanie. Existujú dve metódy odvodňovania kalu, prirodzené a strojné odvodňovanie. Medzi prirodzené spôsoby patria kalové lagúny a kalové polia. Pri týchto metódach nie je použitá žiadna technológia, ani nie je vynakladaná žiadna energia na aktívne odvodňovanie kalu. Časť vody sa od kalu oddelí presiaknutím do podlažia, prípadne do drenážneho systému, odkiaľ je voda odvádzaná, časť sa vyparí. Nevýhodou odvodňovania kalu na kalových poliach a lagúnach je veľké zaberanie plochy a dlhé trvanie cyklu medzi napúšťaním a vypúšťaním kalu. [26]

Stále bežnejším spôsobom odvodňovania kalu je používanie strojných zariadení, ako napríklad kalolisov, odstrediviek a pásových lisov. Vyžadujú omnoho menšiu zastavanú plochu, ako kalové polia a lagúny. [21]

Odstredivky sa používajú, ak sa vyžaduje kontinuálna prevádzka stroja a máme k dispozícii značne obmedzený priestor. Pri tomto type zariadení je potrebná vysoko kvalifikovaná obsluha, prevádzkové aj energetické náklady sú vyššie. Pásové lisy slúžia taktiež pre kontinuálnu prevádzku, ich obsluha je pomerne jednoduchá. Nevýhodou je vyššia spotreba práce vody a energetickej náročnosť. [17]

Kalolisy sú diskontinuálne zariadenia, ich obsluha je jednoduchá a majú relatívne nízke prevádzkové náklady. Oproti odstredivkám a pásovým lisom vyžadujú vyšší obstavaný priestor, energeticky však nie sú až tak náročné a pri použití relatívne malého množstva koagulantu sa dá dosiahnuť odvodnenie kalu až 45 %. [17]

Kalolis a odstredivka sú na obrázku č.2.2.5.4.2.



Obrázok č.2.2.5.4.2 - Prístroje pre strojné odvodňovanie kalu - vľavo odstredivka, vpravo kalolis [20, 28]

2.2.6 Akumulácia vody

Pre akumuláciu vody slúžia vodojemy. Poznáme dva základné typy vodojemov, podľa ich polohy vzhľadom k terénu:

- zemné vodojemy - sú umiestnené na úrovni terénu, prípadne môžu byť čiastočne, alebo úplne zapustené do zeme, zemný vodojem je na obrázku č.2.2.6.2
- vežové vodojemy - vodojem je umiestnený na nosnej konštrukcii v určitej výške nad terénom, vežový vodojem je na obrázku č.2.2.6.1 [11]



Obrázok č.2.2.6.1 - Vežový vodojem [34]



Obrázok č.2.2.6.2 - Zemný vodojem [32]

2.2.6.1 Zemné a vežové vodojemy

Z ekonomického i energetického hľadiska je vhodné, pokiaľ to terén umožňuje, stavať zemné vodojemy. U zemných vodojemov sú nižšie investičné aj prevádzkové náklady. Medzi ďalšie výhody patrí ľahšie prevedenie tepelnej izolácie, pretože umožňujú využitie tepelne izolačných vlastností zeminy (u zapustených, alebo čiastočne zapustených vodojemov). Tiež prípadná prístavba ďalších komôr a celkové rozširovanie akumuláčného priestoru je jednoduchšie, ako u vežových vodojemov. [29]

Vežové vodojemy sú v našich podmienkach pomerne ojedinelé. Stavajú sa jedine, ak výstavbou zemného vodojemu nie je možné dosiahnuť požadovaný tlak v distribučnej sieti a ak nie je vhodné zásobovať územie priamym čerpaním do siete. Slúžia hlavne pre zásobovanie menších lokalít v rovinatých oblastiach. Na rozdiel od zemných vodojemov sa navrhujú ako jednokomorové a s čo najmenším objemom, ktorý musí pokryť len nerovnomernosť medzi spotrebou vody v zásobovanej oblasti. Vo väčšine prípadov sa však pokúšame nájsť iné riešenia, napríklad priame čerpanie do siete. [29]

2.2.6.2 Údržba a miešanie vody vo vodojemoch

Nutná je pravidelná údržba vodojemu a odstraňovanie vzniknutých nánosov a kalov na stenách a dne nádrže. Súčasťou čistenia je mechanické odstraňovanie nánosov, dezinfekcia riedeným roztokom chlórnanu sodného a oplach tlakovou vodou. Energeticky je určite náročnejšie dopraviť tlakovú vodu a chemikálie na dezinfekciu do požadovanej výšky vo vežovom vodojeme, než pri aplikácií v zemnom vodojeme. [24]

Akumulácia vody a čas jej zdržania vo vodojeme významne vplýva na kvalitu a vek vody, ktorá sa dostane k spotrebiteľom. V závislosti na umiestnení prítoku a odtoku vody z nádrže môžu vzniknúť mŕtve zóny, kde voda stagnuje. Aby sme predišli vytváraniu mŕtvych zón a zabezpečili dostatočné miešanie vody, môžeme použiť rôzne metódy miešania. Tieto opatrenia sú typicky začlenené do návrhu vodojemu a môžu zvýšiť investičné náklady. Patrí sem napríklad zvýšenie vzdialenosti medzi prítokom a odtokom vody, inštalácia prepážok alebo zvislých stien, zmenšenie priemeru prívodného potrubia a podobne. [8]

2.2.7 Privádzacie a zásobovacie rady

Z energetického hľadiska sú pre vodovodné potrubia najvýznamnejšími činiteľmi vplývajúcimi na energetickú náročnosť hydraulické straty a úniky vody. Straty v potrubí aj

úniky vody sa snažíme minimalizovať.

2.2.7.1 Hydraulické straty

Stratové výšky v potrubí môžeme rozdeliť do dvoch kategórií: straty trením a miestne straty. Miestne straty vznikajú v miestach zmeny prietočného profilu potrubia - v armatúrach, pri náhlom zúžení či rozšírení potrubia, v tvarovkách, pri prudkej zmene smeru. Majú význam napríklad pri násoskových potrubíach, alebo pri krátkych gravitačných či výtlačných potrubíach. S týmito stratami je nutné počítať pri návrhu čerpacích staníc, manipulačných komôr, vodojemov a ďalších zariadení. Privádzacie a zásobovacie rady majú zväčša veľkú dĺžku a prevládajú v nich straty spôsobené trením. Miestne straty sú oproti nim malé a preto ich môžeme väčšinou zanedbať. [29]

Prevládajúce sú teda straty trením, ktoré vznikajú trením tekutiny o steny potrubia, vzájomným trením jednotlivých vrstiev tekutiny a turbulenciou vznikajúcou pri zmene smeru tekutiny. Pre výpočet strát trením používame Darcy-Weissbachovu rovnicu:

$$h = \lambda \frac{L v^2}{D 2g}$$

kde: λ je súčiniteľ trenia

D - vnútorný priemer potrubia (m)

v - stredná prierezová rýchlosť (m/s)

Q - prietok (m³/s)

L - dĺžka úseku (m)

g - gravitačné zrýchlenie (m/s²) [12]

Prúdením vody v potrubí vznikajú hydraulické straty, ktoré spôsobujú pokles tlaku v distribučnej sieti, čo zvyšuje požiadavky na čerpanie. Tým sa zvyšujú celkové náklady na prevádzkovanie systému. Preto sa snažíme straty redukovať.

V podstate existujú 4 základné cesty, ako znížiť straty trením vo vodovodnom systéme:

- zväčšiť priemer potrubia, čím znížime rýchlosť prúdiacej vody
- minimalizovať dĺžku potrubného systému
- minimalizovať počet kolien, armatúr, tvaroviek, ventilov a iných prekážok v potrubí
- znížiť drsnosť povrchu potrubia, na drsnosť potrubia významne vplýva tiež kvalita

dopravovanej vody, ktorá by mala spĺňať požadované parametre, aby nedochádzalo k nadmernej inkrustácii potrubia [9]

Významný vplyv na veľkosť strát má rýchlosť prúdenia vody a súčiniteľ trenia λ , ktorý závisí na režime prúdenia a na materiály použitom pre potrubie, konkrétne na jeho drsnosti. S najväčšími stratami sa preto stretávame u starých potrubí, ktoré vplyvom opotrebovania, zanášania a inkrustácie môžu mať zmenšený prietočný profil a zároveň veľmi vysokú drsnosť. Je vhodné vodovodné rady pravidelne odkalovať a tým zabraňovať ich zanášaniu a zvyšovaniu drsnosti.

Pre predĺženie životnosti potrubia bez toho, aby sme museli vymieňať celé úseky, je možné použiť nedeštruktívne metódy sanácií. Patrí medzi ne zaťahovanie, alebo vtlačanie plastových rúr alebo rukávov v tvare C a U do pôvodného potrubia. Ďalším spôsobom rekonštrukcie potrubia je úprava vnútorného povrchu potrubia. Nezabezpečuje statiku, ale zníženie drsnosti vnútorného povrchu potrubia a lepšie prietokové podmienky, čím sa následne predlžuje životnosť potrubia. Pri tejto metóde možno použiť cementáciu alebo nanášanie rôznych materiálov na báze plastov nástrekom na pôvodné potrubie. Dôležitá je tiež kvalita dopravovanej vody, pri vode s nízkym pH, alebo prevzdušnenej vode sa zvyšuje nebezpečenstvo korózie predovšetkým pre kovové materiály. [23]

2.2.7.2 Redukcia únikov vody

Ďalším dôležitým krokom k zvýšeniu energetickej efektívnosti systému zásobovania vodou je zníženie únikov vody zo siete. Znížením únikov vody redukuje množstvo spotrebovanej vody a teda aj energiu potrebnú na jej dopravu.

V Českej republike došlo počas posledných 20 rokov k výraznému poklesu únikov vody z 28,9 % na 16,8%, čo predstavuje približne 190 miliónov m³ vody. Stále je tu však možnosť ďalšieho zlepšenia a dosiahnutia významných úspor. [22]

Na znižovanie únikov vody sa podieľajú predovšetkým kroky jednotlivých vodárenských spoločností, spolu so stále častejším používaním moderných technológií. Ako najúčinnější opatrenia pre znižovanie únikov vody sa ukázalo:

- delenie zásobovaných oblastí do menších celkov
- zvyšovanie presnosti meraní odoberaného množstva vody inštaláciou kvalitných vodomero
- kvalitnejšie meranie a vyhodnocovanie nočných prietokov, prenos informácií

formou GSM, GPRS a iných do dispečingu

- znižovanie tlaku v distribučnej sieti
- kamerový prieskum zásobovacej siete
- lepšia identifikácia a eliminácia neoprávnených odberov vody
- znižovanie vlastnej spotreby vody
- systematické vykazovanie vody vyrobenej, vody fakturovanej, vody nefakturovanej a vody stratenej
- opravy, rekonštrukcie a celková výmena vodovodnej siete [22]

Vypracovaná metodika, funkčný dispečing a použitie moderných diagnostických prístrojov umožňuje rýchlu reakciu a dohľadanie miest únikov vody. Uľahčuje sa tiež vyhľadávanie skrytých porúch. Skracuje sa tak čas medzi vznikom úniku a jeho opravou a tým sa znižuje aj objem stratenej vody. Tiež využívanie systému GIS prispieva k rýchlej orientácii pri plánovaní a prevádzaní zásahov v teréne a pri určovaní rozsahu zasiahnutého územia. [22]

2.2.7.3 Redukcia prebytočného tlaku vo vodovodnej sieti

V mnohých prípadoch, najmä pri výraznej členitosti terénu a veľkých výškových rozdieloch v rámci jedného tlakového pásma, môžu v distribučnej sieti vznikajú vysoké tlaky. Za bežných podmienok by maximálny tlak nemal prekročiť hodnotu 0,6 MPa, v odôvodnených prípadoch 0,7 MPa. Prebytočný tlak v sieti môže mať za následok zvýšenie únikov vody, z tohto dôvodu je nutné redukovať ho. [29] Súvislosť medzi tlakom a únikmi vody je viditeľná aj zo vzťahu pre výpočet výtoku otvorom:

$$Q = \mu S \sqrt{2gt}$$

Q - množstvo vody (m³/s)
μ - súčiniteľ výtoku (0,6 - 0,74)
S - plocha otvoru (m²)
g - gravitačná konštanta (m/s²)
t - tlak v mieste poruchy (m v. sl.) [13]

