

Univerzita Pardubice

Fakulta chemicko-technologická

Využití fotovoltaických článků a jejich vliv na životní prostředí

Michaela Merunková

Bakalářská práce

2014

University of Pardubice  
Faculty of Chemical Technology

The use of photovoltaic cells and their impact on the environment

Michaela Merunková

Bachelor thesis

2014

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Michaela Merunková  
Osobní číslo: C11480  
Studijní program: B1605 Ekologie a ochrana životního prostředí  
Studijní obor: Management ochrany životního prostředí  
Název tématu: Využití fotovoltaických článků a jejich vliv na životní prostředí  
Zadávací katedra: Ústav environmentálního a chemického inženýrství

### Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši (od roku 2009 včetně) na popis fotovoltaických článků a na jejich základní principy. Pozornost věnujte především faktorům, které ovlivňují jejich využití.
2. Získané poznatky vyhodnoťte s ohledem na pozitivní a negativní vlivy fotovoltaických článků na životní prostředí se zvláštním zaměřením na sociální skupinu na Kutnohorsku.
3. Bakalářskou práci zpracujte v souladu se Směrnicí UPa č. 9/2012 "Pravidla pro zveřejňování závěrečných prací a jejich základní jednotnou formální úpravu".

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Petr Mikulášek, CSc.**  
Ústav environmentálního a chemického inženýrství

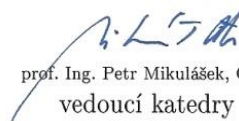
Datum zadání bakalářské práce: **20. ledna 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **18. července 2014**



prof. Ing. Petr Lošťák, DrSc.  
děkan

L.S.



prof. Ing. Petr Mikulášek, CSc.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. ledna 2014

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 14. 6. 2014

Michaela Merunková

## **Poděkování**

Zde bych ráda poděkovala vedoucímu práce prof. Ing. Petru Mikuláškov, CSc. za ochotu, vstřícnost, poskytnutí cenných rad, připomínek a pozitivní přístup při vedení této práce.

Tímto bych chtěla také poděkovat všem respondentům za ochotu a vyplnění dotazníků k výzkumné části práce.

## **ANOTACE**

Bakalářská práce je zaměřena na fotovoltaické články. Cílem práce je sledovat a popsat jejich možné využití nejen v celosvětovém měřítku, ale také na území České republiky, a na základě těchto dat zhodnotit jejich vlivy na životní prostředí a sociální skupinu lidí v určené oblasti. Teoretická část se zabývá popisem fotovoltaických článků, klasifikací, principem činnosti, využitím a vlivy na životní prostředí. Praktická část práce popisuje výzkum metodou dotazníkového šetření u obyvatel města Čáslav a přilehlých obcí na Kutnohorsku. Dotazník byl vytvořen na základě vlastních znalostí a výsledky byly následně zpracovány do grafů a slovně popsány.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Fotovoltaický článek; Sluneční záření; Vlivy; Využití; Životní prostředí

## **TITLE**

The use of photovoltaic cells and their impact on the environment

## **ANNOTATION**

The Bachelor's thesis is focused on photovoltaic cells. The aim of the thesis is to observe and describe their potential applications not only worldwide, but also in the Czech Republic, and on the basis of these data to evaluate their effects on the environment and social group of people in a specified area. The theoretical part deals with the description of photovoltaic cells, classification, principles of operation, use and impact on the environment. The practical part of thesis describes the research method of questionnaire survey among the inhabitants of the town and surrounding villages Čáslav to Kutná Hora. The questionnaire was created on the basis own knowledge and the results were then processed into graphs and verbally described.

## **KEY WORDS**

Photovoltaic cell; Solar radiation; Effects; Using; Environment

## Obsah

Úvod.....	13
1 Sluneční energie.....	14
2 Fotovoltaický článek.....	14
2.1 Historie.....	15
2.2 Klasifikace fotovoltaických článků.....	16
2.2.1 Tenkovrstvé články .....	17
2.2.2 Články MIS .....	17
2.2.3 Články z PN látek.....	17
2.2.4 Články z monokrystalického křemíku.....	18
2.2.5 Články z polykrystalického a amorfního křemíku .....	18
3 Fotovoltaické systémy .....	19
3.1 Ostrovní systémy „Grid-Off“ .....	19
3.2 Systémy „Grid-On“ .....	21
4 Vývoj fotovoltaických článků ve světě.....	22
4.1 Solární termické systémy ve světě .....	23
4.2 Využití fotovoltaických článků ve světě .....	24
4.2.1 Koncentrátorové elektrárny .....	24
4.2.2 Fotovoltaické články v architektuře .....	25
4.2.3 Fotovoltaické články v dopravě.....	26
4.2.4 Další možnosti využití fotovoltaických článků .....	28
5 Vývoj fotovoltaických článků v ČR .....	29
5.1 Využití fotovoltaických článků na území ČR .....	30
5.2 Napájení svítidel veřejného osvětlení .....	30
5.3 Využití fotovoltaických článků v dopravě .....	31
5.4 Fotovoltaické elektrárny.....	31
5.5 Diagnostika modulů .....	32



6 Životní prostředí a fotovoltaická elektrárna.....	33
6.1 Vlivy fotovoltaických článků na životní prostředí.....	33
6.1.1 Emise do ovzduší.....	34
6.1.2 Záběr půdy.....	34
6.1.3 Možné odpady z provozu a jejich recyklace .....	35
7 Výzkumná část.....	37
7.1 Cíl výzkumu .....	37
7.2 Hypotézy .....	37
7.3 Metodika .....	38
7.4 Charakteristika souboru respondentů .....	39
7.5 Interpretace výsledků .....	41
Závěr .....	51
Použitá literatura .....	52
Seznam příloh .....	56

## Seznam obrázků

Obr. 1 Fotovoltaický článek [4].....	15
Obr. 2 Klasifikace fotovoltaických článků [3].....	16
Obr. 3 Parkovací automat na solární energii [9].....	20
Obr. 4 Autonomní systém [3] .....	20
Obr. 5 Hybridní systém [3] .....	21
Obr. 6 Systém přímo spojený se sítí [3].....	21
Obr. 7 Rozvoj fotovoltaických článků ve světě v období 2003-2012 [10].....	23
Obr. 8 Koncentrátorová elektrárna [11].....	24
Obr. 9 Fotovoltaika a architektura [12] .....	25
Obr. 10 Tramvaj na solární pohon [13] .....	26
Obr. 11 Počet FVE v ČR [24].....	32
Obr. 12 Oblast výzkumu .....	39
Obr. 13 Věkové kategorie .....	40
Obr. 14 Výskyt solárních elektráren v okolí města Čáslav.....	41
Obr. 15 Pozitivní vliv FVE na ŽP.....	42
Obr. 16 Proč nemá FVE pozitivní vliv na ŽP .....	43
Obr. 17 Důvody pro nezájem o FVE .....	43
Obr. 18 Proč má FVE negativní vliv .....	44
Obr. 19 Negativní vliv FVE.....	45
Obr. 20 Výstavba FVE a její možný negativní vliv .....	45
Obr. 21 Nahrazení FVE za stávající způsoby získávání energie .....	46
Obr. 22 Důvody pro nenahrazení.....	47
Obr. 23 Solární energetika jako vhodný prostředek pro výrobu energie.....	47
Obr. 24 Důvody pro nevhodný prostředek výroby energie .....	48
Obr. 25 Jiný vliv na sociální skupinu .....	48
Obr. 26 Jiné vlivy na sociální skupinu.....	49
Obr. 27 Postoj k ochraně ŽP .....	49

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 Oblasti výzkumu.....	39
Tabulka 2 Pohlaví respondentů.....	39
Tabulka 3 Věkové kategorie .....	40
Tabulka 4 Pozitivní vlivy.....	42
Tabulka 5 Zájem o FVE.....	43
Tabulka 6 Negativní vliv v rámci estetiky a záboru půdy .....	44
Tabulka 7 Negativní vliv FVE na floru a faunu .....	45

## **Seznam zkratek**

3PV - printed paper photo voltaics (tisk fotovoltaického článku na papír)

ČR - Česká republika

EU - Evropská unie

EVA - ethylen-vinyl-acetát

FVE - fotovoltaická elektrárna

ISET - Institute for Solar Energy (Institut pro solární energii)

JE Dukovany - jaderná elektrárna Dukovany

LCA - Life Cycle Analysis (životní cyklus výrobku)

MIS - metal-insulator-semiconductor (kov-izolátor-polovodič)

MIT - Massachusetts Institute of Technology (Massachusettský technologický institut)

MPP - Maximum Power Point (bod maximálního výkonu)

OZE - obnovitelný zdroj energie

TCO - Transparent Conductive Oxide (vodivá transparentní vrstva)

USA - United States of America (Spojené státy americké)

VŠB-TU - Vysoká škola báňská – Technická univerzita

ZPF - zemědělský půdní fond

ŽP - životní prostředí

## Úvod

V současnosti je věnována pozornost obnovitelným zdrojům energie, které představují nezávislost a šetrnost v oblasti vlivů na životní prostředí. Důvodem stále se rozvíjející myšlenky trvale udržitelného rozvoje je představa o nahrazení vyčerpatelných zdrojů energie za zdroje „nevyčerpatelné“. V popředí zájmů a vývoje stojí i fotovoltaika, která umožňuje přímou přeměnu slunečního záření na elektrický proud prostřednictvím fotovoltaických článků. Využití energie z fotovoltaických článků se v posledních letech prosazuje ve světě stále rychleji a důrazněji. Fotovoltaické články tak začínají pronikat do každodenního života lidí ve vyspělých zemích. Z počátku vývoje se jednalo o malé aplikace v kalkulačkách, nabíječkách a malé střešní aplikace. Dnes se s nimi můžeme setkat v podobě velkoplošných fotovoltaických elektráren. Obrovský rozvoj fotovoltaických článků je spojen s jejich aplikacemi pro pohon automobilů, tramvají, lodí a letadel.

Energie vyrobená z fotovoltaických článků je považována za nejčistší druh energie, kterou je člověk schopen vyrobit. Avšak fotovoltaické články mohou negativně ovlivňovat životní prostředí při jejich samotné výrobě a na konci jejich životnosti. Rozsáhlé fotovoltaické elektrárny se potýkají s negativními vlivy především s ohledem na zábor půdy a narušení krajinného rázu.

Cílem teoretické části práce je provést rešerši odborné literatury zabývající se využitím fotovoltaických článků a jejich možným vlivem na životní prostředí. Dále představit hlavní charakteristiky pojmů spojených s touto problematikou, popsat základní principy a zaměřit se na nejdůležitější faktory ovlivňující využití fotovoltaických článků. Na základě těchto poznatků je cílem vyhodnotit dopady fotovoltaických článků na životní prostředí se zvláštním zaměřením na sociální skupinu lidí na Kutnohorsku.

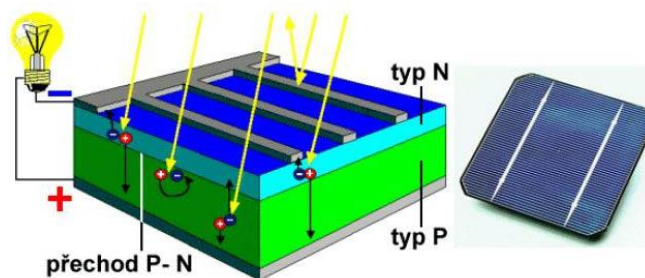
## 1 Sluneční energie

Slunce je hlavním zdrojem zářivé energie v celém rozsahu spektra, tedy od nejmenších vlnových délek rentgenového a ultrafialového záření až po metrové délky záření rádiového. Zdrojem energie Slunce je přeměna vodíku v helium termonukleárními reakcemi, které probíhají ve středové oblasti Slunce za stavu, kdy jsou všechny atomy zcela ionizovány. Heliová jádra a volné elektrony se intenzivně pohybují. Srážky protonu končí jejich zachycením a přeměnou na těžší jádra, při čemž se uvolní vazebná energie. Na jeden atom helia se přemění čtyři atomy vodíku. Úbytek hmotnosti je doprovázen vznikem energie. V současné době se Slunce skládá ze 70 %  $H_2$ , 28 % He a 2 % tvoří ostatní prvky. Na základě těchto dat je stáří Slunce odhadováno na 5 miliard let. Hmotnost  $H_2$  by vystačila ještě na 100 miliard let, avšak vzhledem k tomu, že reakce probíhá jen v jádře helia, je předpoklad životnosti Slunce „jen“ 15 miliard let [1-3].

## 2 Fotovoltaický článek

Jedním z prvků využívaných pro výrobu fotovoltaických článků je křemík. Křemík má 4 valenční elektrony, které jsou zapotřebí pro vazbu v mřížce. Aby se z krystalové mřížky křemíku uvolňovaly elektrony, musí mít fotony záření energii aspoň 1,12 eV. Fotovoltaický článek představuje polovodičovou diodu, kdy na rozhraní materiálů typů P a N vzniká přechodová vrstva PN. Základem je přechod p (pozitivní vodivost) a n (negativní vodivost). Tyto dva typy polovodičů jsou ve vzájemném těsném kontaktu, dojde k navázání jejich krystalických mřížek a vznikne mezi nimi hraniční vrstva. Pokud na přechod mezi vrstvami p a n dopadá záření, vzniká hradlový efekt, který způsobí vznik fotoelektrického proudu a vznik fotoelektrického napětí. K elektrické přeměně pak slouží tzv. fotovolatické články. Fotovoltaický článek je nejčastěji tvořen tenkou destičkou, která je z monokrystalu křemíku (dnes se používají také polykrystalické a amorfní materiály z křemíku) s vodivostí typu P. Jedná se o polovodič, který vzniká přidáním trojmocných atomů prvků (Al, In) do jeho struktur. Tři z valenčních elektronů obsadí vazby třemi atomy křemíku, které se nacházejí v okolním prostředí, a čtvrtá vazba s křemíkem není elektronem vůbec obsazena.

