



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
Fakulta elektrotechnická  
Katedra elektroenergetiky

**Analýza možností AMM při tvorbě typových diagramů zatížení**  
**AMM application analysis for typical load diagrams creation**

Diplomová práce

Studijní program: Silnoproudá elektrotechnika

Studijní obor: Elektrotechnika energetika a management

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Müller, Ph.D.

**Bc. Dušan Timko**

Praha 2015

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická  
katedra elektroenergetiky

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Dušan Timko**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management  
Obor: Elektroenergetika

Název tématu: **Analýza možností AMM při tvorbě typových diagramů zatížení**

Pokyny pro vypracování:

1. Trh s elektřinou v ČR, legislativní rámec dodávek elektrické energie.
2. Používané typy a kategorie měření elektrické energie.
3. Typové diagramy dodávek, možnosti aplikace měřených dat.
4. Vytvořte metodiku pro zpracování dat z AMM pro vytvoření TDD a zpracujte data z reálných měření technologií AMM, aplikujte metody popsané v předchozích bodech.

Seznam odborné literatury:

1. Carvallo, Andres.. The advanced smart grid : edge power driving sustainability / Boston : Artech House, c2011.
2. Machowski, Jan. Power system dynamics : stability and control / 2nd ed. Chichester Hoboken : Wiley, c2008.
3. Das, J. C.. Power system analysis : short-circuit load flow and harmonics / New York : Dekker.

Vedoucí: Ing. Zdeněk Müller, Ph.D.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2015/2016

L.S.

Ing. Jan Švec Ph.D.  
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
děkan

V Praze dne 1. 4. 2015

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 11. 5. 2015

.....

**Podpis**

## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Zdeňku Müllerovi za cenné rady, svému otci Ing. Dušanu Timkovi za trpělivost a podporu při vypracovávání mé diplomové práce. Panu Ing. Janu Hájkovi za poskytnuté informace a data, panu Ing. Zdeňku Valovi za poskytnutí cenných rad a informací ohledně TDD a Ing. Lubomíru Musálkovi za cenné rady v programovacím jazyce Mathematika.

## **Abstrakt**

Cílem této práce je určení počtu odběratelů elektrické energie s průběhovým měřením, kteří jsou potřeba k sestrojení co nejpřesnějšího typového diagramu dodávek pro potřeby subjektu zúčtování. Tato práce dále popisuje trh s elektřinou v ČR a legislativní rámec dodávek elektrické energie. Současně popisuje používané typy a kategorie měření elektrické energie a Typové diagramy dodávek. Práce klade důraz na nutnost vybudování nového pohledu na systém distribuce a měření elektrické energie – tzv. „Smart Grids“

## **Abstract**

The aim of this thesis is to determine the number of electricity consumers with continuous measurements that are needed to construct the most accurate electricity load profile for the needs of the subject of settlement. This thesis also describes the electricity market in the Czech Republic and legislative Framework for the electricity supply. It also describes types and categories of electricity measurements and electricity load profiles. This thesis tries to emphasize the need to build a new view of the system of electricity measurement – the so-called „Smart Grids“

## Obsah

1. Úvod .....	8
2. Smart Grids .....	10
2.1. Architektury „chytrých měření“ .....	12
2.2. Novější generace „chytrých měření“ .....	13
2.3. Měřidla a data .....	15
3. Implementace Smart Grids .....	17
4. Účastníci na trhu s elektřinou .....	25
5. Popis trhu s elektřinou.....	26
5.1. Dvoustranné obchodování .....	27
6. Zúčtování odchylek.....	28
6.1. Popis modelu zúčtování odchylek .....	29
6.2. Finanční ohodnocení odchylek .....	31
6.3. Dopad na konečného zákazníka .....	33
7. Rozdělení trhu s elektřinou dle typu měření elektřiny .....	35
7.1. Měření typu A .....	36
7.2. Měření typu B .....	36
7.3. Měření typu S.....	36
7.4. Měření typu C .....	37
7.5. Zbytkový diagram a roční odhad spotřeby s měřením typu C .....	38
8. Operátor Trhu.....	39
9. Očekávaný vývoj, cíle a záměry .....	41
10. Typové diagramy dodávek .....	43
10.1. Klasifikace typových diagramů dodávky.....	44
11. Princip a tvorba TDD .....	46
11.1. Výběr vzorků podle spotřeby.....	48
12. Model tvorby TDD dle OTE, a.s. ....	49

<b>13.</b>	<b>Ukázky tvarů vybraných TDD.....</b>	<b>51</b>
<b>14.</b>	<b>Metodika zpracování dat.....</b>	<b>56</b>
<b>14.1.</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>56</b>
<b>14.2.</b>	<b>Cíl metodiky.....</b>	<b>56</b>
<b>14.3.</b>	<b>Faktory ovlivňující metodiku.....</b>	<b>56</b>
<b>14.4.</b>	<b>Struktura vstupních dat.....</b>	<b>56</b>
<b>14.5.</b>	<b>Způsob zpracování.....</b>	<b>56</b>
<b>14.6.</b>	<b>Výstupy.....</b>	<b>57</b>
<b>14.7.</b>	<b>Shrnutí.....</b>	<b>57</b>
<b>15.</b>	<b>Praktická část.....</b>	<b>58</b>
<b>16.</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>64</b>
<b>17.</b>	<b>Citovaná literatura.....</b>	<b>66</b>
<b>18.</b>	<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>68</b>
<b>19.</b>	<b>Seznam Tabulek.....</b>	<b>69</b>
<b>20.</b>	<b>Seznam grafů.....</b>	<b>69</b>
<b>21.1.</b>	<b>Kód programu.....</b>	<b>70</b>
<b>21.2.</b>	<b>Použité zkratky.....</b>	<b>75</b>
<b>21.3.</b>	<b>Přiložené CD s daty.....</b>	<b>75</b>

# 1. Úvod

Přenosová soustava ČR byla konstruována postupně a zprvu tedy připravována pro decentralizovanou výrobu energie. [1] V dnešní době, kdy je výroba převážně centralizovaná, je trend opět decentralizovat výrobu elektřiny. Jedním z důvodů, proč decentralizovat, je snížit zatížení přenosové soustavy. V tom by nám do budoucnosti měli pomoci chytré sítě, tzv. SMART GRIDS.

Chytré sítě budou mít obrovský potenciál převážně v plánování spotřeby elektrické energie, a v kontrole spotřeby energie u koncového zákazníka. Velkou výhodou této technologie je možnost odhalení černých odběrných míst. Mají schopnost dokonce i omezit či úplně odpojit neplaticího zákazníka bez nutnosti osobní návštěvy odběrného místa technikem. Současně můžou tyto sítě přispívat i k lokalizaci místních výpadků dodávky elektrické energie.

Způsob odečtu měření tímto způsobem rozhodně změní celý doposud zavedený systém. V dnešní době, velmi jednoduše řečeno, si zákazník vybere optimální tarif, který nejlépe vyhovuje jeho potřebám. Jednou ročně se k odběrnému místu dostaví technik a provede kontrolu odběrného místa, zda nebylo s odběrným místem manipulováno, nebylo-li porušeno zaplombování, či nebylo s odběrným místem jinak manipulováno.

S novou technologií chytrého měření si zákazník může jednoduše zjistit, kolik spotřeboval energie za určité období, např. den, a přesně bude vědět, kolik musí za určité období zaplatit. Monitorování odběrného místa sníží náročnost na fyzické kontroly. To vše povede k optimalizaci spotřeby elektrické energie v domácnostech. Bude lepší možnost využívání inteligentních technologií a zařízení v domácnostech.

Pro tyto účely bude potřeba i takto nové domácnosti projektovat. Znamená to, řešit komunikaci mezi systémem řízení domácnosti a inteligentními spotřebiči a využívat spotřebu elektrické energie pro zákazníka v co nejpříznivějších časech.

Vzniká zde i možnost sezónního sjednávání optimálních tarifů pro domácnosti, např. léto – zima „5+2“ a podobně.

Tato technologie se dle finančních analýz zatím nevyplácí, a bez garance státu nemůže být celoplošně nasazená.

Tato práce je koncipována podle tohoto schématu.



Nejdříve se věnuji tématu Smart Grids, kde popisují jednotlivé typy tohoto systému. Následuje kapitola implementace Smart Grids, kde se věnuji problematice zavádění těchto systémů a zabývám se trendy v tomto odvětví.

V následující kapitole, dle zadání bod 1, zpracovávám pohled na účastníky trhu s elektřinou, popisují složení trhu s elektřinou a jednotlivé účastníky trhu s elektřinou. Zde navazuji zákonem č. 458/2000 sb. 2000Sb o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, kde se především věnuji obchodování s elektřinou a popisu modelů obchodování. Z tohoto tématu vychází další kapitola, a to zúčtování odchylek. Odchylky definuje legislativa a jsou nedílnou součástí trhu s elektřinou. Z tohoto důvodu jsou zde v mé práci zpracovány. Protože se jedná o přesné a zákonné definice, rozhodl jsem se je nechat v původním, nezměněném stavu.

Následně tyto odchylky finančně ohodnocuji a popisují, jaký má tento postup vliv na konečného zákazníka. Vzhledem k tomu, že existuje více druhů měření elektřiny, následující kapitolou je rozdělení trhu s elektřinou dle typu měření.

Operátor trhu zajišťuje trh s elektřinou a jedním z jeho úloh je zúčtování a finanční vypořádání odchylek a vytváření TDD, a z tohoto důvodu je zde ve zkratce zmíněn.

Následně pokračuji kapitolou očekávaný vývoj tarifních pásem, budoucí cíle a záměry ve spotřebě elektrické energie. Zde jsou popsány možnosti, jak nově zřídit tarifní pásma a tedy i lépe odhadovat spotřebu elektrické energie. Jedním z cílů diplomové práce je tvorba TDD. V další kapitole tedy popisují tvar TDD a jejich typické chování. Popisují princip a tvorbu TDD a model tvorby TDD od OTE, a.s.

Poté popisují chování odběratelů z různých tříd a porovnávám jejich chování. Pokračuji praktickou částí a to popisu modelu vytvořeného programu a prezentací výsledku.

## 2. Smart Grids

Smart Grids, neboli chytré měření či chytré sítě, je nynější trend a směr, kam se nyní ubírá dnešní řízení energetických soustav. Tento směr by se v budoucnu neměl omezovat pouze na elektrickou síť, ale měl by se rozrůst i na rozvody plynu, vody a tepla. The SmartGrids European Technology Platform definuje pojem Smart Grids jako koncern elektrické sítě který může inteligentně zahrnovat akce všech připojených jednotek do systému - od generátoru až po koncového uživatele. Současně se tento systém snaží zajistit efektivní, ekonomickou a hlavně bezpečnou dodávku elektrické energie [2]

Výhody tohoto systému jsou zřejmé. Mimo již výše zmiňované výhody, jsou zde další možnosti. Největší výhodou je možnost dálkového odečtu spotřeby elektrické energie. Doposud musí technik vždy odběrné místo fyzicky navštívit, odečíst hodnoty na elektroměru, zkontrolovat neporušenost plomby, a může pokračovat v další pochůzce.

Zde však může lidský faktor selhat. Od špatného odečtení hodnoty elektroměru přes špatně vyplněnou tabulku až po špatně čitelný zápis hodnoty naměřené hodnoty elektroměru v databázi. Nový způsob odečtu tak eliminuje tyto možné chyby a navíc zamezí problému, kdy se technik k odběrnému místu nemůže dostat - obtížný terén, špatně dostupné místo, plot a podobně. Tato technologie tedy umožňuje dálkový odečet, dálkovou kontrolu a možnost zákazníkovi vzdáleně kontrolovat spotřebu elektrické energie.

Do budoucna jsou další možnosti zcela jiného stylu odečtu nebo nastavení spotřeby elektrické energie. V dnešní době máme na výběr z několika tarifů. Pokud by nové systémy mohly komunikovat s "chytrým domem", může se více přizpůsobit diagram spotřeby naším potřebám. V tom lze vidět analogii s rostoucím trendem poskytovaných služeb v telekomunikační síti. Pro neznalého člověka to může znít na první pohled jako krásná budoucnost, ale mohou zde být i obrovské problémy.

Jeden z negativních aspektů (v tomto případě), týkající se České republiky je využívaný systém HDO (hromadné dálkové ovládání). Tento systém nám napomáhá snižovat či zvyšovat okamžitou spotřebu elektrické energie v závislosti na aktuální potřebě distributora. Tento systém se vlastně dá považovat za předchůdce Smart Grids, protože je schopen svou činností zrealizovat vyrovnanější diagram zatížení. Tento systém sice nemůže dálkově odpojit odběrné místo či odečíst stav elektroměru, ale může vypínat a zapínat vybrané akumulární a jiné spotřebiče. Z tohoto důvodu máme v Evropě atypické postavení z hlediska konceptu Smart Grids. Komise EU však vydala nařízení, aby členské státy zajistili

zavádění těchto nových systémů do svých distribučních soustav s cílem aktivně zapojit spotřebitele na trhu s elektřinou.

S tímto tématem se pojí další negativní aspekt, který má název ekonomická garance státu. Z mnou dostupných, ač bohužel starších ekonomických studií zavádění systému Smart Grids do soustavy, jsou investiční náklady zcela mimo možnosti distribučních společností. Evropská unie předpokládá, že zavádění Smart Grids bude podmíněno ekonomickým posouzením všech dlouhodobých nákladů a přínosu pro trh a koncového spotřebitele, nebo posouzením, jaký způsob Smart Grids je z hlediska finanční náročnosti nejefektivnější. Po ukončení této studie členský stát EU připraví harmonogram nasazování těchto měřicích systémů do soustavy a to nejdéle do 10 let. Pokud se tyto dvě možnosti vyhodnotí jako přijatelné, musí být do roku 2020 vybaveno systémem Smart Grids minimálně 80% spotřebitelů. [3]

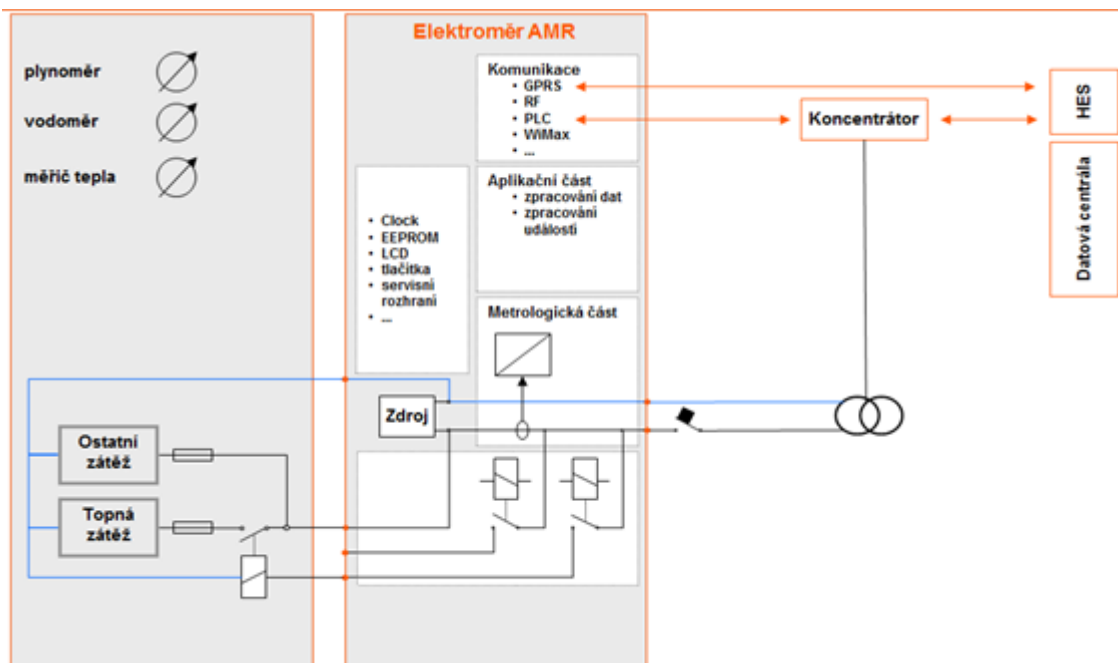


Obrázek 1 specifická pozice ČR díky existenci systému HDO

## 2.1. Architektury „chytrých měření“

Vznik „chytrých měření“ se datuje do druhé poloviny dvacátého století, kdy začal navazovat na výzkum a vývoj nových technologií. Prvním systémem, který lze reálně považovat za Smart Grids je systém AMR - automated meter reading. AMR je systém, který je stabilní a ověřený. Komunikační oblast u tohoto systému představuje typ peer-to-peer. Tato technologie odesílá data od zákazníka do datové centrály, kde se dále zpracovávají. Jedná se tedy jen o dálkové odečty v reálném čase.

V 90. letech se tento způsob měření elektrické energie hojně využíval ve skandinávských zemích, kde se nasadilo velké množství těchto měřidel. Komunikace probíhala přes GSM/GPRS/SMS. Měřidla se přihlašovala k síti jednou denně v určený čas a v případě mimořádného požadavku na spojení byla z centra zaslána SMS nebo „prozvoněním“ dané SIM. V České republice byly systémy SIM nasazovány na konci 90. let dvacátého století na systém řízení a přenosu dat výměňkových stanic horkovodu Trutnov. Na dnešní podmínky tyto sítě již nejsou vhodné. Z tohoto důvodu se začali využívat novější sítě - UTMS. Další možností jak tyto měřidla využívat, je pomocí internetu, satelitního vysílání, PLC či v RF pásmu. Řídit domácnost pomocí Wi-Fi sítě je v dnešní době možné. Pokud jsou chytré spotřebiče na Wi-Fi síť připojeny, dají se ovládat. Zařízení, jako je například „chytrý termostat“, lze ovládat pomocí příkazu z mobilního telefonu či programu, Dálkově lze ovládat teplotu v domě, zapínat bojler a podobně. Tento způsob ovládání však ještě není závislý na propojení systému AMR se systémem „chytrého domu“, kde by mohl spolu s „chytrým elektroměrem“ využívat nižších tarifů a tak optimalizovat náklady na provoz domu. [4]



Obrázek 2 schéma elektroměru AMR

## 2.2. Novější generace „chytrých měření“

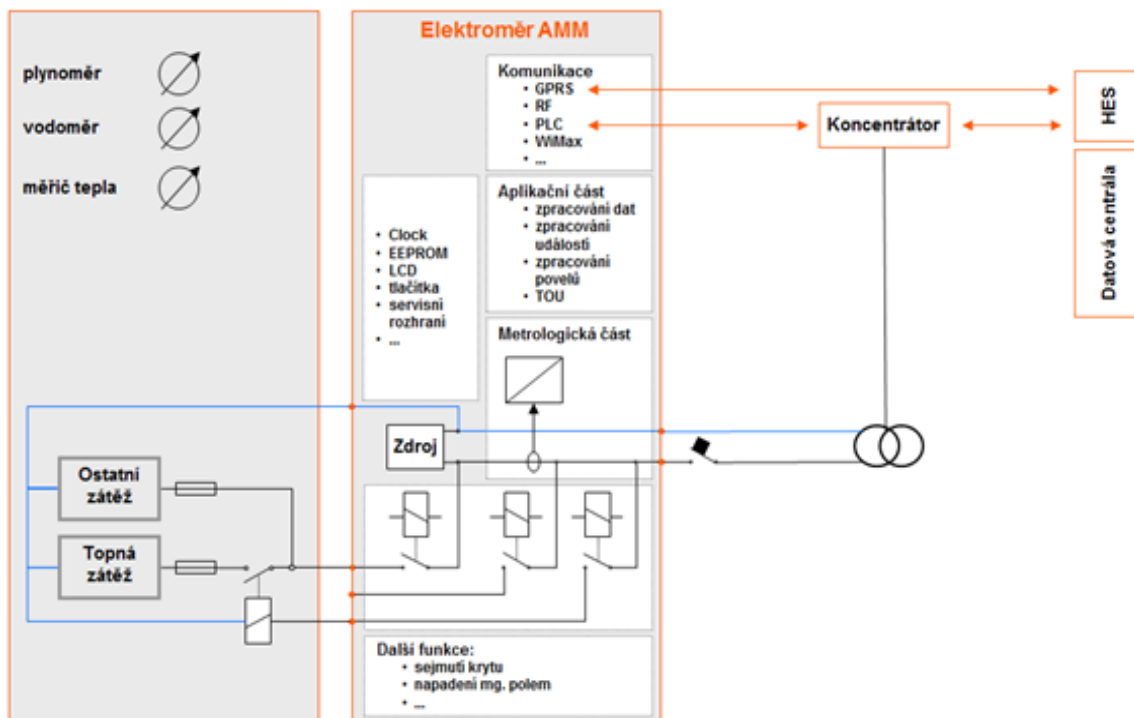
Následný systém po AMR se stal systémem AMM – Automated Meter Management nebo Advanced Metering Management. AMM již umí informace nejen vysílat ale i přijímat. Tento měřicí systém přináší více možností v rozsahu měřených dat i ve správě odběrného místa. Oproti systému AMR zde přibyla možnost dálkového vypnutí odběrného místa, což má za následek ochranu před neplátcí elektrické energie, možnost řízení cenových tarifů, nastavení či změnu maximálního vstupního příkonu (tzv. Demand Management) a podobně. Systém Demand Management je výhodný pro provozovatele distribučních soustav z hlediska možnosti změny rezervované kapacity. Například se takto dá velmi zjednodušit případ problematických zákazníků, kde lze omezit rezervovaný příkon na minimum. Další výhodou tohoto systému se ukazuje při havarijním stavu elektrické soustavy. Tímto způsobem můžeme dálkově omezit kapacitu sítě a tím zabránit rozpadu elektrické soustavy. Nespornou výhodou je možnost operativní změny rezervované kapacity. Pokud v budoucnu odběratel bude potřebovat krátkodobě zvýšit rezervovanou kapacitu, jednoduše by si mohl navolit na internetových stránkách nebo přes chytrý telefon požadavek na navýšení této kapacity a ta by mu byla okamžitě zvýšena.