Znížením tlaku dosiahneme okrem menších únikov vody tiež menší počet havárií a nižšie náklady, predĺži sa životnosť celého systému, vďaka nižšiemu namáhaniu materiálu potrubí. Prebytočný tlak spôsobuje neprijemnosti aj v domácnostiach, kde spôsobuje

zníženie životnosti tesnení, kvapkajúce armatúry. Môže dôjsť k poškodeniu niektorých zariadení ako sú bojler, pračky, alebo umývačky riadu, k pretekaniu splachovača na WC. K redukcii tlaku slúžia redukčné ventily, ktoré obmedzujú tlak v distribučnej sieti na požadovanú prevádzkovú hodnotu. V tomto prípade je časť energie stratená vo ventiloch. Aj keď dôjde k strate energie vo ventile, celkový vplyv na systém je pozitívny, pretože sa zníži spotrebovaný objem a prietok vody a znížia sa straty trením. [5]

2.2.7.4 Mikroturbíny

Avšak, z energetického hľadiska, je oveľa lepšie pokúsiť sa prebytočnú energiu využiť, než ju rozptýliť použitím redukčného ventilu. Zaujímavou možnosťou je preto inštalácia mikroturbín a turbín do vodovodných potrubí. [5] Celý systém turbín sa vyznačuje jednoduchosťou. Po roztočení turbín prúdiacou vodou putuje energia z nich priamo do generátora a odtiaľ môže prúdiť do siete. Systém síce nie je natoľko výkonný, aby mohol výrazne prispieť priamo odberateľom, ale mohol by z časti pokryť prevádzku čerpacej stanice. [10] Ďalšie využitie by mohlo byť pre vlastnú energetickú dodávku pri meraní na sieti. Použitie mikroturbín má svoje obmedzenia. Je možné ich inštalovať len do oblastí, kde nespôsobia zníženie tlaku pod požadovanú prevádzkovú hodnotu. Počiatočný prístup k identifikácii vhodných potrubí by preto mohol spočívať vo vynásobení priemerného prietoku potrubím priemerným prebytočným tlakom v koncovom uzle.

$$P_{min} < \bar{q}_k(\bar{p}_{jr} - \bar{p}_o)$$

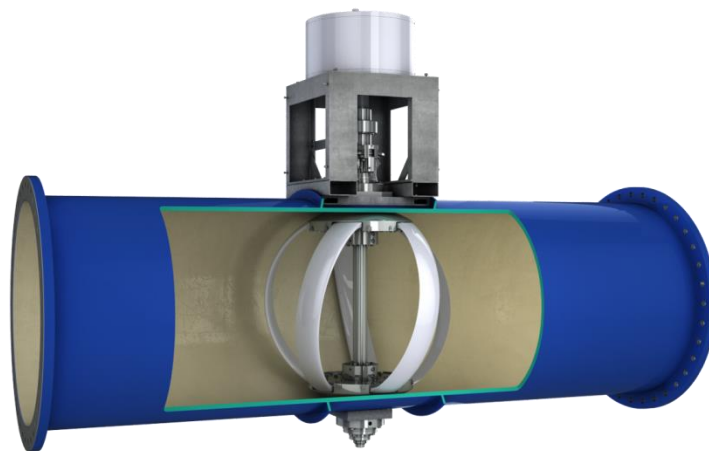
P_{min} - fixná hodnota výkonu, slúžiaca pre výber potrubí vhodných pre inštaláciu turbín

\bar{q}_k - priemerný prietok v potrubí

\bar{p}_{jr} - tlak v konkrétnom uzle

\bar{p}_o - požadovaný prevádzkový tlak [5]

Používanie mikroturbín namiesto redukčných ventilov sa stalo v posledných rokoch bežnejším, najmä v zahraničí. U nás zatiaľ veľká skúsenosť so zabudovaním turbín do vodovodných radov nie je. Avšak do budúcnosti je to určite perspektívna možnosť, keďže vyžaduje len počiatočnú investíciu a celkovo zlepšuje energetickú efektívnosť systému. Príklad turbíny používanej pre vodovodné potrubia je na obrázku č.2.2.7.4.



Obrázok č.2.2.7.4 - Turbína vo vodovodnom potrubí [18]

3 PRAKTICKÁ ČASŤ

Cieľom praktickej časti bolo na základe získaných informácií navrhnuť systém hodnotenia vodárenských prevádzok z energetického hľadiska. Pre porovnanie boli do systému zaradené tri prevádzky. Dáta pre vyhodnotenie jednotlivých prevádzok boli prevzaté z podkladov poskytnutých firmou D plus projektová a inženýrská a.s. Navrhnutý systém hodnotenia prevádzok je zhrnutý v tabuľke č.3.

Zelená farba a hodnota 1 znamená energeticky výhodný proces, ktorý vyžaduje nízke prevádzkové náklady / jav, ktorý neovplyvňuje negatívne energetickú náročnosť.

Oranžová farba a hodnota 2 je použitá pre procesy / javy o niečo náročnejšie než je prvá skupina s hodnotou 1, ktoré znamenajú mierne zvýšenie prevádzkových nákladov.

Červená farba a hodnota 3, prípadne hodnota 4 znamená energeticky veľmi náročný proces/jav, ktorý spôsobuje výrazné zvýšenie prevádzkových nákladov oproti optimálnemu stavu.

Modrá farba a hodnota -1 je použitá pre procesy, ktoré pomáhajú znižovať spotrebu energie a samotnú energiu produkujú.

Tabuľka č.3 Systém hodnotenia prevádzok z energetického hľadiska

Výškové usporiadanie zdroja / vodojemu / zásobovaného územia			
poloha	gravitačné usporiadanie	čerpanie do 25 m	čerpanie nad 25 m
zdroj - úpravňa			
úpravňa - vodojem			
vodojem - zásobované územie	1	2	3
výškové rozdiely tlakových pásem	0 - 25 m	25 - 45 m	nad 45 m
	1	2	3

Zdroje vody				
kvalita vody	voda zodpovedajúca kvalite pitnej vody	voda vyžadujúca dezinfekciu, prípadne odkyselovanie, bežné úpravárenské procesy	vodné zdroje vyžadujúce zložitejšiu úpravu, čírenie, odželezovanie, odmangánovanie, odstraňovanie ťažkých kovov	vodné zdroje takmer nevhodné pre úpravu na pitnú vodu
	A1	A2	A3	vyššie koncentrácie než A3
	1	2	3	4

Odberné objekty a zariadenia				
typy odberov	povrchové odberné objekty	podzemné odberné objekty do hĺbky 25 m (zachytávacie zárezy, šachtové studne...)	podzemné odberné objekty hlbšie než 25 m (vrtané studne...)	
	1	2	3	
doprava vody zo studní do akumuláčnych nádrží	násoskový systém	horizontálne čerpadlo so spoločným sacím potrubím	samostatné ponorné čerpadlo	
	1	2	3	

Úprava vody				
Proces čírenia				
Koagulanty	polymérne flokulanty	koagulanty na báze mangánu, kombinácia koagulantov	základné koagulanty na báze hliníku a železa	
	1	2	3	
počet stupňov úpravy	jednostupňová úprava		dvojstupňová úprava	
	1		3	
spôsob miešania	hydraulické miešanie (vodný skok, zvislé steny, horizontálne štrbiny)	kombinácia hydraulického a mechanického miešania	mechanické miešanie (vrtuľové, alebo lopatkové miesiče)	
	1	2	3	

separácia vložiek	vložkovacie nádrže 1	čiriče 2		
Filtrácia				
	pomalá anglická filtrácia 1	rýchla piesková filtrácia 2	membránové procesy 3	
Dezinfekcia				
	chlór, chlórnan sodný, chlórnan vápenatý 1	oxid chloričitý 2	UV žiarenie, ozonizácia 3	
Kalové hospodárstvo				
zahusťovanie kalu	sedimentačné nádrže 1	flotácia 2		
odvodňovanie kalu	kalové lagúny a kalové polia 1	strojné odvodňovanie kalolismi 2	strojné odvodňovanie pásovými lismi, odstredivkami 3	
Akumulácia				
typ vodojemu	zemné vodojemy 1	zemný + vežový vodojem 2	vežové vodojemy 3	

Čerpacie stanice				
vek čerpadiel	nové čerpadlá v dobrom technickom stave 1	staršie čerpadlá, pravidelná údržba a opravy 2	pôvodné vybavenie bez pravidelných opráv a údržby 3	
dimenzovaný prietok	aktuálne posúdené čerpadlá s optimálnym prietokom 1	mierne predimenzovaný / poddimenzovaný návrh 2	kolísanie prietokov počas rokov, výrazne predimenzovaný návrh 3	

Vodovodné rady				
úniky vody	úniky vody do 10 %	úniky vody 10 - 20%	úniky vody nad 20 %	
	1	2	3	
hydraulické straty	nové hladké potrubie, nižšie rýchlosti prúdenia do 1 m/s, kratšie trasy, veľké profily	drsnejšie potrubie, rýchlosti prúdenia 1 - 2 m/s, väčšia dĺžka potrubia, menšie profily	výrazná drsnosť potrubia, rýchlosti nad 2 m/s, dlhé úseky potrubia, malé profily	
	1	2	3	
prebytočný tlak v potrubí	bez prebytočného tlaku / tlak do 0,5 MPa	vyššie prevádzkové tlaky 0,5 - 0,6 MPa	prekročenie tlaku nad 0,6 MPa	inštalácia turbín a mikroturbín
	1	2	3	-1

3.1 Prevádzka č.1

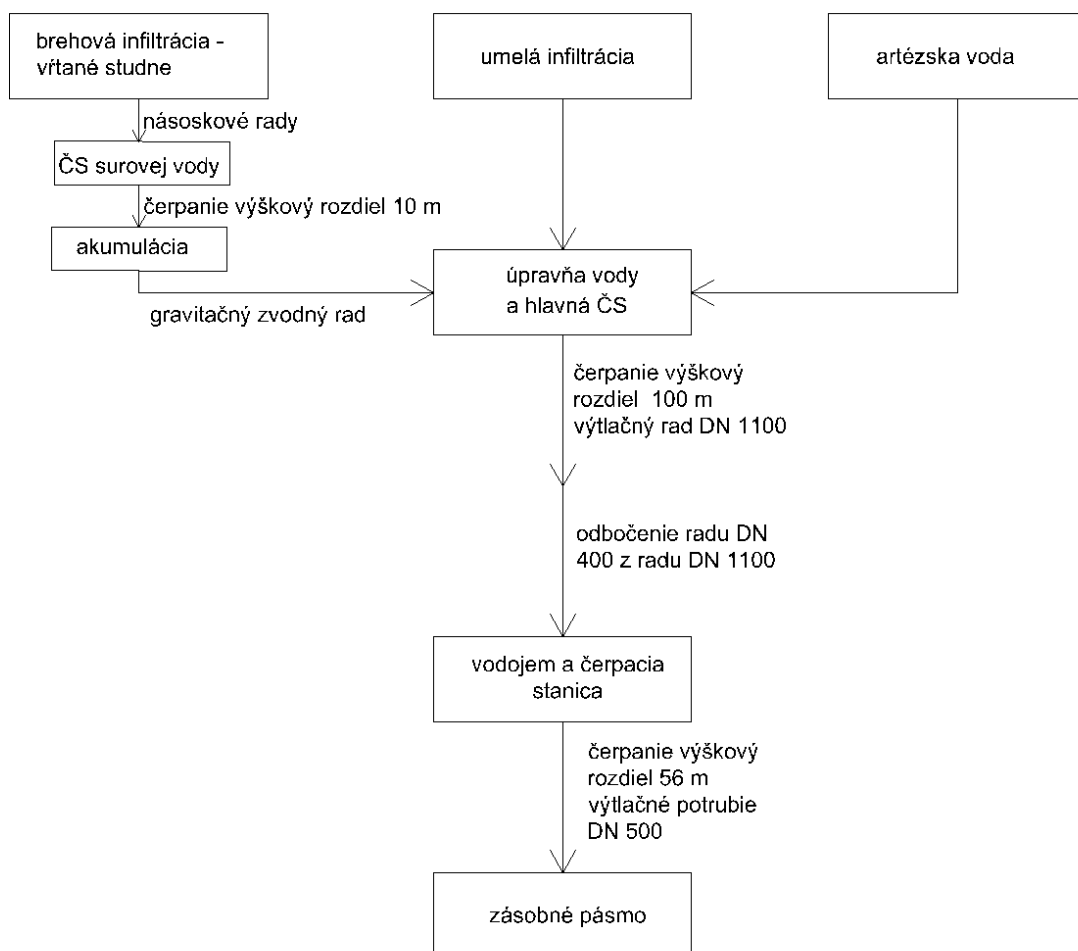
V roku 2010 zásobovala záujmová lokalita č.1 približne 20 000 ekvivalentných obyvateľov, do roku 2020 sa predpokladá nárast takmer o polovicu, na 37 000 ekvivalentných obyvateľov. Systém zásobovania prevádzky č.1 je znázornený na obrázku č.3.1.1.

