



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

**MONITORING A MĚŘENÍ ENERGETICKÝCH
VELIČIN NA VODÁRENSKÝCH OBJEKTECH**

MONITORING AND MEASURING OF POWER QUANTITIES IN WATERWORKS FACILITIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Hála

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Lukáš Radil, Ph.D.

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

Student: Tomáš Hála

ID: 164725

Ročník: 3

Akademický rok: 2015/16

NÁZEV TÉMATU:

Monitoring a měření energetických veličin na vodárenských objektech

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Provedte analýzu současného stavu sběru dat.
2. Uvedte Vámi vybrané nové metody zajištění sběru dat.
3. Zhodnotte přínos dálkových odečtů energie.
4. V závěru uvedte možnosti implementace dat do současného systému v centrálním dispečinku.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 8.2.2016

Termín odevzdání: 24.5.2016

Vedoucí práce: Ing. Lukáš Radil, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D., předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně / Technická 3058/10 / 616 00 / Brno

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá řešením konkrétního problému z oblasti Smart meteringu. Cílem této práce je navrhnout inovaci měření spotřeby elektrické energie na rozlehlých objektech vodáren, které spravuje Vodárenská a.s. divize Brno venkov.

Tato práce obsahuje analýzu současného stavu odečtu z elektroměrů a výhled na jeho optimalizaci.

Dále práce obsahuje rešerši na téma smart metering, která obsahuje popis jednotlivých vrstev systému dálkového odečtu z elektroměrů.

Druhá polovina této práce zahrnuje návrh konkrétních přístrojů, topologie odečtové sítě a ekonomickou analýzu. Ta porovnává náklady spojené s realizací projektu s možnými úsporami a pomocí zvolených finančních matematických metod hodnotí ekonomickou efektivnost investice.

Klíčová slova

Smart metering; podružné měření; elektroměry; monitorování; AMM; přenos dat;

Abstract

This Bachelor thesis deals with solution of an exact Smart metering problem. The goal of this thesis is to offer an electrical energy measurement innovation that deals with widespread waterworks objects maintained by Vodárenská a.s. Brno-venkov division.

The paper contains an analysis of the current state of reading of electricity meters and the outlook on optimization.

The paper also focuses on solving the smart metering problem and contains a description of individual layers of remote reading of electricity meters.

The 2nd half of the paper focuses on the specific devices selection and design of data reading topology. An Economical analysis compares costs of project realization with possible savings with the help of chosen methods of financial analysis evaluates the economic effectiveness of an investment.

Keywords

Smart metering; Submetering; electrometers; monitoring; AMM; data transfer,

Bibliografická citace

HÁLA, T. *Monitoring a měření energetických veličin na vodárenských objektech*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 49 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Lukáš Radil, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Monitoring a měření energetických veličin na vodárenských objektech jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce, Ing. Lukáši Radilovi Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Vladimíru Tichému (vedoucímu oddělení energetiky Vodárenské a.s) za konzultace ohledně stávajícího stavu a způsobu měření. Dále potom panovi Jaroslavu Jirouskovi (specialista pro elektroměry a řešení, ZPA) za praktické konzultace problematiky řešení tématu této práce. Dále chci poděkovat rodičům za podporu a umožnění studia na vysoké škole.

V Brně dne

Podpis autora

OBSAH

1 ÚVOD	10
2 CHARAKTERISTIKA SOUČASNÉHO STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	11
3 CÍLE PRÁCE	13
4 SMART SYSTÉM S ELEKTROMĚRY	14
4.1 VRSTVA MĚŘICÍ SÍTĚ	14
4.1.1 ELEKTROMĚRY	14
4.1.2 DATOVÉ KONCENTRÁTORY	18
4.2 ARCHITEKTURA KOMUNIKAČNÍ INFRASTRUKTURY	19
4.2.1 SÍŤ TYPU BOD-BOD.....	19
4.2.2 SÍŤ S KOMUNIKAČNÍMI UZLY- KONCENTRÁTORY	19
4.2.3 KOMBINOVANÁ ARCHITEKTURA	19
4.3 ŘÍDICÍ SYSTÉM AMM.....	20
4.3.1 VLASTNOSTI ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ	20
4.3.2 FUNKCE ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ	21
4.4 UKLÁDÁNÍ A ANALÝZA DAT- MDM	22
4.4.1 DATABÁZE	22
4.4.2 ANALÝZA DAT	22
4.5 VRSTVA VYŠŠÍCH SYSTÉMŮ	23
4.5.1 SYSTÉM SAP.....	23
5 VOLENÁ TECHNOLOGIE	24
5.1 PŘÍSTROJE VYBRANÉ PRO PROJEKT	25
5.1.1 ELEKTROMĚR PRO KOMUNIKACI BOD-BOD	25
5.1.2 ELEKTROMĚR PRO KOMUNIKACI S KONCENTRÁTOREM	26
5.1.3 DATAKONCENTRÁTOR 2N SMARTCOM PRO	26
5.2 KOMUNIKAČNÍ SBĚRNICE V MĚŘICÍ VRSTVĚ	28
5.2.1 M-BUS (METER-BUS)	28
5.2.2 RS-485.....	28
5.3 PŘENOS DAT MEZI MĚŘICÍ VRSTVOU A DISPEČINKEM.....	28
5.3.1 POROVNÁNÍ POKRYTÍ ÚZEMÍ TUZEMSKÝMI OPERÁTORY.....	29
5.4 ZPRACOVÁNÍ DAT- CENTRÁLNÍ DISPEČINK RETOS.NET	30
5.4.1 OBECNÉ INFORMACE.....	30
5.4.2 OPERAČNÍ SYSTÉM.....	31
5.4.3 DATABÁZOVÉ SYSTÉMY	31
5.4.4 ZÁKLADNÍ PRACOVNÍ VERZE RETOS.NET	31
5.4.5 ZÁKLADNÍ UŽIVATELSKÉ ČÁSTI:	32
5.4.6 RETOS.NET – SCADA/HMI - ZÁKLADNÍ ČÁSTI RŮZNÝCH PRACOVNÍCH VERZÍ	33
5.4.7 DATOVÉ A APLIKAČNÍ ROZHRANÍ	33
5.4.8 KOMUNIKAČNÍ ROZHRANÍ	34
5.4.9 PŘÍKLADY NASAZENÍ	34

6 EKONOMICKÁ VÝHODNOST ŘEŠENÍ	35
6.1 ANALÝZA OBJEKTŮ VAS BRNO	35
6.2 FINANČNÍ PROGNÓZA	35
6.2.1 PRVOTNÍ INVESTICE	36
6.2.2 PROVOZNÍ NÁKLADY	37
6.2.3 VYČÍSLENÍ ÚSPOR	37
6.2.4 VYČÍSLENÍ ROČNÍCH ÚSPOR.....	39
6.2.5 ŽIVOTNOST	39
6.2.6 VYHODNOCENÍ FINANČNÍCH UKAZATELŮ	40
6.2.7 POROVNÁNÍ VARIANT PROJEKTU	42
6.2.8 VYHODNOCENÍ FINANČNÍ EFEKTIVNOSTI	43
7 PŘÍKLAD ÚSPĚŠNÉHO PROJEKTU.....	44
7.1 PROJEKT SMART METERINGU V BOSNĚ A HERCEGOVINĚ.....	44
8 ZÁVĚR.....	45
POUŽITÁ LITERATURA	46

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 2-1 Schéma stávajícího odečtu měření- upraveno autorem [2]</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 2-2 Mapa území Brno venkov, které obsluhuje VAS - upraveno autorem [11]</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 3-1 Schéma inovovaného odečtu měření- upraveno autorem [2]</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 4-1 Blokové schéma elektroměru pro měření typu AMR- upraveno autorem [1].....</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 4-2 Blokové schéma elektroměru pro měření typu AMM- upraveno autorem [3]</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 4-3 Schéma komunikačního systému s koncentrátorem - upraveno autorem [6]</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 5-1 Schéma zvolené topologie dálkového odečtu dat.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 5-2 Schéma zapojení elektroměru AM360.D pro přímé měření [3]</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 5-3 Schéma zapojení elektroměru AM360.I pro polonepřímé měření [3]</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 5-4 Elektroměr AM360 (vlevo) a ED310 (vpravo)[3][17]</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 5-5 SmartCOM PRO přední pohled[16]</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 5-6 SmartCOM PRO přední pohled[16]</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 5-7 Mapa pokrytí území mobilním internetem operátora O2 [19]</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 5-8 Mapa pokrytí území mobilním internetem operátora T-mobile [20]</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 5-9 Mapa pokrytí území mobilním internetem operátora Vodafone [21]</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 6-1 Výpočtový program v MS Excel, byl zvolen výpočet pro 10 let.....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 6-2 Graf kumulované Cash flow pro 10let.....</i>	<i>42</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 5-1 Specifikace SmartCOM PRO [16]</i>	27
<i>Tab. 6-1 Počty zařízení umístěné přímo v objektech</i>	35
<i>Tab. 6-2 Kalkulace prvotních nákladů</i>	36
<i>Tab. 6-3 Kalkulace nákladů na provoz systému</i>	37
<i>Tab. 6-4 Kalkulace ročních úspor</i>	39
<i>Tab. 6-5 Přehled peněžních toků v 10ti letém horizontu</i>	40

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

VN	vysoké napětí
VVN	velmi vysoké napětí
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
HMI	Human Machine Interface
AMM	automatic meter management
MDM	meter data management
SAP	podnikový software
AMR	Automatic Meter Reading
AMI	Automatic Meter Infrastructure
RF	rádiové frekvence
LCD	displej z tekutých krystalů
A/D	převodník analog/digital
EEPROM	elektronicky programovatelná paměť
GSM	globální systém pro mobilní komunikaci
GPRS/3G/4G	přenos dat přes GSM
PLC	přenos dat po silových kabelech
API	softwarové rozhraní, které umožňuje přístup k datům
VAS	Vodárenská akciová společnost
M-BUS	Průmyslová datová sběrnice
RS485	Průmyslová datová sběrnice
WM-BUS	Wireless M-BUS
M2M	Machine to machine
IRR	Vnitřní výnosové procento
PI	Index rentability
NPV	Čistá současná hodnota
PC	Počítač
RTU	Radio Telemetry Unit
PLC	Programovatelný logický automat
SQL	Typ databáze
OPC DA	Řízení procesů a přístup k datům
FUP	Fair User Policy-množství dat které můžeme přenést za určené období
MS	Microsoft

1 ÚVOD

Bez elektrické energie se dnešní společnost neobejde už více než jedno století. A k využívání elektrické energie patří neodmyslitelně její měření. Jako každé odvětví, které je spojeno s elektřinou, i elektroměry se pořád vyvíjejí. Obecně se u každého měřicího přístroje snažíme o co nejlepší vlastnosti. Zejména jde o přesnost a spolehlivost měření. Dále o co nejmenší rozměry a v neposlední řadě o životnost přístroje.

První elektroměr, který zkonstruoval T. A. Edison, byl galvanického typu a měřil stejnosměrný proud, jenž byl historicky prvním využívaným druhem proudu. Fungoval na principu průchodu elektrického proudu elektrolytem mezi dvěma přesně zváženými deskami. Při průchodu proudu přecházely galvanicky ionty kovu z jedné desky na druhou podle velikosti proudu. Množství odebrané energie se potom spočetlo z rozdílu vah desek. [1]

Elektroměry na střídavý proud pracovaly po většinu 20. století téměř výhradně na Ferrarisově principu točivého magnetického pole. Tyto tzv. indukční elektroměry se používají pro měření spotřeby elektrické energie ve střídavých jednofázových i třífázových sítích. Třífázový elektroměr pro čtyřvodičovou síť má tři magnetická ústrojí (vlastně tři jednofázové elektroměry) působící na tři nebo dva hliníkové kotouče na společné ose. Indukční elektroměry v průběhu času mírně měnily tvar, rozšiřovaly se jejich funkce a zvyšovala přesnost, ale princip zůstal stejný. Používají se ještě dnes, i když jsou v poslední době postupně nahrazovány elektroměry elektronickými. [1]

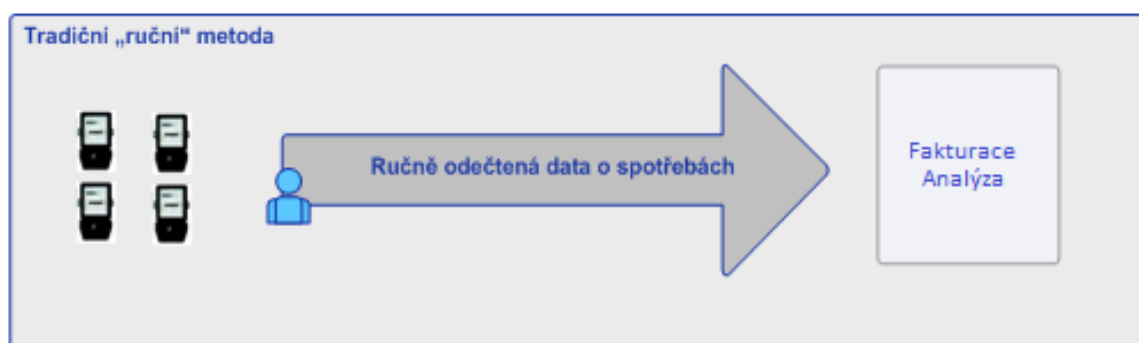
Elektronické (digitální) elektroměry mají v 21. století v měření elektrické energie hlavní roli. Nefungují již na Ferrarisově principu, ale mají svoje obvody pro snímání napětí a proudu. Obvod pro snímání napětí je řešen jako odporový dělič a obvod pro snímání proudu je řešený jako proudový transformátor nebo proudový bočník. Takto získané analogové signály jsou převedeny přes A/D převodník na signál digitální, který dokáže zpracovat mikroprocesor, který naměřená data dále zpracovává. Tyto elektroměry se zpočátku využívali pro měření, kde byly požadovány velké nároky přesnosti např. u nepřímého měření VN a VVN, které bylo realizováno přes měřicí transformátory. V dnešní době se již využívají pro všechny typy měření.

Digitální elektroměry díky mikroprocesoru dostává mnoho funkcí navíc oproti elektroměrům indukčním. Mikroprocesor provádí výpočty, obsluhuje displej, snímá tarifní vstupy, komunikuje, a vybrané hodnoty a údaje ukládá do paměti a přizpůsobuje vlastnosti elektroměru požadavkům a potřebám uživatele. Tyto elektroměry pracují v sítích chytrého měření- smart metering. Tento systém se využívá mimo zjištění spotřeby také k měření odběru/ dodávky nebo k řízení odběrného místa. Na tomto měření je postaven základ chytré energetické sítě Smart grid. V tomto systému se ovládá výroba i spotřeba elektrické energie v reálném čase.