Tento celý systém přinese více možností nejen v oblasti rozsahu měřených dat, ale i ve správě odběrného místa. Z hlavních funkcionalit je možnost dálkového vypnutí odběrného místa a aplikace širších tarifních struktur.

Tento systém by měl být dále schopen nahradit a vylepšit funkci HDO a AMR. Otevírá se však zde důležitá otázka, a to finanční. Pokud by každá domácnost měla mít tento typ elektroměru, kolik bude stát implementace, a další, ne méně důležitou otázkou je správa, monitoring a řízení takto nově vybudované architektury.

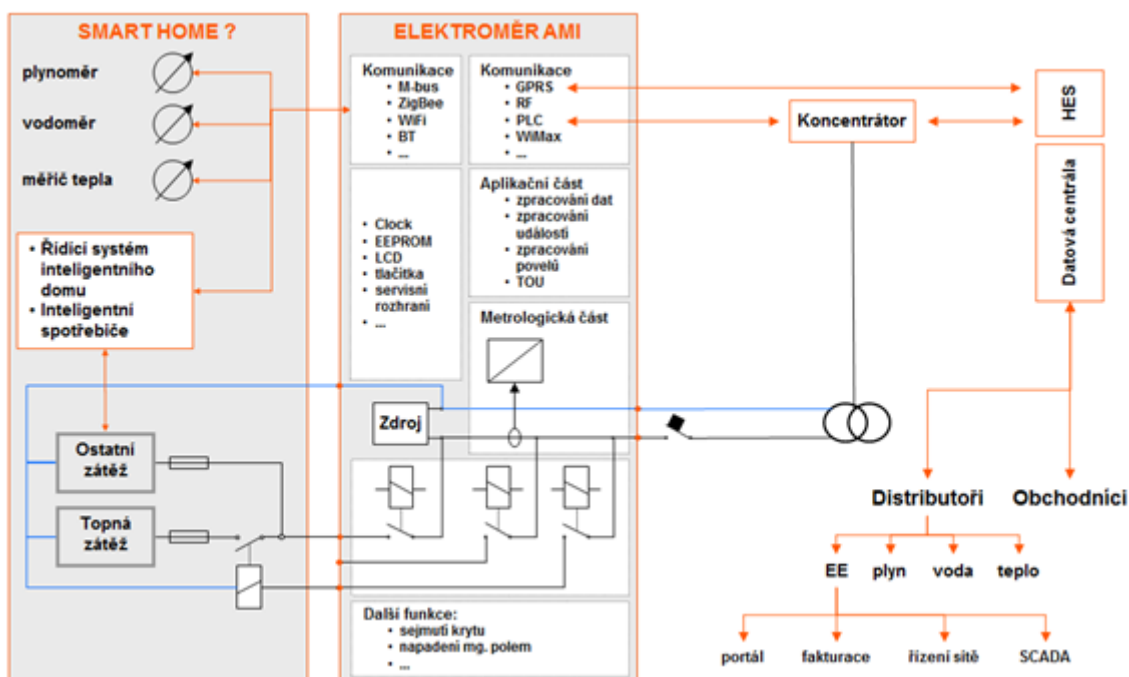
Takový problém nastal například v Itálii (ENEL). Zde se ukázalo jak je správa provozu systému obtížná, a obzvláště, jak je obtížná při nasazení milionů měřidel. Tento problém lze řešit technikou plug and play. Jedná se o auto-identifikace měřidla či auto-routing, které nebyly zprvu uvažovány či vyhodnoceny jako zbytečné. [5]

Faktem ovšem zůstává, že většina řešení z první dekády tohoto století tuto podporu vůbec nemá nebo jen ve velmi omezené míře.



Obrázek 3 schéma elektroměru AMM

Třetí generací Smart Grids je systém AMI - automated metering infrastructure. Změna oproti systému AMM je v řízení některých spotřebičů na základě vyhodnocení přijatých a odeslaných dat. Současně přichází lepší podpora provozu a tento systém klade větší důraz na zabezpečení celé infrastruktury proti napadení. [5]



Obrázek 4 schéma elektroměru AMI

## 2.3. Měřidla a data

Základní informace:

Pro běžné AMR a AMM/AMI řešení jsou obvykle odečítány z měřidla následující skupiny dat: identifikační, denní (fakturační) a stavové registry. Jejich souhrnná velikost se pohybuje okolo 1-1,5kB dat. V komplexnějších aplikacích měření se odečítají i 15 minutové profily spotřeby (LP15), cca 2kB a případně i 10 minutové profily napětí, 3-9kB dat v závislosti na počtu fází měřidla.

*Aktuální praxe nasazených AMM systému v zahraničí obvykle pracuje s první skupinou na denní bázi. V případě ČR je průměrný počet měřidel za DTS okolo 80, tedy 80kB denně na jeden koncentrátor, s přidáním ad-hoc komunikace se jedná o cca 120kB. Pro městské DTS je ovšem běžné 200 až 300 měřidel za DTS a nejsou úplnou výjimkou i DTS s 800 až 900 měřidly. Národní studie o nasazení chytrých měření z letošního roku ovšem počítá se zpracováním LP15, to znamená 1MB dat denně z DTS s 250 měřidly. [6]*

Tabulka 1 přenosy dat od "chytrých" elektroměrů

Objemy dat v kB	kB na OM	80 OM	250 OM	650 OM	
denní registry (DR)	1,5	120	375	975	Denně
DR + 15 min. profil	4	320	1 000	2 600	
DR +LP15 +10 min. pr.	10	800	2 500	6 500	
denní registry (DR)	1,5	3 600	11 250	29 250	Měsíčně
DR + 15 min. profil	4	9 600	30 000	78 000	
DR +LP15 +10 min. pr.	10	24 000	75 000	195 000	
denní registry (DR)	1,5	43 800	136 875	355 875	Ročně
DR + 15 min. profil	4	116 800	365 000	949 000	
DR +LP15 +10 min. pr.	10	292 000	912 500	2 372 500	

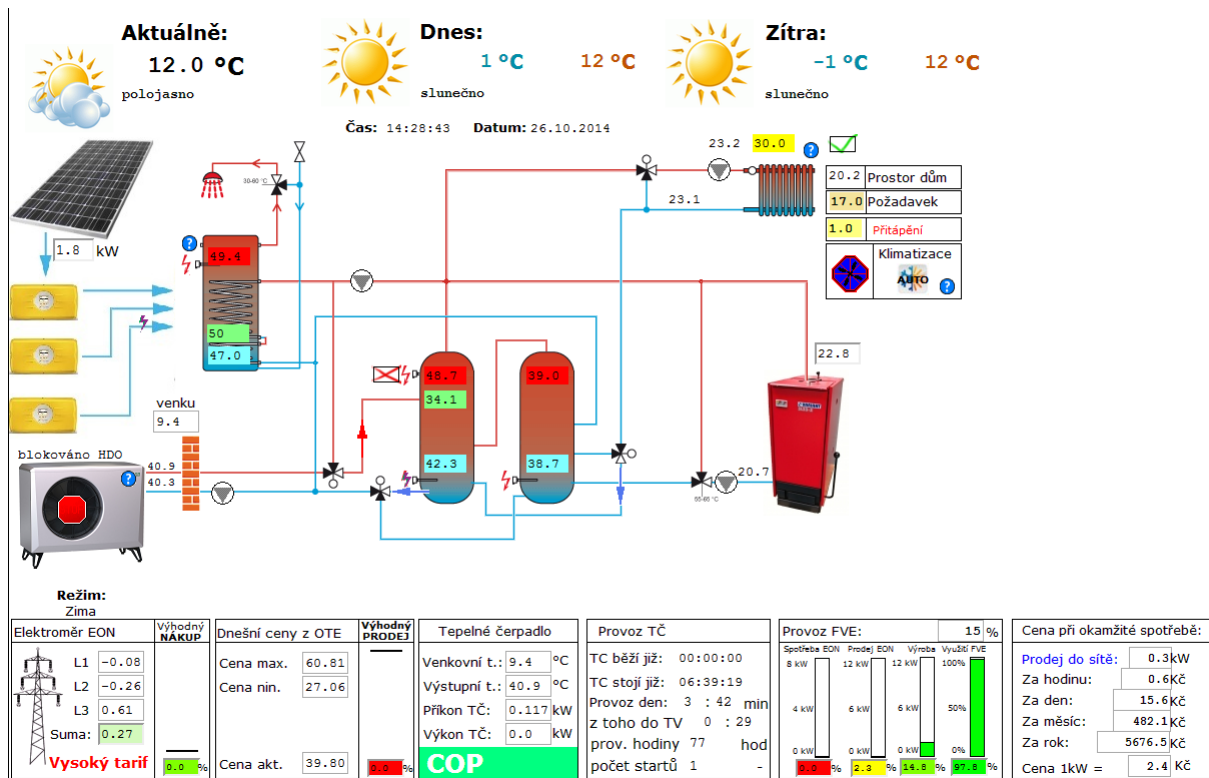
Tabulka 1 ukazuje, že ročně je potřeba zpracovat a přenést cca 120kB dat na a z průměrné DTS a z DTS ve velkých aglomeracích až 1GB dat. Dříve mohl být tento objem dat problémem, ale v dnešní době tato hodnota není extrémní. [6]



### 3. Implementace Smart Grids

Systémy inteligentního měření (Smart Metering) elektřiny a systémy řízení spotřeby elektřiny jsou velmi významným prvkem budoucích inteligentních sítí. Předpokládané zavedení infrastruktury tohoto systému s sebou nese kromě dopadů na jednotlivé provozovatele soustav též celou řadu změn a různých řešení pro operátora trhu. V současnosti probíhají v České republice diskuse a plány jak nad koncepcí rozvoje inteligentních systémů a prvků v energetice ČR, tak nad časovým plánem přípravy a realizace navrhovaných kroků a opatření ve vazbě na Státní energetickou koncepci - projekt Národní akční plán Smart Grids – který doposud není dokončen. V tomto projektu se bude připravovat jak legislativní rámec (případná změna modelu trhu), tak možný budoucí model regulace a harmonogram kroků v rámci nasazení inteligentního měření elektřiny. [7] Vzhledem k celkové náročnosti projektu hlavně finanční, časové, legislativní a technické je zavedení inteligentního měření elektřiny velmi náročné. Výsledky budou připravené k hodnocení v dlouhodobém časovém horizontu. Ale můžeme se zaměřit na koncept “inteligentní dům” jako nejnižší systém v hierarchii Smart Grids.

V dnešní době se již objevují domy, které již můžeme víceméně nazývat chytrými. Jsou kombinací fotovoltaických panelů, baterií, akumulčních kamen, bojlerů, tepelných čerpadel, rekuperací a řídicího systému. Firma Tecomat Foxtrot takovýto dům (systém) představila. Koncept, kde si spotřebitel aktivně řídí spotřebu a výrobu elektrické energie je dle mého názoru správný. Tento systém chytrého domu tomu velice napomáhá, protože sám dokáže i predikovat spotřebu elektrické energie pomocí algoritmů, které používá. Tyto systémy (domy) představilo velké množství společností po celém světě.



Obrázek 5 zobrazení řídicího systému Smart House [8]

U tohoto typu domu se využívá energie solární - fotovoltaické panely, ke kterým neodmyslitelně patří i pole baterií. Dále tepelné čerpadlo vzduch - voda a záložní kotel na plyn či pevná paliva a dvě akumulární nádrže. Z těchto akumulárních nádrží se odebírá oběhovými čerpadly teplá voda do vytápěcího systému. V případě, který je zobrazen na obrázku č. 5 se energií z fotovoltaických panelů pohání přes den tepelné čerpadlo, které násobí tuto energii vlastním faktorem COP (poměr mezi vyrobenou tepelnou energií a energií elektrickou). Toto teplo se dále akumuluje pro topení i pro teplou vodu. V horní části obrázku/schématu je zobrazeno počasí. Tedy systém je schopen predikce. Podle předpovědi počasí sám dokáže rozhodnout, jestli bude zítra potřeba energie více či méně a tedy buď vypnout, nebo nechat v provozu tepelné čerpadlo a tedy šetřit energií a tedy i peníze. Samozřejmostí je rozdílná regulace teploty v místnostech, tzv. zónová regulace. Ve spodní části obrázku/schématu jsou pak tabulky, které zobrazují aktuální tok energie přes elektroměr distribuční sítě, ukazují parametry tepelného čerpadla, bilanci prodeje a nákupu elektrické energie z distribuční sítě a o výrobě a využitím z vlastních fotovoltaických panelů. V další tabulce jsou zobrazeny hodnoty aktuálního prodeje do elektřiny do sítě a její aktuální cena.

*Inteligentní dům, řízený Foxtrotem má díky jeho komunikačním a uživatelsky programovatelným vlastnostem reálný potenciál obstarat nejen všechny lokální funkce typu osvětlení, žaluzií, zónové regulace topení a klimatizace, zabezpečení, přístupový systém,*

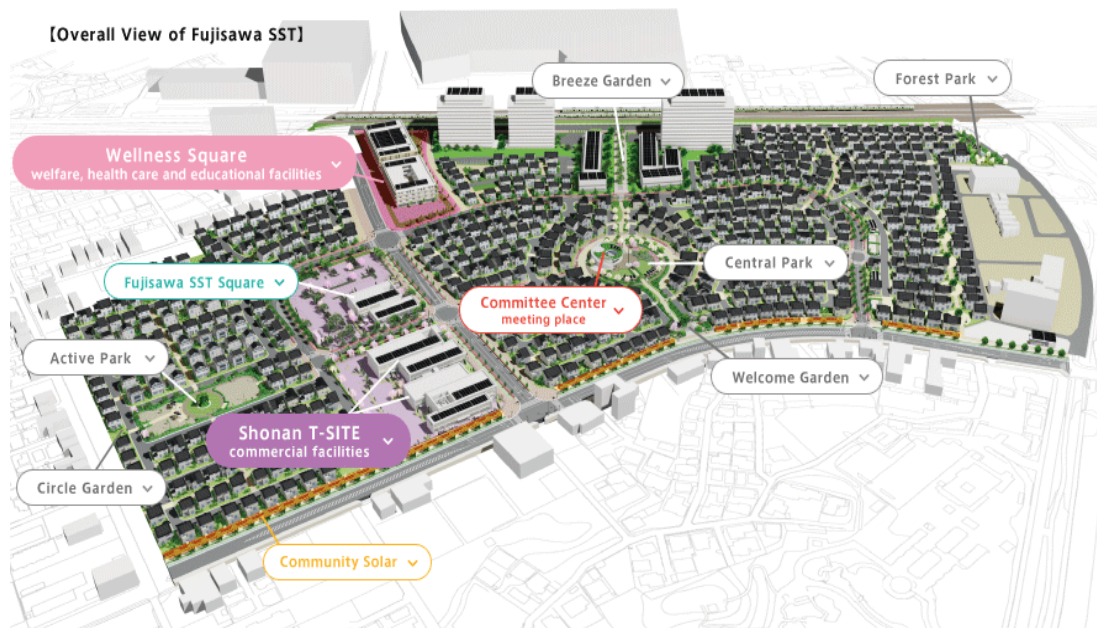
včetně např. ovládání multimédií nebo specializovaných asistovaných funkcí pro seniory a hendikepované, ale i on-line komunikaci a následně obchodování s vnějšími dodavateli energií, především elektřiny ve zmiňované Smart Grid.

*Vyvažování odchylek mezi výrobou a spotřebou elektřiny formou nákupu a prodeje probíhá mezi obchodníky s energií na krátkodobém trhu po hodinách. Zde obchodují licencované subjekty na základě individuálních výhledů o výrobě a spotřebě svých klientů. Fox trot, který řídí dané odběrní místo, pracuje sám lokálně také s vlastní předpovědí. Kromě předpovědi počasí, plánu spínání tarifů a plánu vlastní spotřeby ovlivněného denním režimem uživatele, může vydat vlastní výhled spotřeby výroby nebo schopnosti akumulace a oceněné je nabídnout obchodníkovi s elektřinou. [8]*

Pokud si tento či podobné systémy dokážeme představit, a tímto způsobem jistě ano, spojíme je s chytrými spotřebiči a chytrými algoritmy, které se budou učit jaké má spotřebitel návyky, můžeme predikovat spotřebu elektrické energie mnohem přesněji a tím přesněji naplánovat výrobu elektrické energie.

S “chytrým domem” se neodmyslitelně prolíná otázka elektromobilů a jejich nabíjení. Problémem pro chytrý dům může být nedostatek vlastní elektrické energie na nabíjení elektromobilu. Tyto domy však nejsou elektricky stále nezávislé a v době nízkého tarifu se tedy elektromobily mohou nabíjet z vnější elektrické sítě. Dokonce by připojené elektromobily mohly dodávat v době špičky i část elektrické energie zpět do sítě. Samozřejmě pouze za předpokladu že s tímto elektromobilem nikam nepojedeme. Toto se dá vyřešit jednoduše funkcí v elektromobilu, kdy by se tato možnost vybíjení zakázala. Tento koncept využívání elektromobilu by mohl pomoci dalšímu vyrovnaní diagramu dodávek elektrické energie a tedy i vyrovnanější spotřebu elektrické energie. [9]

Další možností jak tento systém dále rozvíjet, je koncept “Smart City”. Tyto koncepty se již snaží implementovat ve světě. Názorným příkladem je japonská Jokohama, kde vzniká koncept inteligentního města - Fujisawa Sustainable Smart Town (SST).



Obrázek 6 plánované město Fujisawa [10]

Podle plánu by se toto městečko pro tři tisíce obyvatel a tisícovkou domácností mělo zabydlet do roku 2018. V listopadu 2014 se již část města otevřela. Ta část, která bude řídit základní funkce městečka - energetiku, bezpečnost, mobilitu, zdravotnictví a veřejný život, která má název Fujisawa SST SQUARE. Základní stavební jednotkou jsou “chytré domy”. Pro energetické hospodaření městečka Fujisawa se využívají fotovoltaické panely, bateriové zásobníky elektrické energie a palivočlánkové kogenerační jednotky Ene Farm. Tyto jednotky vyvinula firma Tokyo Gas Co., Ltd a Panasonic Corporation [10]



Obrázek 7 palivočlánková kogenerační jednotka pro bytové domy [10]

Snahou o otestování “chytrých sítí” u nás v České republice je koncept firmy ČEZ a.s., Futur/e/motion neboli Energie zítřka. Tento projekt byl prezentován v červnu roku 2009 a pod záštitou tohoto konceptu se v letech 2010 - 2015 firma rozhodla otestovat koncept implementace nejmodernějších inteligentních energetických technologií chytrých sítí v distribuční soustavě. Pro toto testování si vybrala severovýchodní město Vrchlabí. Proto byl tento projekt nazván Smart Region Vrchlabí.

Tento mikroregion byl vybrán z několika důvodů. Prvním byla vhodná velikost a existence vhodně zapojených obnovitelných zdrojů energie i možnost zapojení několika jednotek kombinované výroby elektrické energie a tepla (KVET). S touto možností jsou spojené i obchodní příležitosti centrálního zásobování teplem, což byl taktéž jeden z hlavních rozhodujících aspektů. Pokud ještě přidáme fakt, že ve Vrchlabí má „svůj“ výrobní závod Škoda Auto a.s., bylo vhodné implementovat i možnosti elektromobility. Další důvod proč tento mikroregion, je geografická blízkost Krkonošského Národního Parku (KRNAP) a tedy uplatnění ekologických přínosů projektu.