Záujmové územie je zásobované vodou z viacerých zdrojov. Ide o kombináciu vody, ktorá je získavaná umelou infiltráciou, prirodzenou brehovou infiltráciou a artézskymi vývermi. Keďže kapacita artézskeho zdroja je v porovnaní s infiltráciou výrazne nižšia, pri zaraďovaní do systému bola artézska voda zanedbaná.

Voda získavaná brehovou infiltráciou je odoberaná prostredníctvom približne 700 vŕtaných studní, hlbokých priemerne 10 m. Rady studní sú vzájomne prepojené násoskou. Ďalej je voda dopravovaná pomocou čerpacích staníc a zvodného gravitačného radu do hlavnej čerpacej stanice. Na dopravu surovej vody slúžia celkovo 4 prečerpávacie stanice. Stav čerpadiel v prečerpávacích staniaciach je rôznych, dochádza k ich postupnej rekonštrukcii.

Surová voda pochádzajúca z brehovej infiltrácie je veľmi kvalitná a odpovedá všetkými ukazovateľmi kategórií A1 - voda zodpovedajúca kvalite pitnej vody. Surová voda preto nevyžaduje ďalšiu úpravu, len hygienické zabezpečenie chlóróm.

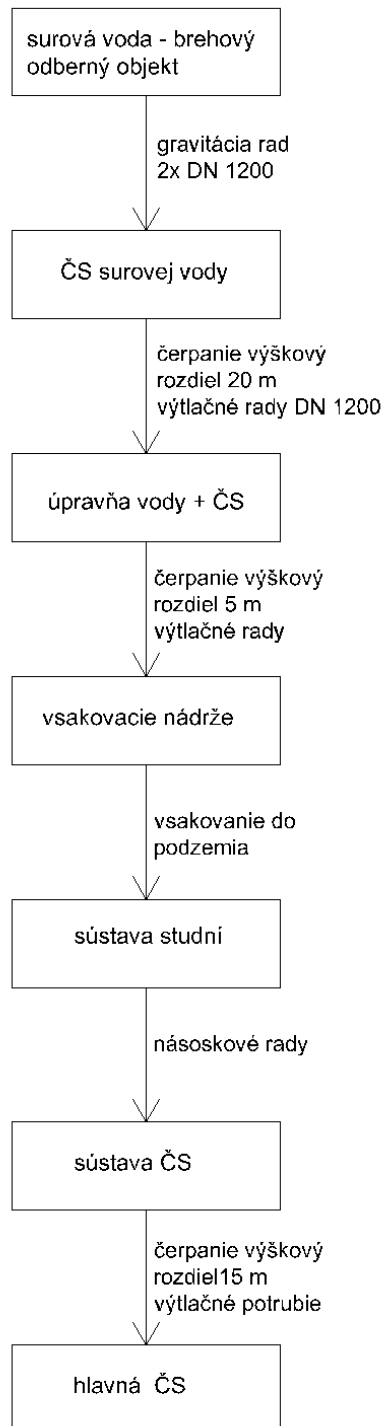
Prevádzka č.1



Obrázok č.3.1.1 - Systém zásobovania vodou prevádzky č.1

Druhým zdrojom pre úpravňu vody je umelá infiltrácia. Schéma umelej infiltrácie je znázornená na obrázku č.3.1.2. Pre umelú infiltráciu je voda odoberaná z neďalekého vodárenského toku. Surová povrchová voda má kvalitu zodpovedajúcu kategórií A3 - voda vyžadujúca zložitejšiu úpravu. Na toku na nachádza brehový odberný objekt, z ktorého voda prúdi dvojicou gravitačných potrubí do čerpacej stanice surovej vody. Odtiaľto je voda ďalej dopravovaná do nátokových objektov úpravne štyrmi čerpadlami. Čerpaná výška sa pohybuje od 15 do 25 metrov. Celá čerpacia stanica je od roku 2015 rekonštruovaná a čerpadlá sú vymieňané za nové energeticky úspornejšie.

Schéma umelej infiltrácie



Obrázok č.3.1.2 Schéma brehovej infiltrácie

V úpravni voda prúdi pieskovými rýchlofiltrami. Pracie vody z úpravne sú

odvádzané do kalovej lagúny pracích vôd. Po prefiltrovaní je voda prečerpávaná do vsakovacích nádrží. Prečerpávacia stanica bola spoločne s filtráciou pred zhruba siedmimi rokmi zrekonštruovaná, predpokladám preto, že dimenzovaný prietok je aktuálny a čerpadlá sú v dobrom stave. Vsakovaná voda najprv prechádza pomalou filtráciou biologickou blanou na dne vsakovacích nádrží. Potom prechádza horninovým prostredím, kde sa prirodzeným spôsobom upravuje a kontaktom s geologickými vrstvami získava charakter podzemnej vody.

Po krátkom zdržaní v podzemí je voda odoberaná sústavou vŕtaných studní a horizontálnych zberačov. Hĺbka studní sa pohybuje v rozpätí od 10 do 20 metrov, pričom jednotlivé rady studní sú vzájomne poprepávané násoskami. Následne je voda sústavou čerpacích staníc prečerpávaná do hlavnej čerpacej stanice, kde je hygienicky zabezpečená chlóróm a distribuovaná do siete. Čerpacie stanice boli vybudované na konci 60. rokov. Niektoré z nich prešli rekonštrukciou, iné nie, stav čerpadiel je preto rôzny.

Z úpravne je upravená voda čerpaná výtlačným radom DN 1100 a nadväzujúcim radom menšieho priemeru do vodojemu. Jedná sa o zemný vodojem, súčasťou areálu vodojemu je tiež čerpacia stanica. Z vodojemu je voda ďalej čerpaná do zásobovanej lokality.

V hlavnej čerpacej stanici úpravne sa nachádzajú 4 čerpadlá, z ktorých však čerpá vodu vždy len jedno. V rokoch 1996 a 2001 boli dve z týchto čerpadiel vymenené za nové, s regulovanými pohonmi. Čerpané množstvo je teda aktuálne posúdené a je možné prispôbiť ho aktuálnym potrebám. Výškový rozdiel medzi úpravňou vody a vodojemom je takmer 100 metrov.

Materiál použitý pre privádzací rad je liatina, potrubie je staré takmer 80 rokov. Dĺžka privádzacieho radu je niekoľko kilometrov, použitý je profil DN 1100. Privádzač je v dobrom technickom stave, nemá ale aktívnu ochranu proti korózii. Preto predpokladám, že potrubie má vysokú drsnosť a hydraulické straty sa pravdepodobne pohybujú vo vyšších hodnotách. Vzhľadom k dobrému technickému stavu usudzujem, že úniky vody sa môžu pohybovať od 10 do 20 %.

Čerpacia stanica vo vodojeme zásobujúca záujmovú lokalitu čerpá vodou do výšky 56 m. Vek čerpadiel je 13 rokov, dimenzovaný prietok je aktuálne posúdený, čerpadlá umožňujú reguláciu otáčok. Každé z čerpadiel je navrhnuté na prietok 50 l/s, jednotlivé

čerpádlá sa zapájajú podľa potreby.

Materiál použitý pre zásobovacie rady je prevažne liatina (66 %) a polyetylén (22 %). Potrubie je staré maximálne 40 rokov, priemerný vek potrubia je 29 rokov. Z použitých priemerov potrubí prevažujú menšie profily DN 150; DN 200 a DN 300. Z použitých profilov potrubí, materiálu a najmä pomerne krátkej doby prevádzky distribučnej siete usudzujem, že drsnosť potrubia, rovnako ako hydraulické straty sa pohybujú v stredných hodnotách. Úniky v distribučnej sieti dosahujú 26 %. Prevádzkový tlak vo vodovodnej sieti prekračuje 60 m v. sl., dosahuje hodnotu takmer 62 m v. sl. Výškový rozsah kót zásobovaného pásma je 48 metrov.

Zaradenie prevádzky č.1 do navrhovaného systému je v prílohe č.1 pre prirodzenú infiltráciu a prílohe č.2 pre umelú infiltráciu.

3.2 Prevádzka č.2

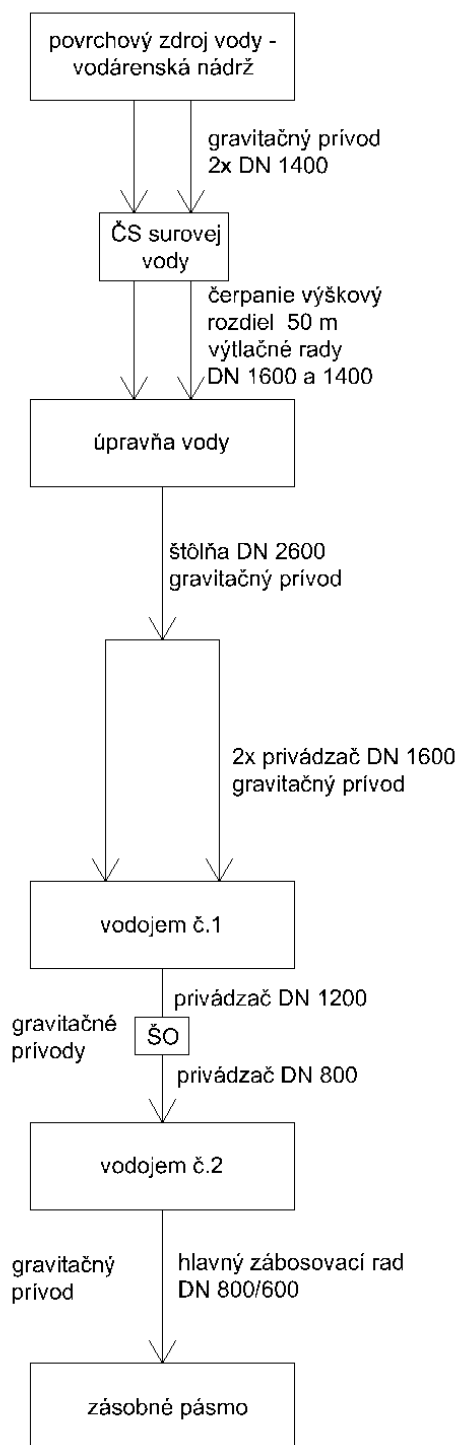
Prevádzka č.2 zásobovala v roku 2010 približne 36 000 ekvivalentných obyvateľov, predpokladaný nárast do roku 2020 je až na 49 000 ekvivalentných obyvateľov. Celý systém zásobovania danej lokality je znázornený na obrázku č.3.2.

Zdrojom vody pre zásobovanú lokalitu je povrchová voda, ktorá je odoberaná z vodárenskej nádrže. Kvalita surovej vody zodpovedá podľa vyhlášky č. 428/2001 Sb. kategórií A2, čo je voda vyžadujúca jednoduchšie typy úpravy.

Výškové usporiadanie zdroja vzhľadom k úpravni si vyžaduje čerpanie vody čerpacou stanicou surovej vody. V čerpacej stanici je umiestnených viac než 10 čerpadiel, celá stanica od minulého roku prechádza rekonštrukciou. Staré čerpadlá sú postupne menené za novšie s nižšou energetickou náročnosťou so striedavými asynchrónnymi motormi a frekvenčnými meničmi.

Úpravňa vody sa skladá z niekoľkých liniek, na jej začiatku prebieha dávkovanie potrebných chemikálií a koagulantu na báze hliníka. Následne prebieha jednostupňová úprava čírením. Pre rýchle miešanie v nádrži sú používané vrtuľové miešadlá, nasledujúce pomalé miešanie prebieha hydraulickým spôsobom. Vyvločované nečistoty sú zachytávané na pieskových rýchlofiltroch. Prefiltrovaná voda ďalej putuje do ozonizátora, kde dochádza k primárnej dezinfekcii. Posledným krokom je dávkovanie chemikálií pre stabilizáciu upravenej vody a dávkovanie chlóru pre hygienické zabezpečenie.

Prevádzka č.2



Obrázok č.3.2 Systém zásobovania vodou prevádzky č.2

Súčasťou úpravne vody je tiež kalové hospodárstvo. Zahusťovanie kalu prebieha v sedimentačnej nádrži a k jeho odvodňovaniu slúži mobilná linka s odstredivkou.

Upravená voda je dlhým štôľňovým privádzačom privedená do prvého vodojemu. Keďže sa jedná o rozsiahlejší skupinový vodovod voda z neho putuje do druhého vodojemu, z ktorého je zásobovaná záujmová lokalita. Všetky úseky od úpravne vody až po záujmové územie umožňujú gravitačné zásobovanie vodou.