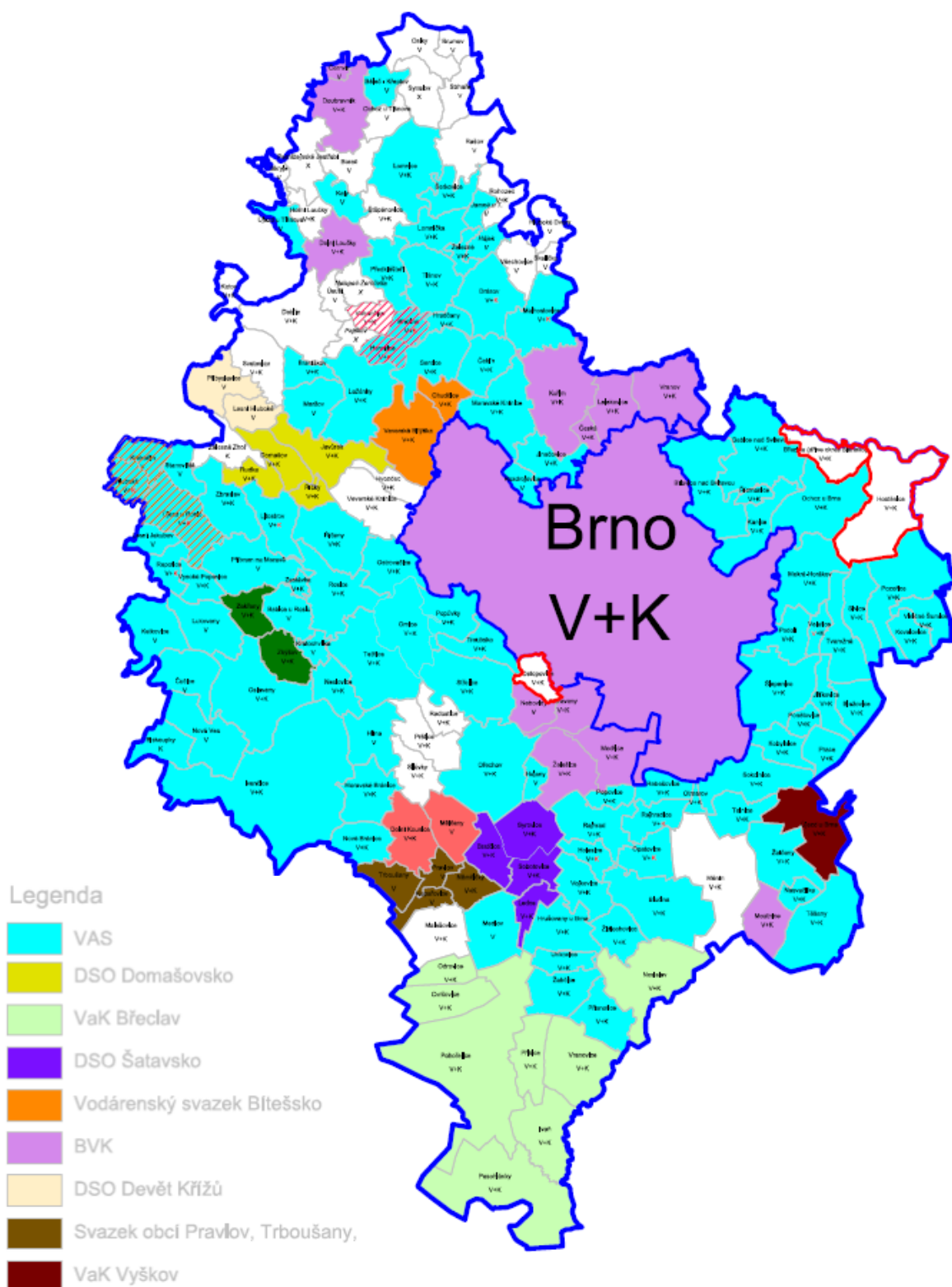
2 CHARAKTERISTIKA SOUČASNÉHO STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Současný stav je takový, že Vodárenská a.s., Divize Brno-venkov provozuje v současné době vodovodní síť o délce přes 800km. Vodu do této sítě je dodává 36 zdrojů a úpraven vody. Kanalizační síť svou délkou přesahuje 500 km a odvádí komunální odpadní vodu do 27 čističek odpadních vod. [5]

Vodárenská a.s. provozuje v Brně a blízkém okolí na 130 objektů, které jsou nutné pro zajištění chodu této vodovodní a kanalizační sítě. Tyto objekty obsahují zhruba 290 elektroměrů. Počet elektroměrů se každoročně zvyšuje. Pro rok 2016 se počítá se zvýšením jejich počtu na cca 330. Momentálně tyto objekty mají měření spotřeby elektrické energie pomocí různých typů elektroměrů, od novějších elektronických po staré elektroměry na principu točivého magnetického pole. Nejvzdálenější objekt je 35km od sídla společnosti, kde se data vyhodnocují. Odečet probíhá manuálně. Pracovník určený k odečtu měřených hodnot pravidelně objíždí měřené objekty a ručně zapisuje naměřené hodnoty. Tyto hodnoty posléze přepíše do elektronické podoby a soubor hodnot odevzdá k analýze na sídlo společnosti. Tam probíhá vlastní rozbor odečtených dat, který obsahuje například porovnání s predikovanou spotřebou elektrické energie.



Obr. 2-1 Schéma stávajícího odečtu měření- upraveno autorem [2]

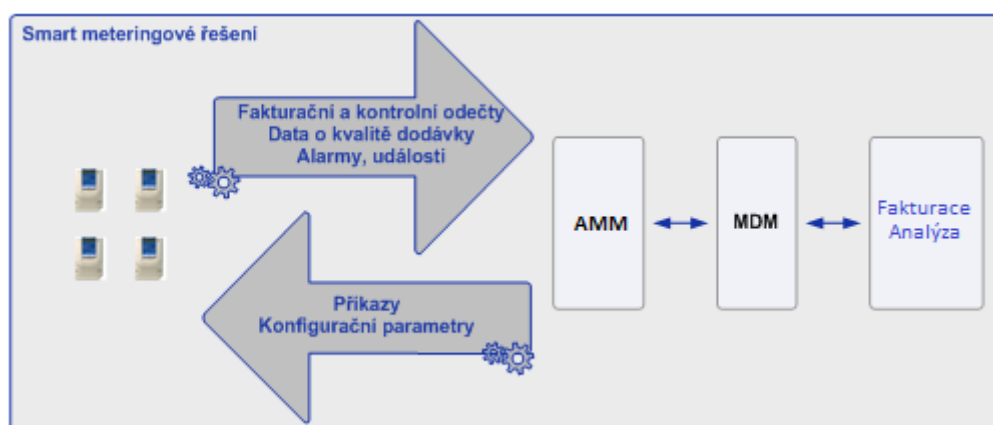


Obr. 2-2 Mapa území Brno venkov, které obsluhuje VAS (vyznačeno světle modře) - upraveno autorem [11]

3 CÍLE PRÁCE

Úkolem této práce je navrhnout inovaci v měření elektrické energie na rozptýlených vodárenských objektech. Stávající systém manuálního odečtu je nevyhovující z mnoha důvodů. Ručně zapsaná data a mnohonásobné přepisování zvyšuje možnost výskytu chyby. Dále je nedostatečná frekvence odečtů naměřených hodnot z elektroměrů. Doba mezi odečty z elektroměrů je příliš dlouhá na to aby se odhalilo případné plýtvání elektrickou energií.

Cílem inovace je zautomatizovat odečet spotřeby elektrické energie a nahradit tak lidský faktor při odečítání energií. Půjde o tzv. Submetering. Mimo jiné odstraníme možnost vzniku chyby lidského faktoru při odečtu a ušetříme náklady na personál, který vykonával odečet z elektroměrů. Data z elektroměrů se budou posílat ve stanoveném intervalu do dispečinku, který je realizován systémem Retos.net Ten patří k programům kategorie SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) a HMI (Human Machine Interface). V tomto systému bude probíhat porovnání s predikovanými daty a v případě vyšší odchylky spotřeby než bude povolené, podá obsluze dispečinku varovné hlášení. Toto opatření omezí technické a netechnické ztráty energií a eliminuje možnou finanční ztrátu na minimum. Tímto opatřením můžeme také eliminovat možnost černého odběru z rozptýlených objektů.



Obr. 3-1 Schéma inovovaného odečtu měření- upraveno autorem [2]

Smart meteringový systém bude rozdělen do několika vrstev [2]

1. Vrstva měřící sítě. Součástí vrstvy jsou chytrá měřidla a datové koncentrátoři.
2. Vrstva komunikace. V této vrstvě jsou zahrnuta komunikační zařízení zajišťující spojení měřící sítě s datovým centrem.
3. AMM (automatic meter management) systém. Jde o softwarové řešení nainstalované v datovém centru, které zajišťuje správu měřidel a měřící sítě a řídí komunikaci.
4. MDM (meter data management) systém. Jde o datový sklad, kde se ukládají naměřená data, provádí se kontrolování a analýza dat.
5. Vrstva vyšších systémů, jako například fakturace v systému SAP nebo analýza nákladů apod.

4 SMART SYSTÉM S ELEKTROMĚŘY

Smart metering systém nám umožňuje odečítat z prakticky neomezeného počtu elektroměrů, ukládat a analyzovat data na dálku v reálném čase. Na základě takto z analyzovaných dat můžeme měřicí prvky řídit z dispečingu.

Smartmeteringové systémy se dělí podle jejich funkcí do několika skupin:

1. Systém AMR (Automatic Meter Reading) – Tento systém umožňuje pouze odesílání změřených dat z elektroměrů do datové centrály. Jde tedy pouze o jednosměrnou komunikaci. Vede ke snížení nákladů na zaměstnance, který obchází měřené hodnoty a vykonává tzv. sčítání elektřiny- manuálně zapisuje hodnotu spotřebované elektřiny.
2. Systém AMM (Automatic Meter Management) – Tento systém umí obousměrnou komunikaci mezi elektroměrem a dispečinkem. Z dispečingu pak na základě těchto dat můžeme provádět zásah přímo do vrstvy měření. Jde například o odpojení měřeného místa, nebo změnu konfigurace měřícího přístroje.
3. Systém AMI (Automatic Meter Infrastructure) – Tento systém je rozšíření systému AMM o přímé ovládání jednotlivých spotřebičů na měřeném místě z dispečinku. Využit lze například u čističky odpadních vod.

4.1 Vrstva měřící sítě

Tato vrstva je umístěna přímo v měřeném objektu. Zahrnuje elektroměry, a datové koncentrátoři a v případě, že se v objektu bude nacházet více, než jeden elektroměr bude v objektu nainstalován systém sběrnic, např. RS485, který bude sloužit k propojení elektroměrů s datovými koncentrátoři. Data z elektroměrů se odesílají do datových koncentrátorů po sběrnici ve zvoleném intervalu. Další možnosti komunikace mezi elektroměry a koncentrátoři je možnost posílání dat po silovém vedení signálem o vyšší frekvenci (PLC) nebo vytvořením bezdrátové RF sítě. Koncentrátoři pak zvolenou cestou zasílají data měřeného profilu do dispečinku.

4.1.1 Elektroměry

Pro měření v síti chytrého měření se používají moderní statické elektroměry. Měření zde nevychází z počtu otáček rotoru indukčního motorku, ale vychází z počtu impulzů elektronického wattmetru. Počet impulzů se převádí na hodnotu proudu přes konstantu elektroměru. Ta se udává v impulzech/kWh. Základem každého statického elektroměru je mikroprocesor, který zastává všechny hlavní funkce. Měření obsahuje kromě měření spotřeby také údaje o parametrech sítě. Zapojení elektroměru je provedeno podle velikosti měřeného proudu buď přímo, nebo nepřímo přes měřicí transformátory.

4.1.1.1 Blokové schéma statického elektroměru pro systém AMR

Prizpůsobovací členy- sít'ové napětí a odebírané proudy jsou transformovány (zeslabovány nebo zesilovány) na hodnoty vhodné k elektronickému zpracování elektroměrem.

Převodník proudu na napětí- převodník vytváří napěťový signál přímo úměrný měřeného proudu.

Násobička- násobička je zesilovač, který vytváří proudový signál který je úměrný činnému výkonu- součin vstupních napěťových signálů reprezentujících napětí a celkový odběr proudu.

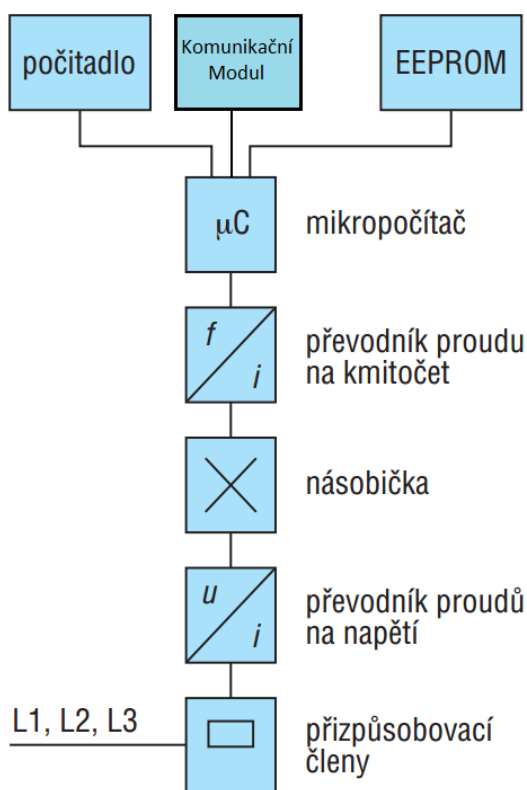
Převodník proudu na kmitočety- převádí proudové signály zastupující činný a jalový proud na odpovídající impulzní signály. Tyto impulzní signály se převádí s konstantou elektroměru na odpovídající spotřebu elektrické energie v kWh.

Mikropočítač- mikroprocesor provádějící výpočty spotřeby a přepínání tarifů elektroměrů.

Počítadlo- zobrazovací rozhraní, které udává data o spotřebě elektrické energie a ostatní informační údaje například aktuární tarif odběru. Například LCD displej.

Komunikační modul- zajišťuje jednosměrnou komunikaci s datovou centrálou- odesílání dat z elektroměru.

EEPROM- Paměť uchovávající naměřená data za stanovené období.



Obr. 4-1 Blokové schéma elektroměru pro měření typu AMR- upraveno autorem [1]

4.1.1.2 Blokové schéma statického elektroměru pro systém AMM

Chytré elektronické elektroměry jsou moderní měřidla určená pro použití v systémech AMM nebo AMI. Jejich hlavní funkcí je monitorování, kontrolu a ovládání elektrické energie v měřeném objektu. Tyto elektroměry umožňují archivaci mnoha provozních údajů a mohou být osazeny komunikačním modulem pro obousměrný přenos dat na dálku [3].