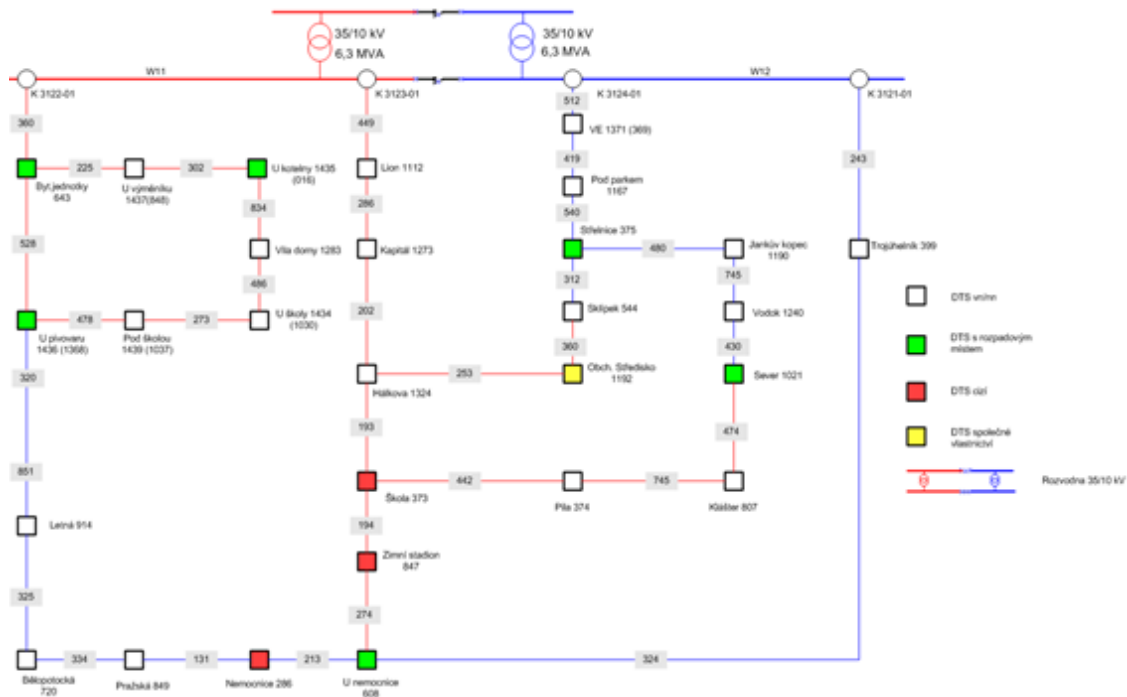
Jak jsem již popisoval v předchozím textu, důvodů k aplikaci Smart Grids je několik. Lepší regulace špiček spotřeby, rychlejší obnovení dodávky v případech poruch nebo nastavení ostrovního provozu (OP), který při přerušení důležitého vedení zajistí přepojení regionu přímo na decentrální výrobu s vyrovnanou bilancí spotřeby a dodávky elektrické energie.

Tento projekt byl rozdělen na jednotlivé části:

- přípravná fáze proběhla v letech 2010-2012
- realizační fáze 2012-2015

Na tomto pilotu se testuje:

- Automatizace na VN úrovni
- Monitoring na VN úrovni
- Realizace konceptu chránění mezi VN rozváděči s využitím protokolu IEC 61850 a GOOSE zpráv
- Automatizace na NN úrovni v DTS
- Monitoring na NN úrovni v DTS
- Plná automatizace na NN úrovni ve vybrané části sítě
- Realizace konceptu bilančně vyrovnané oblasti a provozu (OP)
- Řízení spotřeby pomocí NN vývodů v DTS, optimalizace spotřeby
- Řízení výroby lokálních výrobních zdrojů včetně využití akumulace
- Začlenění Smart Meters
- Self-healing funkcionality prostřednictvím nadstavbového řídicího systému (automatické rekonfigurace)
- Monitoring vlivu dobíjecích stanic elektromobility na distribuční síť
- Využití a testování vhodnosti různých typů technologií přenosu dat k řízení soustavy (WiMAX, PLC, optika, RF)



Obrázek 8 topologie VN sítí ve Smart Regionu s rozpadovými a nerozpadovými místy [11]

Na začátku projektu Smart Region byly zahájeny kroky, které vyžadovali instalaci inteligentních měřicích a komunikačních zařízení. Těmito zařízeními je zajištěn přenos informací o chování distribuční soustavy. Tyto informace se testují i v rámci různých způsobů přenosu dat (WiMAX, PLC, optika, RF). Toto testování probíhalo v rozmezí let 2012 až 2013

V červnu roku 2012 uvedla firma ČEZ Energo do zkušebního provozu první kogenerační jednotku v tomto Smart Regionu a to jednotku typu TEDOM QUANTO D770. Tato jednotka je umístěna v areálu AZ Škoda, disponuje elektrickým výkonem 800kW a tepelným výkonem 911kW. Tato kogenerační jednotka dodává teplo do centrálního zásobování teplem (CTZ) ve Vrchlabí a vyrobenou elektrickou energii dodává do distribuční soustavy.

Ve stejném roce byly připojeny ještě dvě další jednotky, umístěné v areálu NKT Cables Vrchlabí. Obě jednotky jsou stejného typu, a to TEDOM QUANTO D1600. Jejich elektrický výkon je 1560kW a tepelný výkon 1720kW.



Obrázek 9 instalace kogenerační jednotky v areálu AZ Škoda, Vrchlabí [11]

Tato jednotka kombinované výroby tepla a elektrické energie využívá odpadní teplo vznikající při spalování paliva a z chlazení motoru a oleje. Toto teplo pak předává do CZT. Jedna z těchto dvou jednotek bude sloužit jako zdroj napájení v případě ostrovního provozu.



Obrázek 10 dobíjecí stanice elektromobilů na náměstí T. G. Masaryka, Vrchlabí [11]

Poslední prvek tohoto pilotu je implementace elektromobility do distribuční soustavy. Vrchlabí je šesté město, kde tyto dobíjecí stanice pro elektromobily vznikly. Cílem je nejen rozšíření povědomí o bezemisní dopravě ale i možnost vyrovnávat lépe diagram zatížení. Pro distribuční soustavu je důležitým prvek komunikace mezi ovládním instalované dobíjecí stanice a dispečinkem. Distribuční soustava musí být schopna pružně reagovat na momentální požadavek energie do dobíjecí stanice. Cílem implementace tohoto prvku je měřit kvalitu energie při dobíjení, a jakým způsobem je při tom napájecí síť ovlivněna. [11]



## 4. Účastníci na trhu s elektřinou

Trh s elektřinou v České republice je uskutečněn na základě regulovaného přístupu k přenosové a distribuční soustavě, výstavby výroben elektrické energie i přímých vedení. Regulaci cen za přenos a distribuci, systémové služby a ceny elektřiny pro chráněné zákazníky a pro dodavatele reguluje nezávislý regulátor energetického trhu- Energetický regulační úřad (ERU)

Energetický regulační úřad také rozhoduje o udělení, odebrání či změně licence nutné k podnikání v energetickém odvětví podle zákona 458/2000 Sb.

Na trhu s elektřinou působí aktivně tyto licencovaní účastníci:

- Subjekt zúčtování (SZ)
- Dodavatel
- Účastník s přístupem na organizovaný krátkodobý trh (OKT)
- Účastník s přístupem na vyrovnávací trh (VT)
- Poskytovatel podpůrných služeb (PpS)
- Provozovatel distribuční soustavy
- Provozovatel přenosové soustavy
- Operátor trhu [12]

Na krátkodobém trhu s elektřinou působí 101 účastníků trhu a celkově je registrovaných 29 901 účastníků. Většina z těchto registrovaných účastníků nemá žádnou licenci a na trhu jsou z důvodu čísla EAN. Toto číslo jim umožňuje používat více odběrných míst. Tato místa jsou následně sjednocena do jedné faktury. Například České Radiokomunikace a.s. tuto možnost využívá. Svá odběrná místa má spojená podle polohy. Zjednodušuje to fakturujícímu čas a ušetří se náklady.

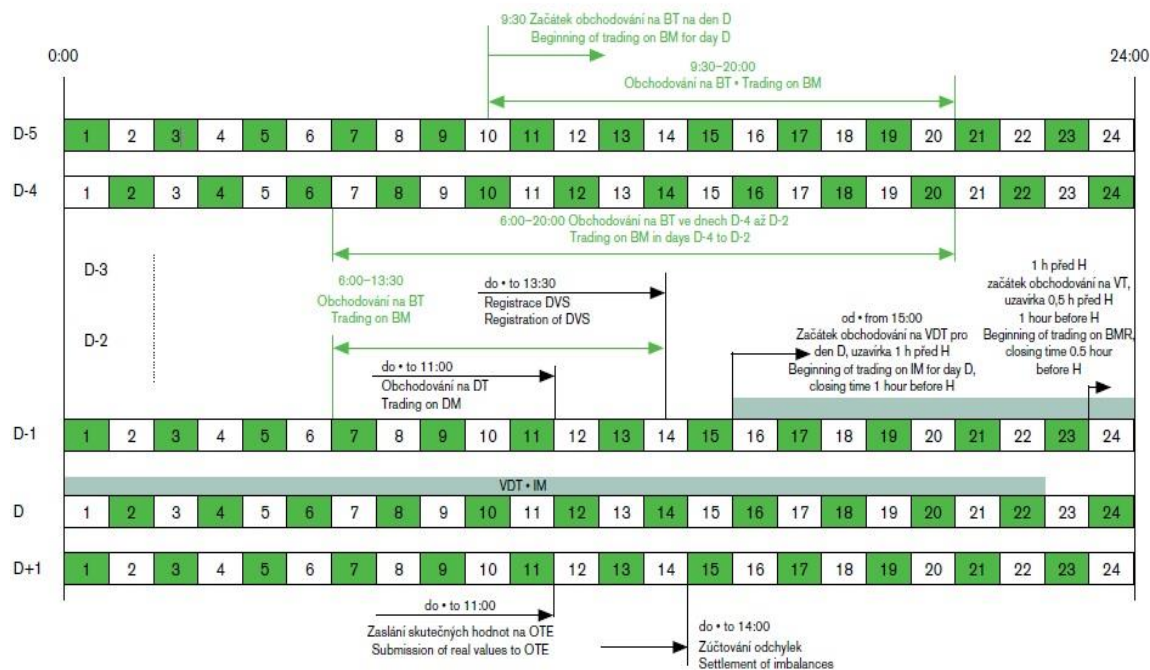
## 5. Popis trhu s elektřinou

Trh s elektřinou se řídí zákonem č. 458/2000Sb o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů a od podzimu roku 2014 se připravuje další novela tohoto zákona. V březnu roku 2015 prošel tento zákon do třetího čtení v horní komoře parlamentu ČR a doznal ještě dalších připomínek a změn. Potřeba novelizace tohoto zákona vyplývá z požadavků EU.

V praxi probíhá obchodování s elektřinou tak, že výrobce elektrické energie má uzavřené dvoustranné dohody s odběratelem na dlouhodobém vztahu (roky) a další vztah mezi výrobcem a obchodníkem probíhá na krátkodobém trhu. [12]

Obchodování s elektřinou v ČR probíhá prostřednictvím:

- Dvoustranného obchodování
- Organizovaného krátkodobého trhu
  - Blokového
  - Denního spotového
  - Vnitrodenního



Obrázek 11 časové uspořádání trhu s elektřinou [14]

## 5.1. Dvoustranné obchodování

V systému OTE bylo v roce 2012 prostřednictvím dvoustranných kontraktů registrováno přes 92 % zobchodované elektřiny.

Do dvoustranných kontraktů se započítávají:

- dvoustranné vnitrostátní smlouvy (DVS klasické, burzovní),
- dvoustranné smlouvy na dodávku pro vyvoz elektřiny do zahraničí (export) a pro dovoz elektřiny ze zahraničí (import).

*Dvoustranné vnitrostátní obchody na dodávku elektřiny byly jednotlivými subjekty zúčtování (SZ) překládány operátorovi trhu k registraci a nejpozději do 13:30 hodin den před začátkem dne, kdy měla být dodávka uskutečněna, přičemž tento čas byl uzávěrkou dvoustranného obchodování. V systému OTE se u registrace dvoustranných smluv kontroluje mimo jiné i splnění podmínky finančního zajištění ST pro tyto obchody z pohledu možných odchylek SZ. Toto je prováděno pouze pro účely zajištění případné odchylky a v systému OTE je tak registrováno pouze množství dvoustraně obchodované elektřiny bez uvedení její ceny. Finanční vyrovnání dvoustranných obchodů je prováděno přímo mezi stranami obchodu, mimo systém OTE, přičemž společnost OTE není centrální protistranou těchto obchodů.*

*Technická pravidla pro zadávání údajů z dvoustranných smluv na vývoz nebo dovoz byla nastavena odlišně od vnitrostátního obchodování. Při vyhodnocování odchylek SZ se zohledňovaly hodnoty diagramů přeshraničních obchodů odsouhlasených a předaných provozovatelem přenosové soustavy. [13]*

## 6. Zúčtování odchylek

Jedna ze základních činností, kterou operátor trhu provádí, je vyhodnocování a finanční ocenění odchylek. Veškeré odběry ze soustavy a všechny dodávky do soustavy musí být přiřazeny k jednotlivým z účastníků trhu. Tyto účastníky trhu, pro které OTE, a.s. takto zúčtovává a finančně zajišťuje odchylky, legislativa definuje jako subjekty zúčtování. Legislativa zároveň uvádí přesné kroky pro výpočet velikosti odchylek subjektů zúčtování a způsob stanovení ceny, kterou následně subjekty zúčtování za odchylky zaplatí.

Za odchylku je tedy odpovědný subjekt zúčtování, který tuto odchylku způsobí, pokud nepředává tuto zodpovědnost jinému subjektu zúčtování. Tohoto mohou využívat podružní odběratelé elektrické energie. Například České radiokomunikace, a.s. tento systém aplikují v Litomyšli, kde v areálu Českých radiokomunikací, sídlí jiná firma. Tato firma má s Českými radiokomunikacemi smlouvu o dodávce elektrické energie. Toto smlouvou se České Radiokomunikace, a.s. zavázaly přebírat zodpovědnost za překročení nasmlouvaného čtvrt hodinového maxima. Nastal případ, kdy firma smlouvu nedodržela, a nasmlouvané parametry maxima překročila. Následné finanční vyrovnání bylo složitější. Překročení této odchylky bylo v konečném důsledku finančně dražší než nasmlouvání vyššího maxima.

Odchylkou subjektu zúčtování se rozumí zúčtování pro každou obchodní hodinu, kdy je to součet odchylky za závazek dodat elektřinu do elektrické soustavy a odchylky za závazek odebrat elektřinu z elektrické soustavy.

*Účastníci trhu s elektřinou mohou vyrábět elektřinu, dodávat ji konečným zákazníkům, prodávat jiným účastníkům trhu nebo ji nakupovat od jiných účastníků, a to buď formou dvoustranných obchodů uvnitř ČR, formou přeshraničních obchodů, na organizovaném krátkodobém trhu anebo na vyrovnávacím trhu s regulační energií. Další možností dodávky elektřiny do soustavy je poskytování regulační energie zdroji poskytujícími podpůrné služby za podmínek stanovených pravidly provozování přenosové soustavy. [13]*

## 6.1. Popis modelu zúčtování odchylek

*Princip zúčtování odchylek je nastaven tak, že není příjmově neutrální, ale generuje v hodinách s příjmem z odchylek vyšším, než jsou náklady na regulační energii, přebytek finančních prostředků, které OTE poskytuje provozovateli přenosové soustavy (společnost ČEPS, a.s.) na úhradu části nákladů na systémové služby. Z tohoto přebytku jsou hrazeny náklady na regulační energii i v těch hodinách, které negenerují dostatečný příjem z odchylek. Na stanovení velikosti zúčtovací ceny se vedle ceny regulační energie ze zdrojů poskytujících podpůrné služby a opatřené na VT a v zahraničí podílí limitní cena stanovená ERÚ, regulační elektřina ze zdrojů poskytujících podpůrné služby je ohodnocena nabídkovými cenami. Ohodnocení regulační energie pořízené na vyrovnávacím trhu s regulační energií je závislé na směru poskytnuté regulační energie a na směru systémové odchylky.*

*Systémovou odchylkou v každé obchodní hodině se rozumí saldo všech dodávek a odběrů SZ je rovna součtu odchylek SZ a je kryta regulační energií. Velikost výsledné zúčtovací ceny odchylky SZ je závislá na systémové odchylce.*

*V roce 2012 byla zúčtovací cena odchylky stanovena takto:*

- byla-li systémová odchylka záporná nebo rovna nule, byla zúčtovací cenou odchylky ve směru systémové odchylky nejvyšší nabídková cena regulační elektřiny dodaná v této obchodní hodině pro vyrovnání záporné systémové odchylky a uhrazená operátorem trhu poskytovateli regulační elektřiny. Byla-li takto stanovená cena nižší než cena stanovená cenovým rozhodnutím ERÚ, použila se cena stanovená ERÚ.*
- Byla-li systémová odchylka kladná, byla zúčtovací cenou odchylky ve směru systémové odchylky nejvyšší nabídková cena regulační elektřiny dodaná v této obchodní hodině pro vyrovnání kladné systémové odchylky a uhrazená operátorem trhu poskytovateli regulační elektřiny. Byla-li takto stanovená cena nižší než cena stanovená cenovým rozhodnutím ERÚ. Použila se cena stanovená ERÚ*
- V případě, že pro některou obchodní hodinu nebyla obstarána žádná elektřina jako regulační energie prostřednictvím aktivací podpůrných služeb, ani na vyrovnávacím trhu s regulační energií nebo ze zahraničí na základě smlouvy, použila se zúčtovací cena podle cenového rozhodnutí ERÚ*

Zároveň stanovována i cena protiodchylky, kde se protiodchylkou rozumí taková odchylka SZ, která jde proti směru systémové odchylky. Zúčtovací cena této protiodchylky je pro každou obchodní hodinu stanovena následovně:

- Byla-li systémová odchylka záporná nebo rovna nule, zúčtovací cenou protiodchylky byl vážený průměr cen z aktivované kladné regulační energie (včetně vyrovnávacího trhu). Nebyla-li v této obchodní hodině dodána žádná elektřina pro zajištění rovnováhy, byla použita cena podle cenového rozhodnutí ERÚ.
- Byla-li systémová odchylka kladná, zúčtovací cenou protiodchylky byl vážený průměr cen z aktivované záporné regulační energie (včetně vyrovnávacího trhu). Nebyla-li v této obchodní hodině dodaná žádná elektřina pro zajištění rovnováhy, byla použita cena podle cenového rozhodnutí ERÚ.

Křivka závislosti ceny odchylky na velikosti systémové odchylky je vždy znovu potvrzována cenovým rozhodnutím ERÚ pro příslušný rok.