Privádzacie rady pochádzajú zo 70. rokov minulého storočia, materiál použitý pre výstavbu je betónová obmurovka a oceľ. V horšom stave sú najmä oceľové potrubia, pretože pri ich výstavbe nebola použitá protikorózna ochrana. Vzďialenosť, ktorú voda prekonáva od zdroja až po posledný vodojem je veľká, privádzacie rady majú dĺžku niekoľko desiatok kilometrov. Keďže ide o privádzacie rady priemery potrubí sú veľké - DN 800 až 2600. S ohľadom na materiál, vek potrubí a ich veľkú dĺžku predpokladám, že drsnosť potrubia a rovnako aj hydraulické straty budú značné. Pred niekoľkými rokmi došlo v problematických úsekoch k sanácií trhlín betónovej časti privádzača. Predpokladám preto, že úniky v potrubí sa môžu pohybovať v rozsahu 10 - 20 %. Oba vodojemy na trase úpravňa - zásobované pásmo sú zemné vodojemy.

Distribučné rady v záujmovej lokalite tvorí vo viac než 90 % liatina. Priemerný rok výstavby vodovodných radov je rok 1958, priemerný vek potrubí sa teda pohybuje okolo 60 rokov. Z použitých priemerov potrubí sa najčastejšie vyskytujú menšie potrubia: DN100 ; DN 150 a DN 200. Z použitého materiálu a pomerne dlhej prevádzky usudzujem, že drsnosť potrubia ako aj hydraulické straty sa pohybujú vo vyšších hodnotách. Nepriaznivým faktorom je tiež prebytočný tlak v distribučnej sieti, priemerný tlak v pásme je takmer 70 m v. sl. Úniky vody sú približne 28 %. Rozsah kót zásobovanej lokality je viac než 50 metrov.

Zaradenie prevádzky č.2 do navrhovaného systému je v prílohe č.3.

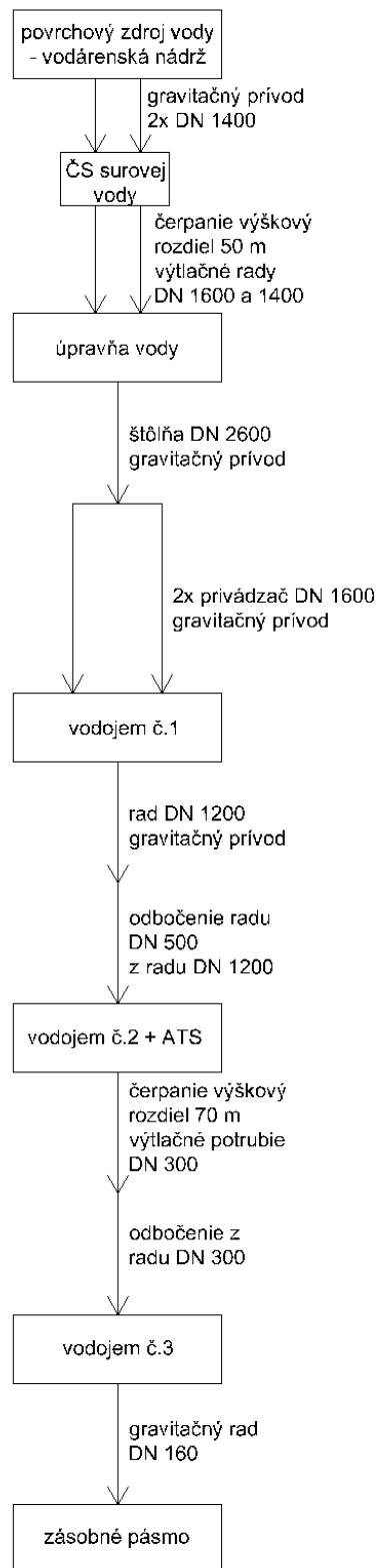
3.3 Prevádzka č.3

Prevádzka č.3 je zásobovaná z rovnakého zdroja vody, ako prevádzka č.2. Schéma zásobovania vodou je preto až po vodojem č.1 zhodná s predchádzajúcim prípadom. Záujmová lokalita zásobuje približne 1500 obyvateľov. Schéma zásobovania vodou je znázornená na obrázku č.3.3.

Z vodojemu č.1 je voda odoberaná gravitačným potrubím priemeru DN 1200. Z tohto vodovodného radu v súčasnosti odbočuje potrubie DN 200. Kvôli výraznému rozvoju sa v rámci zmeny systému zásobovania mikroregiónu plánuje zvýšenie kapacity potrubia

na DN 500.

Prevádzka č.3



Obrázok č.3.3 - Schéma zásobovania prevádzky č.3

Potrubie DN 200 vyúsťuje do zemného vodojemu č.2 s automatickou tlakovou stanicou. Pomocou ATS je voda čerpaná výtlačným liatinovým potrubím DN 300, postaveným v roku 2014, do vežového vodojemu č.3. Čerpaná výška je viac než 70 metrov, v ATS sa nachádzajú 4 čerpadlá staré približne 5 rokov. V súčasnosti dochádza v celej lokalite, ktorá je zásobovaná pomocou ATS, k postupnému rozvoju a napájaniu nových odberov. Preto predpokladám, že návrhový prietok môže byť mierne poddimenzovaný. Z vežového vodojemu prúdi voda gravitačne do zásobovaného územia.

Privádzacie rady od úpravne po vodojem č.2 sú väčších priemerov DN 1200 až DN 2600. Použité materiály sú betónová obmurovka a oceľ, rady pochádzajú zo 70. rokov minulého storočia. Oceľové potrubie je proti korózií chránené katodickou ochranou, ktorá je však prevádzkovaná s obmedzením. Veľmi dlhá je najmä betónová časť privádzača, dosahuje dĺžku niekoľko desiatok kilometrov. Predpokladám preto, že hydraulické straty sú vysoké. Ako bolo spomenuté pri prevádzke č.2, pred niekoľkými rokmi došlo v problematických úsekoch k sanácií trhlín betónovej časti privádzača. Predpokladám preto, že úniky v potrubí sa môžu pohybovať okolo 10 - 20 %.

Privádzacie rady od vodojemu č.2 po zásobované územie sú menších priemerov - DN 160 a DN 300. Materiál je tvárna liatina a PVC. Dĺžka týchto privádzačov je výrazne nižšia, než u betónového privádzača, menej než 5 kilometrov. Vzhľadom k veku potrubia, dĺžke a použitému materiálom usudzujem, že drsnosť potrubia aj hydraulické straty sú nízke. Jedná sa o nové potrubia, preto predpokladám úniky vody do 10%.

Z vežového vodojemu prúdi voda gravitačne do zásobovaného územia. Rozsah kót terénu zásobovaného územia je 16 metrov, čo je ideálne pre jedno tlakové pásmo. Tlakové pomery sú priaznivé, v sieti sa nenachádzajú miesta s príliš nízkym, ani prebytočným tlakom. Materiál použitý pre výstavbu zásobovacích radov je polyetylén a polyvinylchlorid. Profily potrubí sa pohybujú od DN 63 do DN 160, prevažuje DN 110. Vodovodné rady sú staré do 20 rokov. Z relatívne krátkej doby prevádzky, použitia plastových materiálov, ktoré nepodliehajú korózií a pomerne malej dĺžky zásobovacej siete usudzujem, že hydraulické straty sú nízke. Úniky vody v sieti sa pohybujú do 20%.

Zaradenie prevádzky č.3 do navrhovaného systému je v prílohe č.4.

3.4 Zhodnotenie

Detailné zhodnotenie všetkých 3 prevádzok je v prílohe č.5. Príloha č.5 predstavuje prehľadné zhrnutie predchádzajúcich štyroch tabuliek pre jednotlivé prevádzky. Prevádzky sú zaradené do 7 kategórií, v každej kategórii je niekoľko položiek. Pre položky v kategórii je vždy stanovená váha, ktorou je vynásobená každá položka. Následne je spočítaný vážený priemer a výsledkom je číselné hodnotenie kategórie od 1 do 3.

Súhrn hodnotení kategórií pre všetky prevádzky je v prílohe č.6. V tejto tabuľke je každej kategórii na základe párového zrovnávania pridaná váha. Podobne ako v predchádzajúcom prípade je kategória vynásobená váhou. Súčtom vážených hodnôt získame výsledné číslo v rozmedzí od 0 do 72. Na základe tohto čísla je každej prevádzke priradená energetická trieda označená písmenom.

Podľa vyššie uvedeného hodnotenia sa ako energeticky najnáročnejšia ukázala prevádzka č.1 b (s umelou infiltráciou) so ziskom 50,04 bodu, ako energeticky najvýhodnejšia sa naopak ukázala prevádzka č.3 so ziskom 35,02 bodu.

3.4.1 Lokalita č.1

Prevádzka č.1 je energeticky veľmi náročná hlavne z hľadiska dopravy vody. Vodu je nutné čerpať od zdroja vody až po zásobované územie. Najnáročnejšie je čerpanie z úpravne vody do vodojemu, kedy voda prekonáva výškový rozdiel takmer 100 metrov. Väčšina čerpadiel je v súčasnosti v dobrom technickom stave. Je však dôležité prevádzkať pravidelné kontroly a postupne rekonštruovať staršie čerpacie stanice. Pri rekonštrukcii čerpacích staníc ktoré dopravujú vodu do distribučnej siete je vhodné osadzovať čerpadlá s frekvenčnými meničmi. Za zváženie by tiež stálo preveriť dobu čerpania a pri čerpaní v distribučnej sieti obmedziť, pokiaľ je to možné, čerpanie počas hodín so špičkovým dopytom.

Veľkou výhodou prevádzky č.1 je najmä odber kvalitnej podzemnej vody z prirodzenej infiltrácie, ktorá nevyžaduje ďalšiu úpravu. Náklady na úpravu tejto vody sú takmer nulové. Energeticky výhodné je tiež používanie chlóru ako dezinfekčného činidla, odber vody zo studní násoskovými radmi, používanie kalových lagún v rámci kalového hospodárstva a akumulácia vody v zemných vodojemoch.

Horšiu kvalitu má povrchová voda odoberaná pre umelú infiltráciu, spadá do

kategórie A3. Prípadným zlepšením kvality povrchovej vody, odstránením alebo zredukovaním lokálnych zdrojov znečistenia, by sa znížila energetická náročnosť úpravy tejto vody. Predĺžila by sa napríklad doba filtračného cyklu a znížilo by sa množstvo vyprodukovaného kalu, ktorý je nutné likvidovať.

Problémom je tiež horší stav privádzacieho liatinového potrubia, ktoré nemá aktívnu ochranu proti korózii. Riešením by bolo napríklad použitie nedeštruktívnych metód sanácie - použitie cementácie, alebo polyuretanových výsteliek do pôvodného potrubia. Vzhľadom k veľkému priemeru privádzača by sa prietochný profil znížil len minimálne a potrubie by malo nižšiu drsnosť, čím by sa znížili hydraulické straty.

Ďalšou energeticky náročnou časťou tohto systému sú rozvádzacie rady v zásobovanom území. Veľký rozsah kót zásobovaného územia - až 48 metrov spôsobuje rozkolísanosť tlakov v sieti. V mnohých miestach je prevádzkový tlak príliš vysoký, čo prispieva k výrazným únikom vody. Myslím si preto, že by bolo vhodné zásobovanú lokalitu rozdeliť na 2 tlakové pásma. Pre nižšie položené pásmo by bolo možné použiť čerpadlo s nižšou dopravnou výškou. Tým by sa znížila rozkolísanosť tlakov, znížili by sa tiež hydraulické straty a úniky vody, ktoré v súčasnosti prekračujú celorepublikový priemer 20%. Ďalším opatrením, vhodným pre zníženie únikov, by bola lokalizácia porúch a skrytých únikov kamerovým systémom, zvukovou analýzou, či inými vhodnými metódami a ich následná oprava.

Grafické znázornenie energetickej náročnosti prevádzky č.1 je v prílohe č.7 a prílohe č.8.

3.4.2 Lokalita č.2

Doprava vody v prevádzke č.2 je oproti predchádzajúcej lokalite energeticky omnoho výhodnejšia. Čerpanie vody je nutné len pri doprave surovej vody zo zdroja do úpravne. Čerpacia stanica surovej vody je vo výbornom stave, prešla rekonštrukciou. Dimenzovaný prietok je preto aktuálny. V ostatných úsekoch prúdi voda gravitačne, tieto faktory umožňujú výrazne ušetriť na nákladoch za dopravu vody.

Nákladnejšia je však úprava vody zo surovej na pitnú vodu. Kvalita povrchovej vody nie je taká vysoká ako pri podzemnej vode a vyžaduje si zložitejšiu úpravu. K energeticky náročným procesom používaným pre úpravňu vody v prevádzky č.2 patrí: vrtuľové miešanie použité pri miešaní vody s koagulantom, ozonizácia a odvodňovanie

kalu mobilnou odstredivkou. Taktiež je použitý základný typ koagulantu, ktorý nie je tak účinný ako napríklad polymérne flokulanty. Prínosom pre zníženie nákladov na energiu by mohlo byť napríklad používanie účinnejšieho koagulantu. Tým by sa zvýšila účinnosť čírenia a zmenšilo množstvo kalu, ktoré je nutné zlikvidovať.