Mikroprocesor

Plní všechny hlavní funkce elektroměru. Provádí všechny výpočty a operace přístroje. Obsahuje A/D převodník který digitalizuje naměřený analogový signál na digitální který pak mikroprocesor dále zpracovává. Dále řídí interní hodiny reálného času, vyhodnocuje tarifní vstupy, zápisy měřených hodnot do paměti EEPROM, obsluhuje komunikační rozhraní, podřízené měřící přístroje atd. [3].

Napájecí zdroj

Zajišťuje napájení bloků elektroměru- mikroprocesoru, LDC displeje, komunikačních modulů atd. Většinou se jedná o spínaný zdroj. V případě výpadku napájení spínacím zdrojem je v elektroměru umístěn záložní zdroj energie v podobě baterie[3].

Napětový snímač

Je realizován jako napětový dělič. Analogový signál z výstupu děliče je přiváděn do A/D převodníku [3].

Proudový snímač

Realizuje se jako transformátorem proudu. Proud z transformátoru je přiveden na měřící rezistor, na kterém vznikne úbytek napětí. Toto napětí je přes zesilovač přivedeno na A/D převodník [3].

Paměť

Používá se paměť typu EEPROM, ukládají se zde naměřené hodnoty [3].

Přepětová ochrana

Chrání elektroměr proti přepětí, které by mohlo zničit jeho citlivé bloky, např. mikroprocesor nebo komunikační moduly [3].

Komunikační rozhraní

Je většinou realizováno pomocí různých komunikačních modulů, které jsou galvanicky odděleny od elektroměru. Funkcí modulu je řídit komunikaci AMM- přenos dat z/do elektroměru. Moduly komunikují po GSM/GPRS, PLC, Ethernet, RS485, M-BUS nebo RF rozhraní [3].

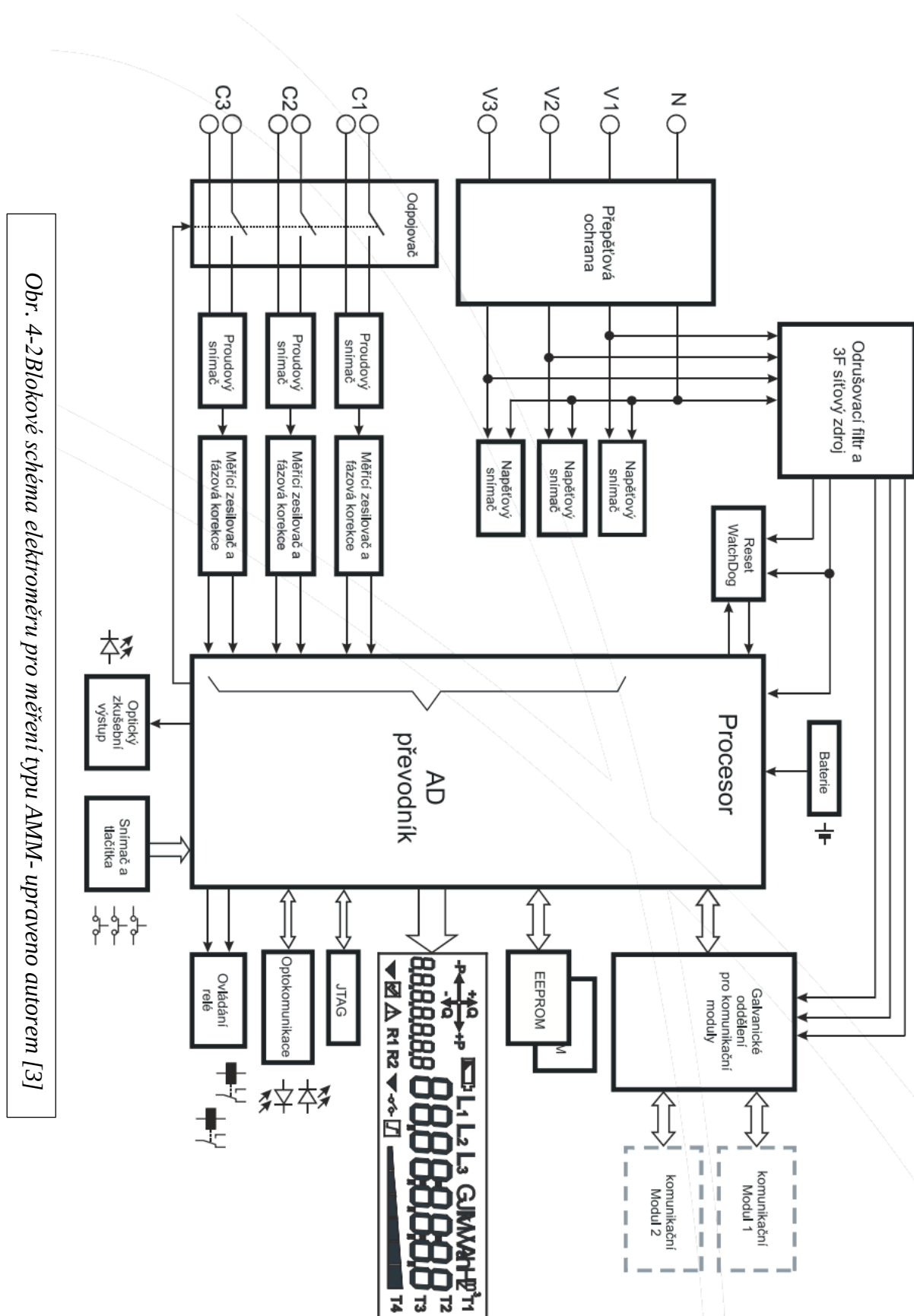
Odpojovač

Slouží k rozepnutí obvodu za elektroměrem. Funguje jako dálkové ovládání měřeného obvodu z dispečingu [3].

LCD displej

Zobrazuje různé měřené hodnoty nebo parametry nastavení zvolených uživatelem, jako je například převládající směr toku energie, stav baterie, indikace přítomných fází, aktivní tarif a aktuální spotřeba, stav odpojovače atd. Ovládá se pomocí tlačítek [3].

Elektroměry pro AMM obsahují mnoho dalších funkčních bloků. Některé z nich můžeme vidět na blokovém schématu elektroměru pro AMM ZPA 350 viz. Obr. 4-2.



Obr. 4-2 Blokové schéma elektroměru pro měření typu AMM - upraveno autorem [3]

4.1.2 Datové koncentrátoři

Datové koncentrátoři zajišťují tzv. sběr dat z měřících zařízení a to ve zvoleném intervalu. Tyto data pak posílá zvoleným způsobem do dispečinku. Základem tohoto zařízení je deska s mikroprocesorem, na kterém běží operační systém. Ten se stará o průběžné výpočty a je zodpovědný za komunikační výstup. Koncentrátor je podle zvoleného typu schopen obsloužit až stovky elektroměrů. Jejich konečný počet je limitován zvoleným typem sběrnice a počtem přenesených dat. Pro přenos pomocí PLC je omezení hlavně z hlediska datového přenosu- počet měřících zařízení se v tomto případě pohybuje od 10-500 měřících přístrojů na data koncentrátor. Pro zajištění spolehlivosti v případě výpadku napájení je data koncentrátor vybaven externím napájením procesoru (generátor času) baterií [4].

4.1.2.1 Funkce data koncentrátoru

1. Směrovač/opakovač

Nejdůležitější funkcí data koncentrátoru je obousměrný přenos dat z měřících zařízení do dispečinku. Data koncentrátor musí přijmout data z podřízených měřidel po jednom typu komunikace a odesílat data do dispečinku po druhém typu komunikace. Také musí být schopen posílat řídicí data z dispečinku zpět k měřícím zařízením. Data koncentrátor může být také použit jako opakovač (router) příkazů nebo podle potřeby jako směrovač RF komunikace [4].

2. Služby

Data koncentrátor přijímá z dispečinku skupinové a plánované příkazy. Po přijetí těchto příkazů data koncentrátor zařadí tyto příkazy do plánovače úloh a zahajuje proces odesílání těchto příkazů po sběrnici. Tyto příkazy se posílají dle typu použité sběrnice jako broadcast nebo unicast. Broadcast (šíření signálu po celé síti) se využívá u komunikace po sběrnici typu PLC, RS485, M-BUS. Unicast (komunikace s jednotlivými uzly) se používá zřídka u sběrnice typu M-BUS [4].

3. Koncentrace dat

Odečet dat koncentrátor provádí periodicky, podle plánu. Odečtená data jsou buď ihned přeposílána nebo se ukládají do paměti koncentrátoru a odesílají se do dispečinku hromadně například v komprimované podobě. Důležitými parametry je také sběr údajů o monitorování parametrů komunikace. Z těchto údajů lze vyčíst například rychlost komunikace nebo dobu odezvy [4].

4. Další funkce

Mezi další funkce patří záznam událostí a například poplachová hlášení. Poplachová hlášení jsou přiřazena definovaným událostem např. otevření krytu, pokles měřených hodnot napětí, překročení povolené teploty atd. Při tomto hlášení se odešle do dispečinku signál, který obsahuje informaci o typu události s časovým razítkem [4].

4.2 Architektura komunikační infrastruktury

Další vrstvou smartmeteringového systému je vrstva komunikace. Nejdůležitější požadavky na tuto vrstvu spočívá ve zvolení správné infrastruktury komunikační sítě a výběru vhodného způsobu bezdrátové komunikace. Jeden z nezanedbatelných faktorů je také ekonomická vhodnost.

4.2.1 Síť typu BOD-BOD

Jedná se o nejjednodušší, dvouvrstvý způsob architektury komunikace mezi elektroměry a dispečinkem. Dispečink komunikuje přímo s jednotlivými koncovými body. Komunikace probíhá přes GSM. V obousměrné komunikaci systémů AMM je vhodné nasadit GPRS, 3G nebo 4G technologii. Největší výhodou je jednoduchost a bezpečnost této architektury. Při vyřazení jednoho prvku z provozu bude zbytek sítě fungovat dál bezproblémově. Nevýhodou je vysoký počet komunikačních jednotek, tudíž také nastává problém se správou velkého počtu SIM karet v případě využití komunikace pomocí GSM. V případě, že má elektroměr k dispozici připojení k síti Internet, je výhodnější posílat data touto cestou [8].

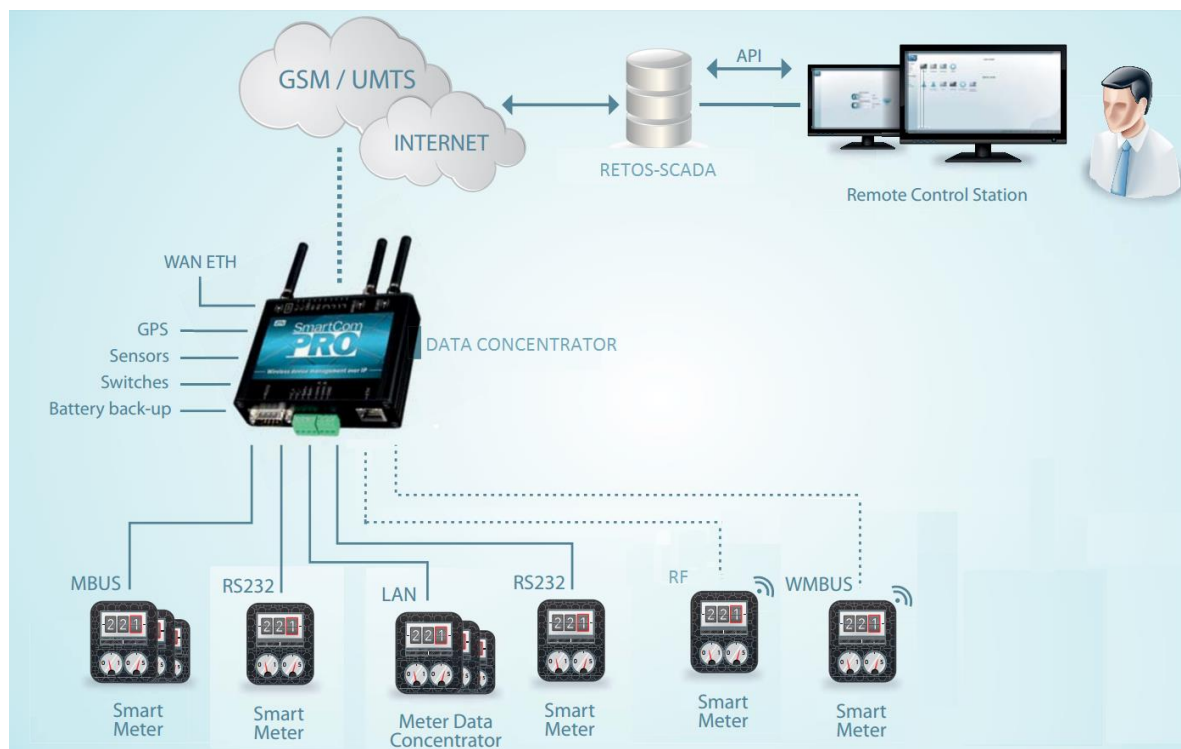
4.2.2 Síť s komunikačními uzly- koncentrátoři

Komunikační síť je většinou vícevrstvá. Nejpoužívanější počet vrstev jsou tři, kdy dispečink komunikuje s inteligentním komunikačním uzlem- koncentrátorem. Ten zajišťuje zpracování a vykonání požadovaných akcí, jako je například odečet, vypnutí nebo změna tarifu na podřízených měřicích přístrojích.

Použití koncentrátoru je vhodné zejména v místech s vysokou hustotou měřicích přístrojů. V tomto případě je použití této sítě ekonomicky výhodnější než komunikace typu BOD-BOD. Další výhodou je jistá nezávislost na dispečinku v případě krizových situací. Nevýhodou je vyšší ekonomická náročnost v případě použití méně měřicích přístrojů. Další nevýhodou je ztráta dat z většího množství v případě závady na koncentrátoru [8].

4.2.3 Kombinovaná architektura

Tento typ architektury spočívá v kombinaci dvou předchozích architektur. Při aplikaci této architektury se berou v potaz technické a ekonomické parametry. Koncentrátory využijeme u míst s vysokou hustotou odběrných míst, v našem případě například na čističce odpadních vod. V případě místa s nízkou hustotou odběrných míst použijeme komunikaci BOD-BOD. Nevýhodou je vyšší složitost systému, naopak výhodou je ekonomická úspora [8].



Obr. 4-3 Schéma komunikačního systému s koncentrátorem SmartCOM PRO- upraveno autorem [6]

4.3 Řídicí systém AMM

Jedná se o komunikační a datový server pro AMM a AMR měřidla. Zajišťuje správu měřidel a měřicí sítě a řídí komunikace. Většinou jde o sofistikovaný systém, který se nespécializuje pouze na jeden typ měřidel. Může obsluhovat celou škálu různorodých měřících přístrojů např. vodoměry, plynoměry, měřiče, tepla atd.. Bývá navržen modulárně z důvodu možnosti rozšiřování počtu měřidel do budoucna.

