

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Technické podmínky připojení zdrojů do sítí NN**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Richard PANUŠKA**  
Osobní číslo: **E10N0012K**  
Studijní program: **N2644 Aplikovaná elektrotechnika**  
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**  
Název tématu: **Technické podmínky připojení zdrojů do sítí nn**  
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Zpracujte přehled legislativních podmínek pro připojení zdrojů v členění: primární, sekundární a následná legislativa.
2. Na vybrané části DS na hladině nn (určí konzultant DP) stanovte postup pro určení technických podmínek pro připojení zdroje.
3. Proveďte simulaci vlivu zdroje na síť nn s využitím výpočetního programu E - vlivy.
4. Po připojení zdroje ověřte měřením v DS vlivy vypočítané simulací.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

**Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**


Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jiřina Mertlová, CSc.**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **17. října 2011**

Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2012**

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

# Technické podmínky připojení zdrojů do sítí NN

## Anotace

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na technické podmínky připojení zdrojů do sítí NN. Diplomová práce je rozdělena do čtyř hlavních kapitol dle udaných zásad pro její vypracování. V kapitole první popisují a rozdělují legislativní podmínky pro připojení zdrojů. V druhé kapitole zmiňují postup pro určení technických podmínek pro připojení zdroje. Ve třetí kapitole předvádím simulaci vlivu zdroje na síť NN s využitím výpočetního programu E - vlivy. V závěrečné kapitole ověřuji měření v distribuční síti vlivy vypočítané simulací.

## Klíčová slova

Obnovitelné zdroje energie

Zákon č. 402/2010 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie

Pravidla provozování distribuční soustavy

Provozovatel distribuční soustavy

Distribuční síť

Smart Grids

Strany	Obrázky	Tabulky	Grafy	Přílohy
53	10	4	2	5

# **Technical conditions for connection resources in low voltage networks**

## **Abstract**

This thesis is focused on the technical conditions of connection resources NN networks. The thesis is divided into four chapters according to the stated principles for its development. The first chapter describes the divide and legislative conditions for connection resources. In the second chapter, I mention the procedure for determining the technical conditions for connection resources. In the third chapter I present the simulation of the impact of resources on the network NN using computer program E - vlivy. Finally, in the last chapter, I verify by measurements in the distribution network influences the calculated simulations.

## **Key words**

Renewable resources

Act No. 402/2010 Coll. on the promotion of electricity from renewable energy sources

Rules for the operation of the grid

Distribution system operator

Distribution network

Smart Grids

Pages	Pictures	Tables	Graph	Annex
53	10	4	2	5

## Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 30. 4. 2012

Jméno, příjmení

.....

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucí diplomové práce Doc. Ing. Jiřině Mertlové, CSc. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Dále chci poděkovat mému konzultantovi Josefu Duspivovi a ostatním kolegům z ČEZ Distribuce, a. s. za podporu, ochotu a spolupráci při zjišťování podkladů pro zpracování této diplomové práce.

# Obsah

ÚVOD.....	9
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	12
<b>1 PŘEHLED LEGISLATIVNÍCH PODMÍNEK PRO PŘIPOJENÍ ZDROJŮ.....</b>	<b>13</b>
1.1 LEGISLATIVA EVROPSKÉ UNIE.....	13
1.1.1 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/77/ES ze dne 27. září 2001 o podpoře elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu s elektřinou .....	14
1.1.2 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/8/ES ze dne 11. února 2004 o podpoře kombinované výroby tepla a elektřiny založené na poptávce po užitečném teple na vnitřním trhu s energií a o změně směrnice 92/42/EHS.....	15
1.1.3 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES.....	16
1.1.4 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/72/ES ze dne 13. července 2009 o společných pravidlech pro vnitřní trh s elektřinou a o zrušení směrnice 2003/54/ES.....	17
1.2 PRIMÁRNÍ LEGISLATIVA ČESKÉ REPUBLIKY .....	18
1.2.1 Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon).....	18
1.2.2 Zákon č. 180/2005 Sb. ze dne 31. března 2005 o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) ve znění zákona číslo 281/2009 Sb., zákona číslo 137/2010 Sb., zákona číslo 330/2010 Sb. a zákona číslo 402/2010 Sb. ...	19
1.2.3 Zákon č. 406/2000 Sb. ze dne 25. října 2000 o hospodaření energií.....	20
1.3 SEKUNDÁRNÍ LEGISLATIVA ČESKÉ REPUBLIKY .....	20
1.3.1 Legislativa s odkazem na energetický zákon.....	20
1.3.2 Legislativa s odkazem na zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů.....	21
1.3.3 Legislativa s odkazem na zákon o hospodaření energií.....	22
1.3.4 Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů .....	22
1.4 NÁSLEDNÁ LEGISLATIVA .....	23
<b>2 POSTUP PRO URČENÍ TECHNICKÝCH PODMÍNEK PRO PŘIPOJENÍ ZDROJE.....</b>	<b>25</b>
2.1 VÝROBNY PŘIPOJOVANÉ DO SÍTÍ NN .....	25
2.1.1 Proces připojení OZE do sítě NN.....	26
2.1.2 Technické podmínky a způsoby připojení výroben do sítí NN.....	27
2.2 PŘIPOJENÍ ZDROJE DO SÍTĚ NN V OBCI HORUŠANY.....	29
2.2.1 Údaje o lokalitě připojení OZE.....	30
2.2.2 Výsledky provedeného měření.....	30
<b>3 SIMULACE VLIVU ZDROJE NA SÍŤ NN S VYUŽITÍM VÝPOČETNÍHO PROGRAMU E - VLIVY.....</b>	<b>38</b>
3.1 VÝPOČETNÍ PROGRAM E - VLIVY .....	38
3.2 PŘÍKLAD POSOUZENÍ PŘIPOJENÍ ZDROJE DO DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY NN.....	38
3.2.1 Modelování změny napětí .....	39
3.2.2 Postup výpočtu zatížení v jednotlivých odběrných místech.....	40
3.2.3 Zhodnocení technického řešení připojení FVE .....	42
<b>4 POROVNÁNÍ SIMULACE A VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ .....</b>	<b>45</b>
<b>5 ZÁVĚR.....</b>	<b>46</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>48</b>
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>1</b>



## Úvod

Energetická politika byla, je a bude jednou z nejdůležitějších politik vůbec. Spotřeba energie se s rozvojem nových technologií čím dál více zvyšuje. Hlavním cílem dnešní energetické politiky je zajistit dostatečné množství energie pro rozvoj státu.

V současné době jsou v ČR nejrozšířenějším zdrojem energie fosilní paliva a to především uhlí a zemní plyn. Tyto paliva sice patří mezi přírodní zdroje, ale rozhodně je nemůžeme považovat za nevyčerpatelné zdroje. Vezmeme-li v úvahu například uhlí, k jehož přeměně do využitelné podoby bylo zapotřebí milióny let, podařilo se během pouhých sto let jeho zásoby natolik snížit, že se jejich vyčerpání předpokládá již v první polovině tohoto století. Všechna ostatní fosilní paliva (plyn, ropa) je třeba dovážet, přičemž se dá předpokládat celosvětový nárůst jejich cen. Dalším aspektem ukazujícím v neprospěch fosilních paliv je jejich negativní účinek při spalovacích procesech, kdy vznikají oxidy uhlíku a dusíku, které se významnou měrou podílejí na skleníkovém efektu.

Z výše uvedených skutečností, tj. snižování zásob, stoupající ceny a negativní působení používání fosilních paliv na životní prostředí, vyplývá nutnost snižování jejich spotřeby a současně vyšší využívání obnovitelných zdrojů energie. Jejich podíl na celkové energetické bilanci bude v závislosti na zeměpisné poloze, přírodních podmínkách, společenských i politických podmínkách jednotlivých oblastí různý. Odlišný bude i význam jednotlivých zdrojů (slunce, zemská kůra, biomasa, voda a vítr).

V České republice není mnoho možností k většímu rozvoji OZE vyšších výkonů. Razantní nárůst žádostí o připojení a následné připojování OZE o výkonech řádu MW, a to zejména fotovoltaických výroben, do distribuční sítě byl vyvolán neúměrně vysokou výkupní cenou dodané elektrické energie. V současné době zatím neumíme elektrickou energii ve velkém množství efektivně skladovat. Z tohoto důvodu při provozování přenosových a distribučních sítí, v zájmu zachování spolehlivosti a kvality dodávky, je nutné dodržet podmínku, že okamžitá spotřeba musí být kryta okamžitou výrobou. Zde však dochází k problémům a to hlavně u FVE. Potřeba dostupnosti výkonu je totiž i v době, kdy není k dispozici sluneční záření, a tak musí být výkon připojených výroben tohoto typu „zálohován“ konvenčními výrobkami, což vyvolává neúměrné náklady a tím i otázky o přínosu použití tohoto druhu výroben v současné době. Obdobné problémy nastávají i u větrných elektráren. Použití vodních elektráren je zase omezeno rozsahem vodních toků na našem nevelkém území. Perspektivní se tak jeví kombinace několika druhů OZE tak, aby

dodávka elektrické energie byla plynulá. Jedná se například o kombinaci FVE s výrobnou využívající zpracování biomasy.

Moje diplomová práce se týká připojování zdrojů v sítích NN, do kterých jsou připojovány výrobní s výkonem zpravidla nepřesahujícím 100 kW. Svoji podstatou se jedná zpravidla o OZE. Na této napěťové hladině vidím použití OZE v ČR smysluplnější, i když i zde vznikají problémy při provozu takové výrobní. Je proto nutné dodržet podmínky připojení této výrobní dané na základě technického posouzení příslušným distributorem. Snahou výrobce je jako u jakéhokoliv jiného podnikatele co největší **objem výroby**, spolehlivost a životnost výrobní, a tomu odpovídající co nejkratší doba návratnosti vložených investic. Snahou provozovatele DS, do které je výrobní připojena, je udržení **kvality** elektrické energie v DS, která je daná platnou legislativou a zajištění eliminace vzniku negativních zpětných vlivů OZE na distribuční soustavu. Tyto negativní vlivy představují v NN sítích převážně vznik nevyhovující úrovně napětí v místě připojení zdroje. Snahou ať už investorů, nebo provozovatelů distribuční soustavy, by mělo být nalezení rovnováhy mezi požadavky obou stran. Jen tak bude možné provozovat distribuční síť v předepsané kvalitě a zároveň plnit podmínky uvedené v Národním akčním plánu pro energii z obnovitelných zdrojů, který byl schválen Usnesením vlády ČR č. 603 dne 25. srpna 2010.

Jedna z možností, jak pozitivně ovlivnit nevhodné zpětné vlivy na parametry sítí NN vlivem provozu OZE, je řízená zátěž. Tato myšlenka je v praxi již prověřována v rámci projektu BIOZE (ČVUT v Praze). Projekt zadala Technologická agentura ČR a týká se mimo jiné i stanovování připojitelnosti zdrojů do daného místa distribuční sítě NN (ZČU Plzeň, Pontech s. r. o.). Další možnost ovlivnění zpětných vlivů je připojení akumulárního prvku v předávacím místě DS, nebo použití elektromobilů. Tuto možnost prověřuje energetická společnost ČEZ, a. s. Od této energetické firmy přichází též myšlenka zkušební provozu inteligentní distribuční sítě, tzv. Smart Grids. Tyto veškeré snahy mají zlepšit přístup k připojení OZE do distribuční sítě NN tak, aby toto připojení splnilo v co největší míře původní myšlenku ušetřit neobnovitelné zdroje energie a zároveň nedocházelo ke vzniku negativních zpětných vlivů v příslušné DS.

V mojí diplomové práci uvedu právní předpisy ČR a EU, týkající se připojování OZE do DS. Dále popíši proces připojení zdroje do sítě NN a provedu simulaci vlivu zdroje na síť NN s využitím výpočetního programu E - vlivy. Tento výpočetní program je standardně používán techniky ČEZ Distribuce, a. s. při posuzování připojení OZE do DS. Na závěr porovnáím tyto výsledky s realitou, tzn. ověřím výsledky měření v DS. V případě zjištění difference výsledků analyzuji jejich příčinu.

Zaměřím se především na technickou část problematiky. Obchodní část, může samozřejmě též významně ovlivnit kvantitu a hlavně smysl připojení OZE do DS, ať už výší výkupní ceny, tak i např. velikostí difference mezi nízkým a vysokým tarifem při odběru elektrické energie.

## Seznam použitých zkratk a symbolů

BIOZE	Bezpečná integrace obnovitelných zdrojů energie
ČR	Česká republika
ČEPS, a. s.	Provozovatel české energetické přenosové soustavy
ČVUT	České vysoké učení technické
DTS	Distribuční transformační stanice
DS	Distribuční síť
EHS	Evropské hospodářské společenství
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES	Evropské společenství
ESUO	Evropské společenství uhlí a oceli
EU	Evropská unie
FVE	Fotovoltaická elektrárna
MVE	Malá vodní elektrárna
NAP	Národní akční plán
NN	Nízké napětí
OTE	Operátor trhu/ OTE, a.s.
OZE	Obnovitelný zdroj energie
PD	Projektová dokumentace
PPP	První paralelní připojení
TDD	Typový diagram dodávek
VN	Vysoké napětí
ZČU	Západočeská univerzita
$\cos \varphi$	Účinník, fázový posun mezi napětím a proudem v jedné fázi
$I_f$	Proud tekoucí fází
$K(t)$	Doba využití maxima v čase $t$
$P$	Činný výkon
$U_f$	Napětí fázové
$U_s$	Napětí sdružené
$W(t)$	Elektrická energie spotřebovaná v čase $t$

# 1 Přehled legislativních podmínek pro připojení zdrojů

## 1.1 Legislativa Evropské unie

Právní základ evropské integrace tvoří tzv. primární (prvotní) a sekundární (druhotné) právo ES. Prameny primárního práva tvoří především čtyři zakládající smlouvy (o ESUO, EHS, Euratomu a o EU) ve znění jejich posledních novel. K nim bývají přiřazovány i smlouvy mezi EU a třetími státy, vnitřní dohody mezi členy EU (a některými právníky i rozhodnutí Evropského soudního dvora). Tento systém smluv dohromady tvoří jakousi Ústavu evropské integrace. Jsou v nich stanoveny jak základní principy integrace, tak i základy jednotlivých politik, složení, pravomoci a rozhodovací postupy společných institucí. Pouze na základě těchto smluv mohou společné orgány jednat, tj. vytvářet tzv. sekundární právo ES a snažit se jeho prostřednictvím rozvíjet integrované politiky.

**Sekundární právo** ES je tvořeno právními akty přijímanými společnými institucemi EU. Těmito právními akty jsou nařízení, směrnice, rozhodnutí, stanoviska a doporučení. Orgány zmocněnými k přijímání těchto aktů jsou Rada nebo Rada společně s Evropským parlamentem a v některých případech i Evropská komise. Jejich vykonavateli jsou zpravidla členské státy pod dohledem Evropské komise, které při tom asistuje řada specializovaných výborů tvořených zástupci členských států a aparátu EU.