Vzniká tzv. díra, která se chová jako kladná částice [1-3]. Na obr. 1 je znázorněn princip fotovoltaického článku.



Obr. 1 Fotovoltaický článek [4]

Samotný fotovoltaický článek je schopen poskytovat jen 1,2 až 1,4 W a proto je nutné tyto fotovoltaické články propojit do několika větších jednotek, tzv. modulů. Křemíkové fotočlánky jsou většinou čtvercové, přičemž délka hrany bývá 15 cm, v některých případech 20 cm. Praktické využití vyžaduje vysoké napětí, a proto se volí sériový způsob zapojení článků. Jejich napětí se sčítá a výstupní proud odpovídá výslednému proudu série. Články jsou velice citlivé, mohou se snadno poškodit a je možná i jejich koroze z důvodu vlhkého prostředí. Proto se používá ochranný obal, který obsahuje vrchní skleněný kryt a spodní kryt. Spodní kryt je tvořen většinou plastovou fólií (někdy se využívá i sklo, které zajišťuje mechanickou stabilitu). Plastový kryt bývá ze dvou fólií vyrobených z ethylen-vinyl-acetátu (EVA). Články se spojují technikou zvanou laminování při teplotě 100 °C, díky čemuž jsou články chráněny proti vnějším povětrnostním vlivům [3,5,6,7].

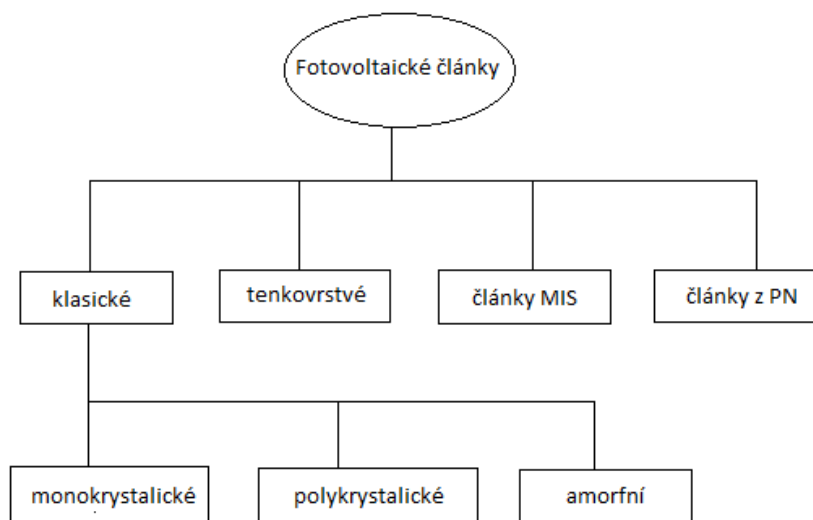
## 2.1 Historie

Jedním z důležitých pojmů jak aktivně využívat sluneční záření je fotovoltaický jev. Intenzivní výzkum fotovoltaického jevu byl zahájen již v 50. letech 20. století. Objeven však byl už v roce 1839 Alexandrem E. Becquerelem. V roce 1905 se Albertu Einsteinovi podařilo tento jev vyložit.

První praktický fotovoltaický článek byl sestaven v roce 1883 Charlesem Frittem, který na polovodič nanaslel selen a velmi tenkou vrstvu zlata. Tato konstrukce měla účinnost pouze 1 %. V roce 1946 si Russel Ohl nechal patentovat konstrukci fotovoltaického článku. Nynější podoba fotovoltaických článků byla navržena až v roce 1954 v Bell Laboratories v New Jersey (USA). Při experimentech s obohacovaným křemíkem byla objevena vysoká citlivost článku na osvětlení a byla realizována výroba fotovoltaického článku s účinností kolem 6 % [1-3].

## 2.2 Klasifikace fotovoltaických článků

Klasifikace fotovoltaických článků je schematicky znázorněna na obr. 2 a popsána v dalších kapitolách. Fotovoltaické články jsou vyráběny především z monokrystalického, polykrystalického nebo amorfního křemíku. Články konstruované z monokrystalického křemíku dosahují při laboratorním provedení nejvyšší účinnosti až 30 %. Dostupné běžné články však mohou pracovat s účinností pouze 14-22 % [3].



Obr. 2 Klasifikace fotovoltaických článků [3]



### 2.2.1 Tenkovrstvé články

Tenkovrstvé články byly navrženy za účelem redukce spotřeby polovodičového materiálu. Klasické články mají tloušťku v desetinách milimetrů, tenkostěnné se pohybují v tisícinách milimetrů. Pro jejich výrobu se používá mnoho materiálů, jako je amorfni křemík (a-Si), telurid kadmia (CdTe) a selenid mědi a india.

Technologie výroby se vzájemně podobají u všech používaných materiálů. Základem tenkovrstvých fotovoltaických článků je nosná plocha vyrobená ze skla, avšak může být použit i polymer, který se využívá při výrobě ohebných a pružných solárních modulů. Na nosné ploše je nanášena vodivá transparentní vrstva TCO (Transparent Conductive Oxide). Tyto vrstvy jsou poté laserem nebo mikroforézou rozděleny na pásy, které vytvářejí jednotlivé články uvnitř modulů a jsou zapojeny do série. Účinnost modulů z tenkých vrstev je nižší než u modulů z krystalických materiálů. Lze říci, že náklady na výrobu tenkovrstvých článků by mohly být nižší, ale montáž je náročnější. Proto se využívají přednostně krystalické články, dokud se nezvýší účinnost tenkovrstvých článků [5].

### 2.2.2 Články MIS

Články MIS pracují jako články s inverzní vrstvou MIS kov-izolátor-polovodič (z angl. metal-insulator-semiconductor) a jejich přechod P a N je indukovaný, tj. článek s inverzní vrstvou typu n jako u tranzistorů. Články MIS dosahují laboratorní účinnosti až 15 % [3].

### 2.2.3 Články z PN látek

Hlavní sloučeninou pro výrobu článků z PN látek je arsenid galia (GaAs) s účinností až 20 %, který má vysokou odolnost vůči záření a funguje i při teplotách nad 100 °C. Další sloučeninou pro články z PN látek je sulfid kademnatý (CdS), který je tvořen přechodem sloučenin  $\text{Cu}_2\text{S}$  a CdS. Jeho účinnost dosahuje pouze 10 %. Výhodou je nízká hmotnost, avšak nevýhodou je malá stabilita. Vhodnější variantou je použití přechodu sloučenin CdS a CdTe. V energetice nemají využití; používají se pouze v případě napájení malých zařízení s malým příkonem [3].

## 2.2.4 Články z monokrystalického křemíku

Články tohoto typu se vyrábějí z křemíku, který je hojně zastoupen v zemské kůře a je jedním z nejrozšířenějších prvků. Křemík je velice levný, snadno dostupný a nevykazuje toxické účinky. Tento prvek se vyskytuje v přírodě ve formě křemene (oxidu křemičitého  $\text{SiO}_2$ ) a je mechanicky odolný a zároveň chemicky stabilní.

Destičky pro fotovoltaické články se vyrábějí z křemíkových ingotů, připravených metalurgicky ze surového křemíku. Články z monokrystalického křemíku jsou složeny z několika vrstev, přičemž na spodní i vrchní stranu je nanášena vrstva vodivého kovu, která slouží k odvádění proudu z článku. Tyto články dosahují relativně vysoké účinnosti pohybující se v rozmezí 14-18 %, v laboratorních podmínkách pak s účinností do 26 % [8].

## 2.2.5 Články z polykrystalického a amorfního křemíku

K výrobě elektrického proudu se však častěji využívají průmyslově zhotovené články z polykrystalického křemíku, které jsou o mnoho levnější než články z monokrystalického křemíku. Ceny polykrystalických destiček o rozměrech 100 x 100 mm se stále snižují díky hromadné výrobě. Tyto články dosahují účinnosti 12-14 %. Polykrystalické články lze rozpoznat podle jejich částečně stejnosměrné struktury krystalů, které tvoří tzv. „ledové květy“. Výhodou je, že amorfni křemík lze nanášet na kov i sklo v extrémně tenkých vrstvách (0.5 nm), což následně umožní výrobu tabulového skla transformujícího světelnou energii. Jeho účinnost bývá kolem 8 %. Materiál z amorfního křemíku umí lépe využít rozptýlené záření, avšak vyžaduje transformátorové měniče. Fotovoltaický systém z amorfního křemíku je poté schopen vyrábět elektrickou energii bez přímého osvětlení na základě difúzního záření, které je v ČR převládající. Aby byl dosažen daný výkon, je potřeba 2,5x větší plochy, než kolik by bylo potřeba při použití mono nebo polykrystalických modulů. Celoroční výkon je však o 10 % vyšší [1,3].

## 3 Fotovoltaické systémy

Elektrickou energii z fotovoltaických panelů lze získat ze složených a sériově zapojených fotovoltaických článků. Výslednou energii lze využít zapojením elektrických spotřebičů, ale také zapojením dalších technických prvků, kterými mohou být akumulátorové baterie, regulátory dobíjení, napěťové střídače, indikační a měřicí přístroje, příp. automatická zařízení k natočení za Sluncem. Sestava těchto fotovoltaických panelů se nazývá fotovoltaický systém. V dalších kapitolách jsou popsány typy fotovoltaických systémů [3,5].

### 3.1 Ostrovní systémy „Grid-Off“

Autonomní systém je fotovoltaický systém, který je nezávislý na rozvodové síti (grid-off), známý také jako tzv. ostrovní systém. Autonomní systémy se rozdělují na systémy s přímým napájením, systémy s akumulací elektrické energie a hybridní ostrovní systémy.

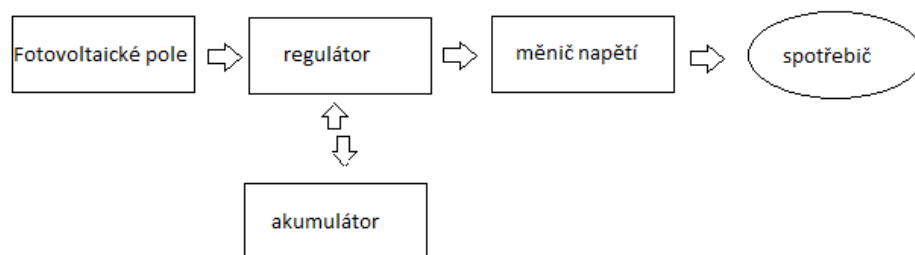
Systémy s přímým napájením se využívají tam, kde nevádí, že připojené elektrické zařízení je funkční jen pro dobu dostatečné intenzity slunečního záření. Tyto systémy tedy bývají instalovány na místech, kde není potřeba budovat elektrickou přípojku. Vyskytují se v malých aplikacích, jako jsou kalkulačky či náramkové hodinky. Také lze využít sluneční záření pro automaty na parkovištích, které jsou vybaveny fotovoltaickými články (viz obr. 3). Přímého napájení může být také využito k čerpání vody pro závlahu, napájení oběhového čerpadla solárního systému pro přípravu teplé užitkové vody, napájení ventilátorů k odvětrávání uzavřených prostor nebo také pro svícení. Ostrovní systémy mohou obsahovat akumulátorové baterie a jejich dobíjení a vybíjení je zajištěno elektronickým regulátorem. K těmto ostrovním systémům lze připojit i spotřebič se stejnosměrným proudem (napětí 12-24 V). Využívá se jako zdroj energie pro chaty a rodinné domy, napájení dopravní signalizace, telekomunikačních zařízení, veřejného osvětlení, světelné reklamy a zahradních svítidel. Tyto solární systémy jsou velice jednoduché z hlediska instalace.

Systémy s akumulací elektrické energie se využívají tam, kde je potřeba elektrického proudu i přesto, že není k dispozici sluneční záření. Využívá se přebytku energie v době slunečního záření a akumuluje se pro pozdější využití v době potřeby. Akumulace elektrické energie se provádí pomocí elektrochemických a akumulátorových baterií [3,5,6].



Obr. 3 Parkovací automat na solární energii [9]

Na obr. 4 je schematicky znázorněn nezávislý (autonomní) systém na rozvodové síti.

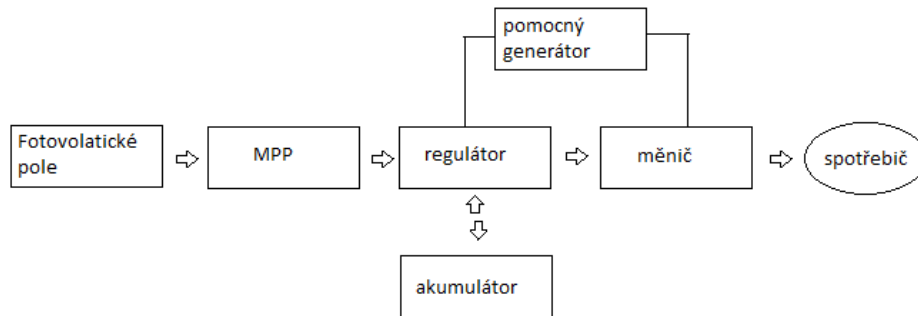


Obr. 4 Autonomní systém [3]

## Hybridní systém

Použití hybridních ostrovních systémů závisí na celoročním provozu, kde je zapotřebí značné vytížení. V zimních měsících je získání množství energie z fotovoltaického zdroje značně menší, než je tomu v letních měsících. Z tohoto důvodu jsou systémy navrhovány i na zimní provoz. Instalace na zimní provoz má ve svém důsledku zvýšení výkonu systému a zároveň zvýšení pořizovacích nákladů. Výhodnější alternativou je rozšíření systému doplňkovým zdrojem elektrického proudu, který dokáže pokrýt potřebu energie během období s nedostatečným slunečním svitem. Doplňkovým zdrojem energie může být větrná elektrárna, malá vodní elektrárna, elektrocentrála, kogenerační jednotka a další.