Řídicí systém by měl podporovat pokud možno všechna používaná komunikační rozhraní a protokoly využívaná v oblasti AMM v současnosti s možností doplnit systém o nové typy protokolů.

4.3.1 Vlastnosti řídicích systémů

Nejdůležitější vlastnosti řídicích systémů lze popsat následovně [10]:

Multiutility

Řídicí systém by měl umět obsluhovat univerzálně jakékoliv měřidlo používané pro měření energií. Musí podporovat měření všech používaných typů registrů. Tyto registry jsou rozděleny na registry:

- 1) Číselné hodnoty
- 2) Časové hodnoty
- 3) Znakové hodnoty
- 4) Stavové hodnoty
- 5) Informační hodnoty

Paralelní komunikace

Tento způsob komunikace umožňuje za použití více pomalých komunikačních cest odečítat vysoký počet hodnot.

Nepřetržitý provoz

Řídicí systém by měl být schopen být v provozu 24/7 a mít v případě přerušení napájení možnost přepojit se na záložní zdroj elektrické energie (řešení pomocí UPS).

Bezpečnost dat

Všechny operace provedené v řídicím systému musí být pouze pod uživatelským jménem a heslem. Na úrovni celého systému je nastaven systém uživatelských úrovní. Podle těchto úrovní jsou přiřazena práva k jednotlivým akcím. Na komunikaci měřidlo- koncentrátor- řídicí systém je použito šifrování dané AMM technologií. Řídicí systém musí respektovat požadavky na šifrování různých použitých technologií.

Individualizace

Každý zákazník má odlišné požadavky od systému. Systém by měl mít jistou variabilitu k přizpůsobení se zákazníkovi.

4.3.2 Funkce řídicích systémů

Funkce řídicích systémů lze popsat takto [10]:

Automatické programovatelné úlohy

Jde o jednu ze základních funkcí řídicího systému. Každý úkol lze naplánovat jako okamžitý jednorázový v předem definovaný čas, nebo lze naplánovat úkol periodicky. Úkol se bude vykonávat vždy v předem stanovený čas, třeba po 15ti minutách nebo vždy na začátku měsíce

Úlohy lze rozdělit na:

- 1) Základní AMR úlohy pro sběr odečtů a událostí z měřicích přístrojů
Obsahují úlohy hromadné opakované nebo jednorázové odečty naměřených dat z měřidel, včetně nejruznějších událostí a alarmových hlášení.
- 2) Parametrizace měřicí vrstvy
Obsahuje úkoly pro konfiguraci měřidel a datových koncentrátorů.
- 3) Detekce nových měřidel
Systém umí automaticky rozpoznat nově připojené měřicí přístroje do komunikační sítě.
- 4) Budování datového skladu
Systém ukládá měřená data a události do datového serveru s časovými indexy.

Import dat/ Export dat

Řídicí systém musí umět importovat nebo exportovat naměřená data z/ do okolních systémů např. SAP. Export spočívá ve vytvoření tabulky vybraných záznamů ve zvoleném formátu, např. TXT,RTF,XLS, HTML apod.

4.4 Ukládání a analýza dat- MDM

Tato vrstva zahrnuje server s databází, do které jsou ukládány veškeré naměřené hodnoty a události. Dále obsahuje výpočetní centrum, které se stará o veškeré výpočty a analýzu.

4.4.1 Databáze

Tento systém využívá databáze typu ORACLE, či Microsoft SQL. Uživatel je při tvorbě tabulek omezen pouze výběrem databáze a hardwarem počítače. Při tvorbě tabulek uživatel nepotřebuje znát žádné SQL příkazy. Uživatel využívá pro nastavení a tvorbu tabulek jednoduché dialogy v nástroji průzkumník[8].

Podle zdroje [8] jsou databáze rozděleny následovně:

1) Definiční databáze

Definuje všechny inteligentní měřicí přístroje a koncentrátory. Přiřazuje jim vlastnosti a parametry komunikačního připojení. Tato databáze je uložena v interní SQL databázi.

2) Datové úložiště naměřených hodnot

Obsahuje veškeré naměřené hodnoty získané z měřicích přístrojů. Ty jsou ukládány do SQL databáze. Tyto hodnoty jsou prostřednictvím API (Webservices) k dispozici dalšímu zpracovávání nadřazené vrstvě. Pravidla pro ukládání naměřených dat do databáze je dána definiční databází.

3) Databáze událostí

Jsou zde vedeny všechny definované události v měřicí a komunikační vrstvě. Tyto události jsou členěny dle charakteru do různých typů. Příkladem jsou například alarmy, záznam o činnosti přenosové sítě, změny konfigurace apod.

Z databázových souborů se posléze používají pro tvorbu záznamových souborů. Například záznamové soubory provozu (logy), nebo trendy a bilanční výpočty (reporty).

Pro obrovské množství dat je výhodné tyto data členit do databázových archivů podle času, typu, archivační délky pro další zpracování. Například ukládat samostatně denní měřené profily, měsíční fakturační údaje atd.

4.4.2 Analýza dat

Jde o získání výstupu z naměřených hodnot, které jsou uloženy v databázi. Hodnoty se předávají pomocí API do výpočetního zařízení provádějícího analýzu. Probíhají zde různé výpočty nebo porovnání s předpokládanými hodnotami. Lze vygenerovat například grafy spotřeby v libovolných časových intervalech apod.

4.5 Vrstva vyšších systémů

4.5.1 Systém SAP

Pod vrstvou vyššího systému si můžeme představit například softwarový produkt SAP. Ten slouží k řízení podniku. Jedná se o vysoce sofistikovaný a robustní systém, který se skládá z jednotlivých modulů. Ty jsou podle zdroje [7] následující:

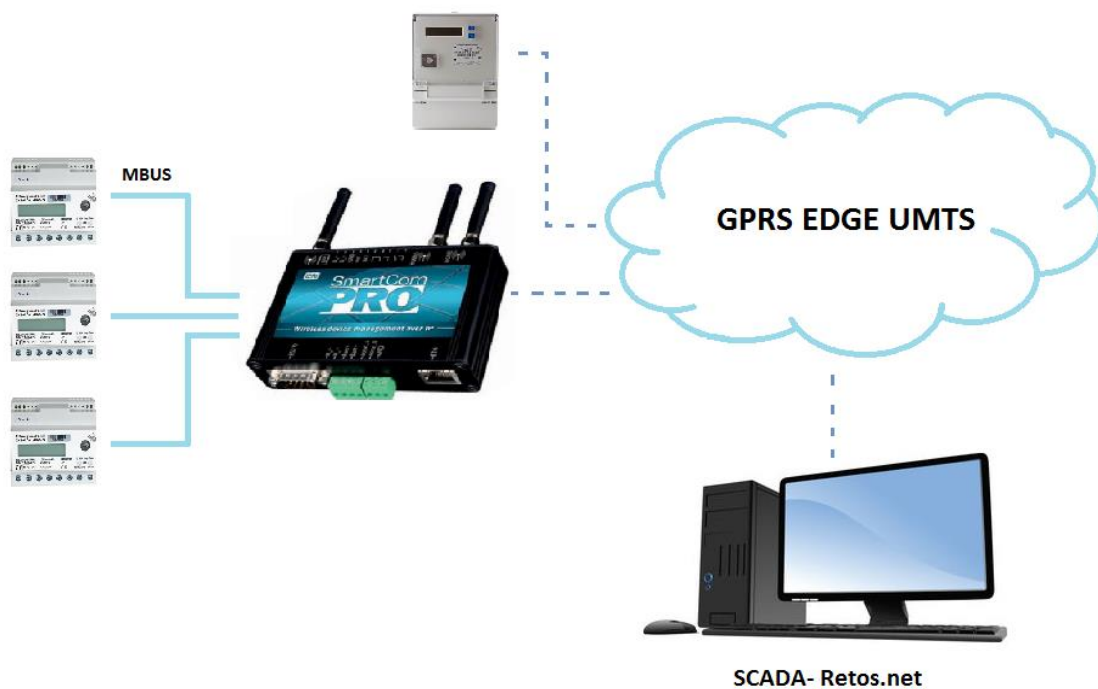
- „FI (*Financial Accounting*) *Finanční účetnictví*“
- „CO (*Controlling*) *Kontrola*“
- „AM (*Asset Management*) *Evidence majetku*“
- „PS (*Project system*) *Plánování projektů*“
- „WF (*Workflow*) *Řízení oběhu dokumentů*“
- „IS (*Industry Solutions*) *Specifická řešení různých odvětví*“
- „HR (*Human Resources*) *Řízení lidských zdrojů*“
- „PM (*Plant Maintenance*) *Údržba*“
- „MM (*Materials Management*) *Skladové hospodářství a logistika*“
- „QM (*Quality Management*) *Management kvality*“
- „PP (*Production Planning*) *Plánování výroby*“
- „SD (*Sales and Distribution*) *Podpora prodeje*“

Z hlediska smart meteringu jde zejména o fakturaci nákladů za energie. Díky podrobnému a častému odečítání hodnot z elektroměrů lze efektivně plánovat výši nákladů za energie v jednotlivých fakturačních obdobích. Automaticky pak tyto náklady implementuje do svého finančního účetnictví.

5 VOLENÁ TECHNOLOGIE

Po konzultaci s Vodárenskou a.s. jsme došli k názoru, že potřebujeme pouze systém s odečítáním hodinového, nebo kratšího profilu hodnot spotřebované energie s eventuální parametrizací měřidel. Proto nám bude dostačovat systém typu AMM. Zasahování do měřených zařízení a celkových technologií byt' i z hlediska odpojení jsme vyhodnotili jako spíše riziko, protože měřená zařízení pracují ve větších a složitějších celcích.

Pokud se na vodárenském objektu bude nacházet pouze jeden elektroměr, je výhodné použít přímo elektroměr se zabudovaným komunikačním modulem, například Smart meter v provedení GSM přenosu typu GPRS. V případě že se v objektu bude nacházet elektroměrů více, je výhodnější naměřená data hromadit v datakoncentrátoru (například 2N SmartCom PRO). Pro komunikaci mezi datakoncentrátorem a elektroměry se v tomto případě bude volit mezi kabelovým vedením RS485, M-BUS nebo bezdrátovým přenosem například WM-BUS. Komunikace centrálního dispečinku a měřicí vrstvy bude zabezpečen buď pomocí GSM modulu s GPRS nebo v případě připojení budovy k internetu můžeme data přenášet pomocí této sítě.



Obr. 5-1 Schéma zvolené topologie dálkového odečtu dat

5.1 Přístroje vybrané pro projekt

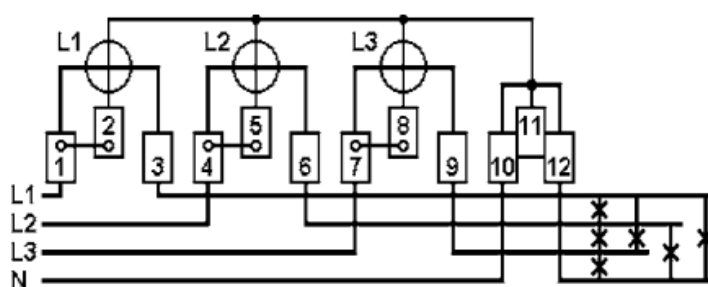
Přístroje byly vybrány na základě požadavků projektu a také s ohledem na dostupnost informací. Vzhledem k univerzálnosti systému Retos.net lze osadit jakékoliv přístroje s vyhovujícími vlastnostmi jiného výrobce.

5.1.1 Elektroměr pro komunikaci BOD-BOD

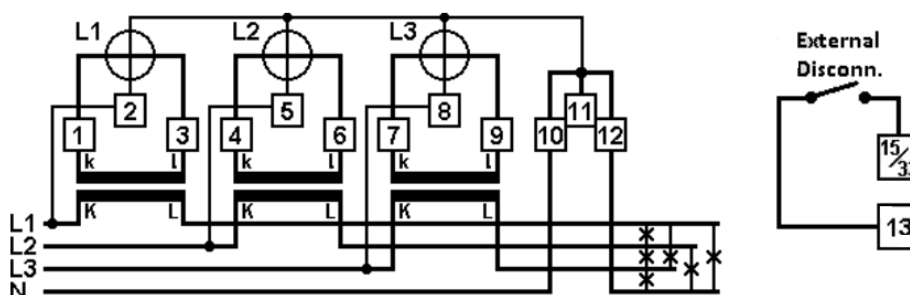
ZPA- AM360 –třífázový AMM elektroměr

Jedná se o moderní měřidlo, které je určené pro použití v systémech AMM pro monitorování, ovládání a kontrolu spotřeby elektrické energie. Elektroměry dokáží archivovat řadu provozních údajů a jsou vybaveny modulem pro dálkový přenos dat a řídicích povelů. Tyto elektroměry jsou konfigurovatelné podle potřeb a požadavků zákazníka. AM360 umožňuje přímé nebo nepřímé měření činné energie v obou směrech (tzn. odběr i dodávka), a měření jalové energie ve čtyřech kvadrantech [3].

Tento elektroměr byl vybrán z důvodu zabudovanému komunikačního GSM modulu. Díky němu dokáže elektroměr komunikovat bezdrátově s dispečinkem bez nutnosti použití dalších přídatných zařízení [3].



Obr. 5-2 Schéma zapojení elektroměru AM360.D pro přímé měření [3]



Obr. 5-3 Schéma zapojení elektroměru AM360.I pro polonepřímé měření [3]

5.1.2 Elektroměr pro komunikaci s koncentrátorem

ZPA-ED310 - třífázový elektroměr na DIN lištu

Jedná se třífázový čtyřtarifní elektroměr pro měření činné energie. Tento elektroměr může být připojen přímo nebo nepřímo. Elektroměr měří a ukládá veličiny pro každý ze 4 tarifů spotřebu i dodávku, a dobu této spotřeby nebo dodávky. Dále maximální proud a maximální výkon, provozní údaje o době provozu a počtu výpadků sítě. Jako podružné údaje měří okamžitou hodnotu činného výkonu a efektivní hodnoty napětí a proudu [17].

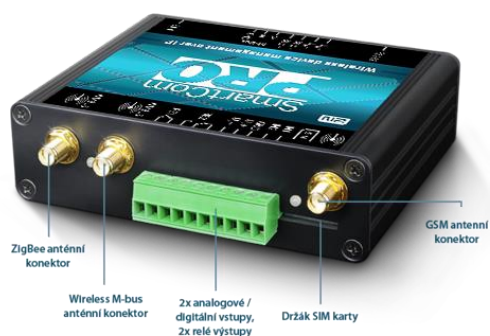
ED310 má programovatelnou časovou konstantu pro převod odebírané energie. Elektroměr může být vybaven výstupem S0. Obvod je galvanicky oddělen pomocí optoelektrického členu, jehož výstup vysílá impulzy, jejichž četnost odpovídá spotřebě elektrické energie. Dále může být elektroměr vybaven komunikačním rozhraním RS485 nebo M-Bus. Rozhraní RS485 je galvanicky odděleno od ostatních součástí elektroměru, a proto vyžaduje napájení z externího zdroje. Napájení M-Bus rozhraní je uskutečněno pomocí dvoudrátového komunikačního spojení [17].