**Nařízení** jsou právními akty, které jsou obecně a přímo závazné. Vztahují se na všechny účastníky integrace a stávají se součástí jejich právního řádu ihned pro svém schválení. Pokud jsou v rozporu se zákony některého členského státu, mají přednost. Vždy platí nařízení ES, nikoli ustanovení domácího práva, které mu odporuje. Nařízení jsou tedy nástrojem právní unifikace a EU je užívá tam, kde je třeba společným rozhodnutím dosáhnout jednoty v obsahu i formě zákona. Typickým příkladem oblasti regulované především prostřednictvím nařízení je společně prováděná zemědělská politika.

**Směrnice** jsou právními akty, které zavazují zúčastněné státy provést ve svém právním řádu k jednotnému datu určité změny tak, aby si právo jednotlivých států neodporovalo a poskytovalo srovnatelnou úroveň ochrany. Směrnice jsou tedy nástrojem harmonizace národních právních řádů - jakmile jsou na úrovni EU schváleny, mají jednotlivé členské státy

povinnost je převést vnitrostátní právní normou do svého právního řádu. Svým obsahem jsou pak jejich předpisy srovnatelné (harmonizované), formou se však mohou lišit. V tom tkví pružnost směrnice jako právního aktu: členské státy mohou v souladu se svými právními tradicemi rozhodnout, jak je budou nejlépe realizovat (zvláštní zákon, vyhláška, novelizace stávajících zákonů apod.). Prostřednictvím směrnic byl například vybudován jednotný trh ES, zajišťující svobodu pohybu zboží, osob, služeb a kapitálu.

**Rozhodnutí** přijímaná orgány EU jsou rovněž závaznými právními akty, vztahují se však pouze na ty subjekty (členské státy, firmy nebo jednotlivce), jimž jsou adresována. Od nařízení se liší tím, že nemají obecnou platnost, od směrnic tím, že nemusejí být převáděna do národního práva. Platí přímo, ale jen na ony vybrané subjekty. Evropská komise například prostřednictvím rozhodnutí provádí dohled nad ochranou hospodářské soutěže v EU.

**Stanoviska a doporučení** nejsou na rozdíl od nařízení, směrnic a rozhodnutí právně závazná. Nemají tedy právní, ale pouze politickou váhu. V EU někdy předcházejí přijetí závazných právních aktů, neboť Komise často nejprve zkouší regulovat určitou oblast cestou dobrovolných doporučení, až v případě nutnosti sahá k návrhům nařízení nebo směrnic. [5]

### **1.1.1 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/77/ES ze dne 27. září 2001 o podpoře elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie na vnitřním trhu s elektřinou**

Účelem této směrnice je podporovat zvýšení příspěvku obnovitelných zdrojů energie k výrobě elektřiny na vnitřním trhu s elektřinou a vytvořit základnu pro odpovídající budoucí rámec Společenství.

Podpora elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie je významnou prioritou Společenství, jak se uvádí v bílé knize o obnovitelných zdrojích energie, z důvodů bezpečnosti a diverzifikace zásobování elektřinou, ochrany životního prostředí a sociální a hospodářské soudržnosti.

Rostoucí využívání elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie představuje důležitou část souboru opatření potřebných ke splnění Kjótského protokolu k Rámcové úmluvě Organizace spojených národů o změně klimatu a souboru politik potřebných

ke splnění jiných závazků.

Náklady na připojení nových výrobců elektřiny z obnovitelných zdrojů energie by měly být objektivní, průhledné a nediskriminační a měl by se pečlivě zohlednit prospěch, který přináší distribuční soustavě usazená výrobní zařízení.

Členské státy zavedou právní rámec nebo požádají provozovatele přenosových a distribučních soustav o vypracování a zveřejnění jejich jednotných pravidel pro hrazení nákladů na technické úpravy, jako je připojení na distribuční soustavu a posílení distribuční soustavy, které jsou nutné pro začlenění nových výrobců dodávajících do propojené distribuční soustavy elektřinu vyrobenou z obnovitelných zdrojů. [6]

### **1.1.2 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/8/ES ze dne 11. února 2004 o podpoře kombinované výroby tepla a elektřiny založené na poptávce po užitečném teple na vnitřním trhu s energií a o změně směrnice 92/42/EHS**

Účelem této směrnice je zvýšit energetickou účinnost a zlepšit bezpečnost zásobování vytvořením rámce pro podporu a rozvoj vysoce účinné kombinované výroby tepla a elektřiny na základě poptávky po užitečném teple a úspor primární energie na vnitřním trhu s energií s přihlédnutím ke konkrétním okolnostem dané země, a zvláště ke klimatickým a hospodářským podmínkám.

Zelená kniha nazvaná "K evropské strategii bezpečnosti zásobování energií" uvádí, že Evropská unie je krajně závislá na vnějších dodávkách energie, které představují v současnosti 50% celkové potřeby, a pokud přetrvá dosavadní vývoj, budou muset dodávat 70% do roku 2030. Závislost na dovozu a rostoucí podíly dovozu zvyšují riziko přerušení dodávek a potíží se zásobováním. Evropský parlament ve svém usnesení ze dne 15. listopadu 2001 o zelené knize požadoval přijmout opatření k podpoře přechodu k efektivním zařízením na výrobu energie, včetně kombinované výroby tepla a elektřiny.

Definice "kogenerační jednotky malého výkonu" zahrnuje mimo jiné mikrokogenerační jednotky a kogenerační jednotky, které zásobují izolované oblasti nebo uspokojují omezenou domácnostní, obchodní anebo průmyslovou poptávku apod. [6]

### **1.1.3 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES**

Tato směrnice stanoví společný rámec pro podporu energie z obnovitelných zdrojů. Stanoví závazné národní cíle, pokud jde o celkový podíl energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie a podíl energie z obnovitelných zdrojů v dopravě. Směrnice stanoví pravidla týkající se statistických převodů mezi členskými státy, společných projektů členských států a členských států a třetích zemí, záruk původu, správních postupů, informování a vzdělávání a přístupu energie z obnovitelných zdrojů k distribuční soustavě. Stanoví kritéria udržitelnosti pro biopaliva a biokapaliny.

V rámci podpory rozvoje trhu s obnovitelnými zdroji energie je nutné zohlednit pozitivní vliv na možnosti regionálního a místního rozvoje, vývozní možnosti, sociální soudržnost a možnosti zaměstnání, zejména pokud jde o malé a střední podniky a nezávislé výrobce energie.

Ze sdělení Komise ze dne 10. ledna s názvem "Pracovní plán pro obnovitelné zdroje energie – Obnovitelné zdroje energie v 21. století: cesta k udržitelnější budoucnosti" vyplývá, že vhodnými a dosažitelnými cíli je cíl 20% podílu energie z obnovitelných zdrojů a cíl 10% podílu energie z obnovitelných zdrojů v dopravě a že rámec, který zahrnuje povinné cíle, by měl podnikatelskému prostředí poskytnout dlouhodobou stabilitu, kterou potřebuje k udržitelnému investování do odvětví obnovitelné energie, jež umožní snížit závislost na dovážených fosilních palivech a více využívat nových technologií pro výrobu energie. Tyto cíle jsou doplněny 20% zvýšením energetické účinnosti do roku 2020 stanoveným ve sdělení Komise ze dne 19. října 2006 s názvem "Akční plán pro energetickou účinnost: využití možností", které bylo schváleno Evropskou radou na zasedání v březnu roku 2007 a Evropským parlamentem v usnesení ze dne 31. ledna 2008 o tomto akčním plánu.

Evropská rada na zasedání v březnu roku 2007 znovu potvrdila závazek Společenství rozvíjet energii z obnovitelných zdrojů po roce 2010 v celém Společenství. Schválila povinný cíl 20% podílu energie z obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě energie ve Společenství do roku 2020 a povinný minimální cíl, jenž má být dosažen všemi členskými státy, 10% podílu biopaliv na celkové spotřebě benzínu a nafty v dopravě, přičemž tento cíl má být zaveden nákladově efektivním způsobem. Evropská rada uvedla, že závazná povaha tohoto cíle je přiměřená a podmíněna udržitelností výroby, dostupností biopaliv druhé generace



na trhu a odpovídající změnou směrnice Evropského parlamentu a Rady 98/70/ES ze dne 13. října 1998 o jakosti benzínu a motorové nafty [6], aby umožňovala patřičnou míru přimíchávání. Evropská rada na zasedání v březnu roku 2008 zopakovala, že je nezbytné vypracovat a splnit účinná kritéria udržitelnosti pro biopaliva a zajistit komerční dostupnost biopaliv druhé generace. Na zasedání v červnu roku 2008 Evropská rada opět zmínila kritéria udržitelnosti a rozvoj biopaliv druhé generace a zdůraznila, že je nutné posoudit možné dopady výroby biopaliv na zemědělské potravinářské produkty a případně přijmout opatření k odstranění nedostatků. Uvedla také, že by mělo být provedeno další posouzení environmentálních a sociálních dopadů výroby a spotřeby biopaliv. [6]

#### **1.1.4 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/72/ES ze dne 13. července 2009 o společných pravidlech pro vnitřní trh s elektřinou a o zrušení směrnice 2003/54/ES**

Tato směrnice stanoví společná pravidla pro výrobu, přenos, distribuci a dodávky elektřiny a také opatření na ochranu spotřebitele s cílem zlepšit a integrovat konkurenceschopné trhy s elektřinou ve Společenství. Stanoví pravidla týkající se organizace a fungování elektroenergetiky, otevřeného přístupu na trh, kritérií a postupů pro výběrová řízení a udělování povolení, jakož i pravidla pro provozování soustav. Zároveň stanoví povinnosti univerzální služby a práva spotřebitelů elektřiny a upřesňuje požadavky související s hospodářskou soutěží.

Dobře fungující vnitřní trh s elektřinou by měl zajišťovat výrobcům vhodné pobídky k investování do nové výroby elektřiny včetně elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a současně věnovat zvláštní pozornost nejizolovanějším zemím a regionům v rámci energetického trhu Společenství. Dobře fungující trh by měl rovněž zajišťovat spotřebitelům přiměřená opatření na podporu účinnějšího využití energie, pro něž je bezpečnost dodávek energie nezbytným předpokladem.

Členské státy a národní regulační orgány by měly usnadnit přeshraniční přístup novým dodavatelům elektřiny z různých energetických zdrojů a novým výrobcům elektřiny, čímž zajistí hospodářskou soutěž a dodávky elektřiny za co nejkonkurenčnější ceny.

Členské státy by měly podněcovat k modernizaci distribučních sítí, například zaváděním inteligentních sítí, které by měly být budovány tak, aby motivovaly k decentralizované výrobě elektřiny a energetické účinnosti.

Národní regulační orgány by měly mít možnost stanovovat nebo schvalovat sazby, nebo metodiky pro jejich výpočet na základě návrhu provozovatele přenosové soustavy, nebo provozovatele či provozovatelů distribuční soustavy, nebo na základě návrhu dohodnutého mezi tímto provozovatelem, nebo provozovatelem a uživateli sítě. Při plnění těchto úkolů by národní regulační orgány měly zabezpečit, aby přenosové a distribuční sazby nebyly diskriminační, odrážely náklady a braly v úvahu dlouhodobé marginální náklady, které byly odstraněny v důsledku decentralizace výroby energie a řízení poptávky. [6]

## 1.2 Primární legislativa České republiky

Primární legislativa je vytvářena reprezentantem moci zákonodárné. Jedná se o ústavní zákony, zákony a zákonná opatření Senátu. Mezi primární legislativu obsahující podmínky připojení zdrojů patří tyto zákony:

- Zákon č. 458/2000 Sb.: Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (energetický zákon)
- Zákon č. 180/2005 Sb.: Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 406/2000 Sb.: Zákon o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů. Ustanovení § 3 je zaměřeno na Státní energetickou koncepci a § 4 na Územní energetickou koncepci.

### 1.2.1 Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)

Nový energetický zákon byl schválen Parlamentem ČR dne 28. listopadu roku 2000 a je účinný od 1. ledna roku 2001. Tento zákon nahradil do té doby platný energetický zákon č. 222/1994 Sb., v platném znění. Zákon č. 458/2000 Sb. do právního řádu České republiky plně implementoval principy platné v zemích Evropské unie pro oblast podnikání a výkon státní správy v odvětvích elektroenergetiky a plynárenství. Šlo zejména o aplikaci Směrnice

č. 96/92/EC, o společných pravidlech vnitřního trhu s elektřinou, Směrnice č.98/30/EC, o společných pravidlech vnitřního trhu se zemním plynem a dohody k energetické chartě. [1] Energetická legislativa je kontinuální proces, s ohledem na vývoj v této oblasti bylo k dnešnímu dni nutné provést sedmnáct změn zákona. Ta poslední byla provedena ve smyslu zákona č. 420/2011 Sb.

Podnikání v energetických odvětvích vyžaduje značné investiční náklady s dlouhodobou návratností. Zákon proto stanoví, že licenci na výrobu elektřiny je možné udělit na dobu 25 let (§4).

Pro udělení licence u výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů do instalovaného výkonu 20 kW není nutno prokazovat odbornou způsobilost (§5). Vzhledem k výkonovému limitu toto ujednání platí pro většinu zdrojů, připojených do distribuční sítě NN. U ostatních zdrojů, tentokrát s limitem do 1 MW instalovaného výkonu je nutné pro získání licence z pohledu odbornosti doložit vyučení v oboru a 3 roky praxe, nebo získání osvědčení o absolvování odborného kvalifikačního kurzu pro provozování malých energetických zdrojů zakončeného kvalifikační zkouškou.

Výrobce má právo připojit své zařízení k elektrizační soustavě, pokud splňuje podmínky připojení k distribuční soustavě a obchodní podmínky stanovené Pravidly provozování distribuční soustavy (§23, odst. 1, část a). Výrobce je povinen na své náklady připojení k distribuční soustavě (§23, odst. 2, část a).

### **1.2.2 Zákon č. 180/2005 Sb. ze dne 31. března 2005 o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) ve znění zákona číslo 281/2009 Sb., zákona číslo 137/2010 Sb., zákona číslo 330/2010 Sb. a zákona číslo 402/2010 Sb.**

Nejdůležitějším zákonem zabývajícím se problematikou OZE. Novela, která je účinná od 1. ledna 2011, doplňuje do zákona nová ustanovení týkající se financování podpory, poskytnutí dotace a odvodu z elektřiny ze slunečního záření s cílem omezit výstavbu velkých solárních elektráren. Zákon se mění v §6, do kterého se vkládají nové paragrafy §6a a §6b a dále se za hlavu II vkládá nová hlava III, která se zabývá odvodem elektřiny ze slunečního záření.

V zákoně dochází ke změně v § 3 odstavci 5, kde je uvedeno: V případě elektřiny

vyrobené využitím energie slunečního záření se podpora vztahuje pouze na elektřinu vyrobenou ve výrobně elektřiny s instalovaným výkonem výroby do 30 kWp, která je umístěna na střešní konstrukci nebo na obvodové zdi jedné budovy spojené se zemí pevným základem evidované v katastru. [3]

Do *Přílohy A* přikládám tabulky s přehledem výkupních cen a zelených bonusů za poslední 6 let. Od roku 2011 je patrné značné snížení cen jak výkupních cen, tak zeleného bonusu.