Pre zlepšenie stavu privádzacích oceľových radov, ktoré sú bez protikorózneho ochrany, navrhujem sanovať kritické úseky cementáciou, alebo aplikáciou polyuretanových výsteliak do pôvodného potrubia. Prietochý profil sa touto úpravou zmenší len minimálne, zníži sa drsnosť potrubia a hydraulické straty, pozitívny vplyv sa prejaví tiež zredukovaním únikov vody.

Špecifickým prípadom je privádzač s betónovou obmurovkou. Hoci sa jedná o straší, veľmi dlhý privádzač, ktorý má pravdepodobne po rokoch prevádzky vysokú drsnosť a veľké hydraulické straty, jedná sa o gravitačný prívod vody s dostatočným spádom. Tento spád by bolo možné využiť pre výrobu elektrickej energie. Podľa výpočtov má dostatočne veľký potenciál pre inštaláciu turbíny, ktorá by pri priemernom prietoku 2,5 m³/s mohla vyrobiť až 720 kW [31].

Problémom sú, rovnako ako v prevádzke č.1 rozvážacie rady v zásobovanom území. Úniky vody sú pomerne vysoké, v sieti sa vyskytuje prebytočný tlak a vzhľadom k staršiemu liatinovému potrubiu a menším priemerom sa dajú predpokladať aj vysoké hydraulické straty. Výškové rozdiely v pásme sa pohybujú okolo 50 metrov, čo je o polovicu vyššia hodnota než pri optimálnom stave. Navrhujem preto rozdeliť zásobovanú lokalitu na 2 tlakové pásma. Keďže sa jedná o gravitačné zásobovanie, pre redukciu tlaku v kritických úsekoch navrhujem zvažiť inštaláciu mikroturbín, ktoré by znížili prebytočný tlak. Vhodným opatrením pre zníženie únikov by bola, rovnako ako v prevádzke č.1, lokalizácia porúch a skrytých únikov kamerovým systémom, zvukovou analýzou, či inými vhodnými metódami a ich následná oprava. Pre zníženie hydraulických strát by bolo vhodné vymeniť najstaršie a výrazne skorodované časti potrubia a nahradiť ich novými úsekmi s nízkou drsnosťou a protikoróznou ochranou.

Grafické znázornenie energetickej náročnosti prevádzky č.2 je v prílohe č.9.

3.4.3 Lokalita č.3

Zásobovanie a teda aj zhodnotenie prevádzky č.3 je od zdroja vody po vodojem č.1 rovnaké ako v prevádzke č.2.

Oproti predchádzajúcemu prípadu je energeticky o niečo náročnejšia doprava vody, okrem čerpania surovej vody je nutné čerpať vodu do koncového vodojemu. Voda musí prekonať výšku 70 metrov, čo zvyšuje náklady na dopravu vody.

Energetickú náročnosť čiastočne zvyšuje aj vyšší počet vodojemov na trase k zásobovanej lokalite a fakt, že posledný vodojem je vežový.

Oproti obom predchádzajúcim prevádzkam sú v lepšom stave rozvážacie rady v zásobovanom území. Jedná sa o pomerne nové potrubia, pri výstavbe boli navyše použité plastové materiály, ktoré nepodliehajú korózií. To zabraňuje postupnému nárastu drsnosti a tým aj hydraulických strát. Taktiež rozsah kót zásobovaného územia, ktorý predstavuje 16 metrov je priaznivý. Nie je preto nutné územie deliť na viac tlakových pásem.

Grafické znázornenie energetickej náročnosti prevádzky č.3 je v prílohe č.10.

4 ZÁVER

Cieľom teoretickej časti tejto bakalárskej práce bolo zhrnúť dostupné informácie o energetickej náročnosti odoberania vody, jej úpravy, akumulácie a distribúcie od zdroja až po vodovodný kohútik spotrebiteľa.

Praktická časť je následne zameraná na zhrnutie týchto poznatkov do prehľadnej tabelárnej formy. Ďalej sú podrobne popísané a charakterizované 3 prevádzky, ktoré sú zaradené do systému hodnotenia. Po zaradení je každá v prevádzok zhodnotená a sú navrhnuté opatrenia, ktoré by mohli prispieť k zoptimalizovaniu energetickej náročnosti danej lokality. Najzásadnejšie zistenia vyplývajúce zo zaradenia lokalít do systému a ich zhodnotenia sú:

Energetickú náročnosť výrazne zvyšuje najmä doprava vody čerpaním, hlavne vysokotlakovými čerpacími stanicami. Čerpadlá vyžadujú značné množstvo elektrickej energie. Pre zníženie energetických nárokov je dôležitá ich pravidelná údržba a obnova, rovnako ako ich dimenzovanie na využitie optimálnej účinnosti. Pri čerpacích staniaciach v distribučnej sieti je vhodné posúdiť používanie frekvenčných meničov.

Pri zdrojoch vody by sme sa mali zamerať na výber čo najkvalitnejších zdrojov s nízkym znečistením. Čím čistejšia je surová voda, tým menej energie musíme vynaložiť na jej úpravu. Zníži sa tým nielen množstvo procesov, ktorými musí voda prejsť, ale aj množstvo vyprodukovaného kalu, ktorý je nutné likvidovať. Preto je dôležité eliminovať zdroje znečistenia.

Pri úprave vody použitej v skúmaných prevádzkach patrilo k energeticky náročným procesom: vrtuľové miešanie použité pri miešaní vody s koagulantom, ozonizácia, odvodňovanie kalu mobilnou odstredivkou a použitie základného typu koagulantu, ktorý nie je tak účinný, ako napríklad polymérne flokulanty. Zníženie energetických nákladov by sa mohlo dosiahnuť napríklad použitím účinnejšieho typu koagulantu. Prínosom by tiež mohlo byť vo väčšej miere využívať hydraulické spôsoby miešania, napríklad Haindlov miesič, ktorý funguje na princípe prstencového skoku, zabudované zvislé medzisteny a podobne.

Problémom pri rozvážacích vodovodných radoch boli vysoké úniky vody, ako aj prebytočný tlak v sieti, často spôsobené príliš veľkými výškovými rozdielmi v zásobovanom pásme. Pri veľkom rozsahu kót zásobovaného územia je vhodné rozdeliť ho

na viac tlakových pásem. Pri príliš vysokom tlaku vo vodovodnom potrubí je možné nainštalovať turbíny, ktoré dokážu prebytočný tlak využiť na výrobu elektrickej energie. Dôležité je tiež vyhľadávanie porúch a skrytých únikov, aby sa obmedzilo dopravovanie veľkého množstva vody, ktorá sa nakoniec nedostane k spotrebiteľom. Hydraulické straty môžeme minimalizovať výmenou úsekov s vysokou drsnosťou za nové potrubie, alebo nedeštruktívnymi spôsobmi sanácie, ako je napríklad cementácia, alebo aplikácia polyuretánových výsteliek do pôvodného potrubia.

5 ZOZNAM LITERATÚRY

1. Bábíček, M. *Spotřeba elektrické energie v systémech zásobování pitnou vodou*. bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Brno, **2012**.
2. Bauerová, K. emailová komunikácia: Čerpacia stanica (cit. 25.5.2018)
3. Bisztray, M.; Kis, A.; Muraközy, B.; Ungvári, G., *Energy efficiency analysis of water and wastewater utilities based on the IBNET database*. Budapest **2010**,
4. Božiková, J.; Božik, M., *Vodohospodárske stavby*. Slovenská technická univerzita v Bratislave, Nakladateľstvo STU: Bratislava, 2014;ISBN 978-80-227-4240-5
5. Cabrera, E.; Gómez, E.; Cabrera Jr, E.; Soriano, J.; Espert, V., *Energy assessment of pressurized water systems*. Journal of Water Resources Planning and Management **2014**, vol. 141 (8), ISSN 0733-9496,
6. ČESKO, *fragment #f2251546 vyhlášky č. 428/2001 Sb.* 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), Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-428#f2251546>(cit. 27.5.2018)
7. ČT1 Povrchová a podzemná voda. dostupné z: <https://www.mineralky.com/news/povrchova-podzemna-voda> (cit. 27.4.2018).
8. Dawe, P., *Evaluation of Potable Water Storage Tanks in Newfoundland and Labrador and their Effect on Drinking Water Quality*. Newfoundland **2011**,
9. Dietzsch, C., *Minimizing Pumping-System Friction Losses*. **2011**,
10. Dohnal, R. Turbíny ve vodním potrubí vyrábí energii. dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/energie/turbiny-ve-vodnim-potrubu-vyrabi-energii> (cit. 29.4.2018).
11. Grünwald, A.; Macek, L.; Šrytr, P., *Vodárenství*. Český svaz stavebních inženýrů Praha, 1998; ISBN 80-902460-7-9.
12. Havlík, A.; Píček, T., *Přednáška Hydraulika potrubí*. dostupné z: http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/HY2V/ke_stazeni/prednasky/HY2V_04_Hydraulika_potrubu.pdf(cit. 27.4.2018)
13. K141; FSv; ČVUT, *Přednáškové slidy předmětu 1141 HYA (Hydraulika)*. **2008**, dostupné z:

http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/Hya/ke_stazeni/prednasky/06_vytok_otvorem.pdf (cit. 27.5.2018)

14. Kyncl, M.; Heviánková, S., *Udržitelné systémy veřejných vodovodů a veřejných kanalizací*. Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí: Ústí nad Labem, 2014; ISBN 978-80-7414-799-9.

15. Lelby, V.; Burke, M. E., *Energy Efficiency Best Practices For North American Drinking Water Utilities [Project# 4223]*. Water Research Foundation, Denver, CO **2011**, ISBN 978-1-60573-159-9,

16. Liška, M.; Soukupová, K.; Dobiáš, J.; Metelková, A.; Goldbach, J.; Kvítek, T. Jakost vody ve vodárenské nádrži Švihov na Želivce a jejím povodí se zeměměřením na specifické organické látky. dostupné z: <https://www.vtei.cz/2016/06/jakost-vody-ve-vodarenske-nadrzi-svihov-na-zelivce-a-jejim-povodi-se-zamerenim-na-specificke-organicke-latky/> (cit. 25.5.2018).

17. Novotný, M., *Srovnání možných variant kalových koncovek pro úpravny vod.* sborník konference Voda Zlín **2001**, ISBN 80-238-6726-1,

18. Portland's New Pipes Harvest Power From Drinking Water. dostupné z: <https://www.fastcompany.com/3041300/portlands-new-pipes-harvest-power-from-drinking-water> (cit. 25.5.2018).

19. Posílení vodovodního řadu Radčice. dostupné z: <http://www.greenkavo.cz/index.php?pg=reference&id=26> (cit. 25.5.2018).

20. Ševčíková, I. *Kalové hospodářství úpraven vod.* Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Brno, **2014**.

21. SLAVÍČKOVÁ, K.; SLAVÍČEK, M., *Vodní hospodářství obcí I. Úprava a čištění vody* Nakladatelství ČVUT, Praha **2013**, vol. 6, ISBN 978-80-01-05390-4,

22. SOVAK; ČR Ztráty vody v potrubí se za 20 let snížily téměř o 200 milionů kubíků. dostupné z: <http://www.nase-voda.cz/ztraty-vody-potrubu-se-za-20-snizily-temer-200-milionu-kubiku/> (cit. 12.4.2018).

23. Spál, P. Rekonštrukcia vodovodných potrubí bezvýkopovými technológiami. dostupné z: <https://www.asb.sk/inzinierske-stavby/inzinierske-siete/rekonstrukcia-vodovodnych-potrubu-bezvykopovymi-technologiami> (cit. 12.4.2018).