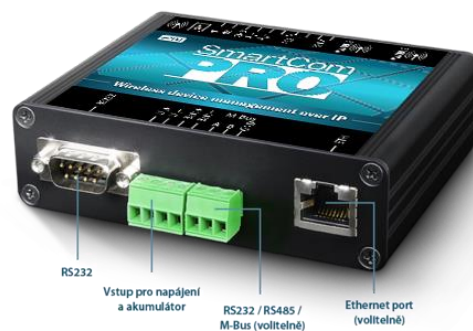
Obr. 5-4 Elektroměr AM360 (vlevo) a ED310 (vpravo)[3][17]

5.1.3 Datakoncentrátor 2N SmartCom PRO

Jedná se o komplexní Machine to Machine (M2M) řešení vyvinuté pro bezdrátovou správu vzdálených systémů a koncových měřicích zařízení. Vytvořením bezdrátového přenosu dat v GSM síti je zajištěno bezpečné a plnohodnotné ovládání vzdálených zařízení. Tento systém umožňuje rozšířené ukládání dat a vytváření programů pro automatické reakce celého systému. Toto řešení umožňuje kompletní centrální správu všech koncových zařízení pomocí vlastní softwarové platformy 2N SmartCom Server. SmartCom Pro podporuje širokou škálu bezdrátových a kabelových komunikačních standardů koncových zařízení. Další funkcí je vzdálené ovládání spínacích prvků, odečet hodnot vstupů a automatické dobíjení baterie [16].



Obr. 5-5 SmartCOM PRO přední pohled[16]



Obr. 5-6 SmartCOM PRO přední pohled[16]

Tab. 5-1 Specifikace SmartCOM PRO [16]

GSM/GPRS	Rozhraní	Volitelné rozhraní	Napájení	Ostatní
GSM modul Sierra Wireless WISMO228	RS232 D-sub 9 pin	Ethernet 100Mb/s	Napájecí adaptér 5-50V DC	Rozměry 100x105x30 mm
Frekvenční pásma GSM 850/ 900/ 1800/ 1900 MHz	RS485, M-Bus, RS232 Zásuvný konektor	Wireless M-Bus 868MHz, 169MHz, 433MHz	Spotřeba Max. 7W	Montáž DIN Rail (volitelně)
GPRS Class 10	2x relé Max. spínací proud: 2A Max. spínací napětí: 250 VAC / 220 VDC Max. spínací výkon: 62.5VA / 30W	IEEE 802.15.4 ZigBee Zigbee Smart Energy profile 6LoWPAN	Záloha napájení Externí 6/12V Pb akumulátor s automatickým nabíjením	Provozní teplota -40°C to + 85 °C
SIM karta Malá 3V/1.8V Anténa 50 Ω SMA konektor	2x nastavitelné vstupy Analogový vstup 0-20mA Analogový vstup 0-10V Digitální vstup s nastavením rozhodovací úrovně S0 pulsní vstup	Ostatní KNX RF, RC 232, TinyMesh		Provozní vlhkost 0 % to 80%

5.2 Komunikační sběrnice v měřící vrstvě

V případě více elektroměrů a použití datakoncentrátoru je nutné navrhnout komunikaci mezi těmito přístroji v měřící vrstvě. S ohledem na podporované komunikační protokoly měřících přístrojů byli vybrány protokoly M-BUS a RS 485.

5.2.1 M-BUS (Meter-Bus)

Jedná se o evropský standart pro dálkové čtení dat z libovolných měřících zařízení, snímačů a akčních členů. Topologie M-BUS je poměrně libovolná. Na sběrnici lze dělat odbočky, větvení atd. Sběrnice nemusí být zakončována různými odpory nebo zakončovacími členy na rozdíl od sběrnice RS485. Propojení sběrnice lze realizovat pomocí šroubových svorek. Protokol M-BUS je navržen pro adresaci maximálně 250 měřících přístrojů. Maximální délka kabelového segmentu je udávána 1000 metrů. Ideální je topologii navrhovat tak, aby šla rozpojit do několika sekcí. To se hodí zejména při servisních zásazích, například pro lokalizování zkratu. Sběrnice podporuje standartní komunikační rychlosti 300 až 9600 bps. Nejčastěji se používá rychlost 2400bps. Tato rychlost bývá výchozí u většiny měřících zařízení [13][14][15].

5.2.2 RS-485

Tato sběrnice se vyznačuje dvou vodičovým propojením jednotek. Maximální délka sběrnice je až 1200m a maximální počet zařízení na lince je 32. Vyššího počtu uzlů (zařízení) lze dosáhnout pomocí opakováčů. Maximální přenosová rychlost je nepřímo úměrná délce vedení. Přenosová rychlost u krátkých vedení do 10 metrů je až 10 Mb/s. Při vyšší vzdálenosti je nutné vedení zakončovat na obou stranách zakončovacími odpory 110 Ω . Výsledná impedance linky je pak 55 Ω . Důvodem připojení těchto odporů je zabránit odrazům signálu od konce vedení a napomáhají zvýšit odolnost linky proti rušivým signálům [12].

5.3 Přenos dat mezi měřící vrstvou a dispečinkem

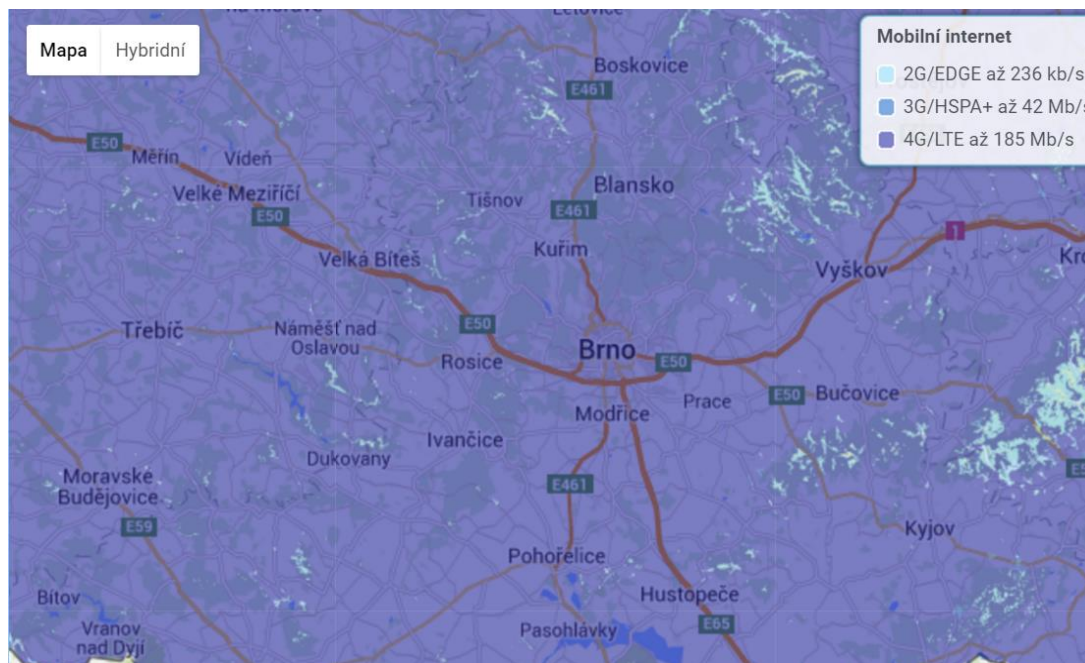
Z důvodu velkých vzdáleností mezi měřenými objekty a centrálním dispečinkem bude datový přenos naměřených hodnot prováděn pomocí sítě GSM některého z tuzemských operátorů. Každý z elektroměrů bude obsahovat vlastní sim kartu, která bude mít aktivovaný datový tarif.

Momentálně máme k dispozici tyto možnosti přenosových sítí [18]:

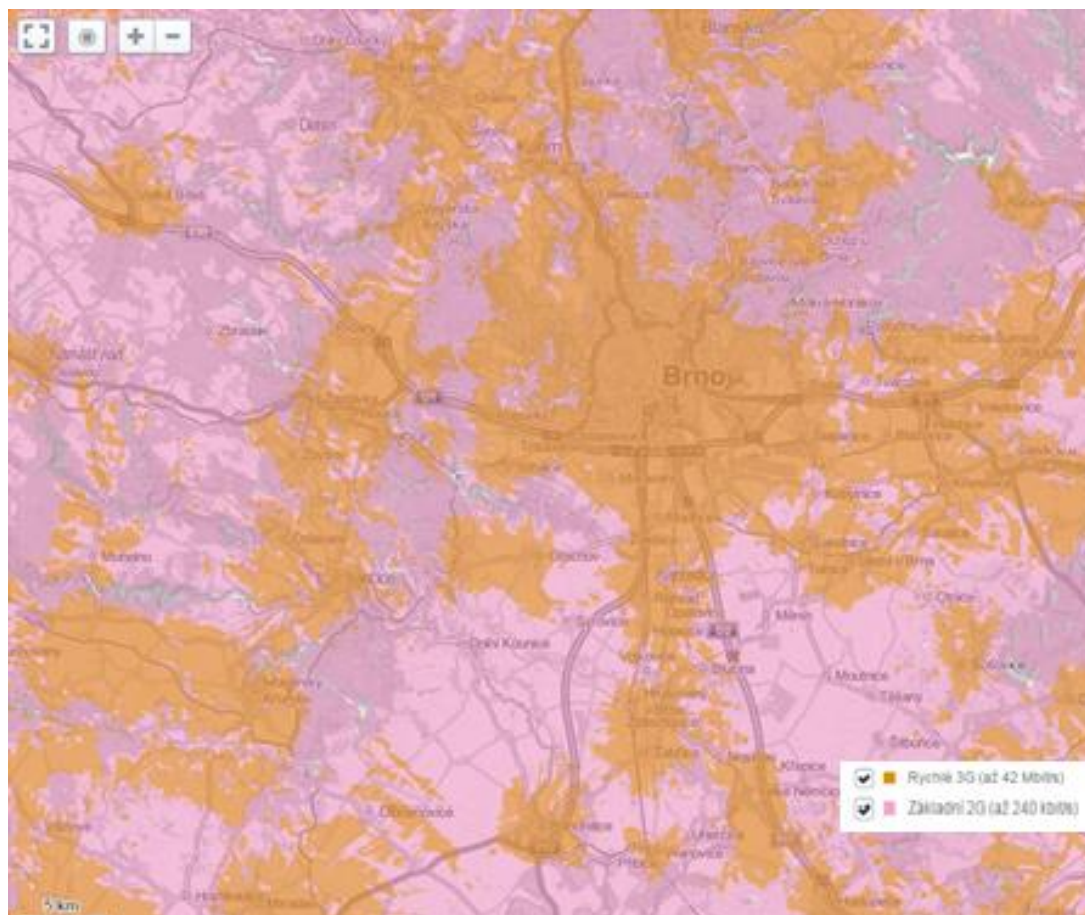
- 2G GSM: 9,6 kbps
- 2.5G GPRS: až 52 kbit/s
- 2.75G EDGE: až 384 kbit/s
- 3G UMTS: až 384 kbit/s
- 3.5G HSDPA: až 14 Mbit/s
- 3.9G LTE: až 326 Mbit/s
- 4G LTE Advanced: až 1 Gbit/s

5.3.1 Porovnání pokrytí území tuzemskými operátory

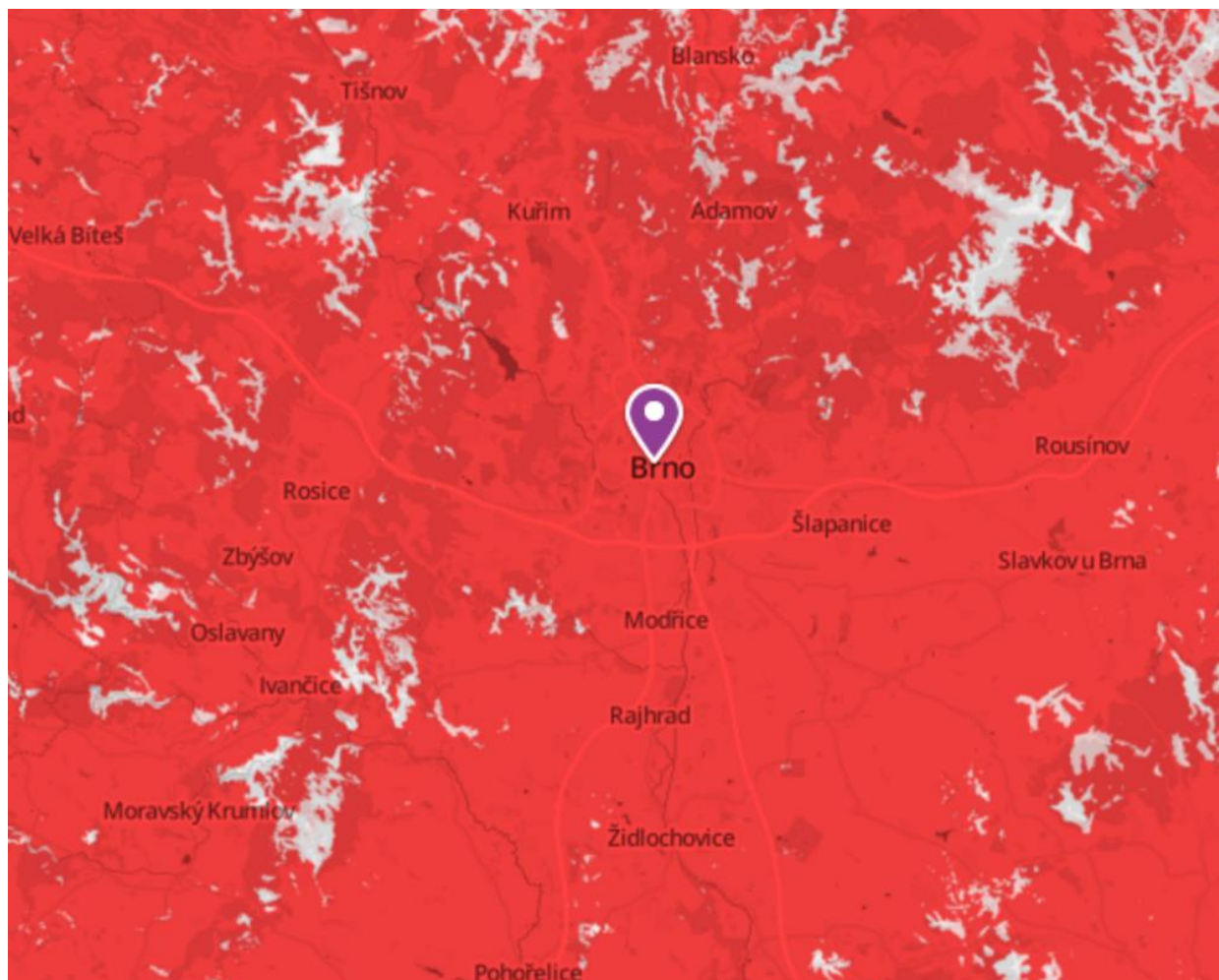
Z dostupných map pokrytí signálem jednotlivých operátorů jsme zjistily, že nejlepší pokrytí mobilním internetem má pravděpodobně O2 a T-mobile, u operátora Vodafone můžeme vidět drobné místa bez signálu hlavně u lokality Ivančice a okolí.