### **1.2.3 Zákon č. 406/2000 Sb. ze dne 25. října 2000 o hospodaření energií**

Tento zákon stanoví práva a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií, zejména elektrickou a tepelnou, a dále s plynem a dalšími palivy. Přispívá k šetrnému využívání přírodních zdrojů a ochraně životního prostředí v České republice, ke zvyšování hospodárnosti užití energie, konkurenceschopnosti, spolehlivosti při zásobování energií a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti. Mimo jiné řeší tvorbu Územní energetické koncepce na úrovni kraje, statutárního města a hlavního města Prahy. Hodnotí využitelnost obnovitelných a druhotných energetických zdrojů a kombinované výroby elektřiny a tepla.

## **1.3 Sekundární legislativa České republiky**

Sekundární právo je vytvářené orgány moci výkonné na základě zmocnění primárního práva. Jedná se o tzv. delegovanou legislativu.

### **1.3.1 Legislativa s odkazem na energetický zákon**

- Vyhláška č. 51/2006 Sb. ze dne 17. února 2006 o podmínkách připojení k elektrizační soustavě, ve znění vyhlášky 81/2010 Sb.
- Vyhláška č. 140/2009 Sb. ze dne 11. května 2009 o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen, ve znění vyhlášky č. 264/2010
- Vyhláška č. 344/2009 Sb. ze dne 30. září 2009 o podrobnostech způsobu

určení elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla založené na poptávce po užitečném teple a určení elektřiny z druhotných energetických zdrojů

- Vyhláška č. 540/2005 Sb. ze dne 15. prosince 2005, o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice ve znění vyhlášky č. 41/2010 Sb.
- Vyhláška č. 541/2005 Sb. ze dne 21. prosince 2005 ve znění vyhlášky 468/2009 Sb. o Pravidlech trhu s elektřinou, zásadách tvorby cen za činnosti operátora trhu s elektřinou a provedení některých dalších ustanovení energetického zákona, ve znění vyhlášky 552/2006 Sb. a ve znění vyhlášky 365/2007 Sb., ve znění vyhlášky 400/2010 Sb.
- Vyhláška č. 426/2005 Sb. ze dne 11. října 2005 o podrobnostech udělování licencí v energetických odvětvích, ve znění 358/2009 Sb.

### **1.3.2 Legislativa s odkazem na zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů**

- Vyhláška č. 343/2008 Sb. ze dne 25. září 2009, kterou se stanoví vzor žádosti o vydání záruky původu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a vzor záruky původu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie
- Vyhláška č. 475/2005 Sb. ze dne 30. listopadu 2005, kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů, ve znění vyhlášky 364/2007 Sb., ve znění vyhlášky 409/2009 Sb., ve znění vyhlášky 300/2010 Sb.
- Vyhláška č. 482/2005 Sb. ze dne 2. prosince 2005 o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy, ve znění vyhlášky 5/2007 Sb., ve znění vyhlášky 453/2008 Sb.
- Vyhláška č. 502/2005 Sb. ze dne 8. prosince 2005 o stanovení způsobu vykazování množství elektřiny při společném spalování biomasy a neobnovitelného zdroje
- Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 7/2011 ze dne 23. listopadu 2011, kterým se stanovuje podpora pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných energetických zdrojů

### 1.3.3 Legislativa s odkazem na zákon o hospodaření energií

- Nařízení vlády č. 63/2002 Sb. o pravidlech pro poskytování dotací ze státního rozpočtu na podporu hospodárného nakládání s energií a využívání jejich obnovitelných a druhotných zdrojů ve znění nařízení vlády 428/2006 Sb.
- Vyhláška č. 349/2010 Sb. ze dne 16. listopadu 2010 o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie

### 1.3.4 Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů

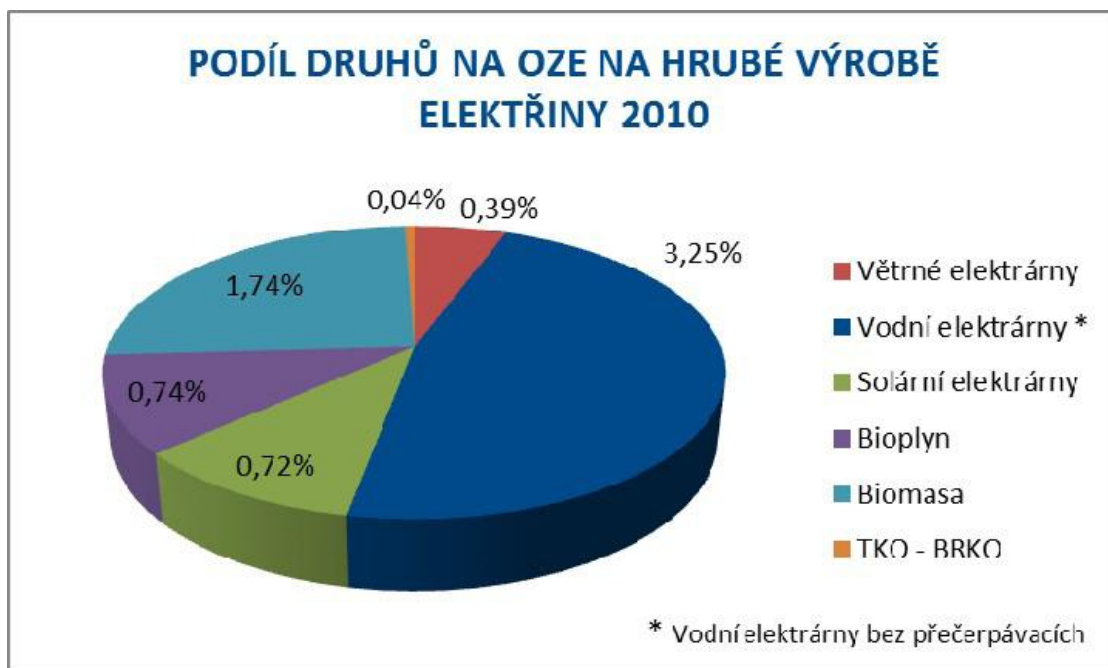
Forma a struktura předloženého Národního akčního plánu ČR pro energii z OZE je závazně daná Rozhodnutím Komise 2009/548/ES ze dne 30. června 2009, kterým se stanoví vzor pro Národní akční plány pro energii z obnovitelných zdrojů podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES. Závaznost dané formy dokumentu je provedena z důvodu vzájemné porovnatelnosti akčních plánů a navržených hodnot mezi jednotlivými členskými státy.

Ze směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů vyplývá pro Evropskou unii jako celek cíl 20% podílu energie z obnovitelných zdrojů a cíl 10% podílu energie z obnovitelných zdrojů v dopravě. Pro Českou republiku byl navržen **13%** podíl energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie. Splnění tohoto cíle by zároveň mělo zajistit **10%** podíl obnovitelných zdrojů v dopravě.

Zpracovaný Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných (dále jen akční plán) zdrojů navrhuje cíl podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie ve výši **13,5%** a splnění cíle podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě v dopravě ve výši **10,8%**.

Navržený akční plán je sestaven tak, aby naplnil požadované cíle v oblasti využívání energie z obnovitelných zdrojů, a to na základě současných a připravovaných reálných projektů a na očekávané reálné predikci budoucího vývoje dané statistickým sledováním trendů s případným zohledněním dotační politiky. V případě fotovoltaických systémů a větrných elektráren je dále požadavek připravovaných projektů konfrontován s bezpečností a spolehlivostí elektrizační soustavy. Akční plán tedy není postaven na možných nebo teoretických potenciálech jednotlivých druhů obnovitelných zdrojů. Akční plán bude pravidelně aktualizován a zpřesňován. [7]

Podle nejaktuálnějšího oficiálního dokumentu „Zpráva o plnění indikativního cíle výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů za rok 2010“ z října roku 2011 se hrubá výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů v roce 2010 podílela na tuzemské hrubé spotřebě elektřiny **8,32%**. Na *Grafu 1* je znázorněno, jak se na celkové hrubé výrobě elektřiny (včetně vývozu) podílela hrubá výroba elektřiny z OZE. Zde byl celkový podíl **6,87%**. [8]



*Graf 1: Podíl výroby z OZE na celkové výrobě elektřiny v ČR za rok 2010 [8]*

## 1.4 Následná legislativa

Jedná se o státní a podnikové normy, nebo postupy, metodiky a instrukce jednotlivých distributorů. Pro příklad mohou uvést:

- Pravidla provozování DS - příloha č. 4 – „Pravidla pro paralelní provoz zdrojů se sítí provozovatele DS“ (zpracovali provozovatelé DS, schválil ERÚ)
- Připojovací podmínky pro výrobní elektřiny – připojení na síť ČEZ Distribuce, a. s.
- Provozní instrukce DSO\_PI\_00044 „Připojování výroben do paralelního provozu s distribuční soustavou společnosti ČEZ Distribuce, a. s.“
- Metodický postup DSO\_MP\_0007 „Připojování výroben k DS“
- ČSN EN 50160 (33 0122): Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě

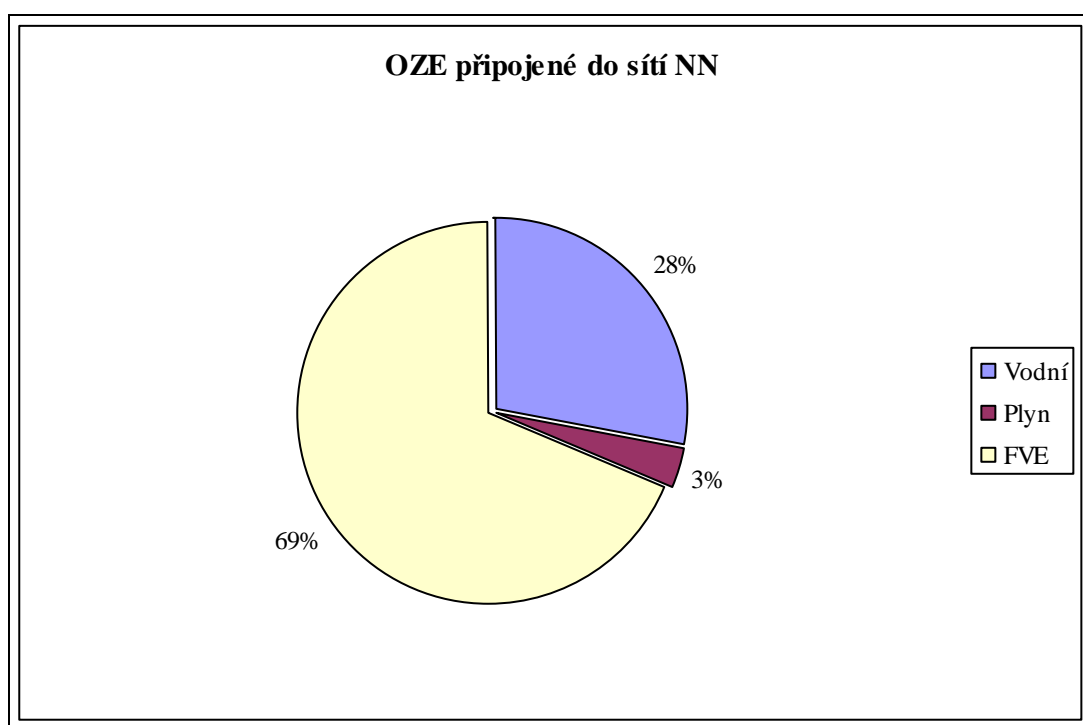
- ČSN EN 61000-3-3: Omezování změn napětí, kolísání napětí a flikru v rozvodných sítích nízkého napětí pro zařízení se jmenovitým fázovým proudem  $\leq 16\text{A}$
- PNE 33 3430-0: Výpočetní hodnocení zpětných vlivů odběratelů distribučních soustav



## 2 Postup pro určení technických podmínek pro připojení zdroje

### 2.1 Výrobní připojované do sítí NN

Do sítí NN se připojují malé vodní elektrárny, mikrokogenerace a především fotovoltaické elektrárny. V podstatě mohu konstatovat, že se jedná o obnovitelné zdroje, tzn. jedná se o zdroje, které pro výrobu elektřiny používají obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie slunečního záření, energie vody, energie biomasy a energie bioplynu. Maximální výkon, do kterého je možné provést připojení k síti NN, závisí na druhu a způsobu provozu vlastní výroby a na síťových poměrech v dané lokalitě. Nepředpokládá se ve větší míře připojování zdrojů o instalovaném výkonu vyšším, jak 70 kW.



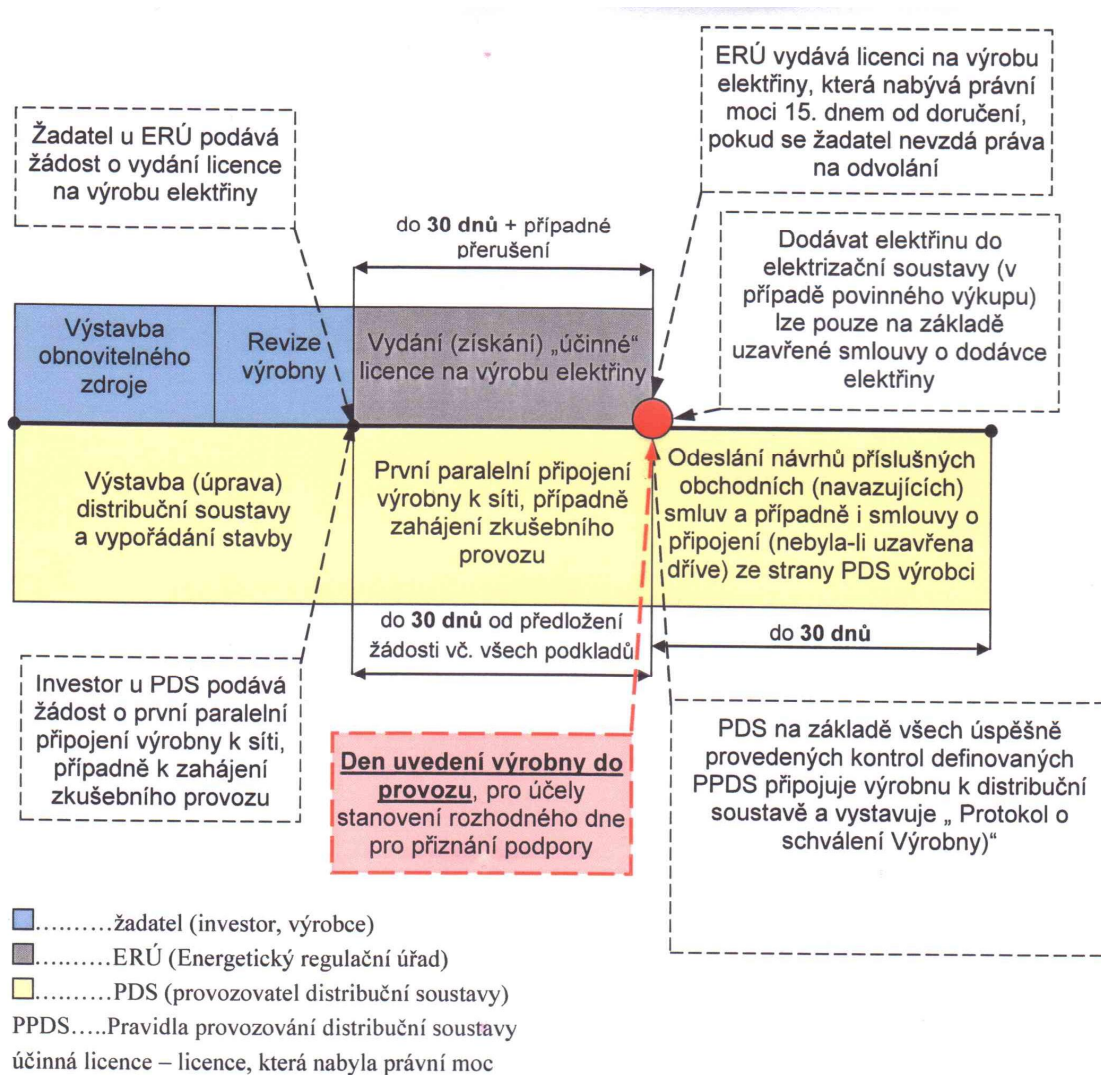
Graf 2 : Struktura OZE pracujících do sítí NN v uzlové oblasti Chrást, Přeštice, Vítkov

Struktura připojených OZE do DS na napěťové hladině NN ve vybrané lokalitě je uvedena v *Grafu 2*. Informace pro sestavení tohoto grafu jsem získal z celkového seznamu připojených OZE, platnému k měsíci dubnu roku 2012. Seznam odesílá ČEZ Distribuce, a. s. každý měsíc provozovateli přenosové soustavy, firmě ČEPS, a. s. Tato společnost provádí monitorování stavu připojování výroben na území celé ČR.