Zúčtovací cena odchylky je dle rozhodnutí ERÚ pro každou obchodní hodinu stanovena následujícím vzorcem:

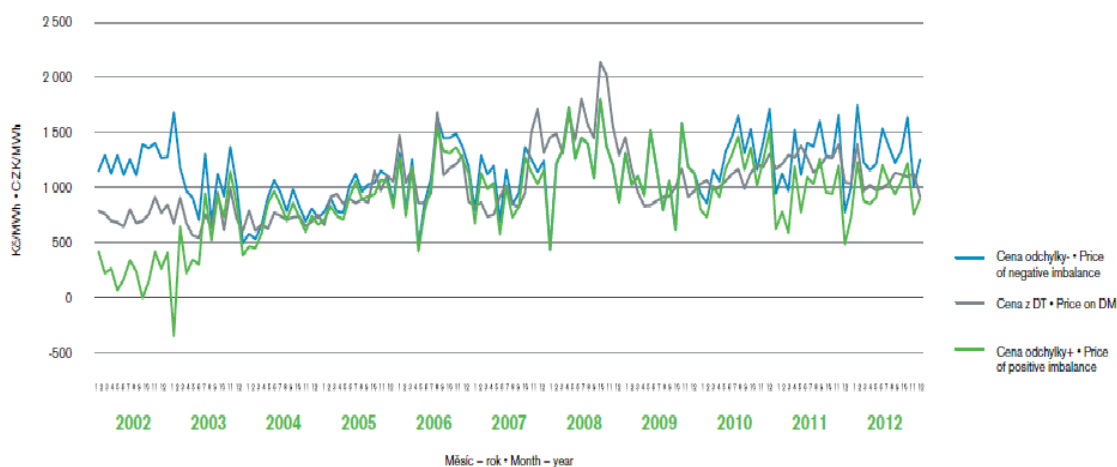
- V případě, že je v dané obchodní hodině systémová odchylka (SO) záporná nebo rovna nule:

$$C = 2350 + 5,5 * (SO) \text{ [Kč/MWh; MWh]}$$

- V případě, že v dané obchodní hodině je systémová odchylka (SO) kladná:

$$C = 1 + 3,5 * (SO) \text{ [Kč/MWh; MWh]}$$

Průběh průměrných měsíčních cen kladné a záporné odchylky a průměrné měsíční ceny z denního trhu v letech 2002 až 2012 demonstruje obrázek č. 6. [13]



Obrázek 12 průměrné měsíční ceny kladné a záporné odchylky a průměrné měsíční ceny z denního trhu v letech 2002-2012 [14]

## 6.2. Finanční ohodnocení odchylek

*Zúčtování a finanční vypořádání odchylek prováděné operátorem trhu zajišťuje mezi účastníky trhu s elektřinou úhradu elektřiny, která byla dodána do elektrizační soustavy nebo odebrána z elektrizační soustavy nad rámec sjednaného množství, nebo nebyla dodána do elektrizační soustavy či nebyla odebrána z elektrizační soustavy, přestože byla ve smlouvách sjednána.*

*Způsob stanovení zúčtovacích cen odchylky a protiodchylky pro jednotlivé obchodní hodiny je popsán v předchozí kapitole. Na základě zúčtování odchylek prováděného pro každý subjekt zúčtování v každé obchodní hodině určuje operátor trhu výši platby subjektu zúčtování za odchylku. Platba subjektu zúčtování za odchylku se stanoví jako součin velikosti odchylky a zúčtovací ceny.*

*Výpočet velikosti odchylek všech SZ a jejich ocenění je v systému OTE prováděn každý kalendářní den vždy za předcházející den. Jelikož toto denní vyhodnocení obsahuje skutečná měřená data pouze z odběrných míst s měřením typu A (u ostatních typů měření legislativa umožňuje použít předběžná data) provádí operátor trhu po skončení měsíce tzv. měsíční vyhodnocení odchylek. V němž již jsou zahrnuty došlé opravy skutečných měřených dat a předběžných hodnot použitých v rámci denního vyhodnocení. Na základě vyřízení případných reklamací měsíčního vyhodnocení pak provádí operátor trhu závěrečné měsíční vyhodnocení, a to ve 4. Měsíci po skončení měsíce, jehož se vyhodnocení týká.*

*Operátor trhu prování finanční vypořádání odchylek ve 3 etapách:*

- Denní vypořádání ve formě zálohové platby*
- Měsíční vypořádání, které se provádí po skončení kalendářního měsíce a na které se vystavuje daňový doklad a zúčtovávají zálohy z denního vypořádání*
- Závěrečné měsíční vypořádání, které se provádí pro všechny dotčené subjekty zúčtování po uplynutí lhůty pro podávání reklamací podle obchodních podmínek operátora trhu.*

*Průměrná cena odchylek v letech 2008 až 2012 je vyjádřena v tabulce 3. V porovnání s předchozím rokem je patrné, že cena kladné odchylky se mírně zvýšila při systémové odchylce kladné. Naopak cena záporné odchylky při systémové odchylce záporné mírně klesala. Zbývající sledované průměrné ceny se stabilizovaly na takřka stejné výši jako v roce 2011, kdy se naposledy projevil výrazný propad zejména ceny záporné odchylky SZ v případě kladné systémové odchylky způsobený změnou stanovení ceny protiodchylky. Trend těsnější*

*závislosti ceny protiodchylky na ceně regulační energie pokračuje. Opět se projevuje provázanost ceny protiodchylky a cen použité regulační energie na vyrovnání odchylky. [13]*

**Tabulka 2 průměrná platba subjektu zúčtování za odchylku (Kč/MWh) [14]**

	Sys+ • SI+		Sys- • SI-	
	Odchylka SZ+ Positive BRP's imbalance	Odchylka SZ- Negative BRP's imbalance	Odchylka SZ+ Positive BRP's imbalance	Odchylka SZ- Negative BRP's imbalance
2008	-602,66	-435,10	2 800,65	3 213,24
2009	-522,26	-386,42	2 997,59	3 382,30
2010	-400,09	-269,08	2 577,87	3 141,33
2011	-355,85	-10,81	2 386,45	3 187,80
2012	-371,87	-7,20	2 361,71	3 106,90

Tento model vznikl kvůli potřebě regulovat dodávku a spotřebu sítě do rovnovážného stavu. Proto všechny subjekty zúčtování hledají všechny možné nástroje k minimalizaci těchto odchylek, které mohou způsobovat přetěžování sítě a na druhé straně jsou zdrojem finančních ztrát pro subjekty zúčtování.

Jednou z metod, které subjekty zúčtování používají, je optimalizace naměřených hodnot z minulosti – diagramů spotřeby. Správným predikováním těchto diagramů spotřeby se dá s jistou pravděpodobností odhadnout spotřeba elektrické energie v blízké budoucnosti.



### 6.3. Dopad na konečného zákazníka

Vzhledem k tomu že konečný zákazník nemá v dnešní době možnost řídit svou odchylku spotřeby elektřiny žádnými prostředky, deleguje toto na svého dodavatele elektrické energie. Za tuto službu zákazník platí určitý obnos svému dodavateli za poskytnutí těchto služeb. Pokud by tato služba neexistovala, musel by konečný spotřebitel provádět tyto úkony na vlastním zařízení. Což by mělo za následek nemožnost současných činností - například topit, vařit, prát, ohřívat vodu a podobně. To je však mimo reálný způsob regulace elektrické energie a zároveň i mimo možnosti normálního spotřebitele. Proto, aby dodavatel elektřiny platil za tuto službu co nejméně, zpracovává prognózy spotřeby elektrické energie a hledá určité závislosti v chování lidí tak, aby mohl budoucí spotřebu elektřiny co nejpřesněji predikovat. To znamená i nákup elektřiny bez zbytečných přebytků a nedostatků, a aby způsoboval co nejmenší odchylku měření. Proto je velmi důležité, aby tato predikce byla co nejlépe optimalizovaná a nedocházelo k zbytečným výkyvům spotřeb. Tyto zbytečné výkyvy mají za následek najíždění a odstavování zdrojů elektrické energie, což má za následek následné zhoršení účinnosti a tím pádem i zdražení ceny elektřiny.

Pokud by tyto kroky prováděl chytrý řízený systém, umožňoval by přenést částečnou zodpovědnost na snižování odchylky na konečného odběratele. Systém mohl posílat informace do centrály na zpracování, ale mohl by je i přijímat a sám by mohl určovat co v jakou dobu ovládat. Mohl by i plánovat. Ať jde už o momentální odeslání informace – zvýšila se mi spotřeba, ještě se zvýší, nebo zvyšuje se mi spotřeba, ale dále bude konstantní.

V případě, že bude zaveden systém Smart Grids do činnosti a vše bude pracovat dle předpokladů, lze trh s elektřinou částečně, až úplně vynechat. Systém Smart Grids bude komunikovat komplexně s dodavatelem elektrické energie a s kombinací se samoučícími se adaptivními systémy bude predikovat velmi korektně spotřebu domu. Tento predikovatelný systém ovlivní plánování kapacit rezervního výkonu, který musí být k dispozici pro krytí odchylek.

Chytré měření v kombinaci s chytrým domem, který aktivně vyrábí elektřinu v kombinaci solárních panelů, tepelného čerpadla a akumulace může v reálném čase komunikovat s dispečinkem a předávat predikované hodnoty pro spotřebu domu. Tento systém výrazně sníží náklady na energie, zrychlí přenos dat a informací a konečným důsledkem zlevní náklady na elektrickou energii. Tímto způsobem se chytré měření aktivně zapojuje do celého systému trhu s elektřinou.

Pokud se vrátíme zpět, do dnešní doby, kdy nejsou Smart Grids nasazovány plošně, ale jedná se spíše o výjimečné případy, mohou tyto systémy pomáhat právě i při optimalizaci dnešního systému TDD. Pokud bude více dat z více tarifů u více tříd, může se výsledný tvar TDD ještě dále zpřesnit.

# 7. Rozdělení trhu s elektřinou dle typu měření elektřiny

Podle vyhlášky o měření jsou zavedeny čtyři typy měření:

- *Měření typu A – průběhové měření spotřeby v každé hodině s denním dálkovým přenosem dat*
- *Měření typu B - průběhové měření spotřeby v každé hodině s měsíčním intervalem odečtu dat (dálkový, může být i ruční)*
- *Měření typu S – měření s měsíčním intervalem odečtu dat, jiné než A a B*
- *Měření typu C - integrální (nepřůběhové) měření spotřeby s ročním intervalem odečtu dat*

*Pro úroveň nízkého napětí existuje podle vyhlášky povinnost osadit průběhové měření u odběratelů s nepřímým měřením (nad 3x80A) do konce roku 2014.*

[12]

Při zúčtování odchylek jednotlivých SZ vznikla potřeba stanovit spolehlivou náhradní metodu pro výpočet hodinových spotřeb u odběratelů bez průběhového měření.

Typové diagramy dodávky jsou tedy primárně využívány jako náhradní metoda (systém) pro zúčtování odběrů skupin konečných zákazníků (přináležejících k určitému obchodnímu subjektu), kteří nemají průběhové měření.

Typové diagramy se postupně začaly využívat i pro jiné účely, než jenom pro zúčtování odchylek v systému operátora trhu. Dalšími možnostmi využití typových diagramů jsou:

- Rozpočet spotřeby při změně ceny
- Využití při optimalizaci odchylek na trhu s elektřinou
- TDD jako informace o průbězích spotřeby v regionu
- Podpůrný nástroj při analýzách a stanovování regulovaných cen
- Využití při řešení sporů

## 7.1. Měření typu A

Měření typu A je průběhové měření s dálkovým denním přenosem údajů, a průběžný záznam střední hodnoty výkonu za měřicí interval provádí přímo měřicí zařízení.

U měření typu A je:

- *základní měřicí interval 1 čtvrt hodina, u první čtvrt hodiny je začátek stanoven na čas 00:00:00 a konec na čas 00:15:00,*
- *základní vyhodnocovací interval 1 hodina, u první hodiny je začátek stanoven na čas 00:00:00 a konec na čas 01:00:00 kalendářního dne,*
- *základní interval pro zpracování a přenos naměřených údajů v rámci měřicího zařízení 1 kalendářní den. [14]*

## 7.2. Měření typu B

Měření typu B je průběhové měření s dálkovým jiným než denním přenosem údajů. Průběžný záznam střední hodnoty výkonu za měřicí interval provádí přímo měřicí zařízení. Pokud není možné uskutečnit dálkový přenos údajů z technických důvodů, je možné přenos údajů provést jiným způsobem.

U měření typu B je

- *základní měřicí interval 1 čtvrt hodina, u první čtvrt hodiny je začátek stanoven na čas 00:00:00 a konec na čas 00:15:00,*
- *základní vyhodnocovací interval 1 hodina, u první hodiny je začátek stanoven na čas 00:00:00 a konec na čas 01:00:00 kalendářního dne,*
- *základní interval pro zpracování a přenos naměřených údajů v rámci měřicího zařízení 1 měsíc. [14]*

## 7.3. Měření typu S

je měření s dálkovým přenosem údajů, které, není měřením typu A ani měřením typu B. Pokud není možné uskutečnit dálkový přenos údajů z technických důvodů, je možné přenos údajů provést jiným způsobem.

Měřením typu S může být měřena elektřina v odběrných místech zákazníků s odběrem elektřiny z distribuční soustavy o napětí do 1 kV. [14]

## 7.4. Měření typu C

U měření typu C je zpracování a přenos údajů prováděn nejméně jedenkrát za rok.

U měření typu C, v případě že, se nejedná o odběr elektřiny, je ve smlouvě o připojení stanoven odběr elektřiny bez měřicího zařízení, může zákazník odebírat elektřinu bez měřicího zařízení, nejvýše však do rezervovaného příkonu 1 kW v jednom odběrném místě; poplachové sirény a zabezpečovací zařízení železniční dopravní cesty mohou mít vyšší rezervovaný příkon.

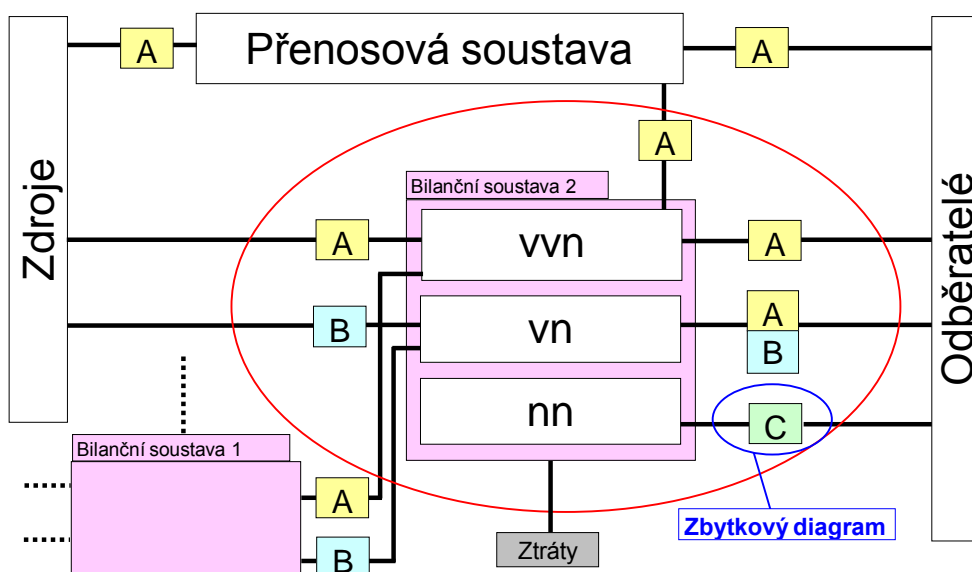
Měřením typu C musí být měřena elektřina v

- *odběrných místech zákazníků s odběrem elektřiny z distribuční soustavy, která nejsou uvedena v odstavcích 1 až 4 Vyhlášky č. 82/2011 Sb. o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo neoprávněné distribuci elektřiny. In: 82/2011. 2011*
- *odběrných místech zákazníků s odběrem elektřiny z distribuční soustavy, předávacích místech mezi distribučními soustavami a předávacích místech výrobců elektřiny připojených k distribuční soustavě nebo do odběrného místa zákazníka nebo do předávacího místa jiné výroby elektřiny, kde není technicky a ekonomicky možné instalovat měření podle vyhlášky č.82/2011 Sb. o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo neoprávněné distribuci elektřiny, odstavců 1 až 4 Vyhlášky č. 82/2011 Sb. o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo neoprávněné distribuci elektřiny. In: 82/2011. 2011.*

[14]

## 7.5. Zbytkový diagram a roční odhad spotřeby s měřením typu C

Zbytkový diagram (ZD) pro daný region vznikne dopočtem z bilance všech průběhově měřených odběrů a dodávek a zahrnutím ztrát. Ztráty jsou přitom určeny náhradním výpočtem, procento ztrát určuje ERÚ. Zbytkový diagram představuje diagram spotřeby všech odběratelů s měřením typu C (podnikatelé a domácnosti), připojených k napěťové úrovni NN v daném regionu. Přesnost stanovení zbytkového diagramu závisí na přesnosti a úplnosti všech průběhově měřených odběrů a dodávek v daném regionu. [14]



Obrázek 13 schéma přenosu energie

## 8. Operátor Trhu

Společnost OTE, a.s. je akciová společnost založena 18.4 2001. Zakladatel a jediný akcionář je stát Česká republika a akcionářská práva vykonává Ministerstvo průmyslu a obchodu. Od roku 2002 plní tato společnost velice důležitou roli v energetice v České republice. Má za úkol především zúčtování a finanční vypořádání odchylek - rozdíl mezi objednaným a skutečně spotřebovaným množstvím elektrické energie účastníky trhu s elektrickou energií. Také organizuje krátkodobý trh s elektřinou a s provozovatelem distribuční soustavy se účastní vyrovnávacího trhu s regulační energií.

Hlavním předmětem činnosti společnosti, zakotveným v § 20a zákona č. 458/2000 Sb. – energetický zákon ve znění pozdějších předpisů, zejména:

- *organizování krátkodobého trhu s plynem a krátkodobého trhu s elektřinou a ve spolupráci s provozovatelem přenosové soustavy vyrovnávacího trhu s regulační energií,*
- *vyhodnocování odchylky za celé území České republiky a toto vyhodnocení předávat jednotlivým subjektům zúčtování a provozovateli přenosové nebo přepravní soustavy,*
- *na základě vyhodnocení odchylek zajišťování zúčtování a vypořádání odchylek subjektů zúčtování, které jsou povinny je uhradit,*
- *informování provozovatele přenosové soustavy, provozovatele přepravní soustavy a provozovatele podzemních zásobníků plynu nebo provozovatele distribuční soustavy o neplnění platebních povinností účastníků trhu a subjektů zúčtování vůči operátorovi trhu,*
- *zpracování a zveřejňování měsíční a roční zprávy o trhu s elektřinou a měsíční a roční zprávy o trhu s plynem v České republice,*
- *zpracování a předávání ministerstvu, Energetickému regulačnímu úřadu, provozovateli přenosové soustavy a provozovateli přepravní soustavy alespoň jednou ročně zprávy o budoucí očekávané spotřebě elektřiny a plynu a o způsobu zabezpečení rovnováhy mezi nabídkou a poptávkou elektřiny a plynu,*
- *zpracování podkladů pro návrh Pravidel trhu s elektřinou a Pravidel trhu s plynem,*
- *zajišťování a poskytování účastníkům trhu s elektřinou nebo plynem skutečných hodnot dodávek a odběrů elektřiny nebo plynu,*
- *zpracování a po schválení Energetickým regulačním úřadem zveřejňování obchodních podmínek operátora trhu pro elektroenergetiku a pro plynárenství způsobem umožňujícím dálkový přístup,*

- *zajišťování v součinnosti s provozovateli distribučních soustav zpracování typových diagramů dodávek,*
- *na základě údajů předaných provozovatelem přenosové soustavy nebo provozovatelem přepravní soustavy zajišťování zúčtování a vypořádání regulační energie nebo vyrovnávacího plynu včetně zúčtování při stavech nouze,*
- *v případech podle § 12a energetického zákona oznamování dodavateli poslední instance odběrných míst zákazníků včetně jejich registračních čísel,*
- *sledování množství skladovaného plynu v jednotlivých podzemních zásobnících plynu a jejich kapacity,*
- *správa veřejně přístupného rejstříku obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů,*
- *administrace systému pro vyplácení podpory podporovaných zdrojů energie,*
- *administrace systému pro vydávání a správu záruk původu.*

Všechny jmenované činnosti jsou dle energetického zákona vykonávány jako regulované činnosti. Od roku 2004 se OTE, a.s. stala dle zákona č. 695/2004 Sb., správcem rejstříku obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů. Tímto tato společnost zajišťuje evidenci provozovatelů a jejich zařízení, která mají vliv na vyprodukované emise. Společnost tedy přiděluje a vyřazuje povolenky v souladu s národním alokačním plánem, registruje jejich transakce a komunikuje s centrálním rejstříkem Evropské unie. Od října 2008 je rejstřík napojen do Kjótského schématu.

Činnosti vyplývající z úlohy správce rejstříku obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů jsou vykonávány jako činnosti neregulované. [7]



## 9. Očekávaný vývoj, cíle a záměry

Hlavním úkolem společnosti OTE, a.s. je zajistit rozvoj trhu s elektřinou, transparentní prostředí a podporu účastníků trhu s elektřinou. Od roku 2013 zajišťuje Operátor trhu, a.s. také vyplácení podpory obnovitelných zdrojů energie, které zavádí zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie.

OTE, a.s. se zaměřuje nyní na vytvoření jednotného trhu s elektřinou, vytvoření jednotného trhu s plynem a implementaci inteligentního měření elektřiny.[5]

Pokud tedy vezmeme, podle mne, tu nejlepší představu, inteligentní dům a Smart Grids, kde inteligentní dům umožní elektrickou energii jak ukládat tak vyrábět, tedy prodávat a kupovat, bude plán OTE a.s. úspěšný. Avšak tato myšlenka je dlouhodobá, dle mého odhadu, v řádu několika desítek let.