Obr. 5-7 Mapa pokrytí území mobilním internetem operátora O2 [19]



Obr. 5-8 Mapa pokrytí území mobilním internetem operátora T-mobile [20]



Obr. 5-9 Mapa pokrytí území mobilním internetem operátora Vodafone [21]

5.4 Zpracování dat- Centrální dispečink Retos.net

Zpracování změřených dat bude mít na starost systém Retos.net, který je nainstalován v ředitelství Vodárenské a.s. Zde budou data přijímány, tříděny a ukládány do datového úložiště naměřených hodnot.

Celá tato kapitola má jako zdroj dostupné materiály firmy Q-line [8].

5.4.1 Obecné informace

Tento program patří do kategorie SCADA a HMI. Díky univerzálnímu a chytrému řešení SCADA jádra je vhodný pro řadu telemetrických aplikací. Dokáže ovládat a monitorovat technologické systémy od jednoduchých celků, které čítají pouze desítky řídicích bodů, až po složité technologické komplexy, které se skládají z několika místních center, a obsluhovat nebo monitorovat desítky tisíc signálů. Retos.net nabízí uživateli i přes různé technologie podávat uživateli jednoduchý a stejnorodý pohled na veškeré měřená nebo vypočtená data z různých zdrojů. Toto SCADA jádro, můžeme označit systémovou stanicí, která běží jako soubor služeb v rámci operačního systému Windows. Jádro provádí sběr dat a ukládá tyto data do databáze- např. MS SQL. S touto databází pracují jednotlivé funkční moduly, které jsou nainstalovány u konečného uživatele.

5.4.2 Operační systém

Jako nosná platforma pro program Retos.net je počítač se standardní konfigurací s operačním systémem Windows XP nebo novější. Kritérium je podpora technologie NET 3.5. Všechny moduly běží jako služby na pozadí operačního systému.

5.4.3 Databázové systémy

Všechny hodnoty se archivují v databázích. V současné době Retos.net pracuje se standardními databázemi, jako jsou ORACLE či MS SQL. Při tvorbě databází je uživatel omezen pouze hardwarem PC a typem databáze.

Retos.net používá pro svou činnost tyto 3 základní datová úložiště:

Definiční databáze

Zde jsou uloženy definice všech zařízení- RTU, PLC a s nimi spojené veličiny. Dále jsou zde uloženy jim přiřazené parametry komunikačního připojení.

Datové úložiště měřených hodnot

Všechna data získaná z měřících zařízení jsou ukládána do SQL databáze, kde jsou pomocí API k dispozici nadřazené vrstvě pro další zpracování. Pravidla pro zápis jsou uložena v definiční databázi.

Databáze událostí

Jedná se o tzv. deníky, ve kterých jsou evidovány všechna nepravdivá data získaná ze přenosového systému. Podle typu události jsou členěna na alarmy, změny konfigurace, data o činnosti sítě atd.

Ukládání dat do databáze je řízeno modulem Retos Archiver. Databázové soubory jsou ukládány buď synchronně (periodicky), nebo asynchronně při vzniku definované události. Pro optimální provoz je vhodné s přihlédnutím na množství archivovaných dat vhodně členit data do archivů podle času, typu a archivační hloubky. Vhodné je ukládat samostatně např. denní a měsíční profily.

5.4.4 Základní pracovní verze Retos.net

Program Retos.net je podle způsobu použití nasazován ve 3 základních pracovních verzích, a to SCADA server, Manažerská stanice a Dispečerská stanice. Minimální konfigurace serverové části je složena z několika služeb a driverů běžících na pozadí operačního systému. Pro činnost samotného SCADA jádra není nutné samotné přihlášení uživatele. Tento systém umí samostatně reagovat na automatické odstavení operačního systému. Jádro a na něm závislé programy spadají pod program Watch dog, který hlídá jejich činnost, a v případě chyby se pokouší periodicky o nápravu.

5.4.5 Základní uživatelské části:

Průzkumník – Retos Explorer

Jedná se o nástroj pro správu technické infrastruktury. Definuje celý systém. Zajišťuje nastavení všech PLC/RTU zařízení a jeho pozici v systému. Také určuje všechny procesní a měřené veličiny, jejich vlastnosti, požadavky na zpracování, rozřazení do skupin, jejich sledování, definici rozřazovacích cyklů apod. Dále určuje jednotlivé měřené a procesní veličiny, jejich vlastností, požadavky na zpracování, přiřazení do skupin, zařazení do sledování, zařazení do archivačních cyklů apod.

WMag-vizualizační program

WMag slouží k zobrazení animací provozních schémat, které zobrazují aktuální stav technologie. Uživatelům umožňuje vykonávat změny přímo v řízené technologii. Provozní stavy technologie jsou zobrazovány pomocí číselných hodnot, barev, tabulek nebo grafech. Tento vizualizační program dokáže zobrazovat alarmové hlášení přímo v technologických schématech.

TrendView

Tento nástroj se využívá k zobrazování trendů naměřených dat za zvolené časové období.

EventView

Jedná se o intranetový prohlížeč veškerých provozních událostí v technické topologii sítě i interních událostí Retos. Je vybaven výběrovými fitry a možností vyhledávat v událostech pomocí zadání klíčových slov a časovou navigací.

Plánovač/scheduler

Plánovač se stará o plánování spouštění programů nebo vnitřních modulů Retos. Tento program se stará například o plánování sběru dat z měřících zařízení nebo jiné řídicí sekvence. Řídící příkazy jsou soubor povelů se stanoveným cyklem.

Alarmový systém

Varovné hlášení Retos je vytvořeno, pokud některá ze sledovaných veličin překročí dovolenou odchylku. Pomocí alarmového výpisu může uživatel přehledně tato hlášení sledovat. Kromě upozornění v dispečinku můžeme nastavit přeposlání varovného hlášení textovou formou pomocí SMS zprávy na mobilní telefon nebo e-mailem.

Archivační systém- Retos archiver

Podle nastavení proměnných vedených v definiční databázi, provádí Retos průběžné ukládání informací získaných z primárních technologických systémů do databázových tabulek. Data jsou ukládána buď synchronně (periodické tabulky) nebo také asynchronně při vzniku definované události (tabulky událostí).

Výkazy, reporty, protokoly – intranetová aplikace pro zobrazování dat z provozní databáze, kterou vytváří archivační systém.

5.4.6 Retos.net – SCADA/HMI - základní části různých pracovních verzí

5.4.6.1 SCADA server – systémová stanice

Systémová stanice obsahuje bezobslužné SCADA jádro s databázemi. Získaná provozní data, která byla předána telemetrickými systémy jsou monitorována a ukládána do společného datového úložiště. Obvykle je vytvořen intranetový portál dispečinku, který provozní data poskytuje oprávněným pracovníkům.

Základními moduly jsou kromě jádra SCADA a aplikačních interface:

Soubor ovladačů RTU - PLC,

OPC DA server

Retos Web Portal

5.4.6.2 Dispečerská stanice

(„Tlustý klient“)

Tato pracovní verze Retos je souborem aplikací, které jsou provozovány pod operačním systémem Windows. Tyto aplikace zastupují uživatelské funkce SCADA.

Obvykle se skládají z programů:

Vizualizace - procesní schémata s ovládáním

Alarmový deník

Deníky událostí

Průzkumník - správa technické infrastruktury

Editor vizualizace

Prohlížeč trendů

5.4.6.3 Manažerská stanice

(„tenký klient“)

Jedná se o soubor funkcí dispečerského portálu. Jde o stejné uživatelské funkce jako dispečerského portálu, ale není zde možnost ovládání a konfigurace systému.

5.4.7 Datové a aplikační rozhraní

Vzhledem k otevřenosti systému lze přistupovat k veškerým datům a parametrům Retos.net® pomocí COM objektů nebo Web services, hodnoty lze číst i zapisovat. Tato technologie je nezávislá na protokolu, užívaném pro přenos dat po síti a je orientován na OS typu Windows

S datovým rozhraním jsou spojené metody, které výměnu dat na rozhraní podporují. Řešení je rovněž univerzální platformou pro práci ve vyšších jazycích (např. C++) stejně jako např. pro v Excel, ASP/HTML, skriptovací jazyky - VB Script, Java Script, WHS apod.

5.4.8 Komunikační rozhraní

Retos je velmi univerzální systém Podporuje většinu protokolů a přenosových cest, které jsou běžně používány v systémech dálkového ovládání a měření.

Přenosová média

Podporován je přenos dat po pevné lince (RS232, RS422, RS485), Ethernetu, WiFi, linkách operátorů telefonních sítí (AT modem, GSM, GPRS, EDGE, UMTS), dedikovaných radiových sítí, apod.

Hlavní komunikační protokoly

Pro zapojení zařízení a podřízených systémů Retos podporuje dnes často používané komunikační protokoly: MODBUS-TCP, MODBUS-RTU, ARNEP, EPSNET, M-BUS, Siemens RK 512, Siemens PPI, DMB, S-BUS.

Velkou výhodou systému Retos je komfortní připojení. Do Retosu můžeme současně připojit více typů zařízení s různými protokoly a po různých přenosových cestách k jednomu řídicímu počítači. V tomto počítači je vytvořeno homogenní prostředí pro jakékoliv druhy připojení.

Systém Retos zároveň monitoruje činnosti driverů, což mu umožňuje efektivně ladit chyby vzniklé v komunikační síti nebo chybách vzniklých přímo v přenosových protokolech.

Retos obsahuje ovladače většiny zařízení světových producentů (ABB, Allan Bradley, FOXBORO, SIEMENS, SCHNEIDER, SAIA, TELEMECANIQUE, RockWell) i tuzemských výrobců (TECO, CONEL, RACOM, DCOM, AMIT a jiné).

5.4.9 Příklady nasazení

Pro velkou univerzálnost tohoto programu SCADA může tento program ovládat takřka jakýkoliv technologický celek.

Typické příklady jsou například:

- Dohledové centrum pro zobrazování provozních informací v reálném čase
- Dispečink rozvodného systému s řízením pomocí GSM nebo privátní rádiové sítě (elektřina, voda, teplo)
- Řídicí systém technologických celků se soustavou jednoho nebo více PLC (například čistička odpadních vod, plynárny, teplárny, vodárny atd.)
- Odečtová centrála. Jedná se o systémy dálkového sběru dat ze sítě měřidel pro potřeby analýzy nebo fakturace
- Systém sběru dat pro obchodování s energiemi

6 EKONOMICKÁ VÝHODNOST ŘEŠENÍ

V této kapitole se budeme zabývat ekonomickým návrhem, který se bude skládat z analýzy pořizovacích a provozních nákladů v porovnání s úsporami plynoucími z nasazení technologie dálkového odečtu. Jedná se tedy o finanční analýzu, ze které nám vyplyne, zda se projekt vyplatí realizovat.

6.1 Analýza objektů VAS BRNO

Vodárenská a.s. momentálně (květen 2016) na svých objektech provozuje 304 elektroměrů. Z tohoto počtu je 19 elektroměrů velkoodběrných a 285 elektroměrů pro maloodběr. Objekty jsou rozřazeny do pěti provozních lokalit: Tišnov, Ivančice, Pohořelice, Židlochovice a Rosice. Viz mapa obr. 2-2. Pro momentální stav byl požadavek od VAS počítat vstupní investici pro osazení elektroměrů pro topologii BOD-BOD. Eventuální řešení objektu s více elektroměry a koncentrátorem by se řešilo až při vlastní hloubkové analýze v případě, že by se VAS pro tuto investici rozhodlo.

Počty zařízení pro měřicí vrstvu:

Typ	Počet (ks)
ZPA AM360.D (Přímé zapojení)	285
ZPA AM360.I (Nepřímé zapojení)	19
SIM karta	304

Tab. 6-1 Počty zařízení umístěné přímo v objektech

Pokud budeme v projektu uvažovat pouze komunikaci BOD-BOD, budeme muset investovat do stejného počtu karet SIM jako je počet elektroměrů.

6.2 Finanční prognóza

Metoda analýzy nákladů a úspor slouží k hodnocení projektů z pohledu investora a obsahuje postup řešení problémů, které jsou s těmito projekty spjaté. Finanční prognóza bude porovnávat finanční zisky s náklady na realizaci tohoto projektu [22].

Podstatou této metody je zhodnocení dopadů této investice, vyčíslení zjištěných ekonomických efektů a jejich převod na číselnou, ideálně finanční jednotku. Po této proceduře můžeme přistoupit k výpočtům ukazatelů čisté současné hodnoty (NPV), vnitřního výnosového procenta (IRR) z ekonomického Cash Flow (CF), dobu návratnosti a index ziskovosti (PI) [22].

Analýza bude obsahovat následujících body [22]:

- Investiční náklady
- Provozní náklady
- Definování všech benefitů projektu
 - 1) Kvantifikovatelné
 - 2) Nekvantifikovatelné
- Vyčíslení toku peněz
- Životnost zařízení
- Ukazatele návratnosti a výhodnosti projektu
- Porovnání variant projektu
 - 1) Nulová varianta- stav bez realizace projektu
 - 2) Investiční varianta- projekt bude realizován
- Vyhodnocení výsledků a rozhodnutí zda je investice výhodná

6.2.1 Prvotní investice

Pořizovací náklady a výdaje na instalaci AMM systému bude nejvyšší položkou. Bude zahrnovat náklady na pořízení elektroměrů a náklady na instalaci přímo v objektech VAS Brno-venkov. Pro pořizovací cenu sim karet uvažujeme fakt, že je dnes standartní dodávat SIM kartu zdarma k tarifu.