### 2.1.1 Proces připojení OZE do sítě NN

V tomto bodě upřesním postup vyřízení požadavku na připojení výrobní do DS z pozice zástupce distributora. Na *Obr. 1* je pak znázorněn celkový proces připojení OZE k DS. Proces popsany pod bodem a, e, f, h zajišťuje žadatel (investor, výrobce). V ostatních bodech je aktivní zástupce distributora.

- a) Žádost o připojení výrobní k DS, dotazník, souhlas vlastníka nemovitosti s umístěním výrobní, od 30 kW územně plánovací informace o podmínkách vydání ÚR, soulad s územně plánovací dokumentací
- b) Přiřazení k uzlové oblasti, požadavek na posouzení zda - li je uzlová oblast otevřená pro připojení nové výrobní (rozhraní s ČEPS, a. s.)
- c) Určení vhodného místa připojení pomocí SW E - vlivy od firmy EGC ČB s. r. o.
- d) Odeslání smlouvy o připojení výrobní k DS včetně technických podmínek připojení
- e) Podpis smlouvy, úhrada měrného podílu žadatele na oprávněných nákladech spojených s připojením a zajištěním požadovaného příkonu a výkonu. Velikost tohoto podílu je závislá na způsobu připojení a napěťové hladině, do které se výrobní připojuje, např. u 3f připojení do napěťové hladiny NN činí tento podíl 500 Kč/A (podle vyhlášky 51/2006 v platném znění)
- f) Zpracování projektové dokumentace dle určených technických podmínek
- g) Schválení projektové dokumentace (kontrola místa připojení k DS, umístění měření, použité ochrany, majetkové rozhraní)
- h) Realizace výrobní dle schválené PD
- i) Proces prvního paralelního připojení (PPP), kontrola veškeré dokumentace týkající se výrobní (revize, protokol o nastavení ochrany, uzavřená smlouva o připojení, schůzka s výrobcem na místě samém, protokol o splnění technických podmínek pro uvedení výrobní do provozu)
- j) Příkaz na osazení elektroměru
- k) V případě osazeného elektroměru a přidělené licence uzavření smlouvy o podpoře vyrobené elektřiny z OZE
- l) Kontrolní měření zpětných vlivů způsobené provozem OZE



Obr. 1: Proces připojení výroby k DS [10]

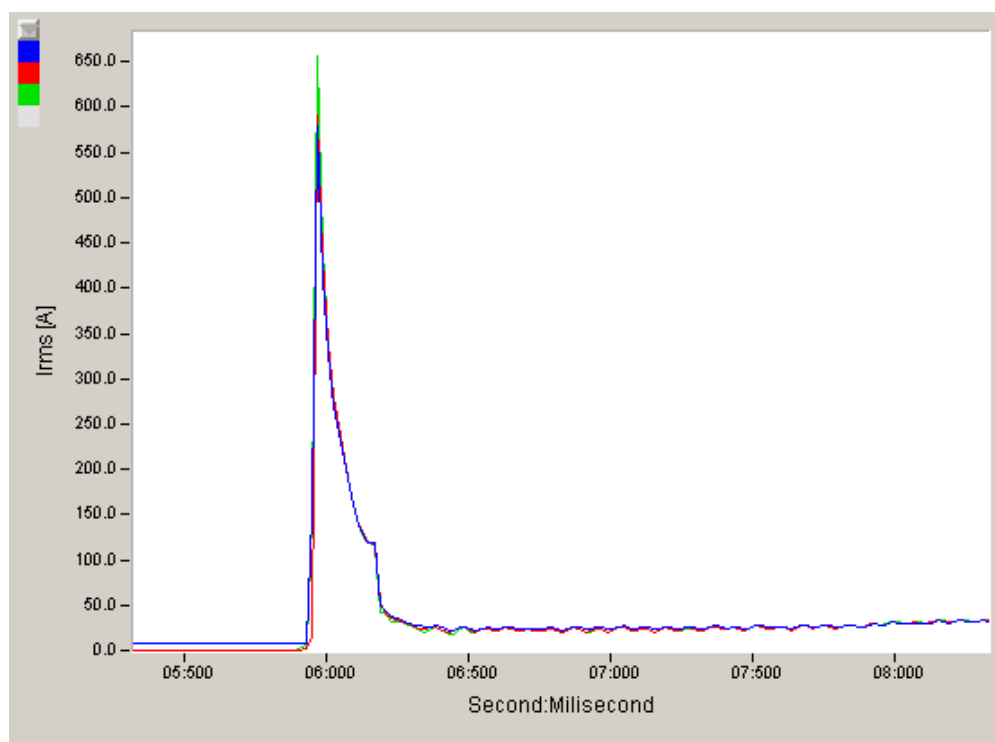
### 2.1.2 Technické podmínky a způsoby připojení výroben do sítí NN

Technické podmínky připojení výroben do sítí NN jsou detailně řešeny v dokumentu „PRAVIDLA PRO PARALELNÍ PROVOZ ZDROJŮ SE SÍTÍ PROVOZOVATELE DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY“, což je příloha č. 4 základního dokumentu „PRAVIDLA PROVOZOVÁNÍ DISTRIBUČNÍCH SOUSTAV“. Tento dokument je zpracováván a aktualizován provozovateli distribučních soustav. Schvalován je Energetickým regulačním úřadem a navazuje na Pravidla provozování přenosové soustavy. Tento dokument je k dispozici na internetu, například na adrese [9].

Posouzení možnosti připojení z hlediska zpětných vlivů na síť vychází z impedance sítě ve společném napájecím bodě, připojovaného výkonu, stejně jako druhu a způsobu provozu

vlastní výroby. Pokud má síť NN nevyhovující impedanci, pak může připojená výroba od určitého výkonu způsobit v předávacím místě velké kolísání napětí. Při tomto kolísání napětí může dojít i překročení maximální, případně minimální předepsané hodnoty (více informací uvedeno v bodě 3 této práce).

Do sítě NN se zpravidla připojují výroby, které využívají pro přeměnu primární energie na energii elektrickou fotovoltaický článek, nebo výroby, které využívají pro přeměnu nejčastěji asynchronní generátor. Při připojení FVE k DS nezpůsobují tyto výroby jiné změny napětí, než které odpovídají jejím jmenovitým parametrům. U asynchronních generátorů dochází při přifázování vlivem nutnosti nasycení magnetického obvodu stroje k velkému rázovému proudu, který způsobuje krátkodobé poklesy napětí v síti. Na *Obr. 2* je znázorněna proudová špička při přifázování asynchronního generátoru 60 kW. Velikost proudového rázu lze snížit například připojením stroje přes softstartér. U obou druhů výroben lze prověřit vznik zpětných vlivů před připojením pomocí výpočetního programu E - vlivy. Je však nutné mít k dispozici kvalitní data o stávající síti NN.



*Obr. 2: Proudová špička  $I_{max}= 650$  A při přifázování asynchronního generátoru  $P_n= 60$  kW k síti přibližně při synchronních otáčkách [13]*

Již u přípravy stavby výrobní je vhodné se připravit na to, zda se bude dodávat celá výroba nebo pouze přebytky → vazba na zelené bonusy či povinný výkup a na způsob provedení měření, připojení výrobní do sítě NN. Způsoby provedení připojení výroben jsou rozděleny dle PPDS [9] následovně:

- Paralelně provozovaná výrobní v síti NN bez možnosti ostrovního provozu
- Paralelně provozovaná výrobní v síti NN bez možnosti ostrovního provozu, společné připojení, možnost vykázat výrobu a částečně ji spotřebovat, průběhové měření
- Paralelně provozovaná výrobní v síti NN bez možnosti ostrovního provozu, celá výroba bez stávající spotřeby dodaná do DS, rozšíření stávajícího odběru o výrobu
- Paralelně provozovaná výrobní v síti NN s možností ostrovního provozu

## 2.2 Připojení zdroje do sítě NN v obci Horušany

V roce 2008 byla připojena fotovoltaická elektrárna s instalovaným výkonem 70 kW v obci Horušany. Tato výrobní svoji činností způsobuje nevhodné zpětné vlivy. Na tomto konkrétním případě chci ukázat, jak se ovlivní parametry sítě NN v případě nevhodného způsobu připojení OZE.



Obr. 3: Osazené panely FV výrobní 70 kW v obci Horušany

### 2.2.1 Údaje o lokalitě připojení OZE

Obec Horušany se nachází západně od města Přeštice v okrese Plzeň – jih. V této obci je 95 odběratelů, u kterých je zaznamenána spotřeba elektrické energie. V obci je jediný distribuční transformátor 22/0,4 kV. Tento transformátor je napájen venkovním vedením z rozvodny 110/22 kV Přeštice (vývod Domažlice). Transformátor má zdánlivý výkon 250 kVA a jeho největší zatížení nepřesáhlo v průběhu provedeného měření hodnotu 90 kW.

Distribuční síť NN je tvořena dvěma paprskovými vývody z DTS. Větev východní je v provedení venkovního vedení AIFe 4 x 35 mm<sup>2</sup> v délce 205 m, větev západní v provedení venkovního vedení – AIFe 3 x 70 + 50 mm<sup>2</sup> + AES 4 x 95 mm<sup>2</sup> v délce 250 m, poté 4 x 70 AES v délce 330 m. Do *Přílohy B* přikládám situační plánec této NN sítě.

V současné době je v obci instalováno 116 kW ve FVE, největší výrobná má instalovaný výkon 70 kW. FV panely jsou umístěny na zahradě u RD, v řadě za sebou (*Obr. 3*).

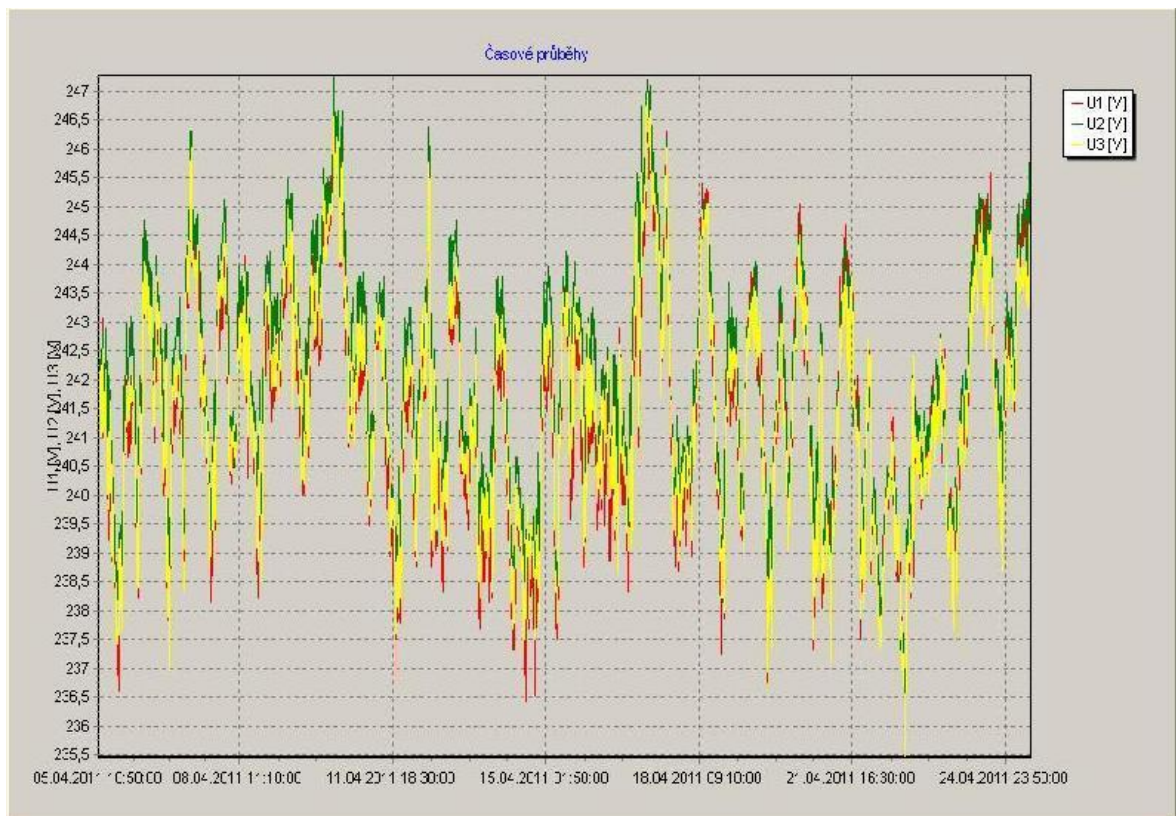
### 2.2.2 Výsledky provedeného měření

V průběhu roku 2011 jsem byl požádán zástupcem ZČU, abych vytipoval obce s možnými problémy souvisejícími s provozem FVE v síti NN. Ve vybraných obcích jsem následně zadal provést měření, jehož výsledky poslouží nejen pro interní potřebu ČEZ Distribuce, a. s., ale i pro probíhající projekt „Výzkum a vývoj metod a nástrojů pro podporu rozhodování v procesu bezpečné integrace elektráren využívajících obnovitelných zdrojů energie (BIOZE) do elektrizační soustavy ČR“. Mezi jinými obcemi jsem vybral obec Horušany z důvodu velkého počtu instalovaných výroben a též z důvodu připojení výrobní s poměrně vysokým výkonem (na napěťovou hladinu NN, detailní informace jsou uvedeny v bodě 2.2.1).