Zaměříme se tedy na potenciál, který se již teď může využít, pokud se “chytré” elektroměry plošně nasadí. Nyní máme 8 tarifů pro vysoký tarif (VT) a nízký tarif (NT). To vyplývá z principu fungování HDO - vypni/zapni akumulaci elektrické energie. Když vezmeme v úvahu, že v České republice je celkem 4.104.635 obytných bytů, z toho je 2.257.978 bytů v bytových domech a 1.795.065 rodinných domů, [15] tak 55% obydlených prostor nemůže využívat systému HDO. Pro lepší využívání řízení elektrické energie, je potřeba zařadit další tarify a možnosti, jak vše propojit dohromady co nejvýhodněji, aby stav a systém vyhovoval potřebám jak výrobce, distributora tak i konečného zákazníka.

Zde by pro tuto možnost bylo nutné provést sociologickou studii, jak se chovají různé domácnosti, jedinci v různých platových třídách a s různým stylem života. Například rodina s dětmi, kde je jeden rodič na mateřské, rodina s dětmi, které studují mimo své trvalé bydliště, rodiny bez dětí. Dále jsou nutné informace o tom, jaké mají členové domácností pracovní možnosti, zda pracují pondělí až pátek, nebo pracují na směny, či mají sezónní práce. Pokud by takovéto informace byly k dispozici, může se domácnostem připravit tarif “na míru” popřípadě se dá kombinovat i více možností.

Příkladem může být úplná rodina s dětmi, kde jeden rodič dojíždí za prací a dítě/děti studují mimo své trvalé bydliště. Takto fungující rodina spolu žije nejvíce o víkendu. To znamená, že pokud přijedou všichni domů například v pátek a odjíždějí v neděli, tak se za víkend musí vyprat, usušit, vyžehlit. Zapnou se počítače či notebooky, nabíjejí se telefony, svítí se ve více místnostech, proteče více teplé vody a podobně. To vše má za následek zvýšenou spotřebu elektrické energie. Ale toto zvýšení je pravidelné a z tohoto důvodu i

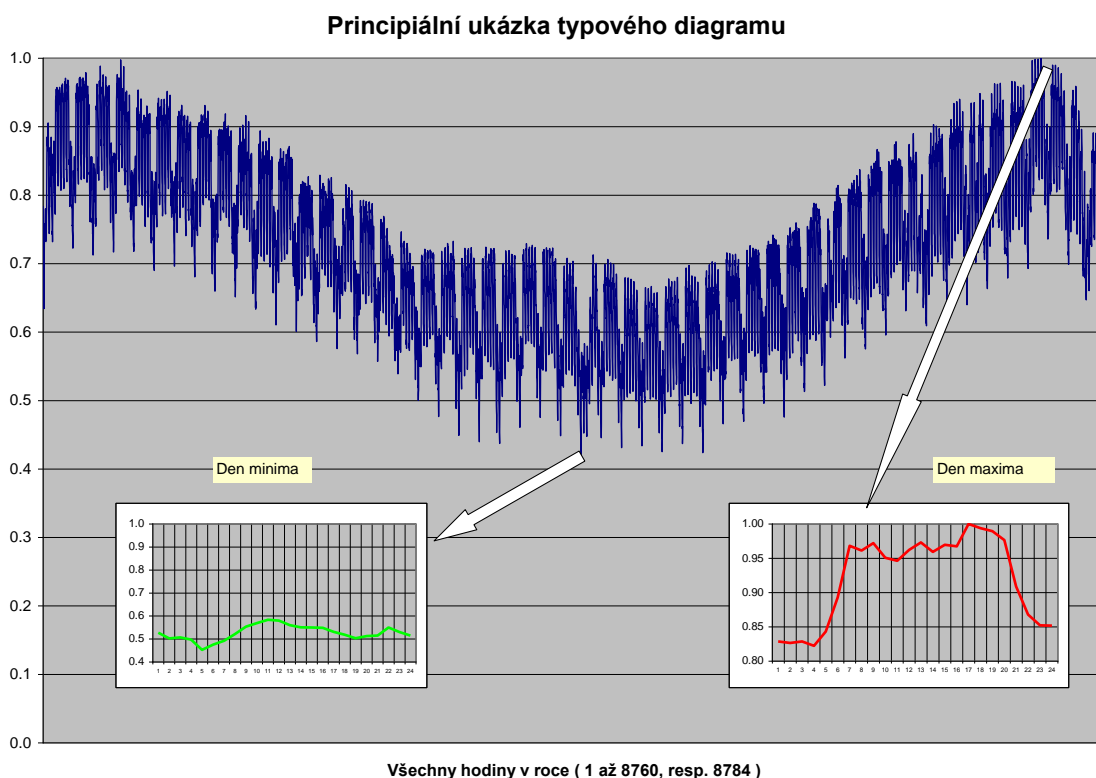
predikovatelné. Může se tedy nastavit tarif - nazvěme ho -"5+2", kdy 5 dní v týdnu bude elektřina méně spotřebovávaná a tedy může být i dražší a o víkendu bude spotřeba vyšší a tedy ceny elektřiny nižší. Další model spotřeby elektrické energie může být založen na informaci, že rodina/odběratel elektrické energie/subjekt zúčtování má i jiné nemovitosti (zahradka, chalupa a podobně) a aktivně je využívá. Zde je možnost definovat tarif na dvě odběrná místa pro jednoho odběratele tak, že v zimě, kdy se většinou tato místa nevyužívají aktivně, bude mít levnější elektrickou energii závislou na předchozím modelu a naopak v létě může využívat model jiný, kdy víkendy (volné dny) využívá na jiném místě. To má samozřejmě za následek snížení spotřeby na jednom místě a zvýšení na druhém. Ale nemusí se jednat o stejný rozdíl. Nazvěme tento model "8+4".

Další možností je definovat tarif pro osoby pracující na směny. Vstupní informace pro model je, kdy má odběratel 8 či 12 hodinovou směnu. V tuto dobu je možné pak energii odebírat jinak. Pokud by osoba takto směnující šla do práce, připravila by pračku a v ní navolila potřebný program, který se má spustit na dálku. Daný impulz by potom jednoduše spustil zařízení v době, kdy je to optimální. To samé platí například u myčky. Přestože tyto odběry nejsou nikterak velké, při větším počtu takto řešených domácností už to může být velice přínosné.

Riziko ze zneužití těchto informací je velmi vysoké. V případě že by tyto informace byly zneužity, bude případný pachatel znát návyky vlastníka daného odběrného místa. Bude vědět kdy a na jak dlouho pravidelně nebývá přítomen na své adrese, podle spotřeby může odhadnout počet elektrických spotřebičů v domácnosti a podobně.

## 10. Typové diagramy dodávek

Typové diagramy dodávek (TDD) jsou náhradní metodou jak zúčtovat konečné zákazníky, kteří nemají průběhové měření. Jsou to hodinové číselné průběhy vyjadřující tvar odběru elektrické energie u daného typu respektive třídy odběratelů. Průběhy TDD jsou stanoveny pro různé odběratele – třídy TDD – pro všechny dny v roce. Typový diagram má na ose X hodnoty časové (hodiny, dny, měsíce) a na ose Y relativní bezrozměrná čísla.



Obrázek 14 principiální ukázka typového diagramu

Typový diagram dodávky s kombinací s HDO určuje vysoký a nízký tarif. To je z hlediska řízení spotřeby energie velice příhodné. Avšak HDO má své meze. HDO umí jen “zapnout a vypnout” spotřebič. Neumí spotřebič řídit a neumí odesílat zpětnou vazbu. Z těchto hlavních důvodů se zřizují Smart Grids. Řízení elektrické soustavy znamená držet vyrovnanou bilanci mezi výrobou a spotřebou, a pro vyrovnaný výkon zdrojů zjednodušeně řečeno znamená mít celkovou spotřebu elektrické energie v čase takzvaně flat, tedy rovný, plochý. HDO již vyrovnává denní a noční výkyvy. Smart Grids by měli právě být tím dalším vyšším stupněm řízení, který tvar TDD více vyrovná. Řídit taktéž znamená operativně, rychle a se správnou lokací zapínat a vypínat spotřebiče. A to s dnešním nastavením tarifů nejde tak

efektivně. A jak jsem již zmiňoval výše, k výsledku - flat spotřebě elektrické energie v čase, může pomoci i “chytrý dům” a systém chytrého řízení.

Pokud se nezmění systém tarifů, respektive tarify samotné, v panelových domech nemá následně smysl kalkulovat s úsporou aplikovatelných ve Smart Grids. Tyto tarify jsou nastaveny pouze pro využívání akumulace energie a topení a to v panelovém domě obvykle nejde. Zde se uvažuje pouze “svítí – nesvítí“. Pokud by se tarify změnily, ať už tak jak navrhuji v předchozích kapitolách, či jinak a bude tam možnost řídit spotřebu elektrické energie jinak než “svítí- nesvítí”. Poznání a práce s návyky spotřebitelů, možnost s těmito informacemi pracovat, je základem pro koncept Smart Grids, který bude mít výhodu oproti HDO. Koncept Smart Grids bude výhodný, dle mého názoru, jak pro koncové uživatele, tak pro výrobce a distributory elektrické energie.

## 10.1. Klasifikace typových diagramů dodávky

Při definování tříd TDD se vycházelo z propracovaného tarifního systému, který se v ČR využívá.

**Rozdělení odběratelů do skupin (tříd TDD) bylo provedeno podle sazeb:**

### Podnikatelé

- TDD 1 C01d , C02d , C03d bez elektrického ohřevu vody a topení
- TDD 2 C25d , C26d , C35d akumulace elektřiny pro ohřev nebo topení
- TDD 3 C45d , C55d , C56d přímotopné vytápění + tepelná čerpadla

### Domácnosti

- TDD 4 D01d , D02d , D61 bez elektrického ohřevu vody a topení
- TDD 5 D25d , D26d akumulace elektřiny pro ohřev nebo topení
- TDD 6 D35d hybridní vytápění
- TDD 7 D45d , D55d , D56d přímotopné vytápění + tepelná čerpadla

### Veřejné osvětlení

- TDD 8 C62d osvětlení [4]

## 10.2. Možnosti typových diagramů dodávek v budoucnu

Ve vzdálenější budoucnosti by typové diagramy mohly ztrácet svůj význam. Jednotlivé domácnosti či bytové domy budou soběstačná zařízení, popřípadě i celé město by mohlo být energeticky soběstačné. Ať už je to jako v případě města Vrchlabí, které má kogenerační jednotky a FV elektrárny [11], nebo se bude jednat o jiný způsob decentralizované výroby elektrické energie. Trendem dnešní doby je decentrální výroba elektřiny s optimalizací v konečném místě spotřeby a přenesení odpovědnosti za odchylku na stranu konečného odběratele. S rozvojem moderních technologií a zvětšením kapacity přenosu a rychlosti v moderních sítích můžeme dnes v reálném čase sledovat decentrální výrobu a spotřebu elektrické energie. Tímto způsobem lze řídit a synchronizovat malé decentrální jednotky s vysokou účinností výroby elektřiny a tepla a minimalizací přenosových ztrát. V budoucnosti bude základní jednotkou “chytrý dům” s možností přeřazování spotřeb pro například nabíjení elektromobilu či výroby vodíku pro vodíkové články. Spojením “chytrých domů” do optimálních celků “energetických čtvrtí” se podaří minimalizovat ztráty na přenos a optimalizovat zdroje pro výrobu elektřiny.

# 11. Princip a tvorba TDD

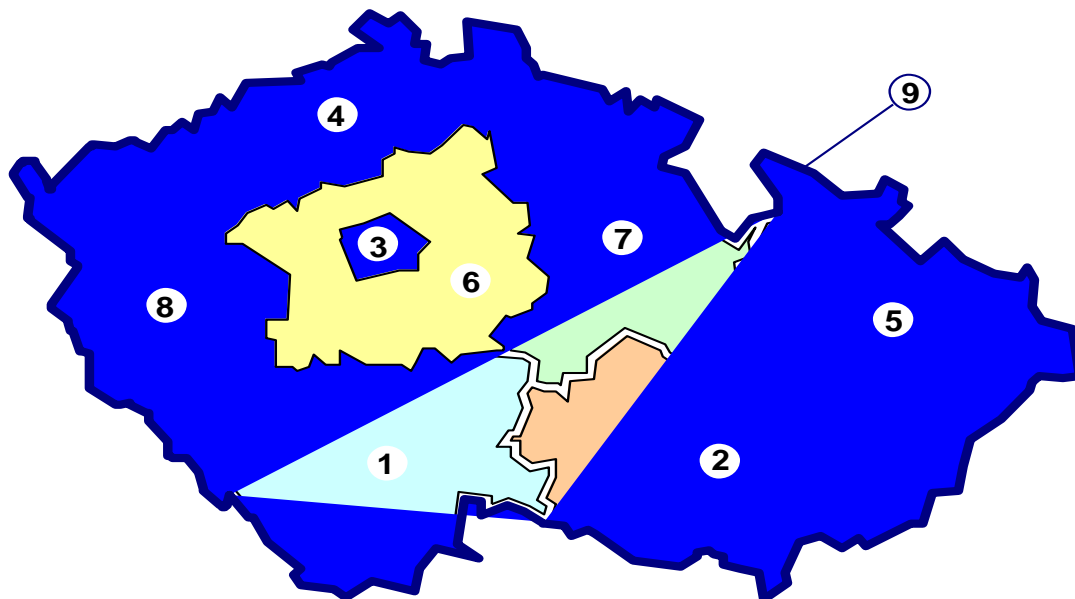
Typové diagramy dodávek se tvoří na základě měření určitého počtu vzorků. Vzorek je náhodně vybraný odběratel a pro každou třídu TDD jsou tyto diagramy vytvářeny samostatně. Používají se pro sestavení grafů principy z matematické statistiky. Pouze u TDD třídy 8, veřejné osvětlení, se nepoužívá vzorkování.

Abychom mohli tato potřebná data měřit, musí být již nainstalované chytré měření, které umí alespoň na dotaz poslat aktuální stav měřidla, tudíž alespoň systém AMR. Toto osazení a měření vzorků zajišťují jednotliví distributoři elektrické energie. Náklady na takový provoz jsou distributorům hrazeny ze strany Energetického regulačního úřadu (ERÚ), a jsou vlastně pokryty platbou za regulovanou složku ceny elektřiny.

Počet vzorků na jednotlivou třídu byl zvolen na základě propočtu z teorie matematické statistiky. Počet vzorků byl navýšen o rezervu, která má pokrýt chybné měření popřípadě nestabilní vzorky. Z této teorie se zvolila hodnota 100 vzorků. Po zaokrouhlení a navýšení prvků o naplánovanou rezervu (chybný odečet, porucha apod.) je počet vzorků stanoven na 128 na každou třídu TDD. Protože máme 8 energetických regionů, připadá tak na jednu třídu 16 vzorků pro dané TDD.

V době, kdy ještě existovaly regionální distribuční společnosti (SČE, ZČE, JČE, VČE, PRE, JME, SME, STE), byly typové diagramy vytvářeny jako celostátní, avšak zúčtování se provádělo po regionech. Ke změně konceptu došlo v roce 2006 u třídy TDD 5 (domácnosti s akumulacím ohřevem vody nebo s akumulacím vytápěním). Důvodem k této změně bylo zjištění, že dochází k velkým rozdílům v chování konečných zákazníků v různých regionech.

Po této úpravě je tedy 7 celostátních a 8 regionálních typových diagramů. S výjimkou třídy 2 (podnikatelé domácnosti s akumulacím ohřevem vody nebo s akumulacím vytápěním) je počet vzorků na třídu roven 128. U TDD třídy 2 byl počet navýšen na 192 vzorků.



Obrázek 15 uspořádání ČR z pohledu zúčtování odchylek

*Celkový definovaný počet vzorků je tedy:*

<i>Celostátní TDD 1-7 (s výjimkou TDD5)</i>	$=5 \times 128 + 1 \times 192 = 832$
<i>Regionální TDD 5</i>	$=8 \times 128 = 1024$
<i>Celkem</i>	$=1856$

Celkový minimální počet je tedy 1856. V praxi je samozřejmě počet vzorků vyšší a to kvůli systematické výměně. Celkový počet vzorků tedy přesahuje hodnotu 2 000 kusů. [4]

## 11.1. Výběr vzorků podle spotřeby

Jak jsem již popisoval, výběr vzorků je do jednotlivých regionů rozmístován systematicky. Dalším kritériem je i velikost roční spotřeby. Podle pravidelných analýz z dat od distribučních společností je vypočteno 8 pásem spotřeby pro každou třídu TDD. Záleží při tom i na hustotě osídlení v závislosti na roční spotřebě elektřiny. Nerovnoměrná hustota osídlení a tedy i počtu obyvatel v dané třídě má za následek to, že hranice 8 vypočtených pásem spotřeby není rovnoměrná. Zohledňuje tedy rozložení všech odběratelů.

Z rozložení vzorků do pásem se pak i vychází při tvorbě daného TDD.

Postup výpočtu:

*Nejprve se vytváří dílčí průběhy pro každé pásmo spotřeby a pak se ve správném váženém poměru vypočte výsledné TDD pro celou skupinu odběratelů. TDD se pracovní vytváří vždy z měření vzorků za ucelený rok. Poté se diagram očistí od vlivu skutečných teplot a vyhlazuje metodou vážených průměrů za pomoci diagramů ze čtyř předchozích let. [4]*

Vliv teplot na tvorbu TDD má velký vliv, a proto se musí od tohoto vlivu diagram očistit, abychom mohli TDD vyhladit metodou vážených průměrů.

Jelikož počasí není žádný den stejné, tak se chová jinak stejný den několik let po sobě. Počasí se predikovat s uspokojivou pravděpodobností měsíc dopředu moc dobře nedá. TDD se definuje ve vyhlášce jako normalizovaný typový diagram jako posloupnost relativních hodnot průměrných hodinových odběrů elektřiny, vztažených k hodnotě ročního maxima průměrných hodinových odběrů příslušné skupiny zákazníků definované třídou typového diagramu a přepočtených na normálové teploty.



## 12. Model tvorby TDD dle OTE, a.s.

Společnost OTE, a.s. také vytváří model pro vytváření TDD. Tento model je sofistikovanější, než model, který vytvářím já. Tento model je rozdělen do těchto osmi základních bodů:

- a) Stanovení odhadu souhrnné roční spotřeby za skupinu konečných zákazníků
- b) Stanovení odhadu hodinové spotřeby za skupiny konečných zákazníků
- c) Korekce odhadu hodinové spotřeby za skupiny konečných zákazníků na aktuální počasí
- d) Stanovení odhadových ztrát v distribuční soustavě
- e) Stanovení zbytkové bilance v distribuční soustavě
- f) Stanovení korekčního činitele pro korekci TDD na zbytkovou bilanci distribuční soustavy
- g) Korekce odhadu hodinové spotřeby za skupiny konečných zákazníků na zbytkovou bilanci distribuční soustavy
- h) Výpočet odhadu celkové hodinové spotřeby za skupinu konečných zákazníků daného dodavatele

K dalšímu zpřesnění dat se používá denní zpracování dat (den+1). Toto zpracování slouží ke stanovení náhradních hodnot. Tento proces probíhá v čase den-1. Toto denní zpracování dat má tyto jednotlivé kroky:

- a) Stanovení odhadu hodinové dodávky za skupinu výroben daného odběratele v dané distribuční soustavě
- b) Stanovení odhadu souhrnné roční spotřeby za skupiny konečných zákazníků
- c) Stanovení odhadu hodinové spotřeby za skupiny konečných zákazníků
- d) Korekce odhadu hodinové spotřeby za skupiny konečných zákazníků na aktuální počasí
- e) Stanovení odhadovaných ztrát v distribuční soustavě
- f) Stanovení zbytkové bilance v distribuční soustavě
- g) Stanovení korekčního činitele pro korekci TDD na zbytkovou bilanci distribuční soustavy

- h) Korekce odhadu hodinové spotřeby za skupiny konečných zákazníků na zbytkovou bilanci distribuční soustavy
- i) Výpočet odhadu celkové hodinové spotřeby za skupinu konečných zákazníků daného dodavatele

Pro měsíční zpracování dat se používají data z předešlého zúčtovacího měsíce, kdy tento měsíc začíná 25. dne běžného kalendářního měsíce vždy v 00:00 a končí 24. dnem ve 24:00. Toto zpracování dat má stejné procesní kroky jako denní zpracování. Tedy:

- a) Stanovení odhadu hodinové dodávky za skupinu výroben daného odběratele v dané distribuční soustavě
- b) Stanovení odhadu souhrnné roční spotřeby za skupiny konečných zákazníků
- c) Stanovení odhadu hodinové spotřeby za skupiny konečných zákazníků
- d) Korekce odhadu hodinové spotřeby za skupiny konečných zákazníků na aktuální počasí
- e) Stanovení odhadovaných ztrát v distribuční soustavě
- e) Stanovení zbytkové bilance v distribuční soustavě
- f) Stanovení korekčního činitele pro korekci TDD na zbytkovou bilanci distribuční soustavy
- g) Korekce odhadu hodinové spotřeby za skupiny konečných zákazníků na zbytkovou bilanci distribuční soustavy
- h) Výpočet odhadu celkové hodinové spotřeby za skupinu konečných zákazníků daného dodavatele

Další zpracování se nazývá závěrečné měsíční zpracování (M+3M+y). Pro toto zpracování se používá stejný postup, který jsem již výše popsal, avšak k výpočtům je použita poslední verze dat.