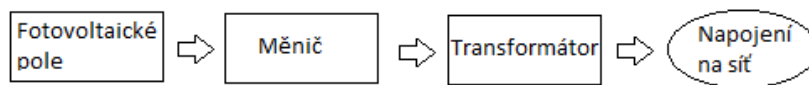
Důležité je nastavení optimálního napětí tzv. MPP (Maximum Power Point, bod maximálního výkonu). Aplikace hybridních systémů je vhodná pro napájení budov s celoročním provozem v lokalitách, kde není připojení k elektrické síti. Na obr. 5 je schematicky znázorněn hybridní systém [1,6].



Obr. 5 Hybridní systém [3]

### 3.2 Systémy „Grid-On“

Síťové fotovoltaické systémy (grid-on) jsou tzv. spolugenerující systémy. Běžně není zapotřebí použití akumulátorů. Systém se uplatňuje v lokalitách s hustou elektrorozvodnou sítí. Získaná elektrická energie z fotovoltaických panelů je dodávána přes síťový střídač do rozvodné sítě. Tyto systémy fungují zcela samostatně díky mikroprocesorovému řízení síťového měniče. Měnič pracuje v celém rozsahu napětí. Výkon fotovoltaických systémů se pohybuje v rozmezí kW až MW. Tento systém může doplňovat konvenční elektrárny. Systém grid-on je schematicky znázorněn na obr. 6 [1,6].



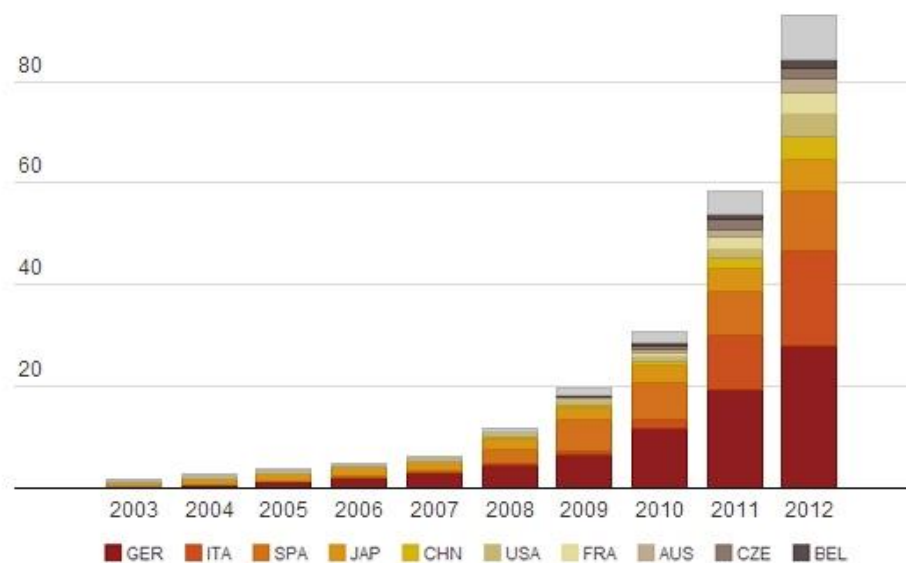
Obr. 6 Systém přímo spojený se sítí [3]

## 4 Vývoj fotovoltaických článků ve světě

Jednou z prvních solárních elektráren byla Solar One, která byla uvedena do provozu v roce 1982 v poušti v Las Vegas, a jejíž umístění vycházelo z předpokladu, že kolem rovníku a pouští je nejvyšší výskyt slunečního záření. Tato elektrárna měla výkon 12 MW s 1 800 heliostaty na ploše 40 ha s ročním slunečním svitem 4 000 hod.

Využití fotovoltaických článků v posledních 10 letech vykazuje velmi rychlý růst. Po 50letém vývoji jsou nyní k dispozici vyspělé výrobní technologie, které je možno aplikovat v podmínkách hromadné výroby. Od roku 2000 došlo k dvojnásobnému nárůstu celkové výroby fotovoltaických panelů. V rámci získávání energie z obnovitelných zdrojů vytvářejí fotovoltaické články velké možnosti a jejich výhodou je modulární konstrukce, která může být realizována v různých velikostech potřebných generátorů, počínaje od milivoltů pro napájení kalkulaček a končící v rozsahu megawattů pro zajištění veřejných dodávek elektrické energie. Výzkum využití fotovoltaických článků pro kalkulačky vyžadoval desítky let, naproti tomu konstrukce velkých fotovoltaických elektráren byly úspěšně uvedeny na trh v Japonsku a Německu v krátké době. Státní programy rozběhly výrobu fotovoltaických systémů v 90. letech 20. století s ročním nárůstem 20-40 %. Další země, jako Španělsko, USA, Itálie, vytvořili rovněž vhodné podmínky pro zřizování fotovoltaických systémů. Ačkoli dnešní podíl ze solární energetiky je malý, očekává se, že využití energie prostřednictvím fotovoltaických článků dosáhne v oboru klimaticky udržitelné výroby energií nejvyšší podílu. Ke konci roku 2002 dosáhl instalovaný výkon úrovně 1,5 GW. Instalovaný výkon v jednotlivých regionech závisí na míře motivačních podpůrných nástrojů jednotlivých států (90 % všech instalací se nachází na území Japonska, Německa a USA). Převážná většina byla instalována jako systémy zapojené k rozvodné síti přes síťové střídače. V USA se budovaly převážně jen fotovoltaické systémy jako volně stojící elektrárny. V současnosti zde převládají instalace na budovách.

Rozvoj a využití fotovoltaických článků v období let 2003-2012 je znázorněn na obr. 7. Toto využití bude s výhledem do budoucnosti narůstat v rozvojových zemích Afriky a Asie. V těchto zemích se realizují především projekty solární elektrifikace odlehlých vesnic a to jako malé domovní systémy resp. jako napájení vodních čerpadel [5].



Obr. 7 Rozvoj fotovoltaických článků ve světě v období 2003-2012 [10]

#### 4.1 Solární termické systémy ve světě

Velký potenciál ve využití sluneční energie mají ve světě solární termické systémy. Solární kolektor je určen pro získávání tepla ze slunečního záření, kdy základem kolektoru je solární absorpér (stavební prvek z vhodného materiálu pro pohlcování slunečního záření). Solární kolektory se využívají k ohřevu vody. Při dostatečně vysokém ohřevu lze využít získanou energii a následně ji transformovat na energii elektrickou. Z toho vyplývá, že lze použít i k výrobě elektrické energie. Solární fotovoltaický článek je naproti tomu pouze fotovoltaická buňka, která sluneční energii transformuje přímo na energii elektrickou. Solární články mohou ohřívat vodu, nicméně na rozdíl od kolektorů je tento ohřev nežádoucím vedlejším efektem.

Moderní solární kolektory jsou důležitou alternativou ke konvenčním topným soustavám na bázi ropy a zemního plynu. Dále se využívají absorpéry pro bazény, gravitační termické systémy záření, systémy využití fotovoltaických panelů v kombinaci s plochými kolektory pro ohřev vody instalovanými na střeše domu, jako solární topné systémy nejen pro ohřev, ale i vytápění, chladicí jednotky na principu solárního chlazení, solární vařiče, parabolické žlabové elektrárny, solární věžové elektrárny a komínové solární elektrárny [5,6].

## 4.2 Využití fotovoltaických článků ve světě

Perspektivní oblastí rozvoje fotovoltaických článků ve světě tvoří oblast severní Afriky [5].

### 4.2.1 Koncentrátorové elektrárny

Jedním z využití fotovoltaických článků mohou být koncentrátorové fotovoltaické elektrárny. Fotovoltaické články mohou být napájeny koncentrovaným slunečním zářením. Koncentrací lze ušetřit množství cenného materiálu fotovoltaického článku. Koncentrátorové články mají větší účinnost než samotné fotovoltaické moduly a mohou se instalovat do ohnisek parabolických koncentrátorových žlabů nebo parabolických zrcadel. Problémem je chlazení, protože se při výrobě elektrické energie z fotovoltaických článků uvolňuje velké množství odpadního tepla. Jisté řešení představuje technologie „Flatcon“. Tato technologie obsahuje plochou Fresnelovu čočku soustřeďující sluneční světlo na malou plochu koncentrátorového článku o ploše několik  $\text{mm}^2$ , kdy měděná destička umístěná na zadní straně článku odvádí vzniklé teplo. Koncentrátor je složen z několika paralelních fotočlánků a vzniklé moduly se optimálně směřují na sluneční světlo [5,6].

Na obr. 8 je zobrazena koncentrátorová elektrárna



Obr. 8 Koncentrátorová elektrárna [11]



## 4.2.2 Fotovoltaické články v architektuře

Fotovoltaické články mají svůj význam i v architektuře. Aplikace fotovoltaických článků do obvodových plášťů budov (střechy, fasády) představují značný fenomén moderní architektury. Fasádní systémy v uplynulých 10 let byly instalovány především v Japonsku, USA a zemích Evropské unie. Fotovoltaická fasáda plní nejen funkci vzhledu budov, ale aplikace panelů má také společné znaky s prosklenými budovami, což vymezuje vnitřní prostory a zajišťuje tepelnou stabilitu uvnitř objektu. Transparentní (průhledné) fotovoltaické panely dosahují příznivého účinku vzhledem k množství přirozeného slunečního světla ve vnitřních prostorách a vyrábí elektrickou energii. Důležitými fasádními prvky při aplikaci solárních systémů jsou stínící elementy zamezující přehřívání a přehřátí prostor především v letních měsících. Fotovoltaická fasáda může také splňovat funkci jednoduchého vzduchového kolektoru, kdy skleněnou stěnou s fotovoltaickými články prochází částečně sluneční záření na tmavou masivní obvodovou stěnu budovy. Vznikající teplo v meziprostoru je odváděno cirkulací vzduchu a poté využito k vytápění v chladných měsících, chlazení budovy v letních měsících, resp. k snižování teploty článků. Tento jev má příznivý vliv na výkon fotovoltaických článků, neboť se snižující teplotou dosahuje článek vyššího výstupního výkonu. Konstrukce systémů může být kreativně řešena mozaikovitými obrazci v různobarevném ztvárnění. Na obr. 9 je fasádní prvek zobrazen [5,6,12].



Obr. 9 Fotovoltaika a architektura [12]

### 4.2.3 Fotovoltaické články v dopravě

V Německu (ve městě Bad Schandau) je používána tramvaj, která od roku 1994 pro svůj pohon využívá fotovoltaické články. Články jsou instalovány na vozovně dopravního podniku, resp. na střeše vozovny, na ploše 325 m<sup>2</sup>. Bylo využito 756 fotovoltaických článků (42 x 18 článků v sérii) o napětí jednotlivých článků 17,4 V. Průměrné pokrytí spotřeby elektrické energie pro provoz tramvaje prostřednictvím fotovoltaických článků je 30 %. Z hlediska ŽP je tato aplikace přínosná a tento systém ročně vyrobí přibližně 30 MWh elektrické energie. Tento fakt zároveň umožňuje snížení emisí z tepelných elektráren o 34 tun oxidu uhličitého ročně [13]. Na obr. 10 je zobrazena tramvaj na fotovoltaický pohon.

V Německu (ve městě Berlín) je využívána loď, která byla vyrobena na fotovoltaický pohon. Zajímavostí této konstrukce je, že loď nezamožuje vzduch spaliny a její plavba po řece je bez známek hluku. Loď vydrží plout až 10 hodin bez slunečního záření a pojme i 50 cestujících. Konstruována je z odlehčených materiálů a tvar trupu je navržen tak, aby zamezil ztrátám energie. Celková výsledná hmotnost lodě je 13 t a rychlost přibližně 15 km/h.

Elektrická energie je motorům dodávána prostřednictvím 24 fotovoltaických modulů umístěných na střeše kabiny a situovaných ve středu lodi [13].



Obr. 10 Tramvaj na solární pohon [13]

Další využití fotovoltaických článků představuje automobil na solární pohon. Ze slunečního záření je možné získat energii elektrickou s následnou přeměnou na mechanickou energii, která se uplatňuje při pohonu automobilu. Elektrický proud získaný pomocí

fotovoltaických článků zabudovaných na střeše vozidla automobilu umožňuje jeho pohon a provoz. Získaný proud je však nízký a automobil se pohybuje jen v případě slunečního svitu. Existuje však možnost napájení vozidla na způsobu dobíjení akumulátorů pomocí fotovoltaických článků. Aplikací akumulátorů a dobíjením vhodnými články může automobil ujet 200-300 km při rychlosti méně jak 90 km/h. I největší výrobci automobilů na světě obrazejí nyní svou pozornost k využití solární energie. Fotovoltaické články zabudované do karoserie automobilu představují reálně použitelnou technologii. Jednou z prvních byl výrobce automobilů značky Ford, který představil společně s kalifornskou firmou Sun Power a Institutem technologie v Georgii automobil C-Max Solar Energy Concept. Automobil, který je konstruován s fotovoltaickými články z křemíku na ocelovém podkladě, má články umístěny a zabudovány ve střeše [14].