Měření parametrů sítě bylo provedeno v době od 5. 4. do 13. 5. 2011 monitorem sítě NN PQ30 (MEGA Brno). Časový rozvrh jsem zvolil s ohledem na překrytí období, kdy FVE bude provozována s maximálním výkonem. Toto měření bylo provedeno souběžně v DTS a u předávacího místa největší FV elektrárny pro možnost porovnání parametrů.

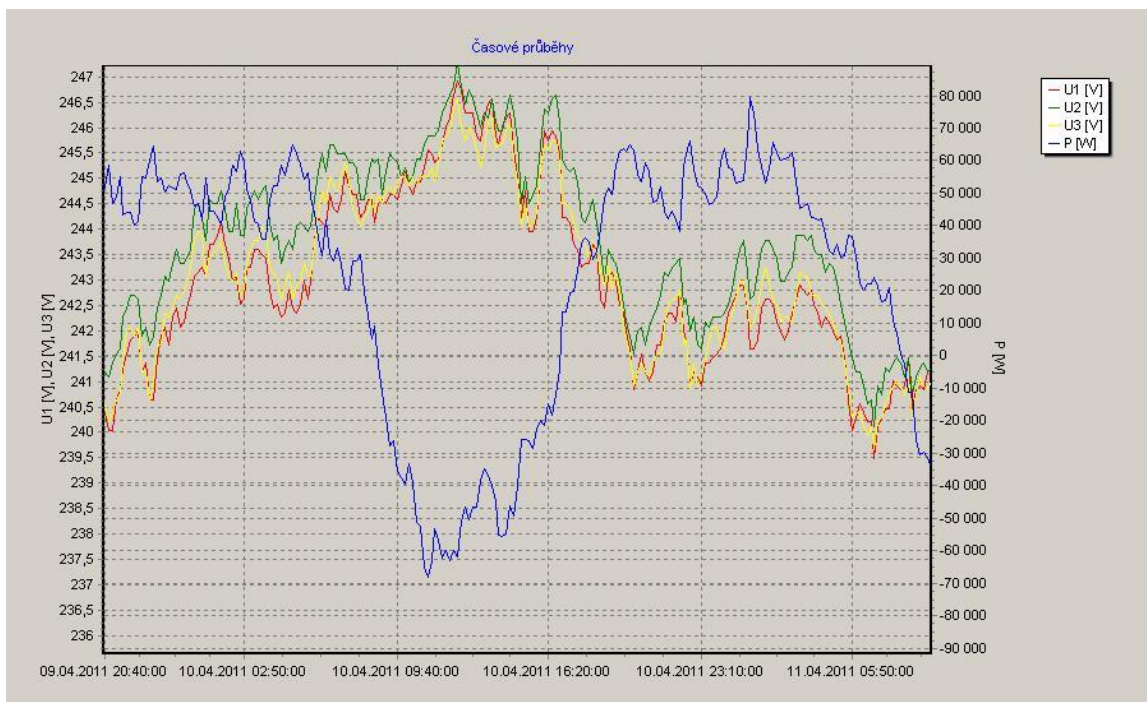
### 2.2.2.1 Parametry napětí v distribuční trafostanici

Na *Obr. 4* je znázorněn časový průběh napětí v jednotlivých fázích v rozvaděči NN DTS po celou dobu prováděného měření. Na ose  $x$  je vynesena čas provedeného měření. Na ose  $y$  je vynesena hodnota fázového napětí od minimální hodnoty 235,45 V až po maximální hodnotu 247,27 V. Napěťové špičky vznikají v čase souhry největšího výkonu výroby a nejmenšího zatížení DTS. Zde byla maximální hodnota napětí zaznamenána 10. dubna 2011 ve 12 hodin 20 minut. V této době došlo k přetoku výkonu do vyšší napěťové hladiny (detailní zobrazení na *Obr. 5*). Naopak minimální hodnota napětí byla zaznamenána 22. dubna 2011 ve 20 hodin 20 minut, tzn. v době, kdy již FVE nevyroběla elektrickou energii detailní zobrazení na *Obr. 6*. Rozpětí mezi minimem a maximem je 11,82 V, což je 4,88% vztaženo ke jmenovitému napětí v DTS dle ČSN 33 0120:2001.



*Obr. 4: Časový průběh napětí v DTS Horušany Obec v celém období provedeného měření*

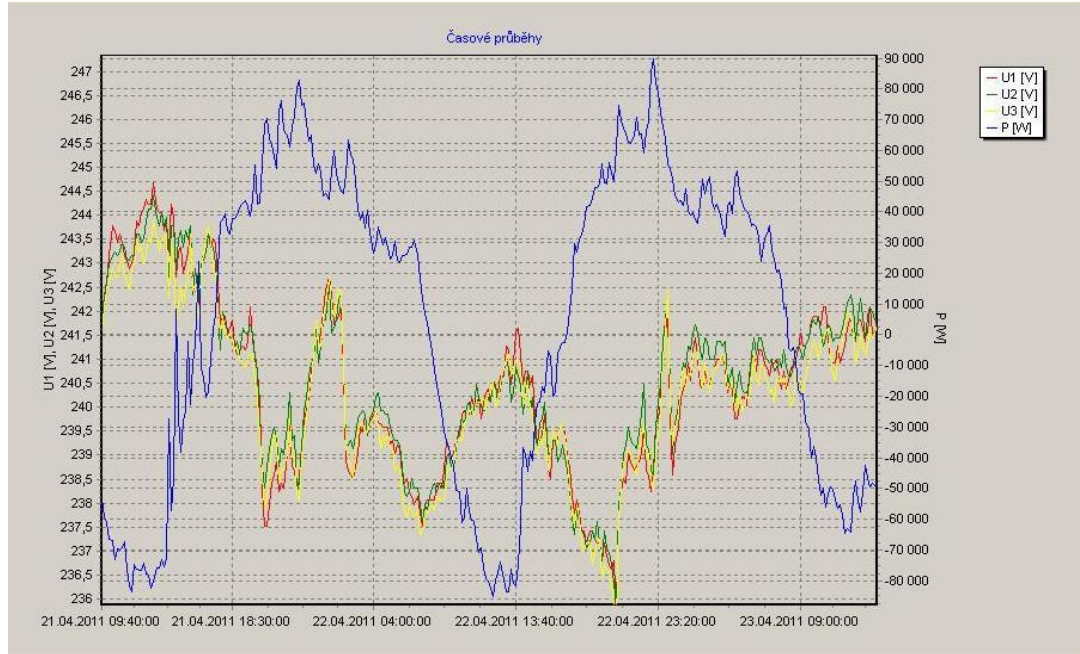
Na *Obr. 5* jsou detailně vyobrazeny napěťové parametry ve chvíli, kdy dochází k maximálnímu výkonu FV výroby. Na ose  $x$  je vynesena časový výsek měření (9. 4. 2011 - 11. 4. 2011). Na ose  $y$  v levé části je vynesena hodnota napětí ve všech třech fázích od minimální hodnoty 239,5 V do maximální hodnoty 247,2 V. V pravé části osy  $y$  je vynesena hodnota výkonu. V kladné části je vyobrazen v modré barvě výkon dodaný do sítě NN distribučním transformátorem, v záporné části se jedná o stav, kdy dodávka z výroben přesahuje odběr a dochází tedy k přetoku do vyšší napěťové hladiny. Extrém ve zvoleném období je patrný 10. 4. 2011 ve 12 hodin 20 minut dochází k přetoku výkonu 68 kW do vyšší napěťové hladiny, napětí dosahuje svého maxima 247,27 V.



*Obr. 5: Parametry napětí při maximálním provozu výroby v rozvaděči NN DTS*



Na Obr. 6 je opět detailně vyobrazen časový průběh fázových napětí a toku výkonu. V kladné části výkonu, tedy v době, kdy převažuje odběr nad dodávkou dochází k poklesu napětí.

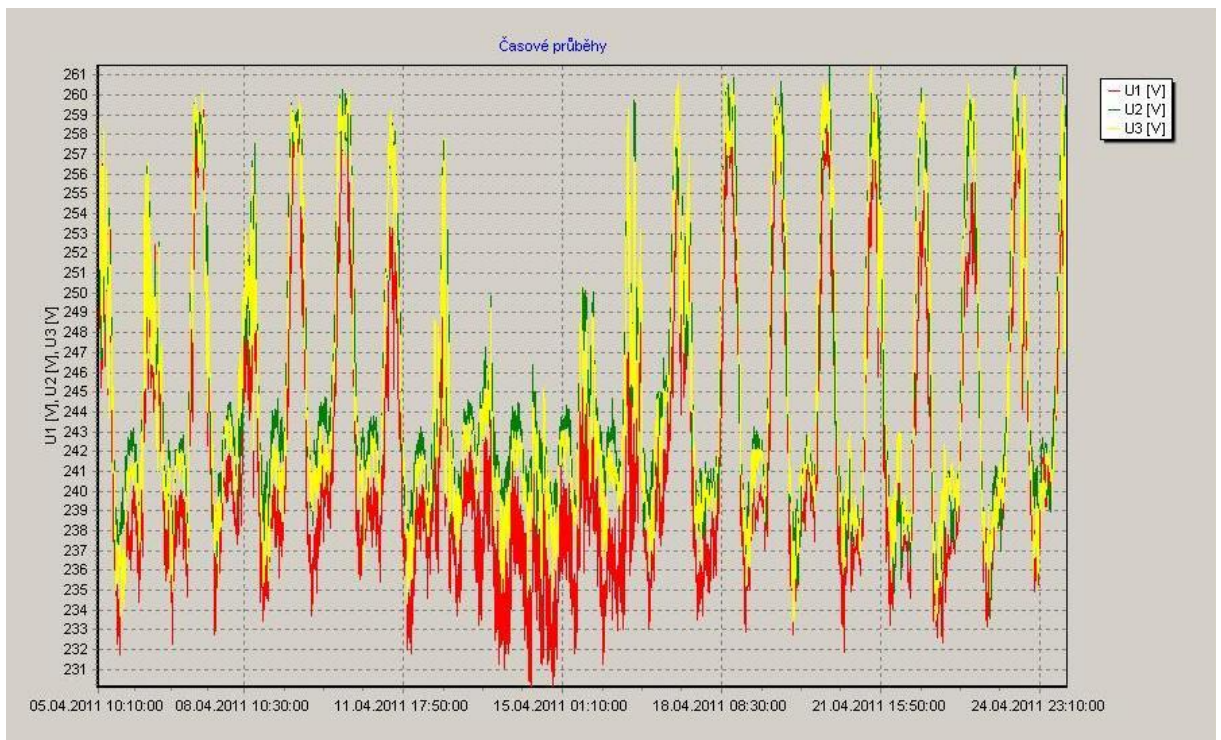


Obr. 6: Parametry napětí při minimálním provozu výroby v rozvaděči NN DTS

Extrém nalezneme 22. 4. 2011 ve 20 hodin a 30 minut, kdy odběr dosahuje hodnoty blížící se 90 kW, napětí pak dosahuje hodnoty 235,45 V.

### 2.2.2.2 Parametry napětí v předávacím místě

V předávacím místě, tzn. v místě připojení FVE 70 kW k distribuční síti NN, byla též osazena měřící souprava. Měření probíhalo v synchronizovaném čase s měřením v DTS, a tak je možné porovnat rozdílnost parametrů napětí v obou případech. Na Obr. 7 je znázorněn časový průběh napětí v jednotlivých fázích v předávacím místě po celou dobu prováděného měření. Na ose  $x$  je vyneseno čas provedeného měření. Na ose  $y$  je vynesena hodnota fázového napětí od minimální hodnoty 230,09 V až po maximální hodnotu 261,50 V. Napěťové špičky vznikají v čase největšího výkonu výroby. Maximální hodnota napětí byla zaznamenána 24. dubna 2011 v 11 hodin. V této době došlo k překročení parametru hodnoty napětí dle normy [4] (detailní zobrazení na Obr. 8). Naopak minimální hodnota napětí byla zaznamenána 14. dubna 2011 ve 9 hodin 40 minut. Rozpětí mezi minimem a maximem je 31,41 V, což je 13,66% vztaheno ke jmenovitému napětí v síti NN dle ČSN 33 0120:2001.



Obr. 7: Časový průběh napětí v předávacím místě v celém období provedeného měření

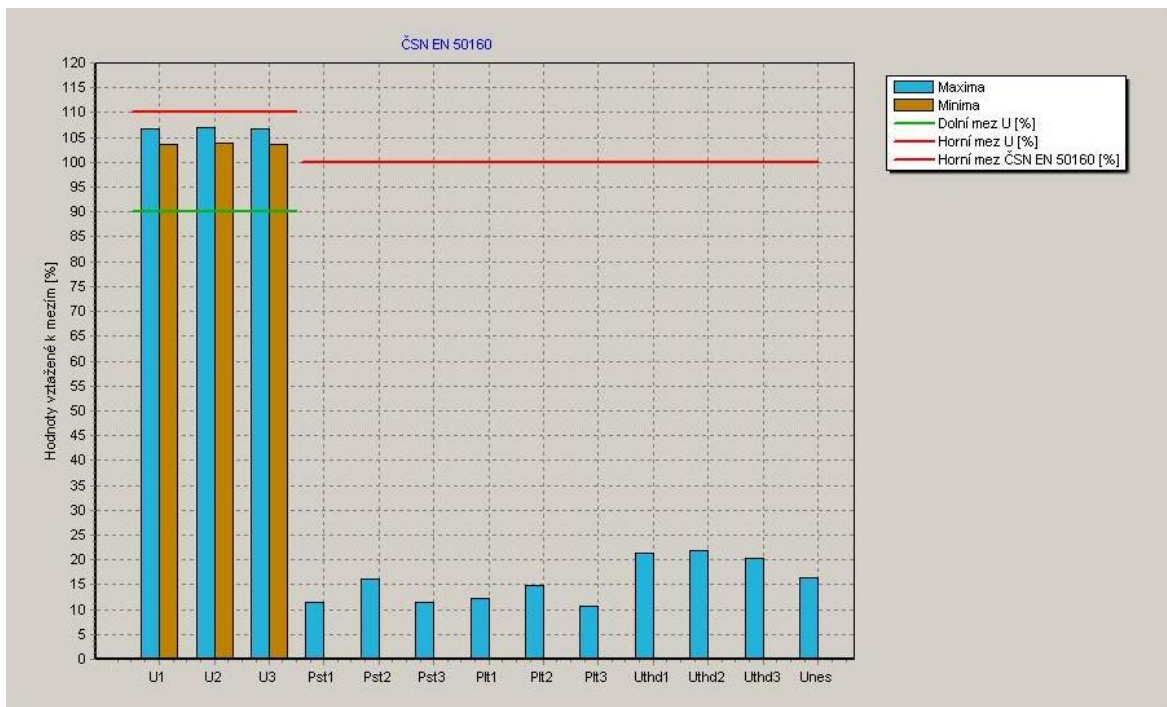
Na *Obr. 8* jsou detailně vyobrazeny napěťové parametry ve chvíli, kdy dochází k maximálnímu výkonu FV výroby. Parametry podobné, jako u DTS na *Obr. 6*, jen vyšší hodnota napětí. Při maximální změřené hodnotě napětí 261,5 V dochází k omezení výroby FVE až k nulové hodnotě výkonu.