24. Středočeské; vodárny; a.s. Jarní údržba vodojemů. dostupné z: <http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/jarni-udrzba-vodojemu> (cit. 25.4.2018).
25. Strnadová, N.; Janda, V., *Technologie vody I.* Vysoká škola chemicko-technologická: 1995; ISBN 80-7080-226-X.
26. Svěrák, M. *Zhodnocení odvodnitelnosti vodárenských kalů metodou CST.* bakalářská práce, Univerzita Karlova v Praze, Praha, **2014**.
27. Tagwerker, C.; Basani, M.; Riquelme, R.; Knoll, G., *Evaluation of Water pumping systems.* Water and Sanitation Initiative Sustainable Energy and Climate Change Initiative, Washington D.C. **2011**,
28. Technologické postupy pro zpracování odpadních kalů. dostupné z: <http://hgf10.vsb.cz/546/ZpracovaniKalu/postupy.html> (cit. 25.5.2018).
29. Tesařík, I., *Vodárenství.* SNTL - Nakladatelství technické literatury, Alfa: Praha, 1987.
30. Topič, P. Přidej síran hlinitý, ozon, chlor a dostaneš pitnou vodu pro Prahu. dostupné z: https://technet.idnes.cz/foto.aspx?r=tec_reportaze&c=a120903_155002_tec_reportaze_top&foto=TOP459e9d__MG_1090.jpg (cit. 25.5.2018).
31. Viktora, S. *Zařízení pro výrobu pitné vody.* bakalářská práce, České vysoké učení technické v Praze, Praha, **2017**.
32. Vodojem Droždín. dostupné z: <http://vhs-ol.cz/vodojem-drozdin/> (cit. 25.5.2018).
33. Vrtané studny. dostupné z: <http://www.studny-javurek.cz/vrtane-studny> (cit. 25.5.2018).
34. Zásobník na vodu. dostupné z: <https://fotkyzadarmo.sk/zasobnik-na-vodu/> (cit. 25.5.2018).

6 ZOZNAM PRÍLOH

Príloha č.1 Zaradenie prevádzky č.1 a do navrhnutého systému

Príloha č.2 Zaradenie prevádzky č.1 b do navrhnutého systému

Príloha č.3 Zaradenie prevádzky č.2 do navrhnutého systému

Príloha č.4 Zaradenie prevádzky č.3 do navrhnutého systému

Príloha č.5 Detailné zhodnotenie prevádzok

Príloha č.6 Súhrnná tabuľka zhodnotenia prevádzok

Príloha č.7 Grafické znázornenie energetickej náročnosti prevádzky č.1 a

Príloha č.8 Grafické znázornenie energetickej náročnosti prevádzky č.1 b

Príloha č.9 Grafické znázornenie energetickej náročnosti prevádzky č.2

Príloha č.10 Grafické znázornenie energetickej náročnosti prevádzky č.3

Príloha č.1 - Zaradenie prevádzky č.1 a do navrhnutého systému

Výškové usporiadanie zdroja / vodojemu / zásobovaného územia			
poloha zdroja vzhľadom k úpravni	gravitačné usporiadanie 1	čerpanie do 25 m 2	čerpanie nad 25 m 3
poloha úpravne vzhľadom k vodojemu	gravitačné usporiadanie 1	čerpanie do 25 m 2	čerpanie nad 25 m 3
poloha vodojemu vzhľadom k zásobovanému územiu	gravitačné usporiadanie 1	čerpanie do 25 m 2	čerpanie nad 25 m 3
výškové rozdiely tlakových pásem	0 - 25 m 1	25 - 45 m 2	nad 45 m 3
Zdroje vody			
kvalita vody	voda zodpovedajúca kvalite pitnej vody A1 1	voda vyžadujúca dezinfekciu, prípadne odkyselovanie, bežné úpravárenské procesy A2 2	vodné zdroje vyžadujúce zložitejšiu úpravu, čírenie, odželezovanie, odmangánovanie, odstraňovanie ťažkých kovov A3 3
Odberné objekty a zariadenia			
typy odberov	povrchové odberné objekty 1	podzemné odberné objekty do hĺbky 25 m (zachytávacie zárezy, šachtové studne...) 2	podzemné odberné objekty hlbšie než 25 m (vrátané studne...) 3
doprava vody zo studní do akumuláčnych nádrží	násoskový systém 1	horizontálne čerpadlo so spoločným sacím potrubím 2	samostatné ponorné čerpadlo 3
Úprava vody			
koagulanty	Proces čírenia		
	polymérne flokulanty 1	koagulanty na báze mangánu, kombinácia koagulantov 2	zákl. koagulanty na báze hliníku a železa 3
počet stupňov úpravy	jednostupňová úprava 1		dvojestupňová úprava 3
spôsob miešania	hydraulické miešanie (vodný skok, zvislé steny, horizontálne štrbiny) 1	kombinácia hydraulického a mechanického miešania 2	mechanické miešanie (vrtuľové, alebo lopatkové miesiče) 3
separácia vložiek	vložkovacie nádrže 1	čiriče 2	

	Filtrácia		
	pomalá anglická filtrácia 1	rýchla piesková filtrácia 2	membránové procesy 3
	Dezinfekcia		
	chlór, chlórnan sodný, chlórnan vápenatý 1	oxid chloričitý 2	UV žiarenie, ozonizácia 3
	Kalové hospodárstvo		
zahusťovanie kalu	sedimentačné nádrže 1	Flotácia 2	
odvodňovanie kalu	kalové lagúny a kalové polia 1	strojné odvodňovanie kalolismi 2	strojné odvodňovanie pásovými lisami, odstredivkami 3
Akumulácia			
typ vodojemu	zemné vodojemy 1	zemný + vežový vodojem 2	vežové vodojemy 3
Čerpacia stanica surovej vody			
vek čerpadiel	nové čerpadlá v dobrom technickom stave 1	staršie čerpadlá, pravidelná údržba a opravy 2	pôvodné vybavenie bez pravidelných opráv a údržby 3
dimenzovaný prietok	aktuálne posúdené čerpadlá s optimálnym prietokom 1	mierne predimenzovaný / poddimenzovaný návrh 2	kolísanie prietokov počas rokov, výrazne predimenzovaný návrh 3
Hlavná čerpacia stanica upravenej vody			
vek čerpadiel	nové čerpadlá v dobrom technickom stave 1	staršie čerpadlá, pravidelná údržba a opravy 2	pôvodné vybavenie bez pravidelných opráv a údržby 3
dimenzovaný prietok	aktuálne posúdené čerpadlá s optimálnym prietokom 1	mierne predimenzovaný / poddimenzovaný návrh 2	kolísanie prietokov počas rokov, výrazne predimenzovaný návrh 3

Čerpacia stanica z vodojemu do zásobovaného územia			
vek čerpadiel	nové čerpadlá v dobrom technickom stave 1	staršie čerpadlá, pravidelná údržba a opravy 2	pôvodné vybavenie bez pravidelných opráv a údržby 3
dimenzovaný prietok	aktuálne posúdené čerpadlá s optimálnym prietokom 1	mierne predimenzovaný / poddimenzovaný návrh 2	kolísanie prietokov počas rokov, výrazne predimenzovaný návrh 3
Privádzacie rady			
úniky vody	úniky vody do 10 % 1	úniky vody do 10 - 20% 2	úniky vody nad 20 % 3
hydraulické straty	nové hladké potrubie, nižšie rýchlosti prúdenia do 1 m/s, kratšie trasy, veľké profily 1	drsnejšie potrubie, rýchlosti prúdenia 1 - 2 m/s, väčšia dĺžka potrubia, menšie profily 2	výrazná drsnosť potrubia, rýchlosti nad 2 m/s, dlhé úseky potrubia, malé profily 3
Zásobovacie rady			
úniky vody	úniky vody do 10 % 1	úniky vody do 10 - 20% 2	úniky vody nad 20 % 3
hydraulické straty	nové hladké potrubie, nižšie rýchlosti prúdenia do 1 m/s, kratšie trasy, veľké profily 1	drsnejšie potrubie, rýchlosti prúdenia 1 - 2 m/s, väčšia dĺžka potrubia, menšie profily 2	výrazná drsnosť potrubia, rýchlosti nad 2 m/s, dlhé úseky potrubia, malé profily 3
prebytočný tlak v potrubí	bez prebytočného tlaku / tlak do 0,5 MPa 1	vyššie prevádzkové tlaky 0,5 - 0,6 MPa 2	prekročenie tlaku nad 0,6 MPa 3

Príloha č.2 - Zaradenie prevádzky č.1 b do navrhnutého systému

Výškové usporiadanie zdroja / vodojemu / zásobovaného územia			
poloha zdroja vzhľadom k úpravni	gravitačné usporiadanie 1	čerpanie do 25 m 2	čerpanie nad 25 m 3
poloha úpravňa - vsakovacie nádrže	gravitačné usporiadanie 1	čerpanie do 25 m 2	čerpanie nad 25 m 3
poloha infiltrovaná voda - hlavná ČS	gravitačné usporiadanie 1	čerpanie do 25 m 2	čerpanie nad 25 m 3
poloha úpravne vzhľadom k vodojemu	gravitačné usporiadanie 1	čerpanie do 25 m 2	čerpanie nad 25 m 3
poloha vodojemu vzhľadom k zásobovanému územiu	gravitačné usporiadanie 1	čerpanie do 25 m 2	čerpanie nad 25 m 3
výškové rozdiely tlakových pásem	0 - 25 m 1	25 - 45 m 2	nad 45 m 3
Zdroje vody			
kvalita vody	voda zodpovedajúca kvalite pitnej vody A1 1	voda vyžadujúca dezinfekciu, prípadne odkyselovanie, bežné úpravárenské procesy A2 2	vodné zdroje vyžadujúce zložitejšiu úpravu, čírenie, odželezovanie, odmangánovanie, odstraňovanie ťažkých kovov A3 3
Odberné objekty a zariadenia			
typy odberov 1. fáza	povrchové odberné objekty 1	podzemné odberné objekty do hĺbky 25 m (zachytávacie zárezy, šachtové studne...) 2	podzemné odberné objekty hlbšie než 25 m (vrtané studne...) 3
typy odberov 2. fáza	povrchové odberné objekty 1	podzemné odberné objekty do hĺbky 25 m (zachytávacie zárezy, šachtové studne...) 2	podzemné odberné objekty hlbšie než 25 m (vrtané studne...) 3
doprava vody zo studní do akumulačných nádrží	násoskový systém 1	horizontálne čerpadlo so spoločným sacím potrubím 2	samostatné ponorné čerpadlo 3

Úprava vody			
Koagulanty	Proces čírenia		
	polymérne flokulanty 1	koagulanty na báze mangánu, kombinácia koagulantov 2	zákl. koagulanty na báze hliníku a železa 3
počet stupňov úpravy	jednostupňová úprava 1		dvojstupňová úprava 3
spôsob miešania	hydraulické miešanie (vodný skok, zvislé steny, horizontálne štrbiny) 1	kombinácia hydraulického a mechanického miešania 2	mechanické miešanie (vrtuľové, alebo lopatkové miesiče) 3
separácia vložiek	vložkovacie nádrže 1	čiriče 2	
	Filtrácia		
	pomalá anglická filtrácia 1	rýchla piesková filtrácia 2	membránové procesy 3
	Dezinfekcia		
	chlór, chlórnan sodný, chlórnan vápenatý 1	oxid chloričitý 2	UV žiarenie, ozonizácia 3
zahusťovanie kalu	Kalové hospodárstvo		
	sedimentačné nádrže 1	flotácia 2	
odvodňovanie kalu	kalové lagúny a kalové polia 1	strojné odvodňovanie kalolismi 2	strojné odvodňovanie pásovými lismi, odstredivkami 3
Akumulácia			
typ vodojemu	zemné vodojemy 1	zemný + vežový vodojem 2	vežové vodojemy 3
Čerpacia stanica surovej vody			
vek čerpadiel	nové čerpadlá v dobrom technickom stave 1	staršie čerpadlá, pravidelná údržba a opravy 2	pôvodné vybavenie bez pravidelných opráv a údržby 3
dimenzovaný prietok	aktuálne posúdené čerpadlá s optimálnym prietokom 1	mierne predimenzovaný / poddimenzovaný návrh 2	kolísanie prietokov počas rokov, výrazne predimenzovaný návrh 3

Čerpacia stanica z úpravne do vsakovacej nádrže			
vek čerpadiel	nové čerpadlá v dobrom technickom stave 1	staršie čerpadlá, pravidelná údržba a opravy 2	pôvodné vybavenie bez pravidelných opráv a údržby 3
dimenzovaný prietok	aktuálne posúdené čerpadlá s optimálnym prietokom 1	mierne predimenzovaný / poddimenzovaný návrh 2	kolísanie prietokov počas rokov, výrazne predimenzovaný návrh 3
Čerpacia stanica podzemnej vody do hlavnej ČS			
vek čerpadiel	nové čerpadlá v dobrom technickom stave 1	staršie čerpadlá, pravidelná údržba a opravy 2	pôvodné vybavenie bez pravidelných opráv a údržby 3
dimenzovaný prietok	aktuálne posúdené čerpadlá s optimálnym prietokom 1	mierne predimenzovaný / poddimenzovaný návrh 2	kolísanie prietokov počas rokov, výrazne predimenzovaný návrh 3
Hlavná čerpacia stanica upravenej vody			
vek čerpadiel	nové čerpadlá v dobrom technickom stave 1	staršie čerpadlá, pravidelná údržba a opravy 2	pôvodné vybavenie bez pravidelných opráv a údržby 3
dimenzovaný prietok	aktuálne posúdené čerpadlá s optimálnym prietokom 1	mierne predimenzovaný / poddimenzovaný návrh 2	kolísanie prietokov počas rokov, výrazne predimenzovaný návrh 3
Čerpacia stanica z vodojemu do zásobovaného územia			
vek čerpadiel	nové čerpadlá v dobrom technickom stave 1	staršie čerpadlá, pravidelná údržba a opravy 2	pôvodné vybavenie bez pravidelných opráv a údržby 3
dimenzovaný prietok	aktuálne posúdené čerpadlá s optimálnym prietokom 1	mierne predimenzovaný / poddimenzovaný návrh 2	kolísanie prietokov počas rokov, výrazne predimenzovaný návrh 3