V průběhu posledních 5 let se objevily 2 prototypy letadel na solární pohon. První prototyp s názvem Solar Impulse byl vyvinut ve Švýcarsku letcem Bertrendem Picardem a švýcarským podnikatelem Andrém Borschbergem. Letadlo má rozpětí křídel 63,4 m a celý letoun je pokryt 11 628 fotovoltaickými články o celkové ploše více než 200 m<sup>2</sup>. Technologie spočívá v napájení baterií pomocí fotovoltaických článků, které poté dodávají energii čtyřem elektrickým motorům a systému pro kontrolu dobití systému. Maximální výkon je kolem 6 kW a hmotnost činí 2 000 kg. Do budoucna se nepředpokládá využití tohoto letounu u větších leteckých společností. Druhým prototypem s názvem Zephyr 7 je ultralehké bezpilotní letadlo na solární energii. Letoun vydrží samostatně létat až několik měsíců a nést přitom na palubě totéž vybavení jako družice ve vesmíru. V budoucnu se plánuje nasazení Zephyru jako alternativy ke komunikačním i pozorovacím družicím a to v civilním i vojenském sektoru. Parametry letounu jsou: rozpětí křídel 22 m, váha 40 kg. Materiálem pro výrobu letounu je karbon. Zephyr získává energii v denním čase pomocí amorfních řadových fotovoltaických panelů, které nabíjejí baterie pohánějící dva motory. Tím je letoun schopen létat i v noci. Technologie výroby letadel na solární pohon tak představuje výrazný posun ve vývoji materiálů i solárních technologií [15].

#### **4.2.4 Další možnosti využití fotovoltaických článků**

Massachusettský technologický institut (MIT, USA) vytvořil v roce 2011 technologii pokrytí fotovoltaických vrstev ve vakuované komoře na listy papíru. Technologii zvanou 3PV „printed paper photo voltaics“ představili odborníci z technické univerzity v Německu ve městě Chemnitz. Technologie představuje fotovoltaické moduly, které se tisknou tiskařskými barvami s elektrickými vlastnostmi na standardní papír. Vytvářejí se struktury, při jejichž osvětlení vzniká elektrický proud. Jedná se o převratnou změnu v solární energetice. Lze předpokládat, že v budoucnu se budou běžnými tiskárnami levně vyrábět fotovoltaické moduly technologií 3PV. Pro fotovoltaické články to bude znamenat nový postup a levné materiály na bázi organických polymerů, které nebudou potřebovat drahé elektrody ze stříbra, zlata, směsného oxidu india a cínu. Pro uplatnění fotovoltaických článků se tak otevírá široké spektrum využití, jako např. inteligentní obaly s natištěnými fotovoltaickými články, které by mohly dodávat elektrický proud do napájení senzorů, displejů a pro provoz malých bezdrátových vysílačů [16].

## 5 Vývoj fotovoltaických článků v ČR

Dopadající sluneční záření na povrch území ČR se vyskytuje s průměrnou intenzitou  $800 \text{ W/m}^2$  v závislosti na lokalitě a klimatických podmínkách. V podmínkách ČR je fotovoltaický systém schopen vyprodukovat 900-1 000 kWh elektrické energie za rok. Specifický problém dané oblasti je nejen nízká energetická hustota, ale i nestabilita dostupnosti energie způsobená pravidelným střídáním denních dob, ročních období a počasí. Rovněž vysoká investice a delší doba investiční návratnosti však zabraňuje širšímu rozvoji aplikací systémů na našem území [6].

Výrobci v ČR se snažili od roku 2009 redukovat výrobní náklady celého fotovoltaického systému a maximalizovat jeho efektivitu. Z hlediska fotovoltaických panelů se místo krystalické křemíkové technologie objevovaly tenkovrstvé moduly vytvářené vakuovými technologiemi, které umožňovaly úsporu materiálu. Velký potenciál tvořila oblast využití organických materiálů a nanotechnologií pro výrobu fotovoltaických článků. Nové postupy ve vývoji střídačů zvyšovaly jejich účinnost a spolehlivost, kdy účinnost běžných střídačů byla 92 až 97 %. Úspěchem byly nové materiály na bázi karbidu křemíku. V roce 2008 byl v Institutu pro solární energii (ISET, Německo) zkonstruován světově nejúčinnější solární třífázový střídač, který dosahoval účinnosti 99 %. Postupně se objevovaly i komerčně vyráběné produkty kombinující využití tepelné a elektrické energie, tzv. hybridní systémy [17].

V roce 2010 Evropská unie dala „zelenou“ elektrické energii získané z obnovitelných zdrojů energie za účelem zlepšování ŽP. Důraz byl kladen na snižování exhalací plynů z konvenčních zdrojů a snižování produkce skleníkových plynů.

Česká republika se zavázala v přístupové smlouvě Evropské unii k tomu, že v roce 2010 bude podíl čisté elektřiny na hrubé spotřebě 8 %. Evropská unie vnímá využití energie prostřednictvím fotovoltaických článků jako nejdůležitější obnovitelný zdroj energie, který by mohl v roce 2020 pokrývat až 50 % energie z obnovitelných zdrojů [18].

## 5.1 Využití fotovoltaických článků na území ČR

Aplikace fotovoltaických systémů se v průběhu konce 20. století výhradně zaměřovaly na malé ostrovní systémy pro nezávislé napájení objektů a zařízení v lokalitách bez připojení k rozvodné síti. Jedním z příkladů jsou soukromé rekreační objekty, ve kterých fotovoltaický systém představuje možnost napájení osvětlení a drobných elektrických spotřebičů. Fotovoltaické systémy se dále začaly využívat ve městech Brno a Ostrava, kde byly nainstalovány parkovací automaty na solární energii. Fotovoltaické panely byly použity pro napájení měřicích, registračních a komunikačních zařízení instalovaných v terénu, kde neexistovalo vedení elektrické sítě. Od roku 2000 nastala fáze vývoje využití fotovoltaických článků v ČR především z hlediska legislativy a místních samosprávných podpůrných nástrojů. Hlavním motivačním podpůrným nástrojem pro rozvoj fotovoltaiky bylo v roce 2000 vyhlášení programu Slunce do škol (Státní fond ŽP). Rok 2001 byl významný i v zavedení zvýhodněné sazby 5% DPH pro fotovoltaické systémy a komponenty a zároveň byla realizována první instalace z programu Slunce do škol. Do konce roku 2002 byly v ČR nainstalovány fotovoltaické systémy s výkonem 0,23 MW, z čehož 55 % systémů sloužilo pro napájení aplikací bez připojení k rozvodné síti a 45 % byly fotovoltaické systémy dodávající elektrickou energii do rozvodné sítě [6].

Další možností využití fotovoltaických článků je oblast architektury. Dochází zde k působení na tepelný režim vnitřních prostorů budov a je podstatnou architektonickou koncepcí pro aktivní využití slunečního záření [19].

## 5.2 Napájení svítidel veřejného osvětlení

Dalším využitím fotovoltaických článků je napájení svítidel veřejného osvětlení. V roce 2009 představila VŠB-TU v Ostravě v rámci projektu „Zelená energie“ skupiny ČEZ dvě nezávislá svítidla veřejného osvětlení s fotovoltaickou a větrnou elektrárnou. Veřejné osvětlení spotřebuje ročně přibližně 550 GW·h/rok a snižování jeho spotřeby může přinést výrazné úspory elektrické energie. Uvedený projekt byl zaměřen především na lokality, ve kterých jsou osvětlovací místa mimo dosah napájecích míst. Vzniklé osvětlovací soustavy mohou pracovat v ostrovním režimu a ke svému napájení nepotřebují distribuční síť. Pozornost byla věnována především hybridnímu systému řízení, který je tvořen dvěma větrnými elektrárnami a dvěma fotovoltaickými panely. Zdrojem nabíjení je speciální akumulátor. Výkon je pro optimální zatížení akumulátorové baterie řízen regulátorem. Výstup z regulátoru je přiveden na střídač pro napájení svítidel. Svítidla spínají na základě signálu ze

soumrakového čidla a jsou nainstalována na speciálně upravených sloupech veřejného osvětlení [20].

### **5.3 Využití fotovoltaických článků v dopravě**

V roce 2012 se odborníci na Dopravní fakultě Jana Pernera Univerzity Pardubice zabývali studiem využitelnosti fotovoltaických článků pro pohon železničních vozidel. Možné koncepce fotovoltaického napájení železničního vozidla lze rozdělit do několika skupin, tj. na pohony s přímým napájením, pohony s nepřímým napájením, pohony s nepřímým stacionárním napájením a na pohony se smíšeným napájením.

Při pohonech s přímým napájením se elektrická energie vyrobená z fotovoltaických panelů přímo spotřebovává v elektrickém pohonu vozidla. Takto zvolená technologie je využitelná v oblastech s velkou intenzitou slunečního záření, což neodpovídá podmínkám k možnému využití v ČR.

Pohony s nepřímým napájením jsou technologií využívající fotovoltaické panely, které jsou situovány na vozidle, a jeho součástí je akumulátor pro akumulaci energie a trakční pohon.

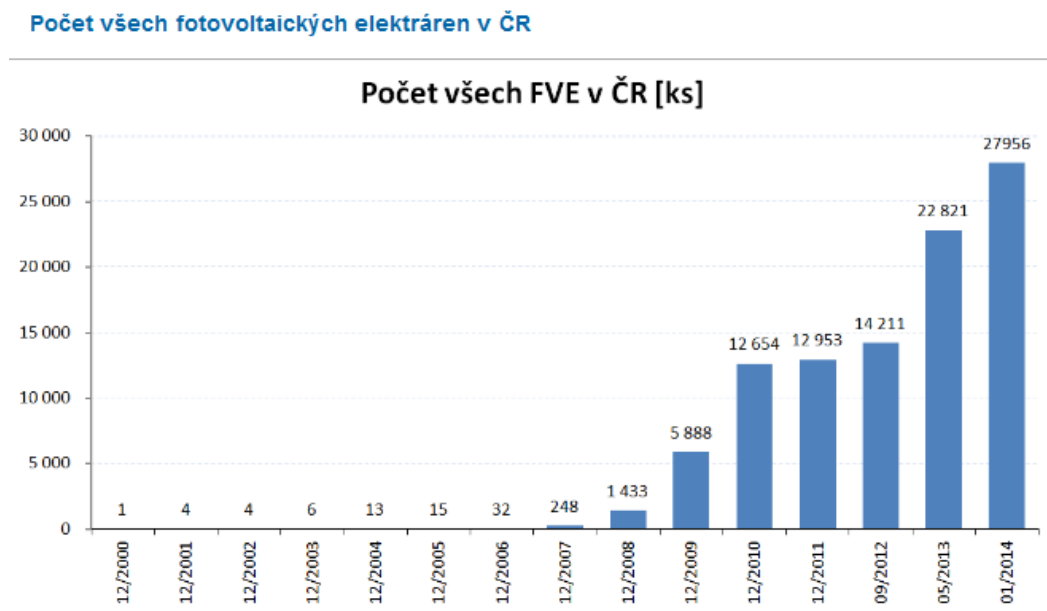
Pohon s nepřímým stacionárním napájením představuje umístění fotovoltaických panelů na koncových stanicích dráhy. Energie je akumulována ve staničních akumulátorech a vozidla jsou dobíjena. Předpokládá se, že by tato technologie byla nejlépe využitelná v podmínkách ČR.

Technologie se smíšeným napájením tvoří kombinaci přímého a nepřímého stacionárního napájení, kdy se předpokládá dobíjení akumulátorů ve vozidle a ve stanici. Aplikace fotovoltaických panelů však probíhají i na vozidle a vyrobená energie je využívána trakčním pohonem. Technologie se smíšeným napájením by tak mohla představovat nejvýraznější efekt pro použití v regionální osobní dopravě v podmínkách ČR [21].

### **5.4 Fotovoltaické elektrárny**

První fotovoltaická elektrárna v České republice o výkonu 10 kW byla uvedena do provozu v roce 1998 na vrcholu hory Mravenečník v Jeseníkách. Dnes slouží jako demonstrační zařízení v areálu JE Dukovany a jako součást informačního centra [5]. V současné době je v provozu v ČR 12 929 fotovoltaických elektráren. Ze statistik Evropské fotovoltaické průmyslové asociace vyplývá, že ČR se řadí mezi 3 státy s nejvyšším výkonem

fotovoltaických elektráren na obyvatele EU. Ke konci roku 2011 byly v ČR k rozvodné síti připojeny solární elektrárny s instalovaným výkonem 1 959 MW. To představuje výkon 185,4 W na jednoho obyvatele v ČR. Na obr. 11 je znázorněn vzrůstající počet instalací fotovoltaických elektráren v období od roku 2000 do roku 2014 na území ČR [22,23].



Obr. 11 Počet FVE v ČR [24]

## 5.5 Diagnostika modulů

V České republice vznikly četné výstavby fotovoltaických elektráren v širokém výkonovém spektru. Největší instalaci na našem území představuje fotovoltaická elektrárna Ralsko „Ral“ o výkonu 38,3 MW, která je tvořena několika fotovoltaickými poli. Rozvoj a využití fotovoltaických článků byl zpočátku velmi živelný a docházelo k tomu, že se u mnoha instalací vyskytly problémy v podobě nedostatku odborně způsobilých pracovníků a firem. Takzvaný „solární boom“ fotovoltaických elektráren společně s neucelenou legislativou zapříčinil realizaci mnoha nekvalitních projektů. V ČR bylo odhadované množství takto vybudovaných fotovoltaických elektráren na 50 % [25].



## 6 Životní prostředí a fotovoltaická elektrárna

Činnost energetických soustav vykazuje vlivy nejen na ekonomiku, ale i ŽP. Cílem všech zemí jsou alternativní koncepce rozvoje energetiky a vytvoření únosných energetických soustav. Tyto studie vysvětlují únosnou energetickou soustavu jako minimum nákladů na rozvoj energetiky a zároveň minimální podíl na znečišťování ŽP. [19].