*Obr. 8: Parametry napětí při maximálním provozu výroby v předávacím místě*

### 2.2.2.3 Závěrečné posouzení výsledků měření

Výsledky měření provedené v DTS vyhovují podmínkám uvedeným v ČSN EN50 160. Souhrnné výsledky jsou znázorněny na *Obr. 9*. V průběhu měření byl zaznamenán přetok výkonu 68 kW do vyšší napěťové hladiny. Tento výkonový přetok svojí velikostí, která představovala cca 1/3 jmenovitého výkonu osazeného transformátoru, neohrozil bezpečný chod jediné napájecí DTS v obci.



*Obr. 9: Souhrnné výsledky provedeného měření v DTS z pohledu kvality napětí (ČSN EN 50160)*

Oproti tomu výsledky měření provedené v předávacím místě nevyhovují podmínkám uvedeným v ČSN EN 50 160. Nevyhovujícím parametrem je zde překročení horního limitu napětí. Souhrnné výsledky jsou znázorněny na *Obr. 10*.



*Obr. 10: Souhrnné výsledky provedeného měření v předávacím místě z pohledu kvality napětí (ČSN EN 50160)*

## **3 Simulace vlivu zdroje na síť NN s využitím výpočetního programu E - vlivy**

### **3.1 Výpočetní program E - vlivy**

Úkolem provozovaných distribučních systémů není pouze distribuovat elektrickou energii v požadovaném množství a čase, ale rovněž v požadované kvalitě. Právě dodržení kvality elektrické energie bývá v některých lokalitách poměrně obtížné vzhledem k narůstajícímu počtu připojovaných zařízení. Ty svým charakterem odběru výrazně ovlivňují kvalitu elektrické energie, a to nejen v místě připojení, ale i v dalších částech sítě. Znalostí kvality elektrické energie před a po připojení takovýchto zařízení můžeme předejít eventuálním problémům s dodržáním zaručované kvality a tím i vynuceným následným dodatečným technickým opatřením, jež pochopitelně znamenají i zvýšení nákladů.

Pro posouzení připojení zdroje se používá výpočetní program E - vlivy od firmy EnerGoConsult ČB s. r. o. Tato společnost byla založena v září 1997 a zabývá se především pracemi v oblasti energetiky. Spektrum činnosti je poměrně široké: od vývoje speciálních zařízení, měření až po vývoj softwaru, zpracování studií, či poradenství. Podílí se také na vytváření legislativních a normalizačních dokumentů.

Výpočetní metody vycházejí z norem ČSN IEC 1000-2-2, ČSN EN 61000-3-2, ČSN EN 50160 a souboru norem PNE 33 3430. Výpočet hodnocení zpětných vlivů odběratelů distribučních soustav, 4. vydání i dokumentu ČSRES: D - A - CH – CZ - Směrnice pro posuzování zpětných vlivů na síť: 2007. [11]

### **3.2 Příklad posouzení připojení zdroje do distribuční soustavy NN**

V této kapitole uvádím výpočet pro posouzení připojení zdroje fotovoltaické výroby o výkonu 70 kW do sítě NN v obci Horušany.

Pro posouzení připojitelnosti jsem použil výpočetní program E - vlivy. Tento program je standardně používán techniky ČEZ Distribuce, a. s. k posouzení možnosti připojení výroben k distribuční síti NN a VN. Do programu je detailně namodelována síť NN dle technické dokumentace ČEZ Distribuce, a. s. v rozsahu jednoho vývodu, do kterého je předpokládáno připojení výroby. Zátěže sítě v rámci tohoto vývodu jsou vypočítány

za předpokladu znalosti hodnoty hlavního jističe, sazby a spotřebované elektrické práce za rok u každého odběratele. U ostatních dvou vývodů NN z DTS je provedeno zjednodušení soustředěním do uzlu rozvaděče DTS výpočetního modelu. Parametry v tomto uzlu jsou zadány v souladu s hodnotami v provedeném měření. Účelem tohoto posouzení je zjistit, zda - li je tento postup vhodný pro provádění výpočtů v praxi.

### 3.2.1 Modelování změny napětí

Dle platného dokumentu „Pravidla provozování distribučních soustav“ – příloha 4 [9] platí, že zvýšení napětí vyvolané provozem připojených výroben nesmí v nejnepříznivějším případě překročit hodnotu 3% pro výroby s přípojným místem v síti NN ve srovnání s napětím bez jejich připojení [9], současně nesmí být překročeny limity napětí  $90 \sim 110\% U_n$  v předávacím místě zdroje. [4] Kontrola splnění těchto podmínek při návrhu způsobu připojení provedu pomocí výpočetního programu E - vlivy od firmy EGC - EnerGoConsult ČB, s. r. o.

Při zadávání parametrů napájecího uzlu je nutno respektovat:

- hodnotu skutečného napětí na vývodu VN – použil jsem napěťové maximum, dle provedených letních měření, tedy v době, kdy do vedení VN přispívají všechny připojené FVE
- úhel impedance sítě – poměr R/X jsem zadal hodnotu 0,2
- existenci souvisejících zdrojů – při provádění výpočtu na  $\Delta U$  jsem připojoval všechny výroby, připojené do sítě NN v obci Horušany (jediný napájecí transformátor)
- zkratový výkon – zadal jsem minimum

Při zadávání štítkových hodnot transformátoru jsem použil data z technické dokumentace ČEZ Distribuce, a. s., které jsem následně prověřil na místě samém, odečtením hodnot přímo z transformátoru.

### 3.2.2 Postup výpočtu zatížení v jednotlivých odběrných místech

Postup výpočtu zatížení v jednotlivých uzlech je důležitý pro celkový výpočet. Řeším v podstatě soudobost zatížení vývodu NN. Nyní uvedu postup výpočtu zatížení na příkladu jednoho odběrného místa.

Uvažujme odběrné místo s následujícími parametry:

- Domácnost - odběr bez tepelného využití elektřiny - TDD4
- Hodnota hlavního jističe před elektroměrem – 25 A, 3 fáze
- Spotřebovaná elektrická energie za rok – 2 033 kWh

Parametry zátěže, které je nutno zadat pro výpočet v programu E - vlivy:

- Napětí na zátěži – známe, v našem případě 0,4 kV (3 f odběr)
- $\cos \varphi$  – odhadneme, v sítích NN používáme hodnotu 0,95
- Proud – neznáme, je nutné jej vypočítat

Vztah pro výpočet činného výkonu:

$$\text{Výkon trojfázový..... } P_{3f} = \sqrt{3} * U_s * I_f * \cos \varphi \quad [\text{W}] \quad [\text{a}]$$

$$\text{Výkon jednofázový ... } P_{1f} = U_f * I_f * \cos \varphi \quad [\text{W}] \quad [\text{b}]$$

Po úpravě z [a] a [b] dostaneme vztah pro výpočet proudu tekoucího fází:

$$I_f = \frac{P_{3f}}{\sqrt{3} * U_s * \cos \varphi} \quad [\text{A}] \quad [\text{c}]$$

$$I_f = \frac{P_{1f}}{U_f * \cos \varphi} \quad [\text{A}] \quad [\text{d}]$$

Vztah pro výpočet elektrické práce – energie:

$$W = P * t \quad \text{a nebo také} \quad W = \sqrt{3} * U_s * I_f * \cos \varphi * t \quad [\text{Ws} = \text{J}] \quad [\text{e}]$$



Po úpravě dostaneme:

$$P = \frac{W}{t} \quad [\text{W}] \quad [\text{f}]$$

Pro výpočet očekávaného zatížení v daném čase použiji normalizované TDD dle OTE. Na stránce [12] je možno si zobrazit tabulku ve formátu .xls s koeficienty pro příslušný rok. Tyto koeficienty  $K_{(\text{hod})}$  představují hodinovou dobu využití maxima. Jejich součet za celý rok je tedy doba využití maxima –  $K_{(\text{rok})}$ . Očekávanou spotřebu elektrické práce v čase  $t$  vypočítám pomocí vztahu:

$$W_{(t)} = \frac{K_{(t)}}{K_{(\text{rok})}} * W_{(\text{rok})} \quad [\text{g}]$$

Výpočet budu vztahovat na období provádění měření, tzn. na období 5. 4. – 25. 4. 2011, což je 20 dní, nebo 480 hodin (výhodnější s ohledem na jednotky elektrické práce).

Odečtením z tabulky normalizované TDD dostávám:

$\sum K_{(8760)}$  pro TDD4 ..... 3819,61813

$\sum K_{(5.4.-25.4.2011)}$  pro TDD4 ..... 211,53233

Po dosazení do vztahu [g] dostávám spotřebovanou el. energii ve zvoleném období:

$$W_{(5.4.-25.4.2011)} = \left( \frac{211,53233}{3819,61813} \right) * 2033 = 112,5885395 \text{ kWh}$$

Po dosazení do vztahu [f] dostávám velikost průměrného stálého činného příkonu ve zvoleném období:

$$P = \left( \frac{112,5885395}{480} \right) * 1000 = 234,5594573 \text{ W}$$

Nyní již mohu vypočítat proud zátěží, který poté dosadím do SW E - vlivy. Proud vypočítám po dosazení do vztahu [c]:

$$I_f = \frac{234,5594573}{\sqrt{3} * 400 * \cos 0,95} = 0,3386039575 \text{ A}$$

V případě výpočtu u jednofázového odběru použiji vztah [b] a [d]. Celkový přehled výpočtu proudu u jednotlivých odběrných míst uvádím v *Tab. 1*. Údaje ve sloupcích žlutě označených jsou dány, nebo zvoleny. V ostatních sloupcích jsou údaje odečtené, nebo vypočtené. Do *Přílohy C* přikládám tabulku normalizované TDD, kde jsou uvedeny hodnoty koeficientů použitých při výpočtu.

OM	Hlavní jistič (A)	Počet fází	Roční spotřeba (kWh)	Napětí (V)	Cos φ	Sazba	TDD	$K_{(rok)}$	$K_{(t)}$	$W_{(t)}$ (kWh)	$P_{(st)}$ (W)	I (A)
86	25	3	4618	400	0,95	D25	5	3593,10847	203,37302	261,38276	544,54742	0,827354
36	25	3	1467	400	0,95	D02	4	3819,61813	211,53233	81,24318	169,25663	0,257159
35	25	3	3306	400	0,95	D25	5	3593,10847	203,37302	187,12243	389,83841	0,592298
34	25	3	3	400	0,95	D02	4	3819,61813	211,53233	0,16614	0,34613	0,000526
32	32	3	12960	400	0,95	D55	7	3512,80924	174,22891	642,79228	1339,15059	2,034629
690	25	3	2890	400	0,95	D02	4	3819,61813	211,53233	160,04962	333,43671	0,506605
235	25	3	2500	400	0,95	D02	4	3819,61813	211,53233	138,45123	288,44006	0,438239
30	25	3	4742	400	0,95	D02	4	3819,61813	211,53233	262,61429	547,11311	0,831252
33A	25	3	2795	400	0,95	D25	5	3593,10847	203,37302	158,19940	329,58208	0,500748
33B	16	3	341	400	0,95	D02	4	3819,61813	211,53233	18,88475	39,34322	0,059776
64	25	3	1897	400	0,95	D02	4	3819,61813	211,53233	105,05679	218,86832	0,332536
26	25	3	2033	400	0,95	D02	4	3819,61813	211,53233	112,58854	234,55946	0,356376
22	25	3	4671	400	0,95	D25	5	3593,10847	203,37302	264,38260	550,79709	0,83685
24	25	3	1988	400	0,95	D25	5	3593,10847	203,37302	112,52250	234,42188	0,356167
29	25	3	4251	400	0,95	D25	5	3593,10847	203,37302	240,61024	501,27134	0,761603
23	25	3	7597	400	0,95	D25	5	3593,10847	203,37302	429,99671	895,82649	1,361068
21	25	3	5522	400	0,95	D25	5	3593,10847	203,37302	312,54993	651,14570	0,989314
25	25	3	6604	400	0,95	D26	5	3593,10847	203,37302	373,79206	778,73346	1,183163
37	25	3	57	400	0,95	D01	4	3819,61813	211,53233	3,15669	6,57643	0,009992
89	25	3	4703	400	0,95	D26	5	3593,10847	203,37302	266,19383	554,57048	0,842583
3A	25	3	1909	400	0,95	D25	5	3593,10847	203,37302	108,05104	225,10633	0,342014
3B	25	3	453	400	0,95	D01	4	3819,61813	211,53233	25,08736	52,26534	0,079409
88	32	3	21869	400	0,95	D55	7	3512,80924	174,22891	1084,66238	2259,71329	3,433279
28	25	3	2090	400	0,95	D25	5	3593,10847	203,37302	118,29579	246,44957	0,374441

*Tab. 1: Přehled výpočtů hodnot proudu u jednotlivých odběrných míst*

### 3.2.3 Zhodnocení technického řešení připojení FVE

V této části popíši výsledky výpočtu ve výpočetním programu E - vlivy. Nejdříve posoudím stávající stav a poté navrhnu stav nový. Parametry po úpravách stávajícího připojení FVE 70 kW již budou v přípustných mezích dané PPDS.

### 3.2.3.1 Stávající stav

Stávající stav je nevyhovující. Jak je vidět v Tab. 2, připojená FVE způsobuje svoji výrobou, že v uzlech U7 – U22 přesahuje toleranci napětí  $\pm 10\%$  od hodnoty jmenovité dle ČSN EN 50160. Zároveň není dodržena hodnota pro dovolenou maximální změnu napětí před a po připojení výrobní dle PPDS. V uzlech U4 – U22 dochází k překročení limitu pro síť NN  $\Delta U \leq 3\%$ . Zakreslený model stávající sítě NN ve výpočetním programu s vyznačením jednotlivých uzlů je k dispozici jako Příloha D.