Posledním krokem je závěrečné zpřesňující zpracování (M+12M+z). Pro toto zpracování platí zase stejný postup, který je již popsán, až na jednu výjimku. Pro výpočty jsou použity skutečné hodnoty místo hodnot odhadnuté roční spotřeby. Dále jsou ještě k výpočtu použita data ze zasílání opravných dat nebo reklamačních řízení. Toto zpřesňující zpracování se zpravidla provádí ve 13. měsíci po měsíci, ve kterém se provádělo vyhodnocení (proto M+12M).

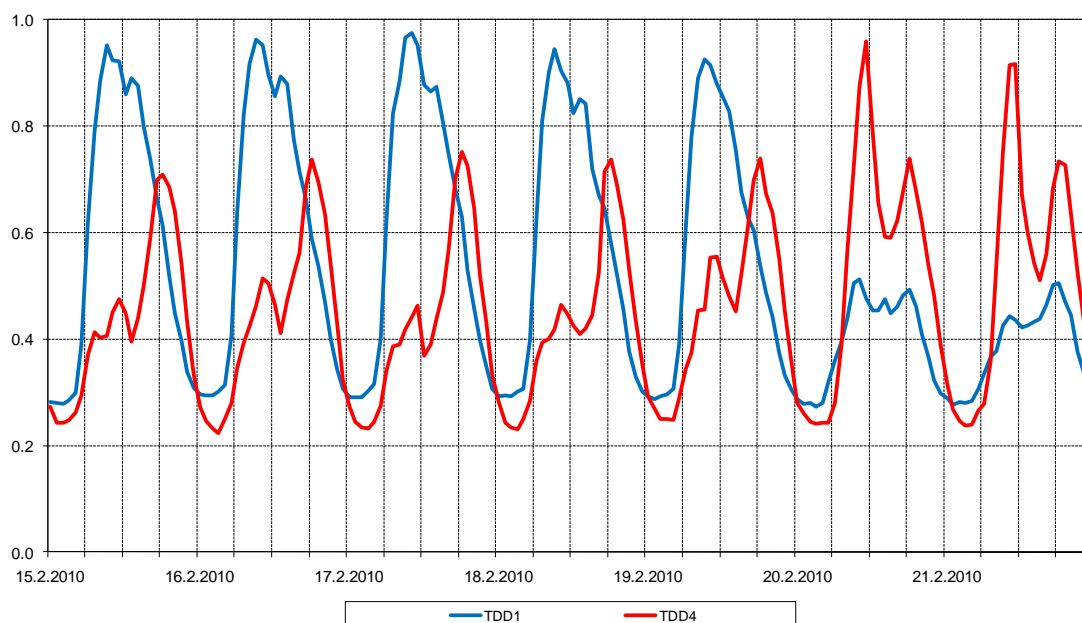
Hodnoty „y“ a „z“ jsou počty dní, od kterých se zpětně vypočítává predikce [16]

## 13. Ukázky tvarů vybraných TDD

Tvary TDD mají jisté typické vlastnosti, které se dají charakterizovat následujícími způsoby:

- Rozdíl mezi diagramy pro podnikatele a pro domácnosti vzniká v průběhu dne. Podnikatelské odběry narůstají obvykle v ranních hodinách se začátkem provozu a končí v odpoledních hodinách s koncem provozu pro dny pondělí až pátek. Pro domácnosti jsou typické večerní nárůsty zatížení v pracovních dnech, v nepracovních se k nim přidávají polední špičky – vaření.
- Velký vliv má na tvar denního diagramu způsob využití energie – akumulční spotřebiče (ohřev vody, topení, přímotopné spotřebiče) a jak je řízena spotřeba (blokování spotřebičů, doba trvání nízkého tarifu).
- Markantní rozdíl se projevuje, pokud je elektřina používána pro topení. Vznikají větší poměry mezi hodnotami TDD v zimě a v létě. Zvyšuje se pak i míra teplotní závislosti TDD na skutečných teplotách. [4]

UKÁZKA PRŮBĚHU HODINOVÝCH HODNOT TDD VE VYBRANÉM TÝDNU  
od 25. 1. 2010 do 31. 1. 2010



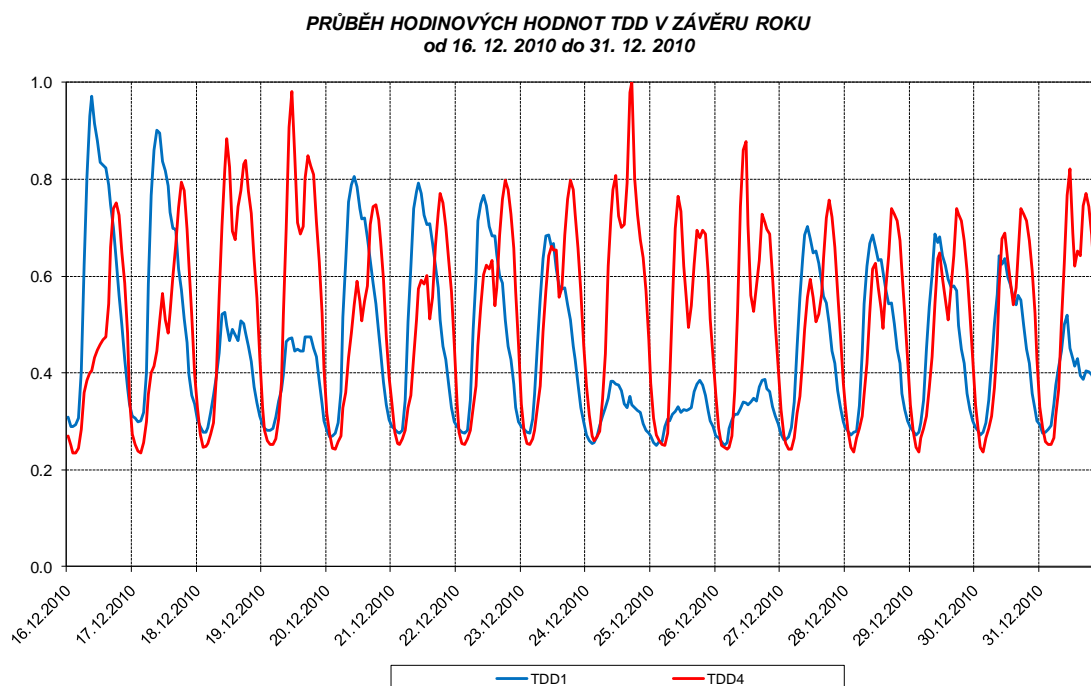
Obrázek 16 ukázka průběhu hodinových hodnot TDD ve vybraném týdnu od 25.1 2010 do 31. 1. 2010 [4]

TDD1 - podnikatelé bez elektrického ohřevu vody a topení

TDD4 – domácnosti bez elektrického ohřevu vody a topení

Na obrázku č. 17 je graf, který ukazuje rozdíl mezi pracovním dnem a víkendem u domácností a podnikatelů. Dále máme možnost pozorovat výše popsanou večerní a

víkendovou špičku pro domácnosti. V pracovních dnech u podnikatelů můžeme sledovat v podstatě délku pracovní doby, která je reflektována špičkou.



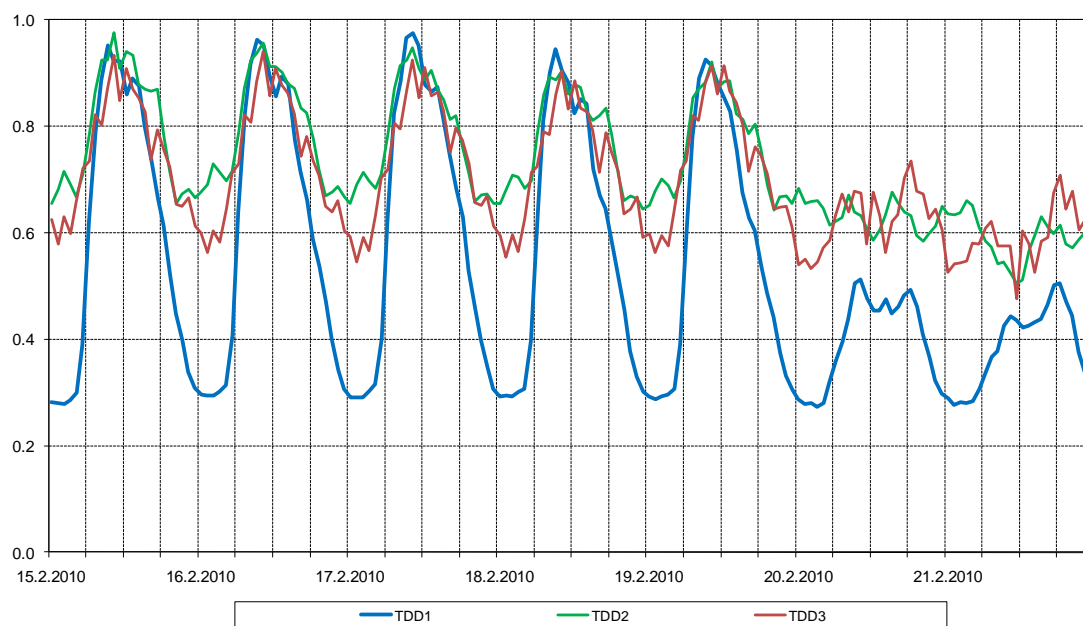
Obrázek 17 průběh hodinových hodnot TDD ve vybraném období od 16. 12. 2010 do 31. 12. 2010 [4]

**TDD1 - podnikatelé bez elektrického ohřevu vody a topení**

**TDD4 – domácnosti bez elektrického ohřevu vody a topení**

Na obrázku č. 18 je graf, který ukazuje v předvánoční, vánoční a povánoční době vyšší večerní špičky pro domácnosti. Pravděpodobně to je způsobené přípravami na Štědrý den, Boží hod vánoční a 2. svátek vánoční. U podnikatelů je vidět 16. 12. obrovská špička – pravděpodobně dokončování objednávek před svátky. Následuje velký pokles mezi svátky skoro úplný útlum a až začátkem ledna se dostaneme do „normálních“ hodnot.

UKÁZKA PRŮBĚHU HODINOVÝCH HODNOT TDD MOP VE VYBRANÉM TÝDNU  
od 25. 1. 2010 do 31. 1. 2010



Obrázek 18 ukázka průběhu hodinových hodnot TDD ve vybraném týdnu od 25. 1. 2010 do 31. 1. 2010 [4]

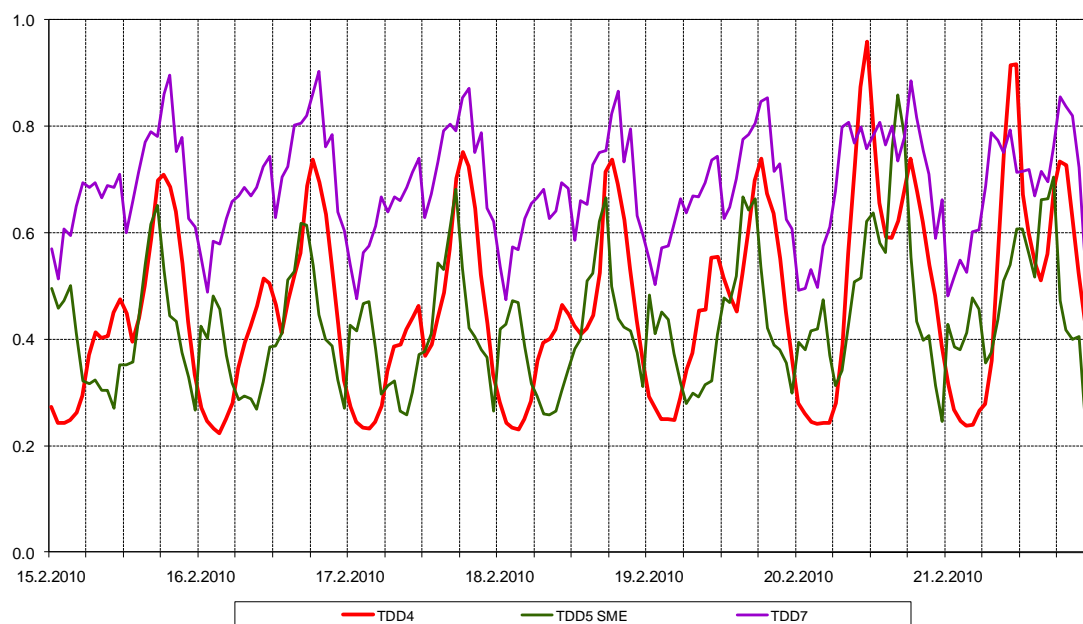
**TDD 1 Podnikatelé bez elektrického ohřevu vody a topení**

**TDD 2 Podnikatelé akumulace elektřiny pro ohřev nebo topení**

**TDD 3 Podnikatelé přímotopné vytápění + tepelná čerpadla**

Na obrázku č. 19 je graf, který ukazuje rozdíl mezi TDD bez elektrického ohřevu a s akumulací respektive vytápění. Viditelný je rozdíl v nočních hodinách a o víkendu.

UKÁZKA PRŮBĚHU HODINOVÝCH HODNOT TDD MOO VE VYBRANÉM TÝDNU  
od 25. 1. 2010 do 31. 1. 2010



Obrázek 19 ukázka průběhu hodinových hodnot TDD ve vybraném týdnu od 25. 1. 2010 do 31. 1. 2010 [4]

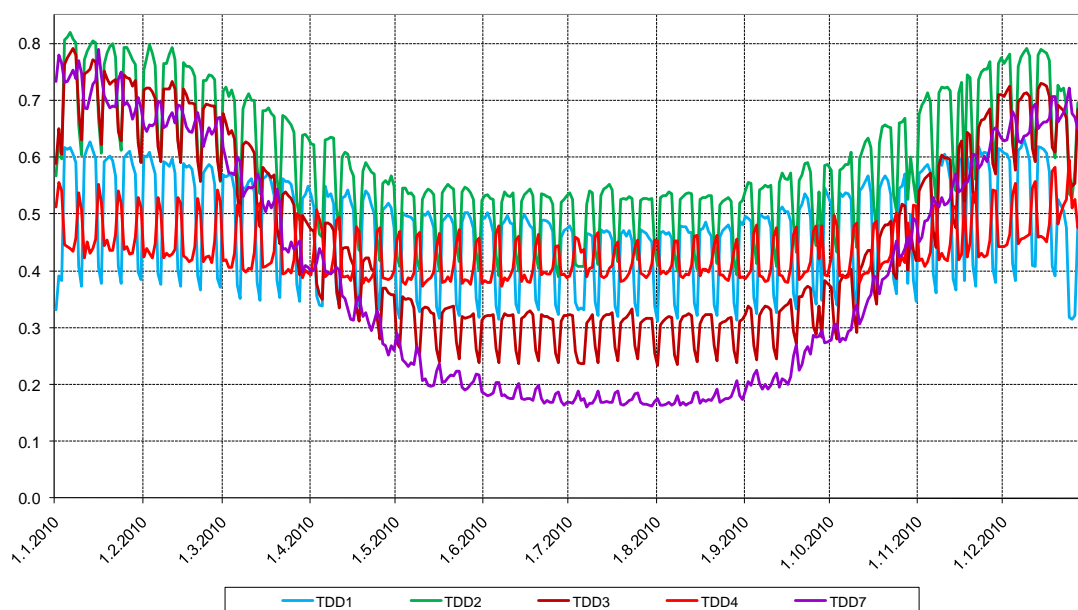
TDD 4 domácnosti bez elektrického ohřevu vody a topení

TDD 5 domácnosti akumulace elektřiny pro ohřev nebo topení

TDD 7 domácnosti přímotopné vytápění + tepelná čerpadla

Na obrázku č. 20 je graf, který ukazuje rozdíl mezi domácnostmi bez elektrického ohřevu vody a topení a s akumulací elektřiny pro ohřev či topení a přímotopné vytápění a tepelná čerpadla. Je zde vidět hlavní špička ve stejnou dobu u všech typů odběratelů ale dále tu je v ranních a dopoledních hodinách viditelný rozdíl. Ted je dán u TDD5 (zelená) spínáním HDO a akumulací energie.

### PRŮBĚH PRŮMĚRNÝCH DENNÍCH HODNOT TDD V ROCE 2010



Obrázek 20 průběh denních hodnot TDD v roce 2010 [4]

TDD 1 Podnikatelé bez elektrického ohřevu vody a topení

TDD 2 Podnikatelé akumulace elektřiny pro ohřev nebo topení

TDD 3 Podnikatelé přímotopné vytápění + tepelná čerpadla

TDD 4 domácnosti bez elektrického ohřevu vody a topení

TDD 7 domácnosti přímotopné vytápění + tepelná čerpadla

Na obrázku č. 21 je graf, který ukazuje roční porovnání celkové spotřeby. Je zde markantní rozdíl mezi zimou a létem. Kdy TDD3 a TDD7 jsou závislé na ročním období a denních teplotách – topení. Můžeme si všimnout minimální závislosti na ročním období u TDD1 a TDD4 což jsou podnikatelé a domácnosti bez elektrického ohřevu vody a topení.

# 14. Metodika zpracování dat

## 14.1. Úvod

Výpočet je naprogramován v programovacím jazyku Mathematica, v programu Wolfram Mathematica 9.0 Student edition, který je k dispozici bezplatně studentům ČVUT, FEL. Tento program slouží také ke zpracování databází, a proto byl v této praktické části Diplomové práce využit.

Z rozšiřujících se systémů AMM vyvstala potřeba automatického zpracování dat nejen pro zúčtování ale i pro další funkce, mimo jiné i predikci spotřeby elektrické energie.

Pro optimalizaci výběru dat jsem použil metodu Monte Carlo

## 14.2. Cíl metodiky

Cílem této metodiky je vytvoření softwarové podpory pro tvorbu TDD a porovnání získaných reálných dat se stávajícími užívanými TDD.

## 14.3. Faktory ovlivňující metodiku

- Počet AMM v ČR – cca 2000 měřicích míst
- Více dodavatelů elektrické energie
- Rozdílné klimatické podmínky

## 14.4. Struktura vstupních dat

- Vstupní soubor dat lze zpracovat ve formátech .xls a .csv.
- Data jsou odečítaná ve čtvrt hodinách a v tabulce jsou uvedena v řádcích. V sloupcích jsou jednotlivá odběrná místa.
- Doporučené množství vzorků je 40 – 150, kdy průměrná směrodatná odchylka vztažená na jednoho odběratele je nižší než 4%

## 14.5. Způsob zpracování

- Data zpracovává program s názvem „Tvorba\_TDD\_z\_dat\_AMM“ vytvořený v rámci této diplomové práce.
- Importovat definovanou databázi náhodně vybraných dat



- Zadat parametry dat tzn. zadat velikosti jističe (I [A], U[V] a celkový počet odběrných míst
- Provézt přepočty čtvrt hodinových odečtů na hodinové hodnoty
- Provézt import dat pro porovnání z databáze OTE, a.s.
- Provézt test vhodnosti dat pro OTE, a.s.
- Porovnat jednotlivá TDD vlastních dat a dat z OTE, a.s.
- Pro určení optimálního počtu konečných odběratelů provézt porovnání hodnoty „n“ a „n-1“
- Stanovení průměrné směrodatné odchylky na jednoho konečného odběratele statistickou metodou
- Aplikace tohoto procesu pro snížení statistické chyby „k-krát“; k = 5, 25, 45, 65, 85
- Export výstupů do grafu ve tvaru .TIFF

## 14.6. Výstupy

- Výstupem jsou diagramy TDD
- Výstupem jsou grafy porovnání stávajícího TDD, TDD OTE, a.s. a vypočtených TDD.
- Výsledné diagramy prezentují změnu statistické chyby pro zvětšující se „n“
- Pro hodnoty od n=50 a k=85 je tato chyba menší než 0,5%.
- S rostoucím „k“ se chyba snižuje. Hodnoty „k“ byly voleny v závislosti na délce výpočetní doby a rychlosti výpočetní techniky.
- „n“ je počet odběratelů
- „k“ je počet opakování

## 14.7. Shrnutí

Dle této metodiky lze stanovovat TDD s určitou mírou přesnosti. Vzhledem k použitým výpočetním metodám lze pro stanovení TDD použít i podstatně menší vzorek dat než využívá v současné době OTE, a.s.