Pojem ŽP je definován jako vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a to, co je předpokladem jejich dalšího vývoje. Složkami ŽP jsou ovzduší, voda, půda, horniny, organismy, ekosystémy a energie. Složky ŽP jsou ekonomickými statky a službami, které jsou omezené a využitelné ve výrobě jiných vzácných statků a služeb. Složky ŽP se řadí mezi užitečné, vzácné a jsou konečným příjemcem všech odpadů, které vznikají při výrobních procesech [26].

Solární energetika představuje obnovitelný zdroj energie, který je v současné době energetickým potenciálem, a využívání těchto zdrojů povede k uchování přijatelného ŽP a k udržitelnému rozvoji. Udržitelný rozvoj je definován jako rozvoj společnosti v souladu s ekonomickým, environmentálním a sociálním vývojem. Hlavní cíl udržitelného rozvoje je zachování ŽP nynějším i budoucím generacím v co nejméně pozměněné podobě. Samotná energetika je považována za jeden z největších znečišťovatelů ŽP, který ovlivňuje všechny jeho složky ŽP. Z hlediska environmentálního je snaha nahradit zdroje neobnovitelné za obnovitelné a také snaha o energetickou nezávislost.

Neobnovitelné zdroje jsou obvykle spjaty se značnou zátěží ŽP a to v případě využívání fosilních paliv a jaderné energetiky, kdy vznikají emise CO<sub>2</sub> do ovzduší a problémy s úložištěm jaderného odpadu (vyhořelé jaderné palivo) [27].

### 6.1 Vlivy fotovoltaických článků na životní prostředí

Z hlediska metody LCA-Life Cycle Analysis (životní cyklus výrobku) jsou posuzovány environmentální aspekty spojené s daným výrobkem, procesy a provozy souvisejícími s tímto výrobkem. Environmentální aspekty působí v průběhu celého životního cyklu výrobku. Aspekty zahrnují jak vlivy na ŽP, tak i spotřebu energie a surovin včetně jejich zpracování. Ve všech fázích životního cyklu jsou sledovány vstupní toky surovin, polotovarů, paliv a energií a výstupní toky produktů, odpadů a emisí. V případě fotovoltaických panelů z krystalického křemíku můžeme rozlišit následující fáze životního

cyklu: těžba surovin, výroba metalurgického křemíku (mg-Si), výroba solárního křemíku (sg-Si), výroba ingotu a desek, výroba článků, kompletace panelů, montáž fotovoltaického systému, provoz-výroba elektřiny, demontáž systému a recyklace komponent [26].

### **6.1.1 Emise do ovzduší**

Vlivy na ŽP spojené s energií z fotovoltaických článků mohou být různé v závislosti na využívané technologii (např. malé střešní aplikace nebo fotovoltaické elektrárny). Samotný provoz fotovoltaické elektrárny neprodukuje žádné emise do ovzduší nebo jakékoliv jiné škodlivé látky. Negativní vlivy na ŽP mohou představovat emise spojené s těžbou a výrobou solárního křemíku. Dále také emise vznikající při transportu materiálu, výstavbě, instalaci a servisu fotovoltaických systémů, demontáži a recyklaci. Z důvodu nízké produkce emisí nepřesahují tyto fáze životního cyklu emisní limity a proto je tento fakt zanedbatelný. Emisí do ovzduší se týká předpis č. 415/2012 Sb. Vyhláška o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší. V porovnání s EU je ČR relativně nezávislá na dovozu energií z neobnovitelných zdrojů a to z důvodu zásob uhlí a uranu, avšak je závislá na dovozu ropy a zemního plynu. Velký podíl na výrobě elektrické energie mají hnědouhelné elektrárny, které produkují velké množství emisí a mají negativní dopad na ŽP.

Používání fosilních paliv je z pohledu udržitelného rozvoje neúnosné a na základě těchto faktů je nutné je postupně nahradit obnovitelnými zdroji energie. Nejšetrnějším způsobem výroby elektrické energie je získání energie ze slunečního záření. Využívání solární energie je považováno za nejčistší udržitelné zdroje a za energetický systém s minimálním dopadem na ŽP. Se vstupem ČR do EU se naše země zavázala plnit cíle společné energetické politiky EU přijetím Směrnice Evropského parlamentu ze dne 27. 9. 2001 Rady 2001/77/ES o podpoře elektrického proudu vyrobeného z obnovitelných zdrojů. Evropská komise tímto deklaruje vůli plnit závazky vyplývající z Kjótského protokolu. Strategie pro evropský fotovoltaický průmysl spočívá v zajištění urychlené industrializace technologie fotovoltaických článků a podporu rozvoje alternativních technologií [26-28].

### **6.1.2 Záběr půdy**

Druhým zásadním negativním vlivem na ŽP související s výstavbou FVE je zábor půdy a zemědělského půdního fondu (ZPF) podle právního předpisu č. 334/1992 Sb. Zákon České národní rady o ochraně zemědělského půdního fondu. Zemědělský půdní fond je

základním přírodním zdrojem pro zemědělství, který vzniká zvětráváním hornin a činností živých organismů. Jeden z vážných problémů je přeměna úrodné půdy na neúrodné pouště, procesem zvaným desertifikace. Mezi další hrozbu zemědělského půdního fondu patří půdní eroze, která ohrožuje většinu kultivovaných zemědělských půd na světě. Přibližně kolem 2,4 milionu km<sup>2</sup> půd je ohrožena několika typy chemické degradace a jedná se především o ztrátu živin a organické hmoty (humusu). Zemědělský půdní fond představuje cenný přírodní zdroj a jeho zábor může způsobit vznik erozí a vymizení některých druhů živočichů. Fotovoltaické elektrárny mohou vyvolat obavy o degradaci půdy a narušení lokálních ekosystémů. Přeměna těchto úrodných ploch na zemském povrchu může způsobit změnu charakteru území úzce spojenou s budováním budov a jiných zařízení (v tomto případě výstavby FVE), které mohou mít za následek mnohostranné zátěže ŽP. Spotřeba celkových ploch pro využívání energie z fotovoltaických elektráren je v ČR vysoká. Čím menší je hustota energetického toku zdroje, tím větší plocha je potřeba k jeho využití.

Minimalizovat dopady na ŽP lze v případě vhodného zvolení umístění FVE na méně kvalitních půdách nebo v okolí opuštěných lokalit a dolů. Malé fotovoltaické systémy mohou být umístěny na střechách budov a tak nevykazují téměř žádné negativní dopady na ŽP tykající se záboru půdy a vlivů na ekosystémy [27-29].

### **6.1.3 Možné odpady z provozu a jejich recyklace**

Další problematikou fotovoltaických článků mohou být odpady a nakládání s odpady při vstupních i výstupních procesech. Hierarchie nakládání s odpady definuje potřebu předcházení vzniku odpadu, následně jej opětovně využívat, recyklovat, spalovat a poté teprve ukládat na skládky. Základní pravidla pro nakládání s odpady jsou stanovena zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a jeho prováděcími právními předpisy. Cíle pro nakládání s odpady a opatření pro jejich dosažení jsou stanoveny Plánem odpadového hospodářství České republiky a jeho plnění je vyhodnocováno prostřednictvím Hodnotící zprávy, která je zveřejňována na stránkách ministerstva. Plán odpadového hospodářství ČR musí být v souladu také s plány odpadového hospodářství krajů a plány odpadového hospodářství původců odpadů v ČR.

Recyklace fotovoltaických panelů se provádí na konci jejich životnosti, která je odhadována na 20-30 let, avšak v ideálních podmínkách může být doba i dvojnásobná. Komponenty z fotovoltaických panelů, použité k recyklaci, jsou sklo a hliníkové rámy, které jsou velmi běžně recyklovatelné. Problémy spojené s recyklací komponent může nastat z hlediska recyklace plastových materiálů, které jsou znehodnoceny degradací. Dále to mohou být těžké kovy, které jsou v nízkém podílu zastoupeny v komponentech fotovoltaického panelu, ale přesto představují největší negativní vliv na ŽP. Těžké kovy (Pb, Ag, Sn, Cu) mohou být v mnoha případech toxické, a proto se dbá na jejich odstranění z ŽP [27,28,30].

## **7 Výzkumná část**

Výzkumná část byla prováděna za účelem zjištění vlivů fotovoltaických článků na sociální skupinu lidí na Kutnohorsku.

### **7.1 Cíl výzkumu**

Cílem výzkumu bylo zjistit, zda fotovoltaické články vykazují určité vlivy na sociální skupinu lidí na Kutnohorsku a tyto specifikovat s ohledem na pozitivní a negativní dopady na ŽP, které byly brány v úvahu na základě literární rešerše odborné literatury.

### **7.2 Hypotézy**

H1: Domnívám se, že solární elektrárny v okolí města Čáslav zná více než 50 % respondentů.

H2: Domnívám se, že využívání solární energie považuje více než 40 % respondentů jako pozitivní alternativu.

H3: Domnívám se, že zábor půdy a narušení krajinného rázu představuje hlavní negativní vliv pro více než 65 % respondentů.

H4: Domnívám se, že nahrazení stávajícího energetického využití za solární elektrárny považuje jako ekologický prostředek více než 75 % respondentů.

H5: Domnívám se, že fotovoltaické články vykazují více jak z 25 % jiné vlivy na sociální skupinu lidí než byly zmíněny v dotazníku.

H6: Domnívám se, že zájem o trvale udržitelný rozvoj má více než 30 % respondentů.

### 7.3 Metodika

Ke sběru dat pro výzkumnou část vlivů fotovoltaických článků na sociální skupinu lidí na Kutnohorsku byla použita dotazníková metoda. V dotazníku je obsaženo 12 otázek. Dotazníky byly anonymně vyplněny ve dvou oblastech. První oblast výzkumu byla město Čáslav, kde bylo osloveno 50 respondentů. Po dohodě s magistrátem města Čáslav nebylo potřebné povolení pro výzkum. Druhou oblastí byla přilehlá obec Starkoč. V obci bylo osloveno také 50 respondentů. Po dohodě se starostou obce nebylo zapotřebí povolení k výzkumu. V rámci předvýzkumu dotazník vyplnili 2 respondenti z obce Starkoč. Respondenti plně porozuměli kladeným otázkám. Dotazníků bylo rozdáno 100, návratnost činila 100 % z důvodu přímého oslovení respondentů. Obdržená data byla zpracována a vyhodnocena statisticky čárkovací metodou. Touto metodou byla zjištěna četnost jednotlivých odpovědí všech respondentů.

K hypotéze č. 1 se vztahuje otázka č. 4.

K hypotéze č. 2 se vztahuje otázka č. 5, 9.

K hypotéze č. 3 se vztahuje otázka č. 8, 10.

K hypotéze č. 4 se vztahuje otázka č. 6, 7.

K hypotéze č. 5 se vztahuje otázka č. 11.

K hypotéze č. 6 se vztahuje otázka č. 12.

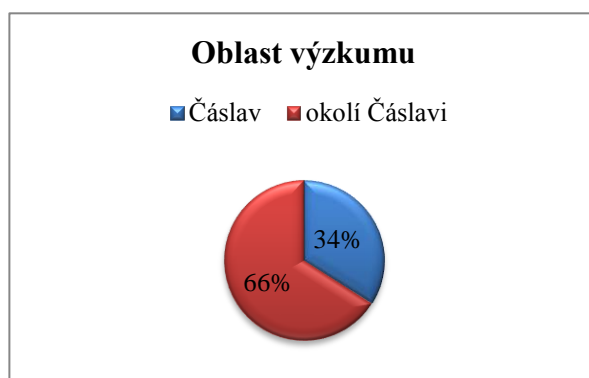
## 7.4 Charakteristika souboru respondentů

Otázka č. 1: V jaké oblasti bydlíte?

- a) Čáslav
- b) okolí Čáslavi

Tabulka 1 Oblasti výzkumu

Oblast	Počet
Čáslav	34
okolí Čáslavi	66



Obr. 12 Oblast výzkumu

**Vyhodnocení:** V souboru bylo nejvíce respondentů zastoupeno z okolí Čáslavi v počtu 66 (66 %).

Otázka č. 2 : Jste: MUŽ ŽENA (zakroužkujte)

Tabulka 2 Pohlaví respondentů

Kategorie	Počet	Procento
Muž	72	72 %
Žena	28	28 %

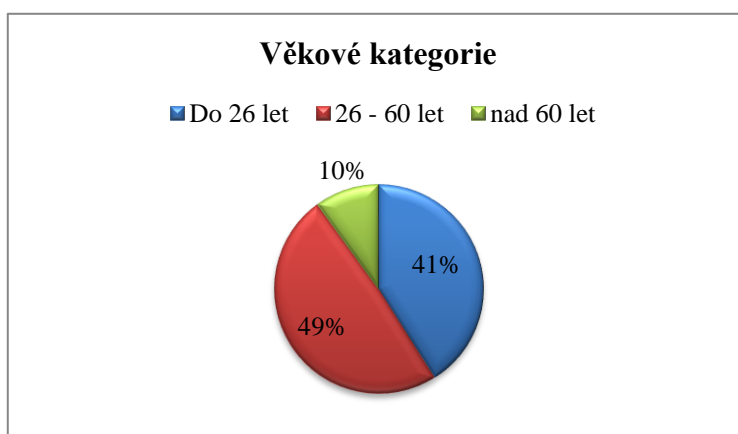
**Vyhodnocení:** Soubor respondentů byl složen ze 72 % mužů a pouze z 28 % žen.

Otázka č. 3: Do jaké věkové kategorie spadáte?