Napětí v uzlech2001						
Uzel	U [kV]	Úhel [°]	dUn [%]	Zk [Ohm]	Úhel [°]	Sk [MVA]
U1	23,397	0,006	-6,351	1,978	78,697	269,103
U2	0,423	-29,691	-5,866	0,027	72,787	6,546
U3	0,429	-29,402	-7,229	0,053	42,179	3,345
U4	0,436	-29,061	-8,907	0,090	31,509	1,953
U5	0,439	-28,899	-9,729	0,109	29,012	1,616
U6	0,439	-28,897	-9,719	0,143	22,386	1,233
U7	0,445	-28,622	<b>-11,169</b>	0,142	26,257	1,240
U8	0,449	-28,401	<b>-12,350</b>	0,169	24,805	1,041
U9	0,455	-28,163	<b>-13,768</b>	0,199	23,656	0,883
U10	0,455	-28,160	<b>-13,751</b>	0,277	17,621	0,636
U11	0,460	-27,961	<b>-15,031</b>	0,226	22,910	0,780
U12	0,464	-27,886	<b>-15,993</b>	0,244	21,813	0,720
U13	0,460	-27,956	<b>-15,004</b>	0,294	18,076	0,599
U14	0,449	-28,401	<b>-12,349</b>	0,180	23,411	0,978
U15	0,449	-28,400	<b>-12,318</b>	0,179	24,379	0,983
U16	0,449	-28,400	<b>-12,294</b>	0,218	23,093	0,806
U17	0,449	-28,400	<b>-12,291</b>	0,227	22,885	0,777
U18	0,449	-28,392	<b>-12,249</b>	0,208	21,626	0,847
U19	0,449	-28,391	<b>-12,220</b>	0,221	21,366	0,796
U20	0,449	-28,391	<b>-12,188</b>	0,239	21,054	0,736
U21	0,449	-28,390	<b>-12,179</b>	0,256	19,824	0,688
U22	0,449	-28,390	<b>-12,169</b>	0,270	20,627	0,653
U23	0,423	-29,691	-5,865	0,034	50,755	5,178
U24	0,423	-29,687	-5,844	0,079	21,319	2,223
U25	0,424	-29,656	-6,007	0,053	42,179	3,345
U26	0,424	-29,649	-6,106	0,069	31,782	2,564
U27	0,424	-29,655	-5,998	0,081	27,058	2,180

dU před a po připojení AKP			
Uzel	dU před [%]	dU po [%]	rozdíl
U1	-6,344	-6,352	-0,008
U2	-5,37	-5,883	-0,513
U3	-5,204	-6,903	-1,699
U4	-5,014	-8,161	<b>-3,147</b>
U5	-4,924	-8,777	<b>-3,852</b>
U6	-4,915	-8,768	<b>-3,853</b>
U7	-4,776	-9,855	<b>-5,079</b>
U8	-4,656	-10,74	<b>-6,084</b>
U9	-4,609	-11,807	<b>-7,197</b>
U10	-4,593	-11,792	<b>-7,199</b>
U11	-4,596	-12,758	<b>-8,161</b>
U12	-4,593	-13,482	<b>-8,889</b>
U13	-4,574	-12,736	<b>-8,163</b>
U14	-4,656	-10,74	<b>-6,084</b>
U15	-4,63	-10,715	<b>-6,086</b>
U16	-4,61	-10,697	<b>-6,087</b>
U17	-4,607	-10,694	<b>-6,087</b>
U18	-4,571	-10,66	<b>-6,088</b>
U19	-4,547	-10,637	<b>-6,09</b>
U20	-4,52	-10,611	<b>-6,091</b>
U21	-4,513	-10,605	<b>-6,091</b>
U22	-4,505	-10,597	<b>-6,092</b>
U23	-5,369	-5,883	-0,513
U24	-5,349	-5,862	-0,513
U25	-5,311	-6,007	-0,696
U26	-5,285	-6,096	-0,811
U27	-5,303	-5,999	-0,696

Tab. 2: Výsledky výpočtu zaměřeného na parametry sítě NN dle PPDS a ČSN EN 50160, stávající stav

### 3.2.3.2 Návrh nového stavu

Nový stav zapojení zmíněné FVE jsem navrhnul ve spolupráci s výpočetním programem E - vlivy. S ohledem na výsledky sledovaných parametrů jsem musel zahrnout řešení situace prostou výměnou stávajícího vedení AlFe6 35 mm<sup>2</sup> za největší standardně používaný průřez, izolovaný vodič AES 4 x 120 mm<sup>2</sup>. Parametry byly vyhovující až při provedení samostatným vývodem NN pro výrobnu a to až při použití již zmiňovaných izolovaných vodičů AES o průřezu 4 x 120 mm<sup>2</sup>. Vývod je možné provést bez nutných úprav v DTS. V rozvaděči NN je k dispozici rezervní vývodový jistič. Bude však nutno provést posouzení tahových poměrů stávajících opěrných bodů, na které bude nový vývod přivěšen. V Tab. 3 je patrné, že hlídané parametry napětí již nepřekračují stanovenou mez. Zakreslený model nového zapojení sítě NN je k dispozici v Příloze E.

Napětí v uzlech2001							dU před a po připojení .JKP			
Uzel	U [kV]	Úhel [°]	dUn [%]	Zk [Ohm]	Úhel [°]	Sk [MVA]	Uzel	dU před [%]	dU po [%]	rozdíl
U1	23,397	0,005	-6,351	1,978	78,697	269,103	U1	-6,344	-6,352	-0,008
U2	0,424	-29,736	-5,877	0,027	72,787	6,546	U2	-5,378	-5,914	-0,536
U3	0,423	-29,734	-5,699	0,053	42,179	3,345	U3	-5,217	-5,754	-0,537
U4	0,422	-29,731	-5,495	0,090	31,509	1,953	U4	-5,035	-5,572	-0,537
U5	0,422	-29,730	-5,399	0,109	29,012	1,616	U5	-4,948	-5,485	-0,537
U6	0,422	-29,729	-5,390	0,143	22,386	1,233	U6	-4,94	-5,477	-0,537
U7	0,421	-29,728	-5,241	0,142	26,257	1,240	U7	-4,806	-5,343	-0,537
U8	0,420	-29,726	-5,114	0,169	24,805	1,041	U8	-4,691	-5,228	-0,537
U9	0,420	-29,725	-5,070	0,199	23,656	0,883	U9	-4,65	-5,187	-0,538
U10	0,420	-29,723	-5,053	0,277	17,621	0,636	U10	-4,634	-5,171	-0,537
U11	0,420	-29,725	-5,060	0,226	22,910	0,780	U11	-4,641	-5,179	-0,538
U12	0,434	-29,380	-8,382	0,073	32,913	2,419	U12	-5,369	-8,055	-2,687
U13	0,420	-29,720	-5,036	0,294	18,076	0,599	U13	-4,618	-5,156	-0,538
U14	0,420	-29,726	-5,113	0,180	23,411	0,978	U14	-4,691	-5,228	-0,537
U15	0,420	-29,725	-5,084	0,179	24,379	0,983	U15	-4,665	-5,202	-0,537
U16	0,420	-29,724	-5,062	0,218	23,093	0,806	U16	-4,645	-5,183	-0,537
U17	0,420	-29,724	-5,059	0,227	22,895	0,777	U17	-4,643	-5,18	-0,537
U18	0,420	-29,716	-5,019	0,208	21,626	0,847	U18	-4,607	-5,144	-0,537
U19	0,420	-29,716	-4,993	0,221	21,366	0,796	U19	-4,583	-5,12	-0,537
U20	0,420	-29,716	-4,962	0,239	21,054	0,736	U20	-4,555	-5,093	-0,537
U21	0,420	-29,715	-4,954	0,256	19,824	0,688	U21	-4,548	-5,086	-0,537
U22	0,420	-29,715	-4,945	0,270	20,627	0,653	U22	-4,54	-5,078	-0,538
U23	0,424	-29,736	-5,876	0,034	50,755	5,178	U23	-5,377	-5,914	-0,536
U24	0,423	-29,732	-5,855	0,079	21,319	2,223	U24	-5,357	-5,893	-0,536
U25	0,424	-29,702	-6,017	0,053	42,179	3,345	U25	-5,32	-6,038	-0,719
U26	0,424	-29,695	-6,117	0,069	31,782	2,564	U26	-5,294	-6,126	-0,833
U27	0,424	-29,701	-6,008	0,081	27,058	2,180	U27	-5,312	-6,03	-0,719

Tab. 3: Výsledky výpočtu zaměřeného na parametry sítě NN dle PPDS a ČSN EN 50160, nový stav

## 4 Porovnání simulace a výsledků měření

Měření bylo provedeno v DTS a v předávacím místě připojení FVE. Musím tedy provést porovnání parametrů jen v těchto dvou bodech. V *Tab. 4* je vidět, nakolik se parametry odlišují. Pro zjištění minimálního napětí dle výpočtu jsem v napájecím uzlu zadal minimální naměřenou hodnotu napětí na rozvodně 110/22 kV Přeštice a to 22,93 kV (předtím nastaveno maximum 23,4 kV) a pasivoval jsem všechny výrobní v obci.

DTS (uzel U2)	Hodnota z měření	Hodnota z výpočtu	Rozdíl [%]
$I_{\max}$ [A]	112,5*	104,05	-8*
$U_{\max}$ [V]	428,9	423	-1,4
$U_{\min}$ [V]	407,8	413	+1,3
FVE (uzel U12)			
$U_{\max}$ [V]	452,9	464	+2,5
$U_{\min}$ [V]	398,5	409	+2,6

*Tab. 4: Porovnání simulace v SW E-vlivy s výsledky provedeného měření*

\* jedná se o ¼ hodinové maximum v 1 fázi. Při přepočtu na průměr 3 fází vychází hodnota 105,2 A.

Při měření byly zjištěny hodnoty napětí fázové. Výpočetní program ve svých výsledcích používá napětí sdružené. Pro možnost vzájemného posouzení hodnot jsem tedy použil hodnotu maximálního napětí ve fázi a poté jsem provedl přepočet na napětí sdružené podle vztahu:

$$U_s = \sqrt{3} \times U_f$$

Výpočetní program E - vlivy pracuje se statickými hodnotami. Jedná se o výsledky, ke kterým v praxi dojde při bezvadném stavu vedení NN. Ve výsledcích provedeného měření však máme zahrnuto i nedokonalé zapojení svorkových spojů, jejichž odpor se mění v závislosti na klimatických podmínkách a velikosti procházejícího proudu. Proto zřejmě podle výsledků v *Tab. 4* dochází ke dvojnásobné hodnotě procentuálního rozdílu v místě připojení FVE (v uzlu U12) oproti hodnotám v DTS (v uzlu U2).

Výsledky porovnání výsledků z měření a výpočtu potvrzují, že je možné v praxi použít postup při zadávání zatížení v jednotlivých odběrných místech do výpočetního programu E - vlivy uvedený v bodě 3.2.2 této práce.

## 5 Závěr

Legislativa, týkající se byť jen okrajově připojování zdrojů je značně rozsáhlá. V úvodu jsem uvedl legislativu EU. Kromě vysvětlení významu jednotlivých právních aktů jsem zde chronologicky utvořil seznam nejdůležitějších směrnic Evropského parlamentu a Rady, jejichž účelem je harmonizace národních právních řádů.

Podmínka daného podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě uvedené v NAP, která vychází ze směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009, je „přísnější“, než podmínka uvedená ve směrnici samotné. Při naplňování této podmínky je na techniky, zajišťující bezpečný a spolehlivý provoz přenosové, nebo distribuční soustavy, kladen velký tlak ze strany investorů na rychlost a provedení připojení především FVE. Je to samozřejmě dáno vyšší výkupní ceny v daném roce. V současné době bylo přivítáno těmito pracovníky výkonové omezení výkupu u tohoto druhu výroben. Dle zákona č. 180/2005 Sb. ze dne 31. března 2005 o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) v platném znění jsou totiž od 1. ledna 2011 podporovány jen FVE s výkonem do 30 kWp.

Vyhláška č. 51/2006 Sb. ze dne 17. února 2006 o podmínkách připojení k elektrizační soustavě, ve znění vyhlášky 81/2010 Sb. zavedla povinnost pro distributora po obdržení požadavku výrobce na připojení odeslat smlouvu o dodávce, jejíž přílohou jsou technické podmínky připojení. Ve smlouvě je již uveden termín připojení, který je závazný jak pro výrobce, tak pro distributora. Praxe ukazuje, že tento postup není nejvhodnější. V mnoha případech při podání žádosti o připojení výrobny nemá výrobce zcela jasno o skutečných technických parametrech použité výrobny. Následné změny vyvolávají potřebu zpracovávání dodatků k uzavřené smlouvě a v extrémním případě může dojít i k rozvázání smluvního vztahu. Řešením by v tomto případě bylo vrátit se k původnímu postupu, uzavírat smluvní vztah až po obdržení technických podmínek připojení a následném provedení řádného prověření technických parametrů nové výrobny.

V roce 2011 jsem zadal provedení měření v obci Horušany z důvodu velkého zastoupení FVE v síti NN. Počasí se v průběhu měření vydařilo a tak mi výsledky měření umožnily porovnat parametry sítě NN v období maximálního, minimálního a nulového výkonu výrobny. Zároveň jsem získal přehled o výkonovém toku na hlavním jističi v DTS. V současné době probíhá nové měření v DTS a u výrobny FVE s instalovaným výkonem

70 kW. Ve výsledcích měření se prokáže, zda - li myšlenka řízení zátěže v síti NN v rámci projektu BIOZE je schopna přinést praktické výsledky. Jedná se o zajímavou myšlenku, a tak budu rád, pokud budu mít příležitost být informován o výsledcích, případně být i částečně zapojen do projektu i v budoucím období.

Při provádění výpočtu parametrů v síti NN v programu E - vlivy je nutné brát zřetel na skutečnost, že se jedná o SW, který je značně závislý na kvalitě vstupních dat. Technik, zodpovědný za správné určení technických podmínek připojení výroby k DS, musí mít dostatek času na provedení nakreslení modelu stávající sítě a samozřejmě dostatek podkladů pro zadání vstupních parametrů. Jen tak je možné dobrat se výsledků, které se blíží skutečnosti. Pokusil jsem se dobrat k možnosti zadání velikosti odběru v jednotlivých odběrných místech pomocí sazby, hodnoty jističe, spotřebované elektrické energie za rok a doby využití maxima a výsledek jsem porovnal s výslednými daty z provedeného měření. V případě, že není možné provést měření z důvodu obsazení všech měřících souprav, pak je možné použít tento postup pro zadání do modelu sítě NN v SW E - vlivy. V případě, že výsledek parametrů dle ČSN EN 50160 vychází na hranici tolerance, pak však doporučuji zadat hodnoty podle výsledků měření. Výpočet nikdy zcela nenahradí provedené měření, které i nadále zůstane jako důležitý podklad pro určení místa připojení výroby v síti NN.

Množství sluneční energie, dopadající za jednotku času na jednotkovou plochu ve vzdálenosti Země od Slunce, mimo zemskou atmosféru, nám udává takzvaná sluneční konstanta a činí  $1\,358\text{ W/m}^2$ . Na povrchu Země je vzhledem k částečnému odrazu fotonů od atmosféry tato konstanta nižší. Její hodnota je  $1\,000\text{ W/m}^2$ . Tuto hodnotu lze však i zvýšit. Vyšší měrné výkony lze docílit koncentrací například pomocí parabolického zrcadla. Tento výkon je nám nabízen zdarma. Co nejefektivnější využití této energie by tedy měla být výzva pro techniky a vědecké pracovníky. Účinnost FV panelů vzrostla od roku 1981 z hodnoty 5% na hodnotu až 17% (křemík ve formě monokrystalu). V laboratořích byly již vyvinuty články s účinností až 28%, tedy bezmála dvojnásobek většiny stávajících již osazených FV panelů. Zatím není zcela dořešen způsob akumulace vyrobené elektrické energie. Vývoj v této oblasti je s ohledem na pokrok u ostatních technologických prvků minimální. Vždyť již v roce 1981, tedy před 31 lety, byla publikována skutečnost, že je k dispozici na floridské univerzitě v USA malý osobní vůz Corwair, poháněný elektromotorem a čtyřmi 12 V olověnými akumulátory s kapacitou 180 Ah a hmotností 60 kg. Tento vůz určený do městského provozu měl již tehdy možnost vyvinout maximální rychlost 97 km/h a teoretický dojezd byl uváděn až 160 km. [2] Již tehdy byla plánována výstavba sítě nabíjecích stanic a celému projektu byla dávana velká budoucnost...