# 15. Praktická část

K této práci nemohu přiložit reálná data, se kterými jsem pracoval. Jsem vázán smlouvou s firmou ČEZ Distribuční služby s.r.o., která mi zakazuje tato data zveřejňovat. Data jsou ve formátu .xls. Každý sloupec v souboru .xls znamená jednoho odběratele. Odběratel znamená jedno odběrné místo s 15-ti minutovým měřením po dobu jednoho měsíce. V příloze je vytvořen soubor (Náhodné hodnoty pro kontrolní výpočet), ve kterém jsou vytvořena fiktivní data, aby se mohl program kdykoliv spustit.

## Struktura vstupních dat

Data, která mám k dispozici, jsou od firmy ČEZ Distribuční služby s.r.o. a je to hodnota okamžitého výkonu z ledna roku 2013. Jsou to 15 minutové odečty z elektroměrů a jedná se hodnoty v kWh. Odečty probíhají vždy v 00, 15, 30, 45 minut a jsou odebírány s přesností na dvě desetinná čísla. Všechny odečty probíhaly v tu samou dobu. To je zajištěno takzvanou časovou značkou. U odběrů se tato značka používá pro přesné zaznamenání času, kdy byla tato hodnota odečtena.

Má data jsou ze třídy TDD4, s hlavním jističem 16A a 230V. K dispozici mám 150 odběrných míst, kde odečítám hodnoty po 15 minutách v délce 1 měsíce, tedy od 1.1.2013 00:00 hod do 1.2.2013 00:00 hod. V souboru je tedy 150 sloupců a 2976 řádků. To jsou hodnoty před provedením přepočtu z 15 minutového měření na hodinové průměry. Po přepočtení na hodinové průměry se data mění na formát 150 sloupců a 744 řádků.

## Popis programu:

Tento program zpracovává data metodou Monte Carlo. Vytvořený program je pomyslně rozdělen do dvou částí. První část se zabývá porovnáním reálných vypočtených dat s daty referenčními z [www.ote-cz.cz](http://www.ote-cz.cz) a druhá část vytvoří graf závislosti TDD na počtu vzorků (reálných odečtů od koncových odběratelů). V první části programu je zapotřebí definovat celkový počet odběratelů (v programu nazváno pocetLidi) velikost jističe (proud, napeti). Načíst reálná data (D01\_2 – 1x16 – 25bbb.xls) a data referenční (Normalizovane\_TDD\_2013\_CZ.xls), které se dají stáhnout z webových stránek OTE, a.s.

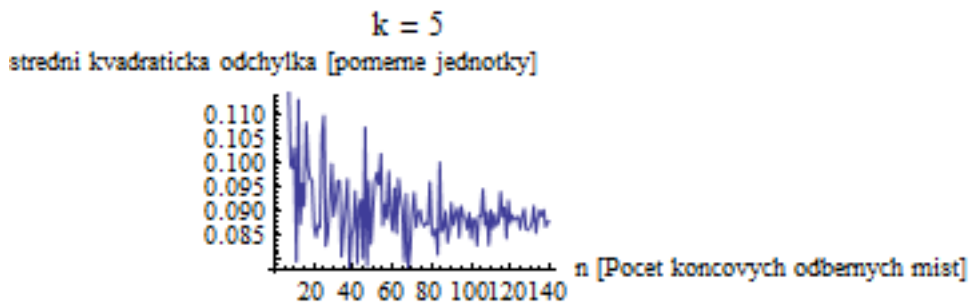
Další částí je přepočítání z 15-ti minutového měření na hodinové. Data od OTE, a.s. jsou prezentována v hodinových intervalech. Data od ČEZ Distribuční služby jsou ve tvaru 15-ti minutového měření. Přepočítání dat od ČEZ Distribuční služby na hodinové je nutný z důvodu porovnání těchto dat.

Následně provádím zpracování dat. Z důvodu snížení chyby výpočtu, rozhodl jsem se pro možnost řešení s opakovaným výběrem dat. V programu to znamená počet permutací sloupců (tedy odběrných míst). Tato permutace je skryta za konstantou „k“. Značí tedy, kolikrát provedu permutaci sloupců. V mém případě je  $k=5,25,45,65$  a 85. Tímto způsobem je eliminováno dané pořadí ze souboru, který mám k dispozici. Pomocí konstanty „k“ mi vznikne „k“ fiktivních souborů, které sčítám po sloupcích a počítám střední kvadratickou odchylku zprůměrovaných sloupců. Dalším krokem je součet „n“ vybraných sloupců a opět výpočet střední kvadratické odchylky. V příštím kroku porovnávám s referenčními hodnotami z OTE, a.s. Výsledkem je závislost počtu koncových odběratelů a referenčních dat.

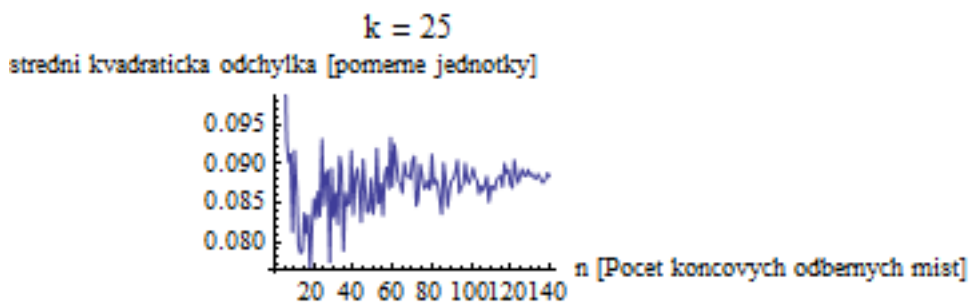
Druhá část programu vytváří TDD. Vstupy do programu jsou totožné jako v první části programu. Pomocí konstanty „k“ tedy opět vytvořím „k“ kombinací souborů dat s permutací jednotlivých koncových odběratelů. Následně opět tato data sečtu po sloupcích a spočítám střední kvadratickou odchylku zprůměrovaných sloupců. Tímto krokem vzniká jeden soubor podobný jako soubor vstupní. V dalším kroku provedu střední kvadratickou odchylku odběratele č. n a odběratele č.n-1, kdy „n“ jde od 2 do 140. Výsledkem této operace jsou grafy závislosti počtu koncových odběratelů na průměrné směrodatné odchylce vztažené na jednoho odběratele.

## Prezentace výsledků:

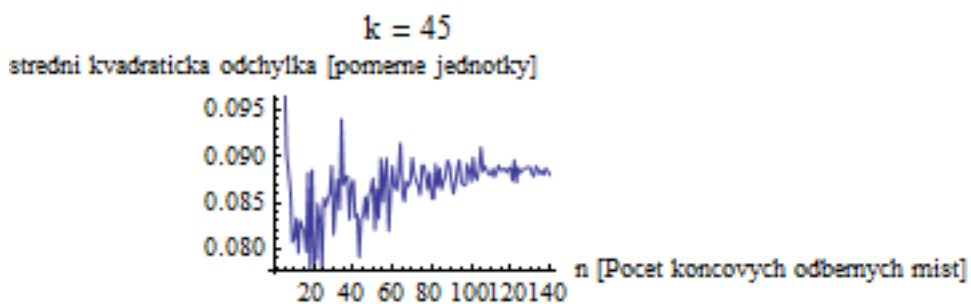
Porovnání reálných dat s daty referenčními:



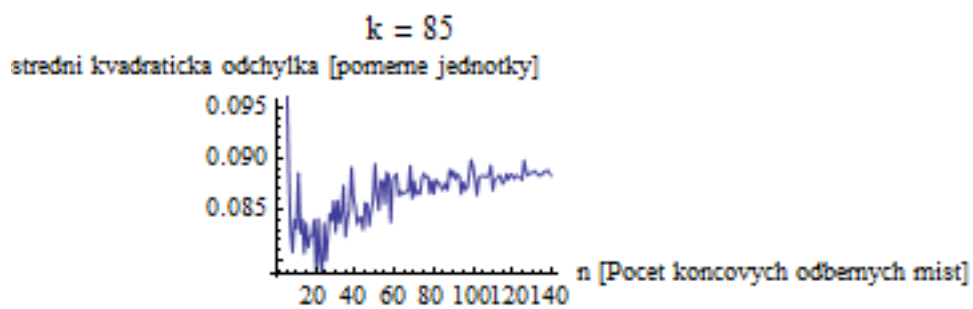
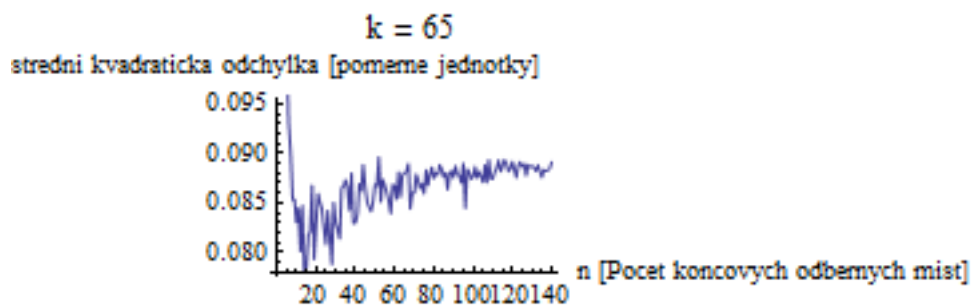
Graf TDD 1 rozdíl mezi referenčními a reálnými daty pro  $k=5$  a jednotlivá  $n$



Graf TDD 2 rozdíl mezi referenčními a reálnými daty pro  $k=25$  a jednotlivá  $n$



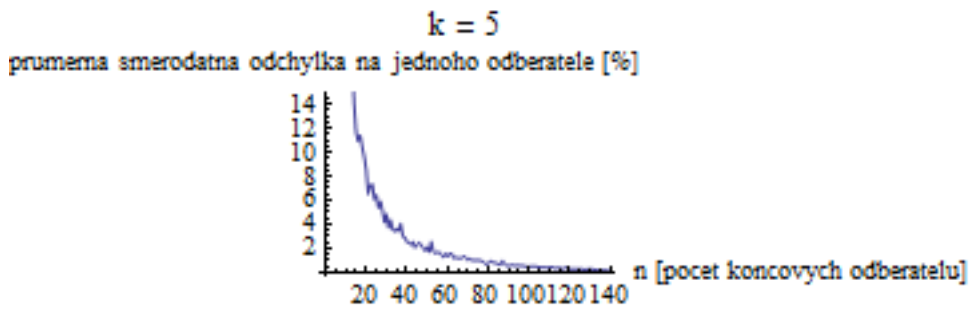
Graf TDD 3 rozdíl mezi referenčními a reálnými daty pro  $k=45$  a jednotlivá  $n$



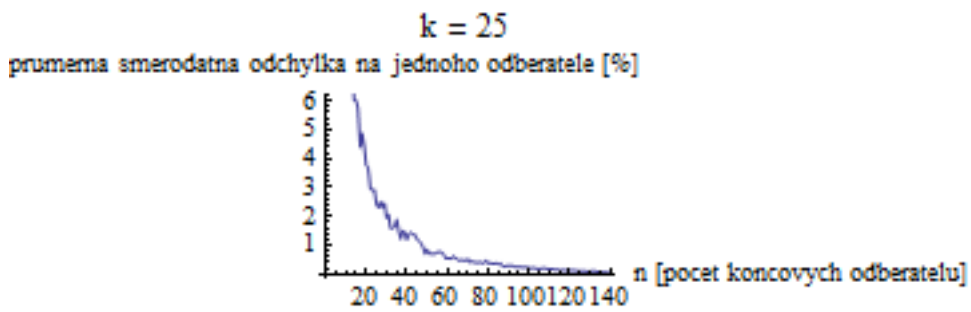
Graf TDD 4rozdíl mezi referenčními a reálnými daty pro  $k=85$  a jednotlivá  $n$

Z těchto výsledků je patrné, že bylo TDD predikováno s chybou do 10% oproti reálné spotřebě.

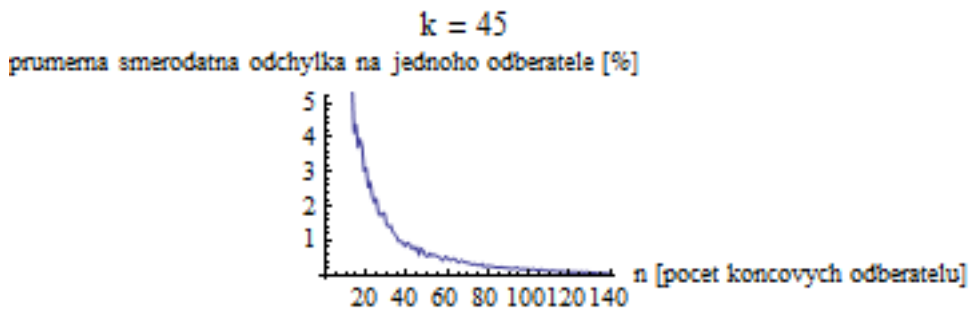
Vytvoření TDD:



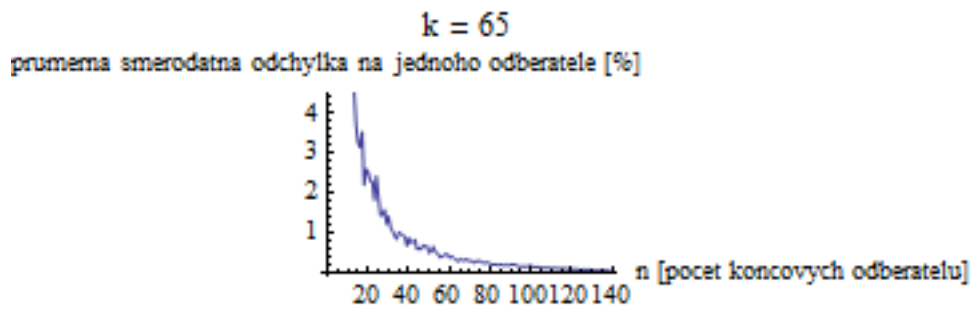
Graf TDD 5 tvorba TDD v závislosti pro rostoucí n, k=5



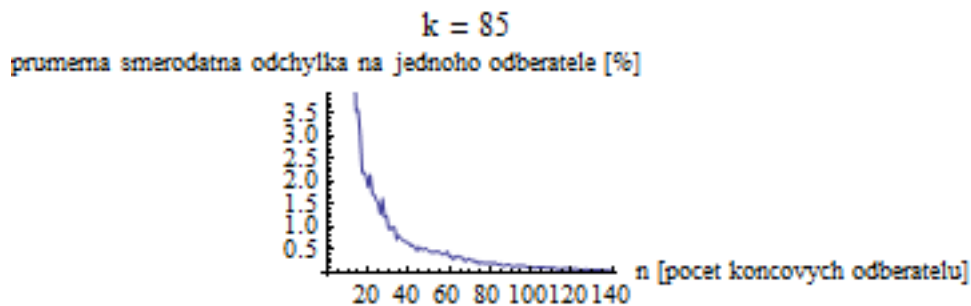
Graf TDD 6 tvorba TDD v závislosti pro rostoucí n, k=25



Graf TDD 7 tvorba TDD v závislosti pro rostoucí n, k=45



Graf TDD 8 tvorba TDD v závislosti pro rostoucí  $n$ ,  $k=65$



Graf TDD 9 tvorba TDD v závislosti pro rostoucí  $n$ ,  $k=85$

Z těchto výsledků plyne, že jsem schopen vytvořit TDD s postupnou změnou od počtu vzorků „ $n$ “=50 a „ $k$ “=85. Tato chyba se od této hodnoty pohybuje pod 0,5%. Pokud bych tedy měl data za minulé 3 roky, mohl bych i s tímto programem predikovat TDD s velice malou chybou. Tato metoda je však velice časově náročná na výpočet. Při definování dnů (všední den – následuje všední den; všední den, následuje nepracovní den či svátek a podobně), jaké má k dispozici OTE, a.s. mohl bych toto do metody zapracovat a importovat větší databázi právě s těmito údaji. Mohl bych tedy predikci TDD dále zpřesnit.

## 16. Závěr

Cílem práce bylo popsat trh s elektřinou v České republice, legislativní rámec dodávek elektrické energie a používané typy a kategorie měření elektrické energie. Dalším úkolem bylo se zaměřit na typové diagramy dodávek a možnosti aplikace měřených dat.

Současně bylo cílem této práce objasnit pojmy jako “chytré měření”, AMM, apod.

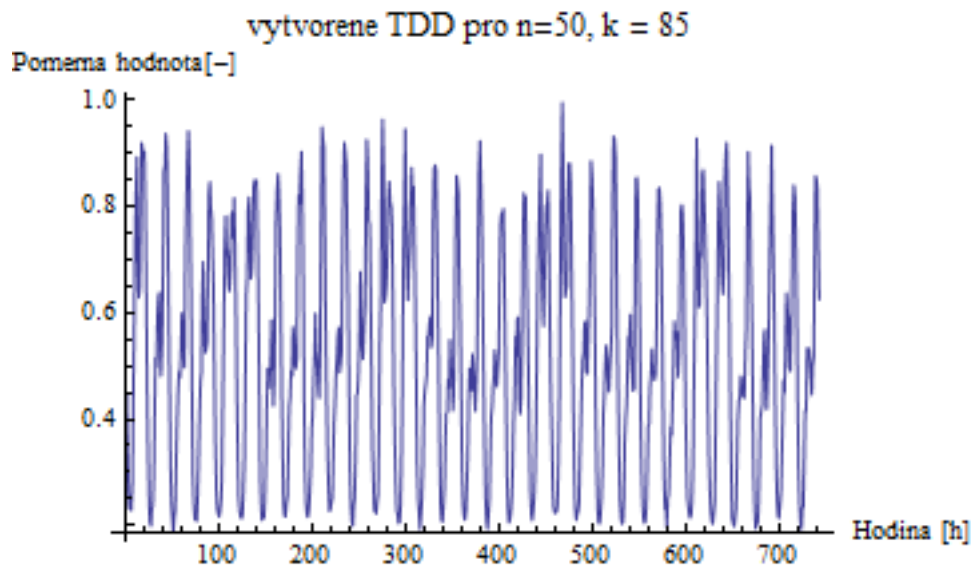
Praktická část byla provedena zpracováním dat, která jsem převzal od firmy ČEZ Distribuční služby s.r.o. Tato data porovnávám s referenčními daty z veřejně dostupné databáze [www.ote-cr.cz](http://www.ote-cr.cz) a vytvořit TDD s co nejmenším počtem koncových odběrných míst.

Použil jsem metodu založenou na matematické statistice, kombinatorice a střední kvadratické odchylce. Výstupy jsou prezentovány v příložených grafech v bodě 14. Praktická část.

Musím znovu zdůraznit, že data, která mám k dispozici, jsou z důvodu ochrany dat z neoznačeného zdroje, a tedy nevím, zda jsou pouze z jednoho kraje, nebo jsou celorepublikové. V konečné fázi výsledků, je patrné, že metoda, kterou používá EGU Brno, a.s. je ve srovnání s reálnými hodnotami, které mám k dispozici, odlišná o 10%. Tento závěr vychází z první části programu.

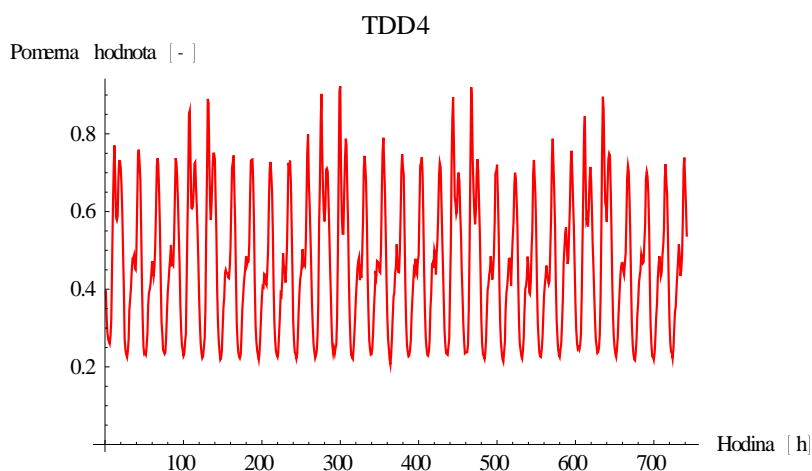
V druhé části programu vytvářím TDD. Toto TDD se dá vytvořit pro zvolené  $n$  - počet koncových odběrných míst. Mnou zjištěné hodnoty vycházejí s dostatečnou přesností pro  $n=50$  a  $k=85$ . Od hodnot  $n=50$  a  $k=85$  se střední kvadratická odchylka vztažená na jednoho odběratele mění již minimálně a tato změna je menší než 0,5%. Tento závěr je demonstrován na grafu TDD9. Výsledné TDD pro takto definované parametry  $k$  a  $n$  vypadá následovně:





Graf TDD 10 Výsledné TDD pro n=50, k=85

TDD, které vytvořila firma EGÚ Brno, a.s. vypadá následovně:



Graf TDD 11 referenční TDD z OTE, a.s.