- a) do 26 let
- b) 27 - 60 let
- c) nad 60 let

Tabulka 3 Věkové kategorie

Kategorie	Počet	Procento
Do 26 let	41	41 %
26 - 60 let	49	49 %
nad 60 let	10	10 %



Obr. 13 Věkové kategorie

**Vyhodnocení:** V souboru bylo nejvíce zastoupeno respondentů ve věku 26-60 let (49 %).

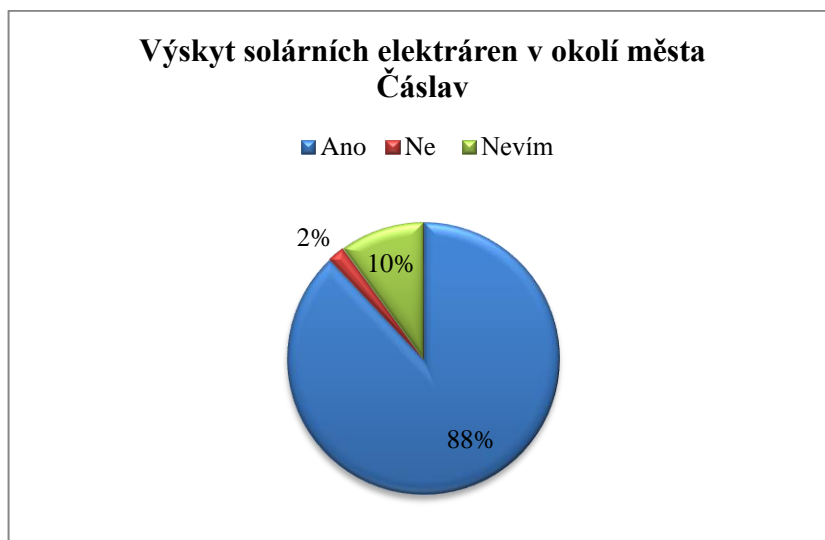


## 7.5 Interpretace výsledků

**Hypotéza č. 1: Domnívám se, že solární elektrárny v okolí města Čáslav zná více než 50 % respondentů.**

Otázka č. 4: Vyskytuje se ve Vašem okolí solární elektrárna?

- a) ano
- b) ne
- c) nevím



Obr. 14 Výskyt solárních elektráren v okolí města Čáslav

**Závěr:** Hypotéza se potvrdila. Výskyt solárních elektráren v okolí města Čáslav zná 88 % respondentů žijící v této oblasti.

**Hypotéza č. 2: Domnívám se, že využívání solární energie považuje více než 40 % respondentů jako pozitivní alternativu.**

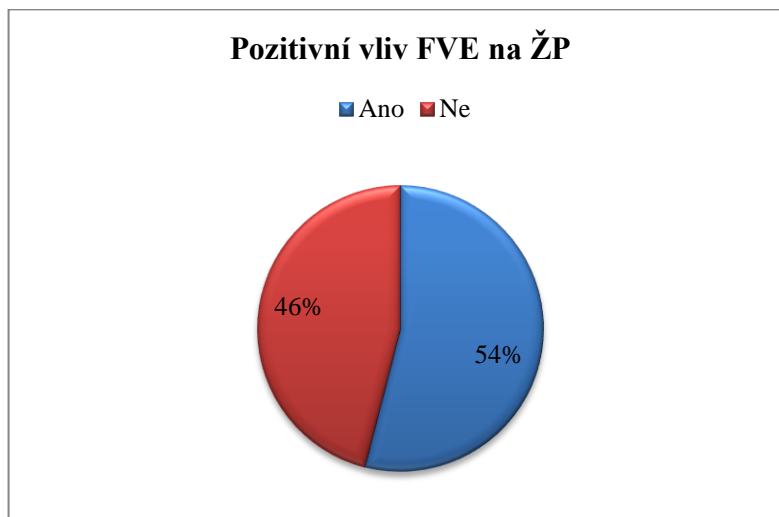
Otázka č. 5: Myslíte si, že výstavba a využívání solární elektrárny má pozitivní vliv na ŽP?

ANO                      NE    (zakroužkujte)

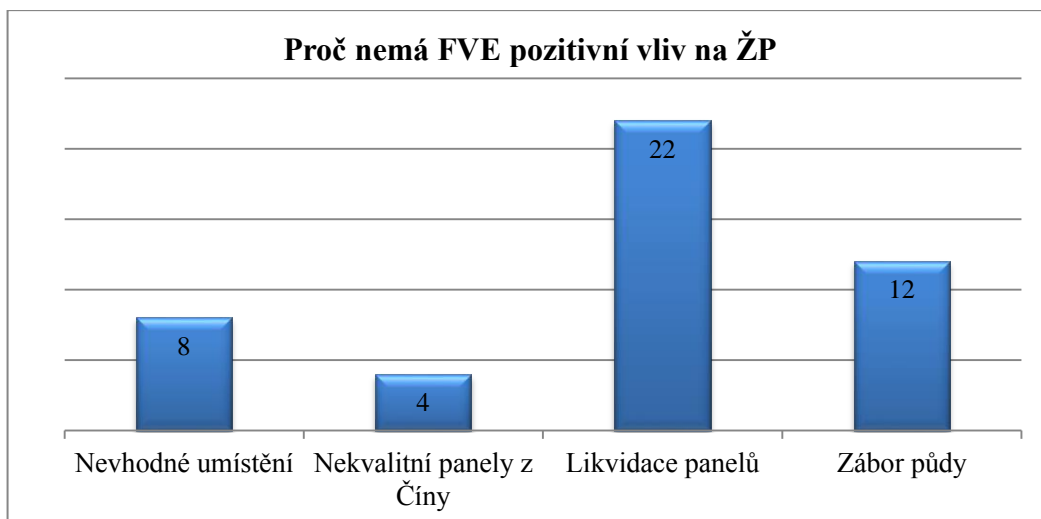
V případě zodpovězení NE, uveďte proč: \_\_\_\_\_

Tabulka 4 Pozitivní vlivy

Pozitivní vliv	Počet	Procento
Ano	54	54 %
Ne	46	46 %



Obr. 15 Pozitivní vliv FVE na ŽP



Obr. 16 Proč nemá FVE pozitivní vliv na ŽP

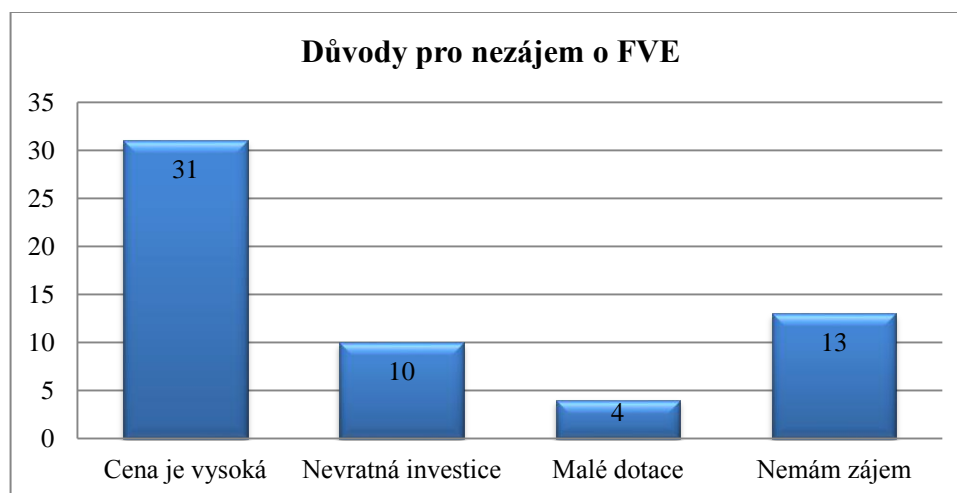
Otázka č. 9: Uvažovali jste (nebo máte zájem) o využití solárních panelů ve vaší domácnosti nebo firmě?

ANO                      NE      (zakroužkujte)

V případě zodpovězení NE, uveďte proč: \_\_\_\_\_

Tabulka 5 Zájem o FVE

Zájem	Počet	Procento
Ano	42	42 %
Ne	58	58 %



Obr. 17 Důvody pro nezájem o FVE

**Závěr:** Hypotéza se potvrdila. Využívání solární energie prostřednictvím fotovoltaických článků považuje za pozitivní alternativu 54 % respondentů. Zbýlých 46 % respondentů si myslí, že nemá využívání solární energie žádný pozitivní vliv. Za největší negativní důvod považuje 22 % respondentů likvidaci panelů a odpadů vzniklých z panelů. Z celkového počtu respondentů má o FVE zájem 42 % respondentů, avšak největším důvodem pro nezrealizování je jejich příliš vysoká cena.

**Hypotéza č. 3: Domnívám se, že zábor půdy a narušení krajinného rázu představuje hlavní negativní vliv pro více než 65 % respondentů.**

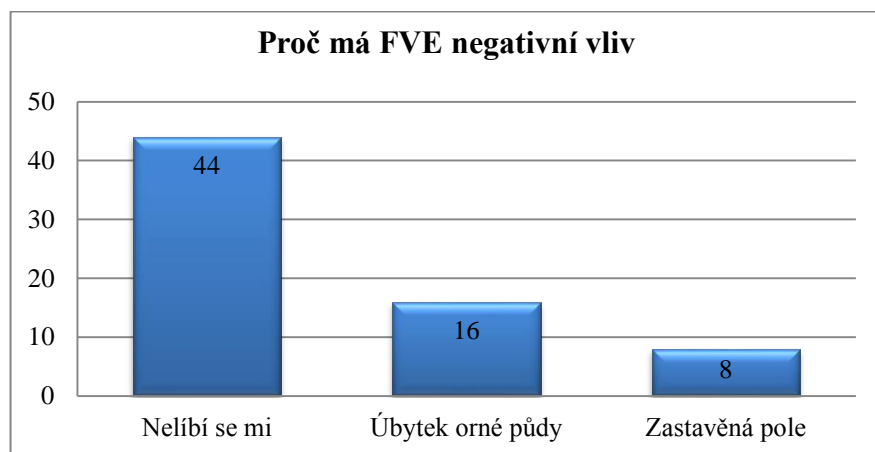
Otázka č. 8: Má na Vás vliv výstavba solární elektrárny v rámci estetiky a zastavěné půdy?

ANO                      NE    (zakroužkujte)

V případě zodpovězení ANO, uveďte proč: \_\_\_\_\_

Tabulka 6 Negativní vliv v rámci estetiky a záboru půdy

Vliv	Počet	Procento
Ano	68	68 %
Ne	32	32 %



Obr. 18 Proč má FVE negativní vliv

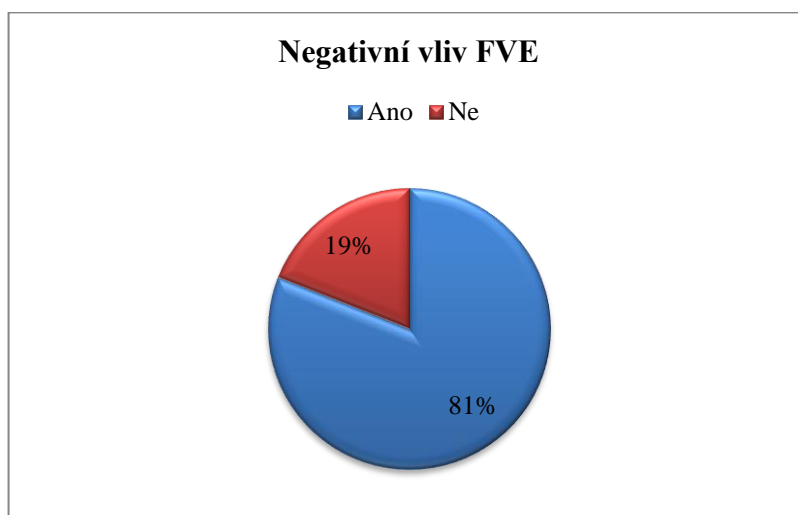
Otázka č. 10: Myslíte si, že má významný negativní vliv výstavba solární elektrárny na původní floru, faunu a zemědělskou produkci?

ANO NE (zakroužkujte)

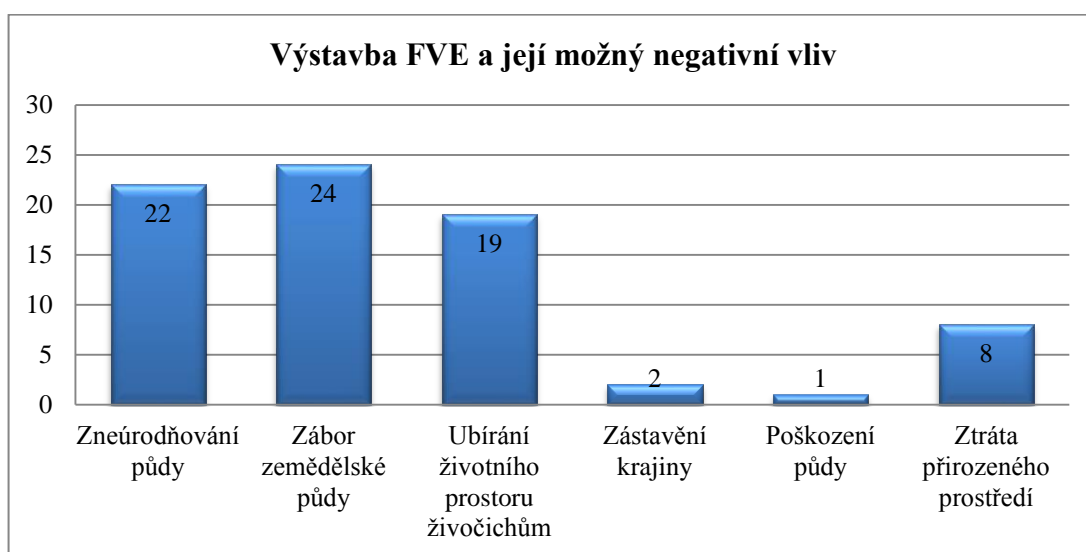
V případě zodpovězení ANO, uveďte proč: \_\_\_\_\_

Tabulka 7 Negativní vliv FVE na floru a faunu

Vliv	Počet	Procento
Ano	76	76 %
Ne	24	24 %



Obr. 19 Negativní vliv FVE



Obr. 20 Výstavba FVE a její možný negativní vliv

**Závěr:** Hypotéza se ve své první části potvrdila. Pro 68 % respondentů má výstavba FVE negativní vliv z pohledu estetiky a záboru půdy. Celkem 44 % respondentů odpovědělo, že se jim výstavba FVE nelíbí a narušuje krajinný ráz. Hypotéza se však v druhé části nepotvrdila, neboť 81 % respondentů odpovědělo, že za významný negativní vliv považují vliv na původní faunu, floru a zemědělskou produkci. Výsledek výzkumu ukazuje, že sociální skupinu lidí více ovlivňuje možný vliv na floru, faunu a zemědělskou produkci oproti negativnímu vlivu v rámci estetiky a záboru půdy.