## Použitá literatura

### I. Knihy

- [1] I. BOUŠKOVÁ, J. FIŘT, L. HAVEL, P. HOLOUBEK, T. KLÍMA, J. NEUŽIL, F. PLECHÁČ, J. POKORNÝ, R. POTUŽÁK, P. PROUZA, J. ZAPLATÍLEK:  
*Energetická legislativa v kostce 3*, Done, s.r.o. 2009
- [2] J.KLECZEK: *Sluneční energie – úvod do helioenergetiky*, SNTL 1981

### II. Zákony a vyhlášky ČR

- [3] Zákon č. 402/2010 Sb. Sbírka zákonů, 2010, 144, s. 5362-5365

### III. Technické normy

- [4] ČSN EN 50160 (33 0122): Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě

### VI. Internetové adresy

- [5] <http://www.businessinfo.cz/cz/clanek/pravo-eu/pravo-evropskych-spolecenstvi/1000459/10964/>
- [6] <http://www.mojeenergie.cz/cz/energeticka-legislativa-eu>
- [7] <http://www.mpo.cz/dokument85156.html>
- [8] <http://www.mpo.cz/dokument92086.html>
- [9] <http://www.cezdistribuce.cz/cs/energeticka-legislativa/pravidla-provozovani-ds/ppds2011.html>
- [10] <http://www.cezdistribuce.cz/cs/eradce/uvedeni-obnovitelneho-zdroje-energie-do-provozu-a-priznani-naroku-na-podporu.html>
- [11] [http://www.egc-cb.cz/software\\_cz.php](http://www.egc-cb.cz/software_cz.php)
- [12] <http://www.ote-cr.cz/statistika/typove-diagramy-dodavek-elekriny/normalizovane-tdd>

### VII. Ostatní

- [13] Dopad OZE na provoz distribučních NN sítí, Sborník příspěvků z 15. Konference ČK CIRED, Tábor, 2011. Dostupné z WWW: <http://www.ckcired.cz/>

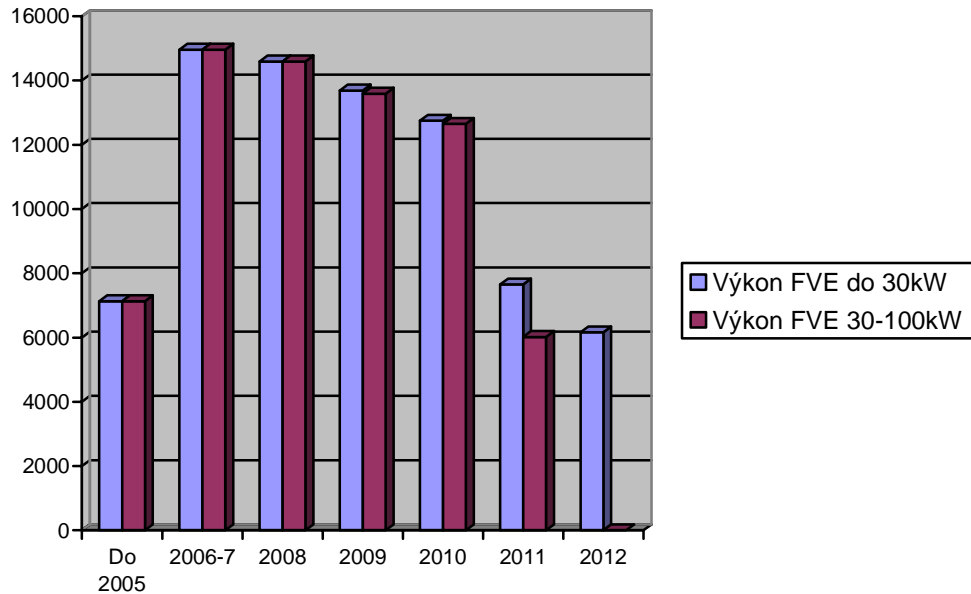


## Přílohy

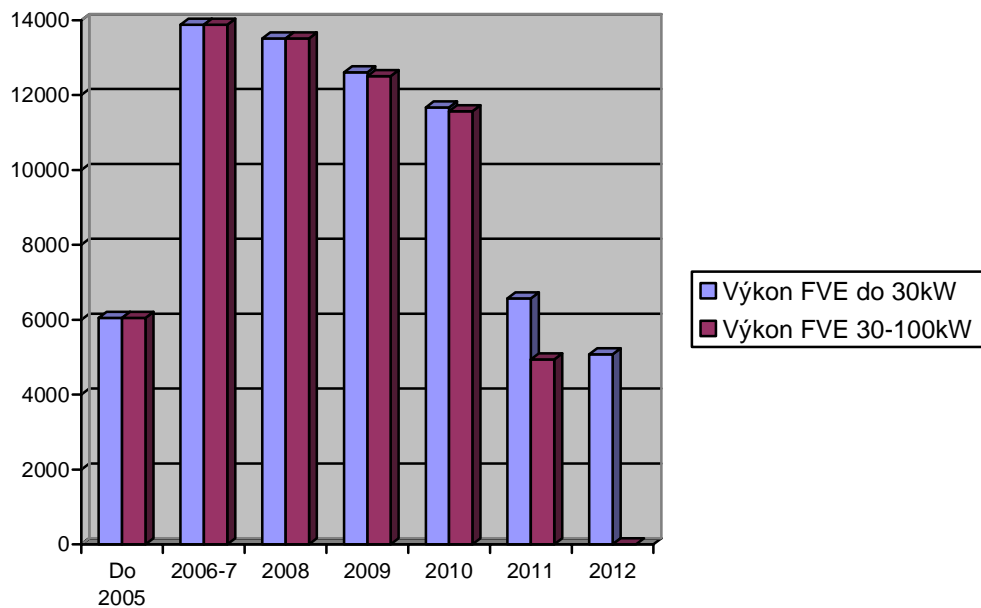
### Příloha A

#### Výkupní ceny a zelené bonusy pro výrobu elektřiny využitím slunečního záření

Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh v závislosti na datu uvedení OZE do provozu:

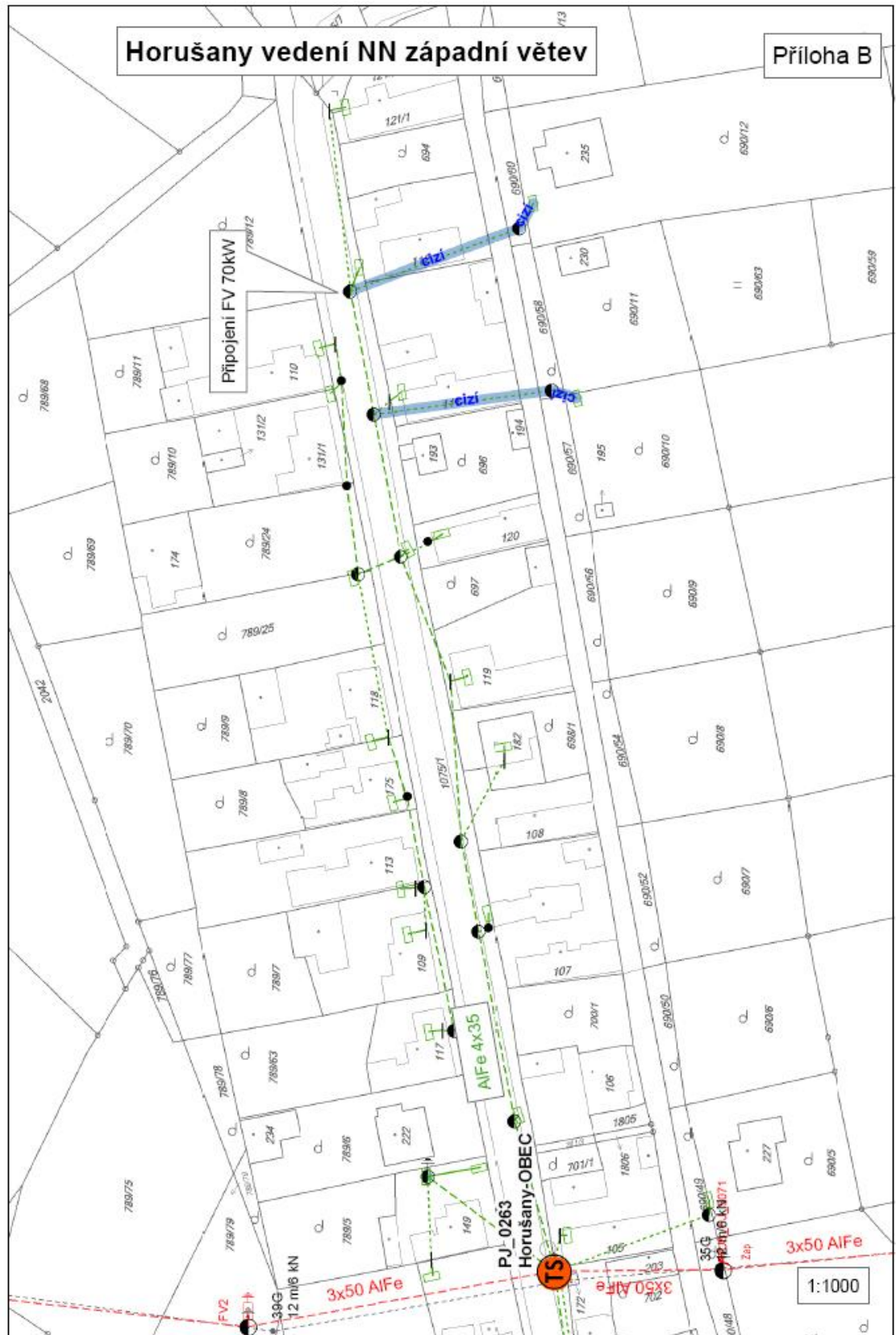


Zelené bonusy v Kč/MWh v závislosti na datu uvedení OZE do provozu



**Zdroj:** [http://www.eru.cz/user\\_data/files/cenova%20rozhodnuti/CR%20elektro/2011/ER%20CR%207\\_2011OZEKVETDZ.pdf](http://www.eru.cz/user_data/files/cenova%20rozhodnuti/CR%20elektro/2011/ER%20CR%207_2011OZEKVETDZ.pdf)

Příloha B



## Příloha C

## Normalizované TDD pro rok 2011

Den	Hodina	Poř. č. hod. v roce	TDD4 ČR	TDD5 Západní Čechy	TDD7 ČR
01.01.2011	1	1	0,46018	0,52962	0,60477
01.01.2011	2	2	0,40070	0,52848	0,58354
01.01.2011	3	3	0,33572	0,61870	0,62709
01.01.2011	4	4	0,29339	0,52560	0,55050
01.01.2011	5	5	0,26937	0,62335	0,60332
01.01.2011	6	6	0,25997	0,56990	0,61112
01.01.2011	7	7	0,28257	0,45837	0,66931
01.01.2011	8	8	0,30471	0,32458	0,70170
01.01.2011	9	9	0,41240	0,30726	0,70868
01.01.2011	10	10	0,55318	0,38193	0,67531
01.01.2011	11	11	0,69065	0,40908	0,81269
01.01.2011	12	12	0,72508	0,43500	0,79362
01.01.2011	13	13	0,59935	0,44513	0,80303
01.01.2011	14	14	0,55626	0,46198	0,87657
01.01.2011	15	15	0,55956	0,46498	0,86838
01.01.2011	16	16	0,57181	0,71405	0,82154
01.01.2011	17	17	0,62717	0,85731	0,74695
01.01.2011	18	18	0,70548	0,75298	0,79270
01.01.2011	19	19	0,72768	0,51421	0,88076
01.01.2011	20	20	0,68916	0,42780	0,84826
01.01.2011	21	21	0,64194	0,55057	0,73349
01.01.2011	22	22	0,56467	0,56258	0,69053
01.01.2011	23	23	0,47543	0,64290	0,59899
01.01.2011	24	24	0,37983	0,52649	0,60488
.					
.					
.					
31.12.2011	24	8 760	0,49506	0,88797	0,64217

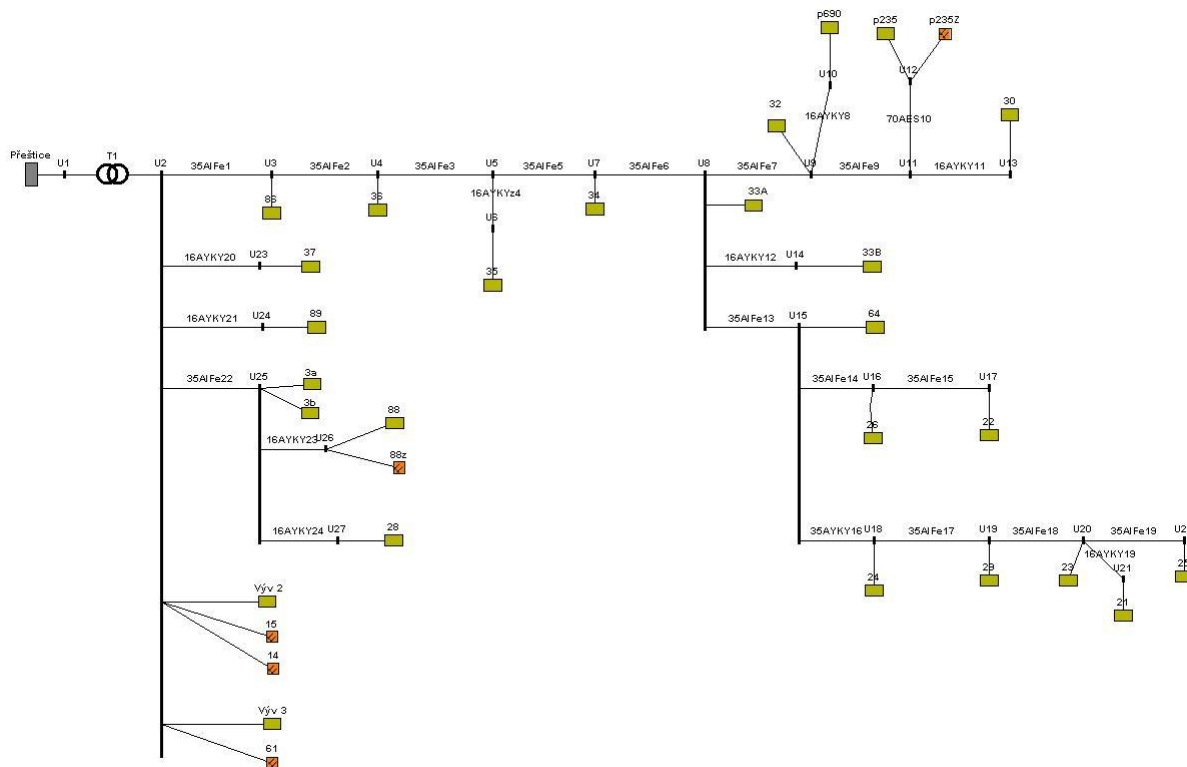
Kompletní tabulka „Normalizované TDD pro rok 2011 v elektronické podobě:



Normalizovane\_TDD\_  
2011.xls

**Příloha D**

**Model stávajícího zapojení sítě NN v obci Horušany**



**Příloha E**

**Model zapojení sítě NN v obci Horušany po provedení navržených úprav**