Privádzacie rady			
úniky vody	úniky vody do 10 % 1	úniky vody do 10 - 20% 2	úniky vody nad 20 % 3
hydraulické straty	nové hladké potrubie, nižšie rýchlosti prúdenia do 1 m/s, kratšie trasy, veľké profily 1	drsnejšie potrubie, rýchlosti prúdenia 1 - 2 m/s, väčšia dĺžka potrubia, menšie profily 2	výrazná drsnosť potrubia, rýchlosti nad 2 m/s, dlhé úseky potrubia, malé profily 3
Zásobovacie rady			
úniky vody	úniky vody do 10 % 1	úniky vody do 10 - 20% 2	úniky vody nad 20 % 3
hydraulické straty	nové hladké potrubie, nižšie rýchlosti prúdenia do 1 m/s, kratšie trasy, veľké profily 1	drsnejšie potrubie, rýchlosti prúdenia 1 - 2 m/s, väčšia dĺžka potrubia, menšie profily 2	výrazná drsnosť potrubia, rýchlosti nad 2 m/s, dlhé úseky potrubia, malé profily 3
prebytočný tlak v potrubí	bez prebytočného tlaku / tlak do 0,5 MPa 1	vyššie prevádzkové tlaky 0,5 - 0,6 MPa 2	prekročenie tlaku nad 0,6 MPa 3

Príloha č.3 - Zaradenie prevádzky č.2 do navrhnutého systému

Výškové usporiadanie zdroja / vodojemu / zásobovaného územia			
poloha zdroja vzhľadom k úpravni	gravitačné usporiadanie 1	čerpanie do 25 m 2	čerpanie nad 25 m 3
poloha úpravne vzhľadom k vodojemu č.1	gravitačné usporiadanie 1	čerpanie do 25 m 2	čerpanie nad 25 m 3
poloha vodojemu č.1 vzhľadom k vodojemu č.2	gravitačné usporiadanie 1	čerpanie do 25 m 2	čerpanie nad 25 m 3
poloha vodojemu č.2 vzhľadom k zásobovanému územiu	gravitačné usporiadanie 1	čerpanie do 25 m 2	čerpanie nad 25 m 3
výškové rozdiely tlakových pásem	0 - 25 m 1	25 - 45 m 2	nad 45 m 3
Zdroje vody			
kvalita vody	voda zodpovedajúca kvalite pitnej vody A1 1	voda vyžadujúca dezinfekciu, prípadne odkyselovanie, bežné úpravárenské procesy A2 2	vodné zdroje vyžadujúce zložitejšiu úpravu, čírenie, odželezovanie, odmangánovanie, odstraňovanie ťažkých kovov A3 3
Odberné objekty a zariadenia			
typy odberov	povrchové odberné objekty 1	podzemné odberné objekty do hĺbky 25 m (zачytávacie zářezy, šachtové studne...) 2	podzemné odberné objekty hlbšie než 25 m (vrútané studne...) 3
Úprava vody			
Koagulanty	Proces čírenia		
	polymérne flokulanty 1	koagulanty na báze mangánu, kombinácia koagulantov 2	zákl. koagulanty na báze hliníku a železa 3
počet stupňov úpravy	jednostupňová úprava 1		dvojestupňová úprava 3
spôsob miešania	hydraulické miešanie (vodný skok, zvislé steny, horizontálne štrbiny) 1	kombinácia hydraulického a mechanického miešania 2	mechanické miešanie (vrúťové, alebo lopatkové miesiče) 3

separácia vločiek	vločkovacie nádrže 1	číriče 2	
	Filtrácia		
	pomalá anglická filtrácia 1	rýchla piesková filtrácia 2	membránové procesy 3
	Dezinfekcia		
	chlór, chlórnan sodný, chlórnan vápenatý 1	oxid chloričitý 2	UV žiarenie, ozonizácia 3
	Kalové hospodárstvo		
zahusťovanie kalu	sedimentačné nádrže 1	flotácia 2	
odvodňovanie kalu	kalové lagúny a kalové polia 1	strojné odvodňovanie kalolismi 2	strojné odvodňovanie pásovými lismi, odstredivkami 3
Akumulácia			
typ vodojemu	zemné vodojemy 1	zemný + vežový vodojem 2	vežové vodojemy 3
Čerpacia stanica surovej vody			
vek čerpadiel	nové čerpadlá v dobrom technickom stave 1	staršie čerpadlá, pravidelná údržba a opravy 2	pôvodné vybavenie bez pravidelných opráv a údržby 3
dimenzovaný prietok	aktuálne posúdené čerpadlá s optimálnym prietokom 1	mierne predimenzovaný / poddimenzovaný návrh 2	kolísanie prietokov počas rokov, výrazne predimenzovaný návrh 3
Privádzacie rady			
úniky vody	úniky vody do 10 % 1	úniky vody do 10 - 20% 2	úniky vody nad 20 % 3
hydraulické straty	nové hladké potrubie, nižšie rýchlosti prúdenia do 1 m/s, kratšie trasy, veľké profily 1	drsnejšie potrubie, rýchlosti prúdenia 1 - 2 m/s, väčšia dĺžka potrubia, menšie profily 2	výrazná drsnosť potrubia, rýchlosti nad 2 m/s, dlhé úseky potrubia, malé profily 3

Zásobovacie rady			
úniky vody	úniky vody do 10 % 1	úniky vody do 10 - 20% 2	úniky vody nad 20 % 3
hydraulické straty	nové hladké potrubie, nižšie rýchlosti prúdenia do 1 m/s, kratšie trasy, veľké profily 1	drsnejšie potrubie, rýchlosti prúdenia 1 - 2 m/s, väčšia dĺžka potrubia, menšie profily 2	výrazná drsnosť potrubia, rýchlosti nad 2 m/s, dlhé úseky potrubia, malé profily 3
prebytočný tlak v potrubí	bez prebytočného tlaku / tlak do 0,5 MPa 1	vyššie prevádzkové tlaky 0,5 - 0,6 MPa 2	prekročenie tlaku nad 0,6 MPa 3

Príloha č.4 - Zaradenie prevádzky č.3 do navrhnutého systému

Výškové usporiadanie zdroja / vodojemu / zásobovaného územia			
poloha zdroja vzhľadom k úpravni	gravitačné usporiadanie 1	čerpanie do 25 m 2	čerpanie nad 25 m 3
poloha úpravne vzhľadom k vodojemu č.1	gravitačné usporiadanie 1	čerpanie do 25 m 2	čerpanie nad 25 m 3
poloha vodojemu č.1 vzhľadom k vodojemu č.2	gravitačné usporiadanie 1	čerpanie do 25 m 2	čerpanie nad 25 m 3
poloha vodojemu č.2 vzhľadom k vodojemu č.3	gravitačné usporiadanie 1	čerpanie do 25 m 2	čerpanie nad 25 m 3
poloha vodojemu č.3 vzhľadom k zásobovanému územiu	gravitačné usporiadanie 1	čerpanie do 25 m 2	čerpanie nad 25 m 3
výškové rozdiely tlakových pásem	0 - 25 m 1	25 - 45 m 2	nad 45 m 3
Zdroje vody			
kvalita vody	voda zodpovedajúca kvalite pitnej vody A1 1	voda vyžadujúca dezinfekciu, prípadne odkyselovanie, bežné úpravárenské procesy A2 2	vodné zdroje vyžadujúce zložitejšiu úpravu, čírenie, odželezovanie, odmangánovanie, odstraňovanie ťažkých kovov A3 3
Odberné objekty a zariadenia			
typy odberov	povrchové odberné objekty 1	podzemné odberné objekty do hĺbky 25 m (zachytávacie zářezy, šachtové studne...) 2	podzemné odberné objekty hlbšie než 25 m (vrtané studne...) 3
Úprava vody			
Koagulanty	Proces čírenia		
	polymérne flokulanty 1	koagulanty na báze mangánu, kombinácia koagulantov 2	zákl. koagulanty na báze hliníku a železa 3
počet stupňov úpravy	jednostupňová úprava 1		dvojstupňová úprava 3

spôsob miešania	hydraulické miešanie (vodný skok, zvislé steny, horizontálne štrbiny) 1	kombinácia hydraulického a mechanického miešania 2	mechanické miešanie (vrtuľové, alebo lopatkové miesiče) 3
separácia vločiek	vločkovacie nádrže 1	čiriče 2	
	Filtrácia		
	pomalá anglická filtrácia 1	rýchla piesková filtrácia 2	membránové procesy 3
	Dezinfekcia		
	chlór, chlórnan sodný, chlórnan vápenatý 1	oxid chloričitý 2	UV žiarenie, ozonizácia 3
	Kalové hospodárstvo		
zahusťovanie kalu	sedimentačné nádrže 1	flotácia 2	
odvodňovanie kalu	kalové lagúny a kalové polia 1	strojné odvodňovanie kalolismi 2	strojné odvodňovanie pásovými lisami, odstredivkami 3
Akumulácia			
typ vodojemu	zemné vodojemy 1	zemný + vežový vodojem 2	vežové vodojemy 3
Čerpacia stanica surovej vody			
vek čerpadiel	nové čerpadlá v dobrom technickom stave 1	staršie čerpadlá, pravidelná údržba a opravy 2	pôvodné vybavenie bez pravidelných opráv a údržby 3
dimenzovaný prietok	aktuálne posúdené čerpadlá s optimálnym prietokom 1	mierne predimenzovaný / poddimenzovaný návrh 2	kolísanie prietokov počas rokov, výrazne predimenzovaný návrh 3
Automatická tlaková stanica			
vek čerpadiel	nové čerpadlá v dobrom technickom stave 1	staršie čerpadlá, pravidelná údržba a opravy 2	pôvodné vybavenie bez pravidelných opráv a údržby 3
dimenzovaný prietok	aktuálne posúdené čerpadlá s optimálnym prietokom 1	mierne predimenzovaný / poddimenzovaný návrh 2	kolísanie prietokov počas rokov, výrazne predimenzovaný návrh 3

Privádzacie rady úpravňa - vodojem 2			
úniky vody	úniky vody do 10 % 1	úniky vody do 10 - 20% 2	úniky vody nad 20 % 3
hydraulické straty	nové hladké potrubie, nižšie rýchlosti prúdenia do 1 m/s, kratšie trasy, veľké profily 1	drsnejšie potrubie, rýchlosti prúdenia 1 - 2 m/s, väčšia dĺžka potrubia, menšie profily 2	výrazná drsnosť potrubia, rýchlosti nad 2 m/s, dlhé úseky potrubia, malé profily 3
Privádzacie rady vodojem 2 - zásobované územie			
úniky vody	úniky vody do 10 % 1	úniky vody do 10 - 20% 2	úniky vody nad 20 % 3
hydraulické straty	nové hladké potrubie, nižšie rýchlosti prúdenia do 1 m/s, kratšie trasy, veľké profily 1	drsnejšie potrubie, rýchlosti prúdenia 1 - 2 m/s, väčšia dĺžka potrubia, menšie profily 2	výrazná drsnosť potrubia, rýchlosti nad 2 m/s, dlhé úseky potrubia, malé profily 3
Zásobovacie rady			
úniky vody	úniky vody do 10 % 1	úniky vody do 10 - 20% 2	úniky vody nad 20 % 3
hydraulické straty	nové hladké potrubie, nižšie rýchlosti prúdenia do 1 m/s, kratšie trasy, veľké profily 1	drsnejšie potrubie, rýchlosti prúdenia 1 - 2 m/s, väčšia dĺžka potrubia, menšie profily 2	výrazná drsnosť potrubia, rýchlosti nad 2 m/s, dlhé úseky potrubia, malé profily 3
prebytočný tlak v potrubí	bez prebytočného tlaku / tlak do 0,5 MPa 1	vyššie prevádzkové tlaky 0,5 - 0,6 MPa 2	prekročenie tlaku nad 0,6 MPa 3

Príloha č.5 - Detailné zhodnotenie prevádzok

1	znamená energeticky výhodný proces, ktorý vyžaduje nízke prevádzkové náklady / jav, ktorý neovplyvňuje negatívne energetickú náročnosť
2	je použitá pre procesy / javy o niečo náročnejšie než je prvá skupina s hodnotou 1, ktoré znamenajú mierne zvýšenie prevádzkových nákladov
3	znamená energeticky veľmi náročný proces / jav, ktorý spôsobuje výrazné zvýšenie prevádzkových nákladov oproti optimálnemu stavu