**Hypotéza č. 4: Domnívám se, že nahrazení stávajícího energetického využití za solární elektrárny považuje jako ekologický prostředek více než 75 % respondentů.**

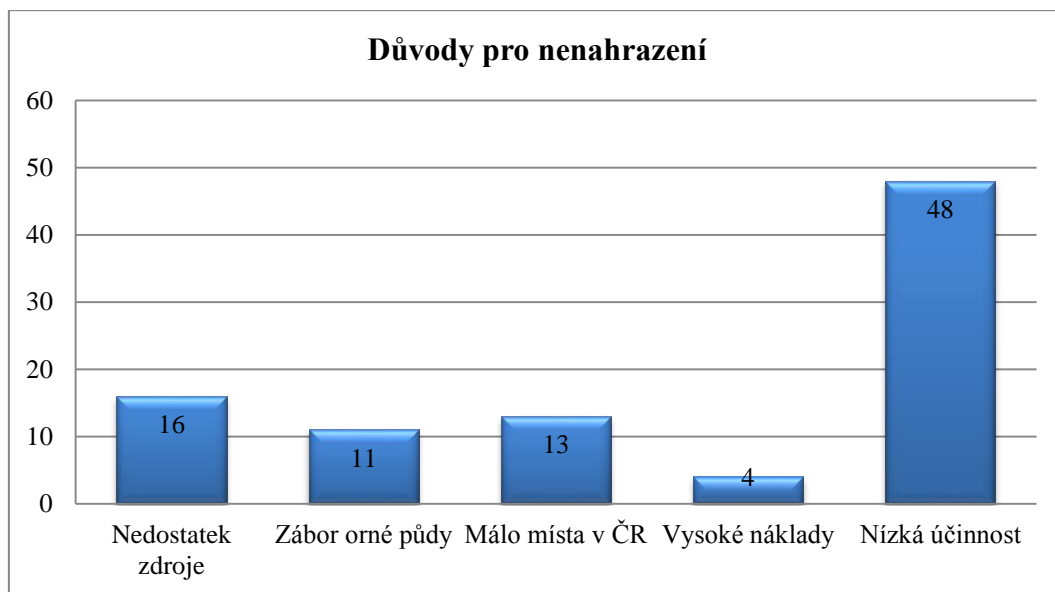
Otázka č. 7: Myslíte si, že využití solární energie může plně nahrazovat stávající způsoby získávání energie (tepelné, jaderné elektrárny)?

ANO            NE    (Zakroužkujte)

V případě zodpovězení NE, uveďte proč : \_\_\_\_\_



Obr. 21 Nahrazení FVE za stávající způsoby získávání energie

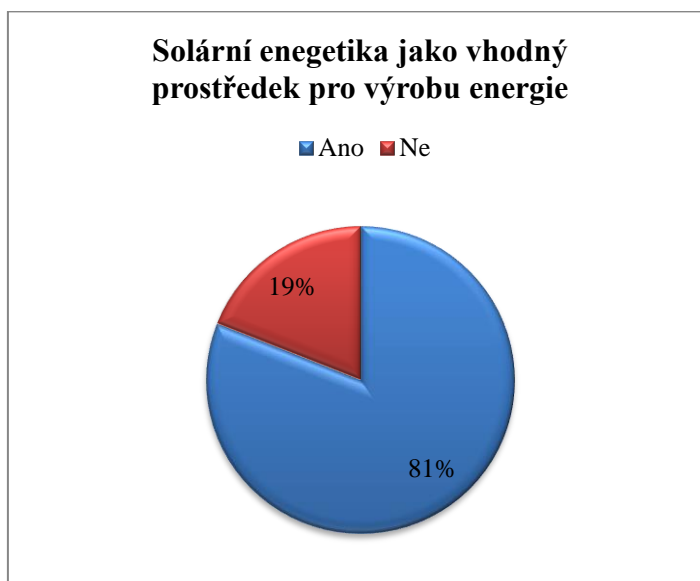


Obr. 22 Důvody pro nenahrazení

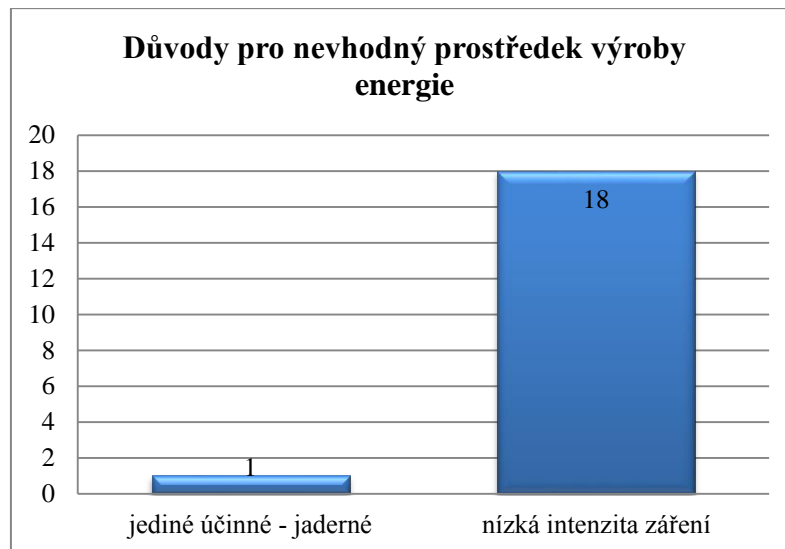
Otázka č. 6: Myslíte si, že je vhodným prostředkem pro výrobu energie využití ekologicky nenáročných elektráren (solární, větrné, vodní) za cenu nižší účinnosti?

ANO            NE    (Zakroužkujte)

V případě zodpovězení NE, uveďte proč: \_\_\_\_\_



Obr. 23 Solární energie jako vhodný prostředek pro výrobu energie



Obr. 24 Důvody pro nevhodný prostředek výroby energie

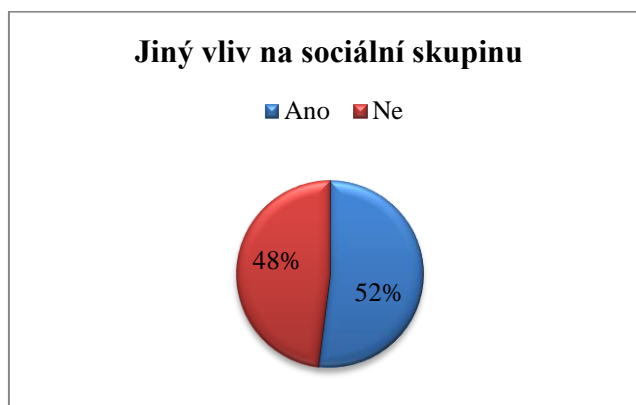
**Závěr:** Hypotéza se nepotvrdila. Nahrazení stávajících zdrojů energie za solární energetiku nepovažuje 92 % respondentů za možné. Jako hlavní důvod zvolili nízkou účinnost solární energetiky v počtu 48. Avšak 81 % respondentů považuje ekologické elektrárny za vhodný prostředek pro výrobu energie.

**Hypotéza č. 5: Domnívám se, že fotovoltaické články vykazují více jak z 25 % jiné vlivy na sociální skupinu lidí než byly zmíněny v dotazníku.**

Otázka č. 11: Má na Vás jiný vliv solární energetika, který není zde uveden?

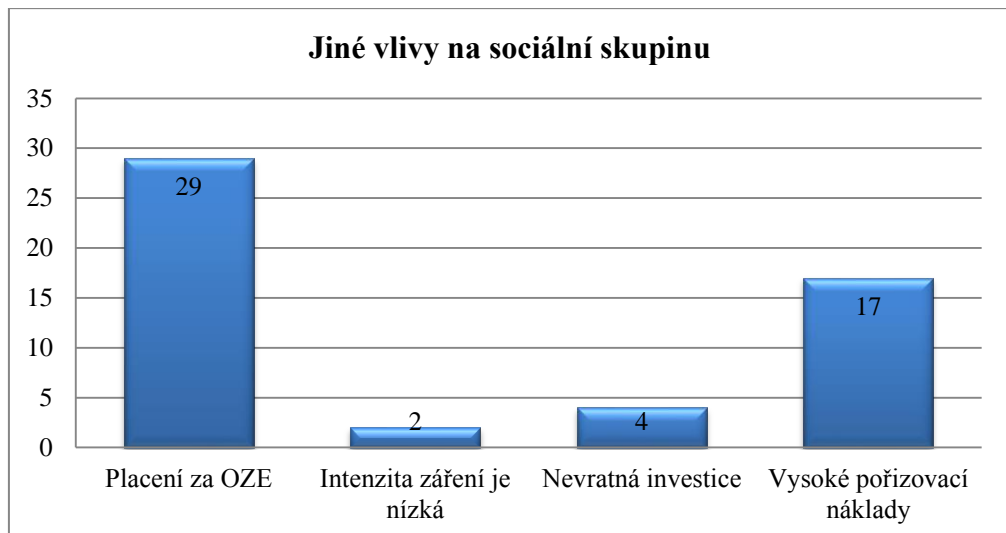
ANO            NE    (Zakroužkujte)

V případě zodpovězení NE, uveďte proč: \_\_\_\_\_



Obr. 25 Jiný vliv na sociální skupinu



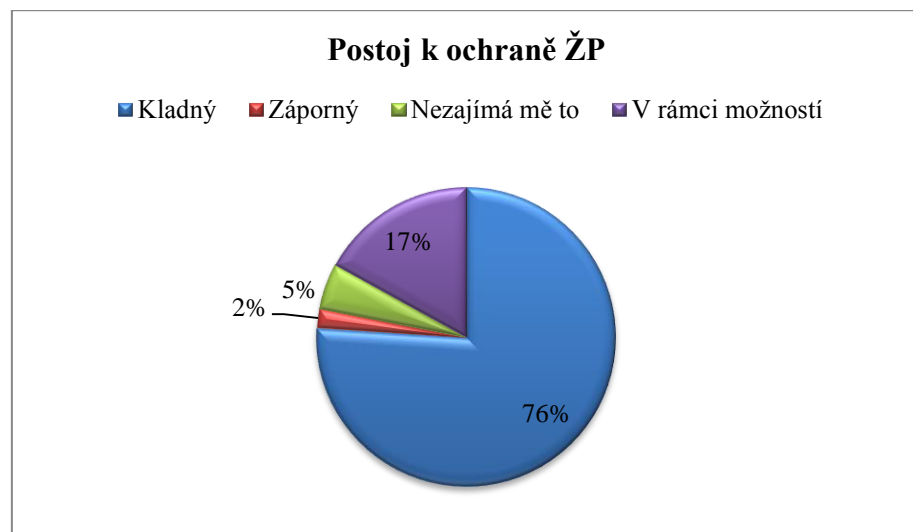


Obr. 26 Jiné vlivy na sociální skupinu

**Závěr:** Hypotéza se potvrdila. Využívání fotovoltaických článků vykazuje z 52 % jiné vlivy na sociální skupinu lidí, než byly uvedeny v dotazníku. Nejvíce byl zastoupen vliv v rámci poplatků za OZE v počtu 29 respondentů.

**Hypotéza č.6: Domnívám se, že zájem o trvale udržitelný rozvoj má více než 30 % respondentů.**

Otázka č. 12: Jaký je Váš postoj k ochraně ŽP? (třídění odpadů, recyklace, ekologické elektrárny apod.)



Obr. 27 Postoj k ochraně ŽP

**Závěr:** Hypotéza se potvrdila. Ze souboru respondentů má kladný vztah k trvale udržitelnému rozvoji 76 % a to nejen v třídění plastů, skla, papíru, ale také v oblasti nebezpečných odpadů a zpětného využití odpadu ze zahrad.

## Závěr

Cílem bakalářské práce bylo provést rešerši odborné literatury zabývající se využitím fotovoltaických článků a jejich možným vlivem na životní prostředí.

V úvodních kapitolách byla popsána solární energie a poté byla věnována pozornost popisu fotovoltaického článku. Byly popsány základní principy a klasifikace fotovoltaických článků, vysvětleny jednotlivé typy a schematicky znázorněny.