Při porovnání těchto dvou grafů zjistíme podobné chování křivek. Rozdíl mezi víkendy a všedními dny je znatelný. Vzhledem k tomu, že má data začínají 1. 1. 2013 (úterý) a většina školáků měla prázdniny, hodně pracujících lidí mělo zřejmě dovolenou, je zde vidět rozdíl mezi TDD od EGÚ Brno, a.s. a mnou vytvořeným. Je pravděpodobné, že takovéto poznatky, při sestavování TDD, nejsou zahrnuty do výpočtu.

Navržená metoda v diplomové práci může sloužit pro zpřesnění predikce jednotlivých TDD, které zpracovává OTE, a.s. nebo jednotlivé distribuční společnosti.

## 17. Citovaná literatura

- [1 M. Kubín, Rozvoj energetiky v Československu, Praha: koncern nositel Řádu práce, 1989.  
]
- [2 S. -. E. T. Platform, „<http://www.smartgrids.eu/ETPSmartGrids>,” 2013. [Online].  
]
- [3 B. M. František, „Jízda na smart vlně,” ČEZ a.s., Praha, 2013.  
]
- [4 EGÚ Brno a.s., „Typové diagramy dodávky elektřiny: prezentace přístupů a výsledků zpracování  
] TDD,” Brno, 2013.
- [5 ČEZ a.s., „Pilotní projekt Skupiny ČEZ v oblasti inteligentních elektroměrů,” Praha, 2011.  
]
- [6 ČEZ a.s., „Chytrá měření a komunikace: Bez spojení není velení,” Praha, 2012.  
]
- [7 a. OTE, „[www.ote-cr.cz](http://www.ote-cr.cz),” 2012. [Online]. Available: : [https://www.ote-cr.cz/o-  
\] spolecnosti/soubory-vyrocní-zprava-ote/vyrocní-zprava-  
2012.pdf/view?searchterm=v%C3%BDro%C4%8Dn%C3%AD%20zprava](https://www.ote-cr.cz/o-spolecnosti/soubory-vyrocní-zprava-ote/vyrocní-zprava-2012.pdf/view?searchterm=v%C3%BDro%C4%8Dn%C3%AD%20zprava). [Přístup získán 3 2014].
- [8 K. Jaromír, „[www.proelektrotechniky.cz](http://www.proelektrotechniky.cz),” 4 11 2014. [Online]. Available:  
] <http://www.proelektrotechniky.cz/inteligentni-budovy/34.php>.
- [9 r. Ekobonus.cz, „[www.ekobonus.cz](http://www.ekobonus.cz),” 29 11 2012. [Online]. Available:  
] <http://www.ekobonus.cz/smart-grids-chytre-technologie-budoucnosti>.
- [1 r. Proelektrotechniky.cz, „[www.proelektrotechniky.cz](http://www.proelektrotechniky.cz),” 12 12 2014. [Online]. Available:  
0] <http://www.proelektrotechniky.cz/zajimave-projekty/51.php>.
- [1 Č. a.s., *interní materiál ČEZ a.s.*  
1]
- [1 Č. republika, „Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a  
2] o změně některých zákonů (energetický zákon) In: 458/2000,” 2000.
- [1 O. a.s., „[www.ote-cr.cz](http://www.ote-cr.cz),” 2012. [Online]. Available: [https://www.ote-cr.cz/o-spolecnosti/soubory-  
3\] vyrocní-zprava-ote/roční-zprava-  
2012.pdf/view?searchterm=ro%C4%8Dn%C3%AD%20zpr%C3%A1va%20o%20trhu%20s%20elekt%](https://www.ote-cr.cz/o-spolecnosti/soubory-3-vyrocní-zprava-ote/roční-zprava-2012.pdf/view?searchterm=ro%C4%8Dn%C3%AD%20zpr%C3%A1va%20o%20trhu%20s%20elekt%)

C5%99inou%20a%20plynem%20v%20%C4%8CR%20v%20roce%202012.

[1 Česká republika, , „Vyhláška č. 82/2011 Sb. o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady  
4] škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo  
neoprávněné distribuci elektřiny. In: 82/2011,“ [Online]. Available: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-82-2011-sb-o-mereni-elektřiny-a-o-zpusobu-stanoveni-nahrady-skody-pri-neopravnem-odberu-neopravnene-dodavce-neopravnem-prenosu-nebo-neopravnene-distribuci-elektřiny>.

[1 Č. s. úřad, „[www.vdb.czso.cz](http://www.vdb.czso.cz),“ 26 3 2011. [Online]. Available:  
5] [http://vdb.czso.cz/sldbvo/#!stranka=vse-o-uzemi&tu=30809&th=&vseuzemi=H4sIAAAAAAAAAAIVRu07DMBS9BMKjPFSKxMbCa3TEBmKAUopaGh5qAbEFt7HaoMQ2jhOiDpVYYGCFnYGRn0B8AYxMiB0xsmKXqmWCK9nS8T2-5\\_j44QPMUMDkKY4xiqTnowIOGzuYm0Ovj0\\_TJ8\\_9YGxBymfY3cl1yUQRRmRDkLDBfDfha-uga-x8W](http://vdb.czso.cz/sldbvo/#!stranka=vse-o-uzemi&tu=30809&th=&vseuzemi=H4sIAAAAAAAAAAIVRu07DMBS9BMKjPFSKxMbCa3TEBmKAUopaGh5qAbEFt7HaoMQ2jhOiDpVYYGCFnYGRn0B8AYxMiB0xsmKXqmWCK9nS8T2-5_j44QPMUMDkKY4xiqTnowIOGzuYm0Ovj0_TJ8_9YGxBymfY3cl1yUQRRmRDkLDBfDfha-uga-x8W).

[1 OTE, a.s., „<http://www.ote-cr.cz>,“ [Online]. Available: <http://www.ote-cr.cz/dokumentace/dokumentace-elektřina>.

## 18. Seznam obrázků

Obrázek 1 specifická pozice ČR díky existenci systému HDO .....	11
Obrázek 2 schéma elektroměru AMR .....	12
Obrázek 3 schéma elektroměru AMM .....	14
Obrázek 4 schéma elektroměru AMI .....	14
Obrázek 5 zobrazení řídicího systému Smart House [8] .....	18
Obrázek 6 plánované město Fujisawa [10] .....	20
Obrázek 7 palivočlánková kogenerační jednotka pro bytové domy [10] .....	21
Obrázek 8 topologie VN sítí ve Smart Regionu s rozpadovými a nerozpadovými místy [11]	23
Obrázek 9 instalace kogenerační jednotky v areálu AZ Škoda, Vrchlabí [11] .....	24
Obrázek 10 dobíjecí stanice elektromobilů na náměstí T. G. Masaryka, Vrchlabí [11] .....	24
Obrázek 11 časové uspořádání trhu s elektřinou [14] .....	26
Obrázek 12 průměrné měsíční ceny kladné a záporné odchylky a průměrné měsíční ceny z denního trhu v letech 2002-2012 [14] .....	30
Obrázek 13 schéma přenosu energie .....	38
Obrázek 14 principiální ukázka typového diagramu .....	43
Obrázek 15 uspořádání ČR z pohledu zúčtování odchylek .....	47
Obrázek 16 ukázka průběhu hodinových hodnot TDD ve vybraném týdnu od 25.1 2010 do 31. 1. 2010 [4] .....	51
Obrázek 17 průběh hodinových hodnot TDD ve vybraném období od 16. 12. 2010 do 31. 12. 2010 [4] .....	52
Obrázek 18 ukázka průběhu hodinových hodnot TDD ve vybraném týdnu od 25. 1. 2010 do 31. 1. 2010 [4] .....	53
Obrázek 19 ukázka průběhu hodinových hodnot TDD ve vybraném týdnu od 25. 1. 2010 do 31. 1. 2010 [4] .....	54
Obrázek 20 průběh denních hodnot TDD v roce 2010 [4] .....	55

## 19. Seznam Tabulek

Tabulka 1 přenosy dat od "chytrých" elektroměrů.....	15
Tabulka 2 průměrná platba subjektu zúčtování za odchylku (Kč/MWh) [14].....	32

## 20. Seznam grafů

Graf TDD 1 rozdíl mezi referenčními a reálnými daty pro $k=5$ a jednotlivá $n$ .....	60
Graf TDD 2 rozdíl mezi referenčními a reálnými daty pro $k=25$ a jednotlivá $n$ .....	60
Graf TDD 3 rozdíl mezi referenčními a reálnými daty pro $k=45$ a jednotlivá $n$ .....	60
Graf TDD 4 rozdíl mezi referenčními a reálnými daty pro $k=85$ a jednotlivá $n$ .....	61
Graf TDD 5 tvorba TDD v závislosti pro rostoucí $n$ , $k=5$ .....	62
Graf TDD 6 tvorba TDD v závislosti pro rostoucí $n$ , $k=25$ .....	62
Graf TDD 7 tvorba TDD v závislosti pro rostoucí $n$ , $k=45$ .....	62
Graf TDD 8 tvorba TDD v závislosti pro rostoucí $n$ , $k=65$ .....	63
Graf TDD 9 tvorba TDD v závislosti pro rostoucí $n$ , $k=85$ .....	63
Graf TDD 10 Výsledné TDD pro $n=50$ , $k=85$ .....	65
Graf TDD 11 referenční TDD z OTE, a.s. ....	65

# 21. Přílohy

## 21.1. Kód programu

```
SetDirectory[NotebookDirectory[]];
data=Import["D01_2-1x16-25bbb.xls"];
(* importovani dat od Cez Distribucni sluzby s.r.o ze souboru *)

pocetlidi=150;
(* celkovy pocet koncovych odberatelů v namerenych datech *)
proud=16;
(* velikost proudoveho jistice *)
napeti=230;
(* napeti *)
NactiSloupec[i_]:=Table[data[[1,k,i]],{k,2,2976}];
(*funkce, která načítá sloupec*)
(*nacteni hodnot*)
GrafClovek[k_,proud_,napeti_]:=Module[{clovek3,b}, (* GrafClovek je funkce, vybere
k-teho odberatele a převede kWh na pomerne hodnoty *)
  clovek3=NactiSloupec[k];(* vstupem GrafClovek je k(ktery clovek) proud a napeti *)

  b=Table[1/4 (clovek3[[4*i+1]]+clovek3[[4*i+2]]+clovek3[[4*i+3]]+clovek3[[4*i+4]])-
1/4 (clovek3[[4*(i-1)+1]]+clovek3[[4*(i-1)+2]]+clovek3[[4*(i-1)+3]]+clovek3[[4*(i-
1)+4]]),{i,1,Round[2975/4]-2,1}];(*b - prepocet z 15 minutoveho mereni na hodinove
mereni*)

  (proud*napeti)/1000*b (*prepocet na pomerne hodnoty*)

]
(* ListPlot[GrafClovek[3,16,230],Joined->True] (* test funkce GrafClovek *)

diagramdata=Import["Normalizovane_TDD_2013_CZ.xls"];(*import referenčních TDD
z ote-cr.cz*)
```

diagramDataGraf=Table[diagramdata[[1,i,7]],{i,7,7+741}];(\*vybrani sloupce s TDD4 z ote-cr.cz \*)

grafTDD4=ListPlot[diagramDataGraf,Joined->True,PlotStyle->Red,PlotLabel->"TDD4",AxesLabel->{"Hodina [h]","Pomerna hodnota [-]}](\*zobrazí referencni graf TDD4\*)

nahData=Table[diagramDataGraf+0.1Random[Real,{-1,1}],{i,1,150}];

(\* testovací data, která porovnáva referencni data s referencnimi daty. Pomoci fce Random se o nahodnou hodnotu z intervalu [-1,1] zasumime referencni data. Pro testovani se musi zamenit GrafClovek za GrafClovek2 (data z www.ote-cr.cz, TDD4) \*)

GrafClovek2[k\_,proud,napeti]:=nahData[[k]]

fcePrumerProTDD[k\_,n\_]:=Module[{poradiList,plusy,vyst,listy,listySoucet,soucetN},

(\* nazev funkce, která zpracovava data a vytvori sloupec pro porovnáni s referencnimi daty (data z www.ote-cr.cz, TDD4) \*)

poradiList=Table[Flatten[RandomPermutation[pocetlidi][[1]],{i,1,k}];

(\*vytvoreni nahodne permutace - zameneni sloupce a nasledny vyber od prvnio\*)

listy=Table[Table[GrafClovek[poradiList[[b,i]],proud,napeti],{i,1,n}],{b,1,k}];

(\* vytvoreni k kombinaci z poctu konecných odberatelů; testovací program - zamenit z GrafClovek na GrafClovek2 \*)

listySoucet=Plus@@Table[listy[[i]],{i,1,k}]/k;

(\* prumer k kombinaci poctu konecných odberatelů(n) vytvorených v predchozim kroku \*)

soucetN=Plus@@Table[listySoucet[[a]],{a,1,n}]/n

(\* prumer konecných odberatelů - vytvoreni jednoho sloupce \*)

]

fceRozdilTDDaData[k\_,n\_]:=Module[{},

$$\sqrt{\frac{\text{Plus}@@@ \text{fcePrumerProTDD}[k, n] \cdot \text{diagramDataGraf}^2}{742}}$$

]

(\* vypocet stredni kvadraticke odchylky \*)

datavysledek =Table[Table[fceRozdilTDDaData[k,n],{n,1,140}],{k,5,85,20}];

(\* vysledky pro k=5, k=25, k=45, k=65, k=85; konstanta k je pocet permutaci sloupcu v namerenych datech od CEZ Distribucni sluzby s.r.o. (konecných odberatelů) \*)

(\* pro zkousku je nutne zrusit vnejsi Table; pro nizky cas vypoctu je zapotřeba zvolit k = 1 \*)

```
Joined → True, AxesLabel{"n [Pocet lidi]", "stredni kvadraticka odchylka [pomerne jednotky]"}
```

```
porovnaniTDDk5=ListPlot[datavysledek[[1]],AxesLabel→{"n [Pocet koncovych odbernych mist]", "stredni kvadraticka odchylka [pomerne jednotky]"},PlotLabel->"k = 5",Joined→True]
```

```
porovnaniTDDk25=ListPlot[datavysledek[[2]],AxesLabel→{"n [Pocet koncovych odbernych mist]", "stredni kvadraticka odchylka [pomerne jednotky]"},PlotLabel->"k = 25",Joined→True]
```

```
porovnaniTDDk45=ListPlot[datavysledek[[3]],AxesLabel→{"n [Pocet koncovych odbernych mist]", "stredni kvadraticka odchylka [pomerne jednotky]"},PlotLabel->"k = 45",Joined→True]
```

```
porovnaniTDDk65=ListPlot[datavysledek[[4]],AxesLabel→{"n [Pocet koncovych odbernych mist]", "stredni kvadraticka odchylka [pomerne jednotky]"},PlotLabel->"k = 65",Joined→True]
```

```
porovnaniTDDk85=ListPlot[datavysledek[[5]],AxesLabel→{"n [Pocet koncovych odbernych mist]", "stredni kvadraticka odchylka [pomerne jednotky]"},PlotLabel->"k = 85",Joined→True]
```

```
fceVytvorTDD[k_,n_]:=Module[{},
```

(\* funkce, která vytvori TDD pro dane k a n, kde k pocet kombinaci n koncových odberatelů. k je pocet cyklu a n je pocet koncových odberatelů\*)

```
ListPlot[fcePrumerProTDD[k,n],Joined→True,PlotLabel->"vytvorene TDD pro n=50, k = 85",
```

```
AxesLabel→{"Hodina [h]", "Pomerna hodnota[-]"}]
```

```
]
```

```
fceOdchylkaTDD[k_,n_]:=Module[{nty,nMinusPrvni,rozdil,kvadrat,soucetKvadratuOdchylek,odmocnina,podil},
```



(\* funkce, která vytvoří závislost procentuální odchylky pro n lidí a k permutací \*)

nty=fcePrumerProTDD[k,n];

(\* definování n koncového odberatele \*)

nMinusPrvni=fcePrumerProTDD[k,n-1];

(\* definování n-1 odberatele \*)

rozdil=nty-nMinusPrvni;

(\* rozdíl dat n koncového odberatele a n-1 koncového odberatele \*)

kvadrat=rozdil<sup>2</sup>;

(\* umocnění funkce rozdíl, zpřesnění odchylky \*)

soucetKvadratuOdchylek=Plus@@kvadrat;

(\* součet kvadrátových odchylek \*)

odmocnina= $\sqrt{\text{soucetKvadratuOdchylek}}$  ;

(\* odmocnění \*)

podil=odmocnina/n\*100

(\* průměrná směrodatná odchylka na jednoho odberatele \*)

]

dataLidi=Table[Table[{i,fceOdchylkaTDD[k,i]},{i,2,140,1}],{k,5,85,20}]

(\* výpočet pro k=5,25,45,65,85 a n=140; konstanta k je počet permutací sloupců v naměřených datech od CEZ Distribuční služby s.r.o. (konečných odberatelů) \*)

vytvoreneTDD=fceVytvorTDD[85,50]

(\* vytvoření grafu TDD pro hodnoty k=85 a n=50 \*)

kje5=ListPlot[dataLidi[[1]],AxesLabel->{"n [počet koncových odberatelů]", "průměrná směrodatná odchylka na jednoho odberatele [%]"},PlotLabel->"k = 5",Joined->True]

kje25=ListPlot[dataLidi[[2]],AxesLabel->{"n [počet koncových odberatelů]", "průměrná směrodatná odchylka na jednoho odberatele [%]"},PlotLabel->"k = 25",Joined->True]

kje45=ListPlot[dataLidi[[3]],AxesLabel->{"n [počet koncových odberatelů]", "průměrná směrodatná odchylka na jednoho odberatele [%]"},PlotLabel->"k = 45",Joined->True]

kje65=ListPlot[dataLidi[[4]],AxesLabel->{"n [počet koncových odberatelů]", "průměrná směrodatná odchylka na jednoho odberatele [%]"},PlotLabel->"k = 65",Joined->True]

kje85=ListPlot[dataLidi[[5]],AxesLabel->{"n [počet koncových odberatelů]", "průměrná směrodatná odchylka na jednoho odberatele [%]"},PlotLabel->"k = 85",Joined->True]

```
Export["kje5.tiff",kje5]
Export["kje25.tiff",kje5]
Export["kje45.tiff",kje5]
Export["kje65.tiff",kje5]
Export["kje75.tiff",kje5]
Export["vytvoreneTDD.tiff",vytvoreneTDD]
Export["porovnaniTDDkje5.tiff",porovnaniTDDkje5]
Export["porovnaniTDDkje25.tiff",porovnaniTDDkje25]
Export["porovnaniTDDkje45.tiff",porovnaniTDDkje45]
Export["porovnaniTDDkje65.tiff",porovnaniTDDkje65]
Export["porovnaniTDDkje85.tiff",porovnaniTDDkje85]
```

(\* export vytvorených grafu \*)

## 21.2. Použité zkratky

AMI	Automated metering infrastructure
AMM	Automated Meter Managment
AMR	Automated meter reading
COP	Poměr mezi vyrobenou tepelnou energií a energií elektrickou
CTZ	Centrálního zásobování teplem
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DTS	Distribuční soustava
DVS	Dvoustranné vnitrostátní smlouvy
ERU	Energetický regulační úřad )
EU	Evropská Unie
HDO	Hromadné dálkové ovládání
KVET	Kombinované výroby elektrické energie a tepla
NT	Nízký tarif
OKT	Organizovaný krátkodobý trh
OP	Ostrovní provoz
PLC	Power line comunication
PpS	Poskytovatel podpůrných služeb
RF	Radiová frekvence
SMS	Služba krátkých textových zpráv
SST	Sustainable Smart Town
SZ	Subjekt zúčtování
TDD	Typový diagram dodávky
UTMS	Universal Mobile Telecommunication System
VT	Účastník s přístupem na vyrovnávací trh
Wi-Fi	Bezdrátové připojení označuje připojení k počítačové síti (nejčastěji Internetu) využívající bezdrátovou komunikaci
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
ZD	Zbytkový diagram

## 21.3. Příložené CD s daty