		Váhy	Prevádzka č.1 a	Prevádzka č.1 b	Prevádzka č.2	Prevádzka č.3
Výškové usporiadanie	Poloha zdroja vzhľadom k úpravni	25.00	2	3	3	3
	Poloha úpravne vzhľadom k vodojemu	25.00	3	3	1	1
	Poloha vzhľadom k vodojemu 2				1	1
	Poloha vzhľadom k vodojemu 3					3
	Poloha zdroja vzhľadom k zásobovanému územiu	25.00	3	3	1	1
	Výškové rozdiely tlakových pásem	25.00	3	3	3	1
Hodnotenie		100.00	2.75	3.00	2.00	2.00
Zdroje vody	Kvalita vody	100.00	1	3	2	2
Hodnotenie		100.00	1.00	3.00	2.00	2.00
Odborné objekty a zariadenia	Typy odberov 1 fáza	60.00	2	1	1	1
	Typy odberov 2 fáza			2		

	Doprava vody zo studní do akum. nádrží	40.00	1	1		
	Hodnotenie	100.00	1.60	1.60	0.60	0.60

Úprava vody	Proces čírenia	Koagulanty	8.33			3	3
		Počet stupňov úpravy	8.33			1	1
		Spôsob miešania	8.33			2	2
	Filtrácia	Filtrácia	12.50		1	2	2
		Filtrácia 2	12.50		2		
	Dezinfekcia	Dezinfekcia primárna	12.50	1	1	1	1
		Dezinfekcia sekundárna	12.50			3	3
	Kalové hospodárstvo	Zahusťovanie kalu	12.50			1	1
Odvodňovanie kalu		12.50		1	3	3	
	Hodnotenie	100.00	0.13	0.63	1.75	1.75	

Akumulácia	Typ vodojemu	100.00	1	1	1	2
	Hodnotenie	100.00	1.00	1.00	1.00	2.00

Čerpacie stanice	ČS surovej vody	Vek čerpadiel	10.00	2	1	1	1
		Dimenzovaný prietok	10.00	2	1	1	1
	ČS z úpravne do vsakovacej nádrže	Vek čerpadiel	10.00		1		
		Dimenzovaný prietok	10.00		1		
	ČS podzemnej vody	Vek čerpadiel	10.00		2		
		Dimenzovaný prietok	10.00		2		
	Hlavná ČS upravenej	Vek čerpadiel	10.00	2	2		

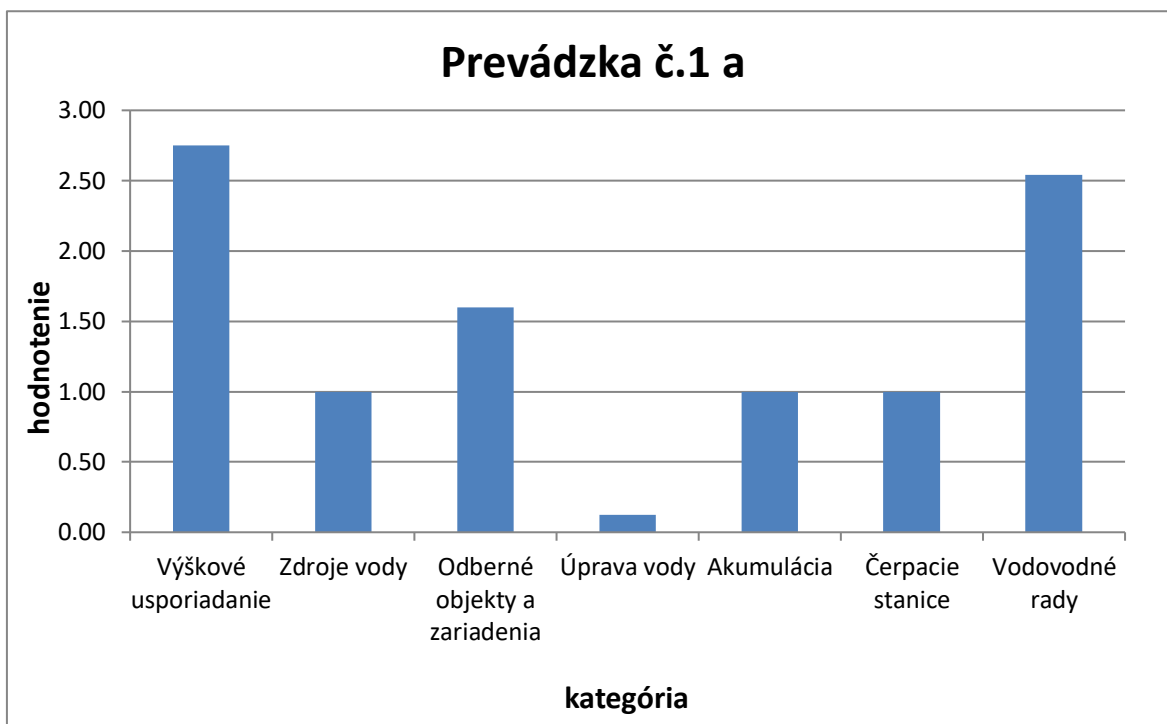
	vody	Dimenzovaný prietok	10.00	1	1		
	ČS z vodojemu do zásobovaného územia	Vek čerpadiel	10.00	2	2		1
		Dimenzovaný prietok	10.00	1	1		2
Hodnotenie			100.00	1.00	1.40	0.20	0.50

Vodovodné rady	Privádzacie rady 1	Úniky vody	16.66	2	2	2	2
		Hydraulické straty	8.34	3	3	3	3
	Privádzacie rady 2	Úniky vody	16.66	2	2	2	1
		Hydraulické straty	8.34	3	3	3	1
	Zásobovacie rady	Úniky vody	20.84	3	3	3	2
		Hydraulické straty	12.50	2	2	3	1
Prebytočný tlak v potrubí		16.66	3	3	3	1	
Hodnotenie			100.00	2.54	2.54	2.67	1.54

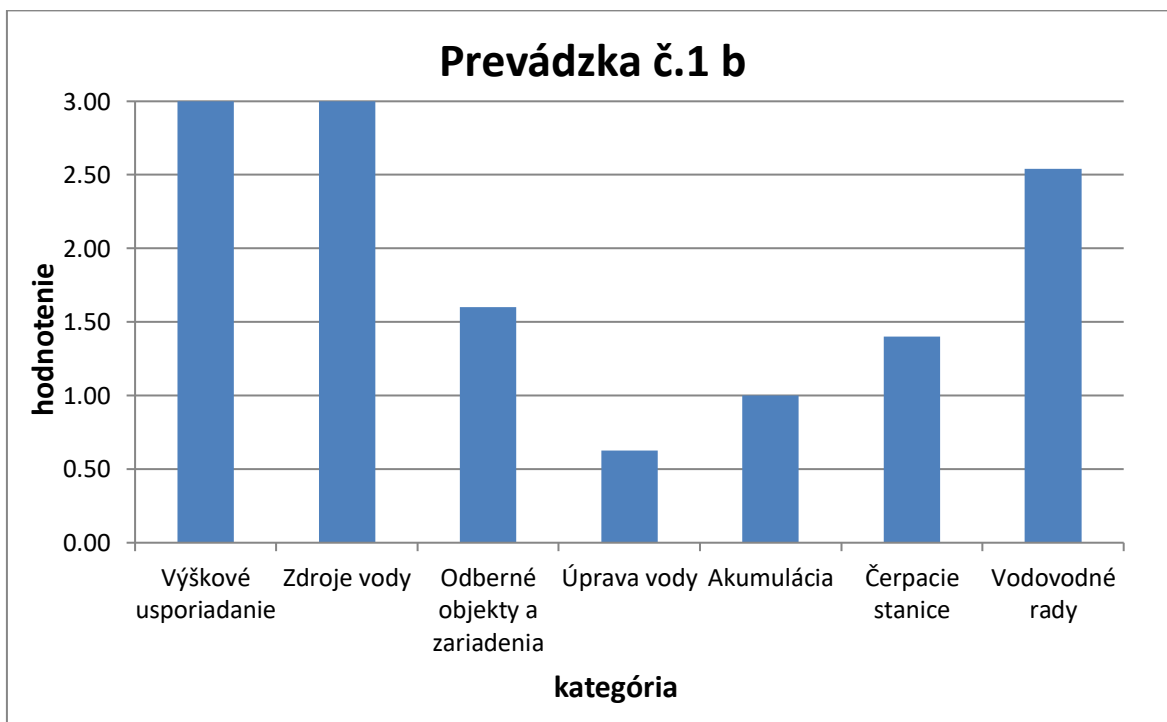
Príloha č.6 - Súhrnná tabuľka zhodnotenia prevádzok

Kategória	Váhy	Prevádzka č.1 a	Prevádzka č.1 b	Prevádzka č.2	Prevádzka č.3	Energetická trieda	
Výškové usporiadanie	6	2.75	3.00	2.00	2.00	0-12	-
Zdroje vody	3	1.00	3.00	2.00	2.00	13-24	A+
Odberné objekty a zariadenia	1	1.60	1.60	0.60	0.60	25-36	A
Úprava vody	3	0.13	0.63	1.75	1.75	37-48	B
Akumulácia	1	1.00	1.00	1.00	2.00	49-60	C
Čerpace stanice	6	1.00	1.40	0.20	0.50	62-72	D
Vodovodné rady	4	2.54	2.54	2.67	1.54		
Suma	24	38.64	50.04	36.72	35.02		
Energetická trieda		B	C	B	A		

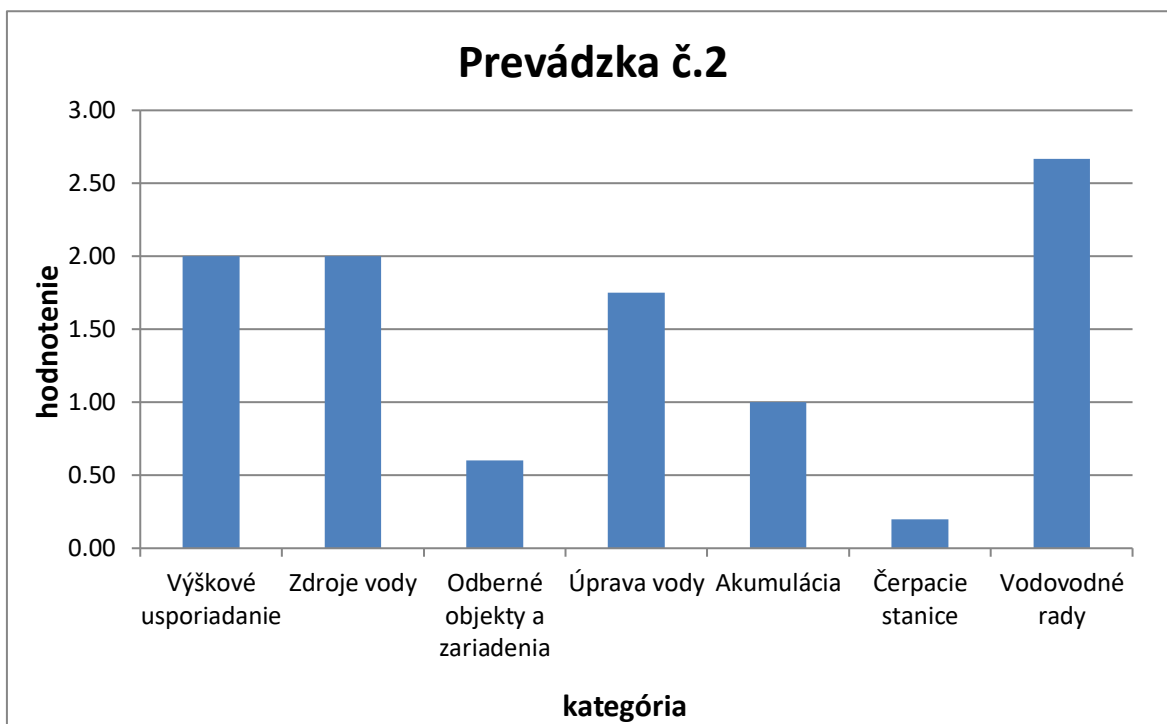
Príloha č.7 - Grafické znázornenie energetickej náročnosti prevádzky č.1 a



Príloha č.8 - Grafické znázornenie energetickej náročnosti prevádzky č.1 b



Príloha č.9 - Grafické znázornenie energetickej náročnosti prevádzky č.2



Príloha č.10 - Grafické znázornenie energetickej náročnosti prevádzky č.3