Rozpočet na dodávku smartmeteringového systému				
Položka	Počet	MJ	Jednotková cena	Celková cena
ZPA AM360.D	285	ks	6 500 Kč	1 852 500 Kč
ZPA AM360.I	19	ks	6 500 Kč	123 500 Kč
Sim karty	304	ks	0 Kč	0 Kč
Instalační práce	304	ks	500 Kč	152 000 Kč
Celková cena bez DPH				2 128 000 Kč
Celková cena za zakázku bez DPH				2 128 000 Kč
Celková cena s DPH (21%)				2 574 880 Kč

Tab. 6-2 Kalkulace prvotních nákladů

6.2.2 Provozní náklady

Tato položka bude obsahovat zejména náklady na přenos dat mezi měřicí a řídicí vrstvou. Cena za tuto položku je velmi závislá na smlouvě s provozovatelem sítě. Pro odhad ceny jsem zde použil tarif od operátora O2, který nabízí speciální tarify pro M2M zařízení s FUP limitem 1+20MB. Tato hodnota je podle výrobce elektroměru ZPA i dostatečně naddimenzovaná. Cena na jednu SIM kartu by v tomto případě vycházela 95 Kč bez DPH. M2M tarify oficiálně nabízí i operátor T-Mobile. Tato měsíční cena je uvedena pro maloodběratele a ve skutečnosti může být nižší až v řádech desítek procent. Operátoři v rámci konkurenčního boje nechtěli poskytovat informace o cenových nabídkách bez zveřejnění IČ. Pro výpočet tedy budeme uvažovat cenu nižší o 50%.

Při výpočtu roční spotřeby jsme uvažovali vlastní spotřebu elektroměru 5W při ceně 3,71 Kč za KWh [23]. Výpočet spotřeby je následující:

$$N_p = h * d * P * N_{kWh} / 1000 = 4 * 30 * 5 * 3,71 / 1000 = 13,35 \text{ Kč}$$

Náklady na provoz smartmeteringového systému za rok				
Položka	Počet	MJ	Jednotková cena za měsíc	Celková cena za rok
Tarif M2M	304	ks	48 Kč	175 104 Kč
Náklady na provoz elektroměrů	304	ks	13 Kč	47 424 Kč
Celková cena za rok bez DPH				222 528 Kč
Celková cena s DPH (21%)				259 300 Kč

Tab. 6-3 Kalkulace nákladů na provoz systému

6.2.3 Vyčíslení úspor

Nasazení dálkového odečtu dat z elektroměrů vede k celkovému snížení nákladů. Tyto úspory můžeme rozdělit na garantované a na úspory dané některou z nepredikovatelných situací jako je například selhání lidského faktoru nebo některé z technologií. Pro představu uvedeme například neplánované spuštění čerpadla, nevypnutí temperace atd.

6.2.3.1 Garantované roční úspory

Garantovaná úspora plyne zejména z vlastního odečtu hodnot spotřebované energie. Sběr dat nebudou mít na starost pověřeni pracovníci, kteří nyní každý měsíc odečítají hodnoty z elektroměrů, ale data budou automaticky odesílána do dispečinku ke zpracování.

Náklady na zaměstnance:

Stávající odečty probíhají jednou měsíčně. Pro každou z pěti lokalit jsou pověřeni 3 technici. Pro sběr hodnot mají vyčleněn celý pracovní den tj. 8,5 hodiny. Při uvažování mzdy 360 Kč/hod. Pro pohyb používají služební vozy, které najedou v průměru 80 km a cena za 1km je vyčíslena na 5 Kč. Zároveň pracovník energetického oddělení nebude muset trávit čas hlídáním a analýzou starých hodnot. Budeme uvažovat úsporu jednoho pracovního dne.

Výpočty garantovaných úspor:

$$N_{zo} = Po.Pl.m.ts.pl = 3.5.12.8,5.360 = 550\,800 \text{ Kč}$$

$$N_{za} = Po.m.ts.pl = 1.12.8,5.360 = 24\,000 \text{ Kč}$$

$$N_c = Pa.l.m.c = 5 \cdot 80 \cdot 12 \cdot 5 = 24\,000 \text{ Kč}$$

kde:

N_{za}-Náklady na zaměstnance analýzy

N_{zo}-Náklady na zaměstnance odečtů dat

N_c-Cestovní náklady

Po-Počet osob

Pl-Počet lokalit

m-počet měsíců

ts-doba směny

pl-plat na hodinu

Pa-Počet aut

l-délka trasy v km

c-cena na ujetý km

6.2.3.2 Těžko predikovatelné

Nepredikovatelné úspory plynou hlavně z možnosti dostupnosti naměřených dat on-line. Naměřené hodnoty budou neustále automaticky analyzovány a porovnávány s predikovanými hodnotami. V případě odchylky, bude pověřenému pracovníkovi doručeno alarmové hlášení o poruchovém stavu.

Příklady možných přínosů technologie:

- Eliminuje vznik chyby lidského faktoru při odečtu a přepisu hodnot
- Přehledná databáze dat
- Omezíme vznik technických a netechnických ztrát
- Minimalizujeme možnost černého odběru elektrické energie
- Získáme data o kvalitě dodávky elektřiny
- Informace o výpadku dodávky elektrické energie
- Zevrubnou kontrolu správného chodu technologie

Tyto úspory oceníme až při výskytu nepredikovatelného stavu. Pro příklad v minulém roce zůstala nepozorností technického pracovníka zapnutá temperace technologie v objektu a měsíc trvalo zjištění tohoto chybného chodu. Finanční ztráta nabyla do výše několika desítek tisíc Kč.

Při letošních cenách elektrické energie má VAS divize Brno-venkov roční spotřebu elektrické energie okolo Vyčíslenou na 23 milionů Kč. Při uvažování úspory vyladěním odběru a dohledem online 0,5% bychom se dostali k úspoře 115 000 Kč ročně.

6.2.4 Vyčíslení ročních úspor

Při tomto vyčíslení budeme brát ohled zejména na kvantifikovatelné úspory. Těžko predikovatelné úspory nám bude respektovat úspora 0,05% z celkového odběru energie

Výpis ročních úspor		
Položka	Úspora za měsíc	Úspora za rok
Náklady na odečítající pracovníky	45 900 Kč	550 800 Kč
Náklady na pracovníka analýzy	2 160 Kč	25 920 Kč
Náklady na cestovné	2 000 Kč	24 000 Kč
Zohlednění těžko predikovatelných úspor	-	115 000 Kč
Celkové úspory za rok		715 720 Kč

Tab. 6-4 Kalkulace ročních úspor

6.2.5 Životnost

Výrobce ZPA dodávající elektroměry garantuje záruční lhůtu na pět let [3]. Pro výpočet doby návratnosti budeme uvažovat standartní dobu 10ti let.

6.2.6 Vyhodnocení finančních ukazatelů

Celkovou efektivnost projektu získáme pomocí výpočtu CF (Cash flow) a kumulované CF. Dále vypočteme vnitřní výnosové procento a ukazatele čisté současné hodnoty. Dále můžeme vypočítat také index ziskovosti.

Výpočet Cash flow:

Peněžní tok je dán v 0. roce počátečními pořizovacími náklady a v dalším roce je dán úsporami. Kumulovaný peněžní tok vypočítáme tak, že ke kumulované CF předchozímu roku přičteme CF, která byla v daném roce.

Příklad výpočtu pro 1. rok:

$$CF = -\text{Náklady na provoz} + \text{úspory} = -259\,300\text{Kč} + 715\,720\text{Kč} = 456\,420\text{ Kč}$$

$$\text{Kumulované CF} = -2\,574\,880\text{ Kč} + 456\,420\text{ Kč} = -2\,118\,460\text{ Kč}$$

Roky	CF	Kumulované CF
0. rok	-2 574 880 Kč	-2 574 880 Kč
1. rok	456 420 Kč	-2 118 460 Kč
2. rok	456 420 Kč	-1 662 040 Kč
3. rok	456 420 Kč	-1 205 620 Kč
4. rok	456 420 Kč	-749 199 Kč
5. rok	456 420 Kč	-292 779 Kč
6. rok	456 420 Kč	163 641 Kč
7. rok	456 420 Kč	620 061 Kč
8. rok	456 420 Kč	1 076 481 Kč
9. rok	456 420 Kč	1 532 901 Kč
10. rok	456 420 Kč	1 989 322 Kč

Tab. 6-5 Přehled peněžních toků v 10ti letém horizontu

Výpočet vnitřního výnosového procenta- IRR

Pro získání této hodnoty jsme použili makro „MÍRA VÝNOSNOSTI“ z programu MS Excel.

$$IRR = 12\%$$

Podmínka výhodnosti: $IRR \geq 0\%$

Metoda čisté současné hodnoty- NPV

Čistá současná hodnota je metodou, která za hlavní výstup z investice považuje Cash flow z projektu. Lze ji definovat jako rozdíl mezi čistými diskontovanými peněžními toky z projektu a diskontovanými kapitálovými výdaji v jednotlivých letech. V případě že kapitálový výdaj je vydán jednorázově tak v roce nula s $t=0$ a můžeme počítat podle vzorce [24] :

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF}{(1+RDS)^t} - K_i = \sum_{t=1}^{10} \frac{456\,420}{(1+0,045)^1} + \dots + \frac{456\,420}{(1+0,045)^{10}} - 2\,574\,880 = 1\,036\,644\text{ Kč}$$

(Kč, Kč.r⁻¹, % .r⁻¹, Kč)

Podmínka výhodnosti: $NPV \geq 0\text{ Kč}$.

Při výpočtu jsme uvažovali diskontní sazbu o výši 5%, avšak při výpočtu NPV jsme ji snížili o předpokládanou výšku inflace 0,5%. Vznikla nám tak reálná diskontní sazba označená jako RDS.

Příklad výpočtu reálné diskontní sazby:

$$RDS = DS - In = 5 - 0,5 = 4,5\%$$

(%;%;%)

Kde:

RDS-reálná diskontní sazba

DS-diskontní sazba

In-inflace

Index rentability-PI

Index rentability neboli index ziskovosti je velmi podobný metodě čisté současné hodnoty. Na rozdíl od ní má ale relativní charakter. Tento parametr vyjadřuje, jaká velikost současné hodnoty budoucích příjmů bude připadat na jednotku prvotních výdajů přepočtených na současnou hodnotu. Index ziskovosti je matematicky vyjádřen jako podíl současné hodnoty budoucích příjmů z projektu a současné hodnoty investičních výdajů [24].

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF}{(1+RDS)^t}}{K_i} = \frac{\sum_{t=1}^{10} \frac{456\,420}{(1+0,045)^1} + \dots + \frac{456\,420}{(1+0,045)^{10}}}{2574880} = 1,403$$

([-], Kč.r⁻¹, % .r⁻¹, Kč, Kč)

Podmínka výhodnosti: $PI \geq 1$.

Doba návratnosti investice

Dobu návratnosti budeme počítat jako podíl vstupní investice a peněžního toku. Výpočet jsme provedli následovně [24]:

$$T_n = \frac{IN}{CF} = \frac{2574880}{456420} = 5,641 \text{ let} = 5 \text{ let } 7 \text{ měsíců a } 12 \text{ dní}$$

kde:

T_n-doba návratnosti

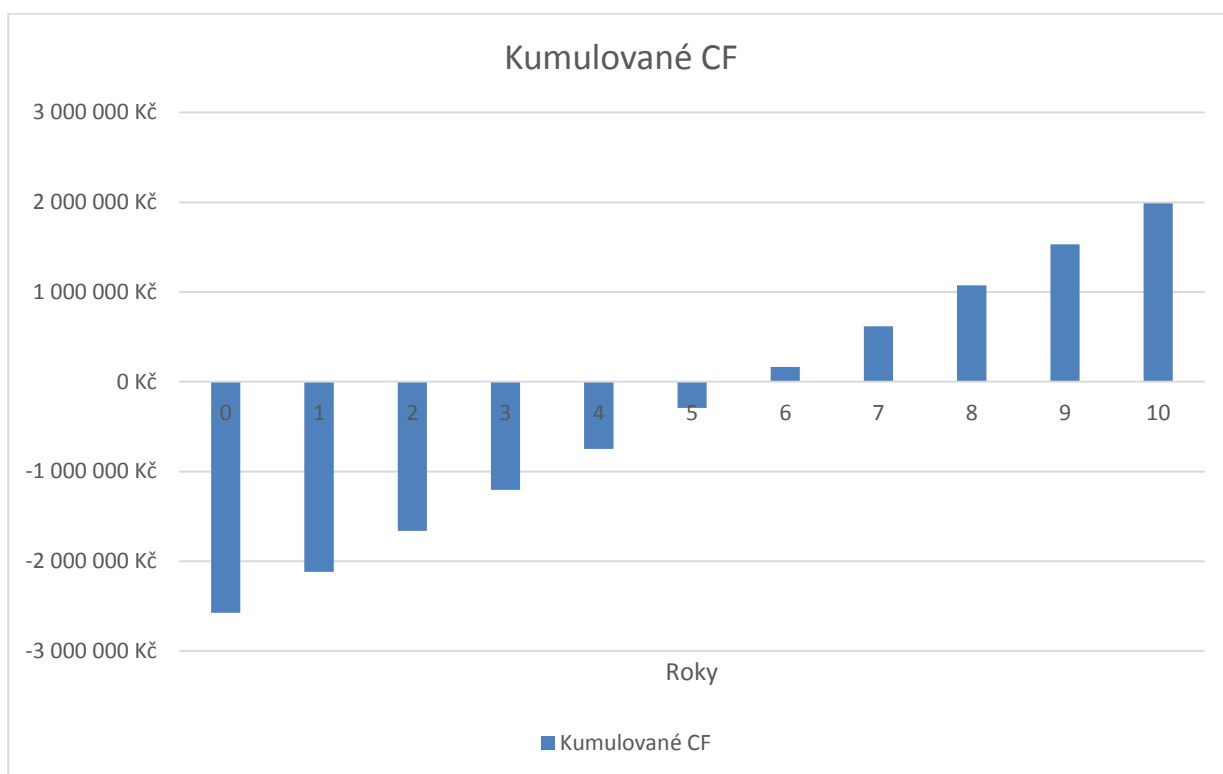
IN-investiční náklady

CF- Peněžní tok v jednom roce

Finanční model pro výpočet ukazatelů výhodnosti projektu

Pořizovací cena elektroměru	Počet elektroměrů	Cena datového tarifu	Inflace	Náklady na montáž
5 000 Kč	295	40 Kč	-0,5	0 Kč
5 500 Kč	300	41 Kč	0	100 Kč
6 000 Kč	304	42 Kč	0,5	200 Kč
6 500 Kč	310	43 Kč	1	300 Kč
7 000 Kč	315	44 Kč	1,5	400 Kč
7 500 Kč	320	45 Kč	2	500 Kč
8 000 Kč	325	46 Kč	2,5	600 Kč
8 500 Kč	330	47 Kč	3	700 Kč
9 000 Kč	335	48 Kč	3,5	800 Kč
9 500 Kč	340	49 Kč	4	900 Kč
10 000 Kč		50 Kč		
Vypocet pro 3 roky	Výpočet pro 5 let	Výpočet pro 10 let	Výpočet pro 15 let	Výpočet pro 20 let
NPV	IRR	PI	Doba návratnosti	Vymazat
1036644,096	12%	1,402599	5,641	

Obr. 6-1 Výpočtový program v MS Excel, byl zvolen výpočet pro 10 let



Obr. 6-2 Graf kumulované Cash flow pro 10let

6.2.7 Porovnání variant projektu

Zde budeme analyzovat současný stav projektu se stavem, kdy nasadíme technologii dálkového odečtu dat.

6.2.7.1 Současný stav s výhledem do budoucna

Nyní jsou všechny elektroměry, které se nacházejí na rozptýlených objektech VAS divize Brno-venkov ve vlastnictví distributora E.on. Elektroměry pro maloodběr jsou odečítány distributorem jednou ročně a na základě tohoto odečtu je vystavena konečná spotřeba elektrické energie. Elektroměry velkoodběru jsou dnes již distributorem odečítány dálkově s určitou periodou a data poskytuje v elektronické na svém webovém portálu. Tato data jsou však určena pouze pro orientační účel a nelze je zapracovat do stálého hlídání automatickým systémem, který by upozornil na případnou odchylku měřené hodnoty. Proto VAS přistupuje k variantě průběžného submeteringu, který probíhá pravidelně jednou měsíčně. Pracovníci k tomu určení kontrolují elektroměry distributora a zapisují hodnoty spotřebované energie k danému datu. Tyto hodnoty se posléze dopraví k přepisu do tabulkové databáze, analýze a uložení v počítači, který je umístěn ředitelství VAS Brno.

S ohledem na zvyšující se počet elektroměrů se bude zvyšovat objem dat a také se dá očekávat zvýšení časové náročnosti na jejich odečet. Se zvyšujícím se počtem dat roste také riziko vzniku chyby při přepisu hodnot. Také perioda, se kterou submetering bude probíhat, zůstane neměnná. Tudíž nemůžeme očekávat žádný posun ve finančních úsporách a právě naopak lze očekávat postupné zvyšování nákladů.

6.2.7.2 Stav s nasazením technologie dálkového odečtu dat

Pokud se rozhodneme pro investici do této technologie, můžeme očekávat poměrně vysoké vstupní náklady. Pro stávající stav, 304 elektroměrů, pořizovací náklady vyšli na 2 574 880 Kč. Nezanedbatelné budou také náklady na provoz, které plynou z provozu sítě a z vlastní spotřeby elektroměrů.

Pro VAS Brno-venkov by mělo zavedení dálkového odečtu hlavní význam ve zvýšení frekvence odečtů a automatické práce s daty. Dálkový přenos dat by eliminoval výskyt chyb při přepisu a při sběru dat by se stoprocentně nahradil lidský faktor. Naměřená data bude zpracovávat dispečink zastřešen systémem Retos.net, který bude hodnoty automaticky porovnávat s predikovanými hodnotami a při předem dané velikosti odchylky podá alarmové hlášení např. SMS zprávami pověřeným pracovníkům. Dále bude moci uživatel sledovat časový profil spotřeby energie pomocí doplňku Trendview.

Podle propočtů nám tato technologie povede k roční úspoře cca 715 720 Kč. Tyto úspory jsou garantované zautomatizováním sběru dat. Další úspory plynou z detekce náhodných technických a netechnických ztrát, které se nedají jednoznačně vyčíslit. Kontrola spotřeby on-line je však možný nástroj k jejich eliminaci.

6.2.8 Vyhodnocení finanční efektivity

S ohledem na výše uvedenou ekonomickou analýzu se investice vypadá jako výdělečná. Výsledná doba návratnosti s délkou kolem pěti let se jeví jako přijatelná. Pro výpočet pomocí matematických metod NPV, PI a IRR uvažujeme desetiletý cyklus. Při výpočtu NPV při reálné diskontní sazbě s přihlédnutím k inflaci 4,5% nám vyšla kladná hodnota, která činí 1 036 644 Kč. Výsledná hodnota nám vyšla kladně a víme tak, že diskontované peněžní příjmy převyšují kapitálové výdaje. Index rentability pak činí 1,403 a výpočet metody IRR nám vyšel 12%. Z těchto hodnot taktéž můžeme usoudit, že by projekt měl být přijat k realizaci. Po finanční stránce tedy projekt vyhovuje.

Protože ceny uvedené při řešení jsou pouze orientační a celou finanční analýzu lze přepočítat pomocí jednoduchého programu v MS EXCEL podle přesně smluvených cen přístrojů, instalačních prací, cen tarifů atd. V tomto programu lze vypočítat ukazatele finanční efektivity pro jiné vstupní parametry projektu.

7 PŘÍKLAD ÚSPĚŠNÉHO PROJEKTU

Pro příklad je zde uveden obdobný již realizovaný projekt smartmeteringu ve světě.

7.1 Projekt Smart meteringu v Bosně a Hercegovině

Podle zdroje[2]:

„Technologicky velmi zajímavý projekt s prokázanou pozitivní výnosností je smart meteringový projekt firmy Nites v Bosně a Hercegovině pro společnost Elektrokrajina BiH. Zde je instalován systém UNITES AMM, který dnes spravuje více než 30 000 odběrných míst, což je mimochodem jedna z největších smart meteringových instalací ve střední a východní Evropě. Do Elektrokrajina BiH byly dodány i další IT systémy pro obsluhu řádově stovek tisíc odběrných míst a dalších distribučních prvků.

V projektu jsou zahrnuty elektroměry od celkem čtyř různých výrobců. Komunikační technologie je z velké části PLC (přenos dat po elektrické síti), dále jsou instalovány také elektroměry s přímou komunikací pomocí GPRS.

Systém UNITES AMM zajišťuje kromě jiného také automatické čtení elektroměrů, a to jak kontrolní (odečet každou hodinu), tak fakturační (fakturační perioda je jeden měsíc). Odečtená data pak předává do systému správy zákazníků a do fakturačního systému.

Hlavním důvodem instalace systému bylo zabránění technickým i netechnickým ztrátám, jejich detailní analýza a včasná detekce. Proto si systém UNITES AMM udržuje fyzickou topologii distribuční sítě a na základě naměřených dat automaticky počítá ztráty v jednotlivých segmentech distribuční sítě. Návratnost na zdrojích realizujících zákaznické operace typu odpojení, odečty a podobně je díky geografickým podmínkám významnější, než na jiných projektech. Další přidané hodnoty projektu, zejména s přesahem do distribučních služeb a zlepšení finančních ukazatelů, jsme spolu se zákazníkem objevovali a rozšiřovali i za běhu projektu v mnoha dalších oblastech. “

8 ZÁVĚR

V první části se tato práce zabývá popisem stávajícího stavu měření elektrické energie na vodárenských objektech Brno-venkov, návrhem inovace a stanovení cílů práce. Požadavkům zadavatele bude vyhovovat smart metering systém typu AMM nebo AMR.

Dále práce obsahuje řešerši, která se zabývá inteligentním měření s elektroměry. Jsou zde popsány jednotlivé vrstvy systému. V první řadě jsou představeny jednotlivé druhy smart meteringu. Nejjednodušší je systém typu AMR, který podporuje pouze jednosměrnou komunikaci a to odesílání naměřených dat. Systémy AMM a AMI již mají komunikaci obousměrnou, tudíž lze elektroměry i ovládat a provádět nastavení na dálku.

V popisu měřicí vrstvy je nastíněn princip statického elektroměru. Jsou zde uvedena 2 bloková schémata, ke kterému je uveden stručný popis jednotlivých bloků. Měřicí vrstva obsahuje také koncentrátoři, které jsou nadřazeným prvkem elektroměrům.

Ve vrstvě komunikace jsou rozebrány tři nejpoužívanější topologie sítí ve smartmeteringu. Ekonomicky nejvýhodnější je u rozsáhlejších sítí kombinovaná architektura, která kombinuje systém komunikace BOD-BOD a koncentrátoři.

Další vrstvou je řídicí systém AMM a systém MDM a vrstva vyšších systémů. U těchto systémů je nastíněn princip funkce a obecné požadavky v oblasti řízení, ukládání a analýzy dat.

Pro vlastní projekt byl navržen systém odečtu s kombinovanou architekturou. Elektroměry byly vybrány od firmy ZPA. Data z nich budou přeposílána do dispečinku Retos.net pomocí sítě GSM technologií GPRS nebo dle dostupnosti rychlejší variantou. Tato data budou skladována v databázovém systému a dále zpracovávána. Největší přínos této technologie bude plynout z nahrazení lidského faktoru při sběru dat a výrazné zvýšení frekvence odečtů. Další neméně významný přínos plyne z možnosti automatického porovnávání dat s predikovanou spotřebou v závislosti na ročním období. Při překročení stanovené hodnoty odchylky od predikované hodnoty odchylky, nebo při jiném chybovém stavu, systém podá automaticky alarmové hlášení při tomto chybovém ději.

V poslední části této práce se zabýváme ekonomickou efektivností projektu. Uvažujeme pro výpočet současný počet elektroměrů ke květnu 2016, který činí celkem 304 kusů. Počáteční investice při těchto vstupních požadavcích byla vyčíslena přibližně na 2 574 880 Kč. Předběžnou hodnotu úspor jsme stanovili na hodnotu 715 720 Kč. Tyto úspory plynou zejména z nahrazení lidského faktoru při sběru dat. Protože systém dálkového odečtu umožňuje monitoring prakticky on-line, lze předpokládat další úspory plynoucích z nasazení této technologie, které jsou však těžko predikovatelné. Při odečtení nákladů na provoz nám peněžní tok činí roční čistou úsporu 456 420 Kč (viz.Tab.6-5). Při těchto vstupních parametrech projektu lze očekávat dobu návratnosti investice v průběhu pátého roku od nasazení této technologie dálkového odečtu jak je patrné z grafu kumulovaného peněžního toku (Obr. 6-2). Taktéž další finanční ukazatele nám vycházejí v hodnotách, které nám jednoznačně doporučují projekt realizovat. Míra výnosového procenta nám vyšla 12%, index ziskovosti 1,403 a čistá současná hodnota činí 1 036 644 Kč.

Z provedené ekonomické analýzy vyplývá, že přes poměrně vysoké počáteční náklady, je projekt z finančního hlediska výhodný, a proto lze jeho realizaci doporučit.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Elektroměry Historie a současnost*, [online]. [cit. 2015-11-11]. Dostupné z: <HTTPS://WWW.PREMERENI.CZ/FILES/DULEZITE-INFORMACE/KE-STAZENI/TISKOVINY-KE-STAZENI/ELEKTROMERY-HISTORIE-A-SOUCASNOST/>
- [2] VANJA OZEGOVIC, MILOŠ MOJŽIŠ *Smart metering je oboustrannou komunikací*, 2012, [online]. [cit. 2015-11-15]. Dostupné z: <http://unicornsyste.ms.eu/cz/novinky/clanek/smart-metering-je-oboustrannou-komunikaci.html>
- [3] ZPA Smart Energy a.s., *Technická specifikace* [online]. 2015 [cit. 2015-12-11]. Dostupné z: <http://www.zpa.cz/files/files/AMx60-TS.0015.02.CZ-12-2015-web.pdf>
- [4] ZPA Smart Energy a.s., *Technická specifikace*, leden 2012, [online]. [cit. 2015-11-20]. Dostupné z: <http://www.zpa.cz/files/files/CAM-3500-C-6-05-01-11-1-2012-web.pdf>
- [5] Vodárenská a.s., *Provozované zařízení divize Brno-venkov*, [online]. [cit. 2015-12-11]. Dostupné z: <HTTP://WWW.VODARENSKA.CZ/DIVIZE-BRNO-VENKOV>
- [6] PODNIKOVÁ FIREMNÍ LITERATURA 2N, [online]. [cit. 2015-11-20]. Dostupné z: <http://www.2n.cz/>
- [7] SAP R/3 [online]. [cit. 2015-12-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/SAP_R/3
- [8] Q-LINE, *Podniková literatura k systému RETOS.NET*, [online]. [cit. 2015-12-26]. Dostupné z: <http://www.qline.cz/retos-platforma.php>
- [9] Václav Fencl, *Nová generace měřidel elektrické energie a jejich možnosti využití v distribuční soustavě*, Diplomová práce, 2012, 78 stran
- [10] Podniková literature ZPA, *Read n*, [online]. [cit. 2016-1-12]. Dostupné z: <http://www.zpa.cz/produkty-a-reseni/amr-software-readen:c3/>
- [11] Materiály poskytnuté Vodárenskou a.s.
- [12] RS485, [online]. [cit. 2016-3-12]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/RS-485>
- [13] Ing. Jan Vidim, *Instalace komunikační sběrnice M-Bus*, [online]. [cit. 2016-5-12]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/merici-a-regulacni-technika/9539-instalace-komunikacni-sbornice-m-bus-1-cast>
- [14] Antonín Vojáček, *Základná popis komunikačního modulu M-BUS*, [online]. [cit. 2016-5-13]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/mbus-meterbus-zakladni-popis-komunikacniho-modelu>
- [15] Literatura M-bus, *Popis M-BUS*, [online]. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.m-bus.com/info/mbuse.php>
- [16] PODNIKOVÁ FIREMNÍ LITERATURA 2N, [online]. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <http://www.2n.cz/cz/produkty/m2m/smartcom-pro/>
- [17] PODNIKOVÁ FIREMNÍ LITERATURA 2N ZPA, [online]. [cit. 2016-5-14]. Dostupné z: <https://www.zpa.cz/files/files/ED310-TS.0019.01-CZ-02-2016-web.pdf>
- [18] UTMS, [online]. [cit. 2016-5-17]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Universal_Mobile_Telecommunications_System
- [19] O2 CZ, *Mapa pokrytí mobilním internetem O2*, [online]. [cit. 2016-5-17]. Dostupné z: http://www.o2.cz/osobni/199436-mapa_pokryti_a_prodejen/?cid=cs2-brand-16m04-aw-o2-mapa-pokryti-podivejte

- [20] TMOBILE CZ, *Mapa pokrytí mobilním internetem T-mobile*, [online]. [cit. 2016-5-18]. Dostupné z: <https://www.t-mobile.cz/podpora/mapa-pokryti>
- [21] VODAFONE CZ, *Mapa pokrytí mobilním internetem Vodafone*, [online]. [cit. 2016-5-18]. Dostupné z: <https://www.vodafone.cz/mapa-pokryti/>
- [22] Management mania, *Analýza nákladů a přínosů*, [online]. [cit. 2016-5-18]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/analyza-nakladu-a-prinosu-cba-cost-benefit-analysis>
- [23] Energie 123, *Aktuální průměrná cena elektřiny*, [online]. [cit. 2016-5-17]. Dostupné z: <http://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>
- [24] Ing. Jan Macháček, Ph.D., Ing. Michal Ptáček, Ph.D., *Ekonomika a ekologie v elektrotechnice*, Elektronická skripta, Brno 2014, 197 stran