V dalších kapitolách byly popsány etapy technologického vývoje a bylo zhodnoceno využití fotovoltaických článků z pohledu celosvětového měřítka. Na základě těchto dat bylo zjištěno, že během 5 let došlo k výraznému rozvoji jejich využití. Největší vývoj představuje využití fotovoltaických článků v automobilové a letecké dopravě. Dále byl popsán vývoj a využití článků na území ČR. V porovnání s celosvětovým využitím se ČR řadí do předních míst. Využití fotovoltaických článků v ČR představuje především malé střešní aplikace a výstavby rozsáhlých fotovoltaických elektráren. Na základě poznatků byly v poslední kapitole zhodnoceny a popsány možné pozitivní i negativní dopady na životní prostředí související s fotovoltaickými články.

Praktická část práce byla zaměřena na aspekty dopadu výstavby a využívání fotovoltaických elektráren (tedy i samotných fotovoltaických článků) na sociální skupinu lidí na Kutnohorsku. Výzkumná část byla provedena prostřednictvím dotazníků a vyplněna obyvateli města Čáslav a přilehlých obcí.

Výzkum prokázal, že soubor respondentů je velmi dobře informován o obnovitelných zdrojích energie, ochraně životního prostředí a využívání fotovoltaických článků. Během výzkumu a přímého oslovení respondentů byla zjištěna velmi častá záměna pojmů tepelný kolektor a fotovoltaický článek. Soubor respondentů měl celkově negativní pohled na využívání fotovoltaických článků z hlediska cena účinnosti.

Překvapivý výsledek výzkumu byl ten, že respondenti považovali fotovoltaiku za vhodnou alternativu v rámci ochrany životního prostředí, avšak se ztotožňovali s názorem, že fotovoltaika má negativní vliv na životní prostředí a to především z hlediska záboru půdy a vlivu na ekosystémy. Sociální skupinu lidí na Kutnohorsku ovlivňovaly především vysoké ceny a negativní vliv na původní floru a faunu.

## Použitá literatura

- [1] NOSKIEVIČ, P., KAMINSKÝ, J. *Využití energetických zdrojů*: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta stojní. 44. vyd. Ostrava: PHARE, 1996. ISBN 80-7078-378-8.
- [2] TŮMA, J., ČERMÁK, J. *Elektroenergetika a životní prostředí*: Vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická. Praha: ČVUT, 1993. ISBN 80-010-1050-3.
- [3] BROŽ, K., ŠOUREK, B. *Alternativní zdroje energie*, České vysoké učení technické v Praze, ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02802-X
- [4] KOSMÁK, F. *elektrika.cz* [online]. [cit. 25.5.2014]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/princip-fotovoltaiickeho-clanku/view>
- [5] QUASCHNING, V. *Obnovitelné zdroje energií*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2010. 296 stran, ISBN 978-80-247-3250-3.
- [6] MOTLÍK, J. a kol. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České Republice*, ČESKÁ ENERGETIKA s.r.o., ČEZ, a.s. Praha 2003. ISBN 978-802-3988-239
- [7] ARMAROLI, N., BALZANI, V. *Energy for a Sustainable World: From the Oil Age a Sun-Powered Future*. Germany: Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Weinheim, 2011. ISBN 978-3-527-32540-5.
- [8] POULEK, V., LIBRA, M., Konstrukce a výroba fotovoltaických článků a panelů: Výroba křemíku. *Elektro: Odborný časopis pro elektrotechniku*. 2010, roč. 2010, č. 3, s. 6-9. DOI: 1210-0889. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/40646.pdf>
- [9] DENÍK. *chomutovsky.denik.cz* [online]. [cit. 25.5.2014]. Dostupné z: [http://chomutovsky.denik.cz/zpravy\\_region/cv\\_parkovaci\\_solarni\\_20080111.html](http://chomutovsky.denik.cz/zpravy_region/cv_parkovaci_solarni_20080111.html)
- [10] WILSON, L. *inhabitat.com* [online]. [cit. 25.5.2014]. Dostupné z: <http://inhabitat.com/infographic-the-worlds-top-10-solar-countries/>
- [11] KAPLAN, J. *goodcleantech.pcmag.com* [online]. [cit. 25.5.2014]. Dostupné z: <http://goodcleantech.pcmag.com/solar-energy/279993-concentrating-photovoltaics-power-greek-solar-plant>

- [12] KRYNEK, O. *designmagazine.cz* [online]. [cit. 25.5.2014]. Dostupné z: <http://www.designmagazin.cz/umeni/3474-pekings-ma-prvni-solarni-digitalni-stenu-na-budove.html>
- [13] SLAVÍKOVÁ, P. a SLAVÍK, P. Se sluncem po Německu: Fotovoltaická tramvaj mezi skalami. *Světlo: Časopis pro světlo a osvětlování*. 2010, roč. 2010, č. 4, s. 24-25. DOI: 1212-0812. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/41818.pdf>
- [14] GROHMANN, J. Ford C-Max Solar Energi Concept: plug-in hybrid dobíjený sluncem. *Hybrid.cz* [online]. 5.1.2014 [cit. 2014-04-23]. DOI: 1802-5323. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/c-max-solar-energi-concept-ford-se-solarni-karoserii>
- [15] CUNNINGHAM, J. Solar powered aircraft take off. *Eureka: The site for engineering design* [online]. 14.1. 2013 [cit. 2014-04-28]. DOI: 01322221144. Dostupné z: <http://www.eurekamagazine.co.uk/design-engineering-features/technology/solar-powered-aircraft-take-off/47319/>
- [16] KABEŠ, K. Solární články tištěné na papíře. *Světlo: Časopis pro světelnou techniku a osvětlování*. 2012, roč. 2012, č. 1, s. 17. DOI: 1212-0812. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Svetlo/2012/01/Svetlo\\_01\\_2012\\_output/web/Svetlo\\_01\\_2012\\_opf\\_files/WebSearch/page0019.html](http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Svetlo/2012/01/Svetlo_01_2012_output/web/Svetlo_01_2012_opf_files/WebSearch/page0019.html)
- [17] WOLF, P. Fotovoltaické elektrárny – od návrhu po realizaci: Novinky v oblasti fotovoltaických systémů. *Světlo: Časopis pro světelnou techniku a osvětlování*. 2009, roč. 2009, č. 4, s. 24-26. DOI: 1212-0812. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39403.pdf>
- [18] KUTAL, K., ŠENKAPOUL, R. Stav FVE v České republice: Požadavky EU na výrobu elektrické energie z OZE. *Světlo: Časopis pro světelnou techniku a osvětlování*. 2010, roč. 2010, č. 6, s. 52-53. DOI: 1212-0812. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/42564.pdf>
- [19] MEDEK, F. *Netradiční zdroje energie a architektura*. České vysoké učení technické v Praze: ČVUT, 1994. ISBN 80-01-01198-4.

- [20] SOKANSKÝ, K., MIŠÁK, S., NOVÁK, T. Využití obnovitelných zdrojů energie k napájení svítidel veřejného osvětlení: Princip funkce napájení svítidla VO z obnovitelných zdrojů. *Světlo: Časopis pro světelnou techniku a osvětlování*. 2009, roč. 2009, č. 6, s. 46-47. DOI: 1212-0812. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Svetlo/2012/01/Svetlo\\_01\\_2012\\_output/web/Svetlo\\_01\\_2012\\_opf\\_files/WebSearch/page0019.html](http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Svetlo/2012/01/Svetlo_01_2012_output/web/Svetlo_01_2012_opf_files/WebSearch/page0019.html)
- [21] NOVÁK, J., MLYNÁŘÍK, L., Možnosti využití sluneční energie v systémech regionální kolejové dopravy. *Elektro: Odborná časopis pro elektrotechniku*. 2012, roč. 2012, č. 1, s. 6-7. DOI: 1210-0889. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Elektro/2012/01/Elektro\\_01\\_2012\\_output/web/Elektro\\_01\\_2012\\_opf\\_files/WebSearch/page0008.html](http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Elektro/2012/01/Elektro_01_2012_output/web/Elektro_01_2012_opf_files/WebSearch/page0008.html)
- [22] JV PROJECT. Seznam a mapa solárních elektráren v ČR. [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.elektrarny.pro/seznam-elektraren.php?kj=nic&os=nic&vn-od=&vn-do=&nv=&ml=&le=&zobraz=Hledej>
- [23] ČTK. *IHNED.CZ*. [online]. 2013. vyd. 5.2.2013 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://byznys.ihned.cz/c1-59259070-ceska-republika-ma-treti-nejvetsi-vykon-solarnich-elektraren-na-obyvatele-v-eu>
- [24] JV PROJECT, elektrarny.pro [online]. [cit. 25.4.2014]. Dostupné z: <http://www.elektrarny.pro/grafy.php>
- [25] HRZINA, P. Laboratoř diagnostiky fotovoltaických systémů ČVUT FEL v Praze. *Elektro: Odborná časopis pro elektrotechniku*. 2012, roč. 2012, 8-9, s. 56. DOI: 1210-0889. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Elektro/2012/08/Elektro\\_08\\_2012\\_output/web/Elektro\\_08\\_2012\\_opf\\_files/WebSearch/page0058.html](http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Elektro/2012/08/Elektro_08_2012_output/web/Elektro_08_2012_opf_files/WebSearch/page0058.html)
- [26] KREUZ, J., VOJÁČEK, O., *Firma a životní prostředí*. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze Oeconomia, 2007. ISBN 978-80-245-1254-9.
- [27] KRŽIŽ, R. a kol. *Udržitelný rozvoj a veřejná správa*. 1. vyd. Žilina: Georg-Juraj Štefuň, 2013. ISBN 978-80-8154-047-9.
- [28] MOLDAN, B. *Ekologická dimenze udržitelného rozvoje*. Univerzita Karlova v Praze: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-0246-6.

- [29] SCHEER, H. *Sluneční strategie: politika bez alternativy*. 2. vyd. Německo: R. Piper GmbH and Co. KG, München, 1998. ISBN 80-902535-0-4.
- [30] BECHNÍK, B., BAŘINKA, R., ČECH, P. *Analýza životního cyklu fotovoltaických systémů*. [Online]. 2014. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.czrea.org/files/pdf/BechnikBarinkaCech.pdf>
- [31] KABEŠ, K. Rychlý rozvoj fotovoltaiky v Evropské unii . *Elektro: Odborný časopis pro elektrotechniku*, 2007, č.1. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=34606](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=34606)

## Seznam příloh

Příloha A <i>Dotazník</i> .....	57
Příloha B <i>Rozvoj FVE v Evropě [31]</i> .....	59



Vážení respondenti,

chtěla bych Vás požádat o pomoc při vypracování mé bakalářské práce na téma Využití fotovoltaických článků a jejich vliv na životní prostředí. Prosím Vás o vyplnění anonymního dotazníku, který mi poslouží jako podklad pro vypracování výzkumné části bakalářské práce. U každé otázky vyplňte vždy jednu z možností a popřípadě zdůvodněte svou odpověď.

Děkuji za vyplnění dotazníku.

Michaela Merunková, Univerzita Pardubice, obor Management ochrany životního prostředí

1. V jaké oblasti bydlíte?
  - a) Čáslav
  - b) okolí Čáslavi
  
2. Jste:      MUŽ      ŽENA      (zakroužkujte)
  
  
3. Do jaké věkové kategorie spadáte?
  - a) do 26 let
  - b) 27 - 60 let
  - c) nad 60 let
  
  
4. Vyskytuje se ve Vašem okolí solární elektrárna?
  - a) ano
  - b) ne
  - c) nevím
  
  
5. Myslíte si, že výstavba a využívání solární elektrárny má pozitivní vliv na životní prostředí?  
ANO                      NE

V případě zodpovězení NE, uveďte proč: \_\_\_\_\_

6. Myslíte si, že je vhodným prostředkem pro výrobu energie využití ekologicky nenáročných elektráren (solární, větrné, vodní) za cenu nižší účinnosti?

ANO                      NE

V případě zodpovězení NE, uveďte proč: \_\_\_\_\_

7. Myslíte si, že využití solární energie může plně nahrazovat stávající způsoby získávání energie (tepelné, jaderné elektrárny)?

ANO                      NE

V případě zodpovězení NE, uveďte proč: \_\_\_\_\_

8. Má na Vás vliv výstavba solární elektrárny v rámci estetiky a zastavěné půdy?

ANO                      NE

V případě zodpovězení ANO, uveďte proč: \_\_\_\_\_

9. Uvažovali jste nebo máte zájem o využití solárních panelů ve vaší domácnosti nebo firmě?

ANO                      NE      (zakroužkujte)

V případě zodpovězení NE, uveďte proč: \_\_\_\_\_

10. Myslíte si, že má významný negativní vliv výstavba solární elektrárny na původní floru, faunu a zemědělskou produkci?

ANO                      NE      (zakroužkujte)

V případě zodpovězení ANO, uveďte proč: \_\_\_\_\_

11. Má na Vás jiný vliv solární energetika, který není zde uveden? Jaký?

ANO                      NE      (zakroužkujte)

V případě zodpovězení ANO, uveďte proč: \_\_\_\_\_

12. Jaký je Váš postoj k ochraně životního prostředí? (třídění odpadů, recyklace, ekologické elektrárny apod.)

Uveďte jaký: \_\_\_\_\_

Pořadí	Země	Přírůstek za rok 2004 (MW <sub>p</sub> )	Přírůstek za rok 2005 (MW <sub>p</sub> )	Celkový výkon na konci roku 2005 (MW <sub>p</sub> )	Výkon na 1 obyvatele (W <sub>p</sub> )
1.	Německo	503,000	603,000	1537,000	18,56 (2)
2.	Španělsko	10,589	20,200	57,700	1,40 (5)
3.	Nizozemsko	5,660	2,100	51,200	3,13 (3)
4.	Itálie	5,000	5,000	36,000	0,62 (8)
5.	Francie	5,230	6,367	32,667	0,54 (9)
6.	Lucembursko	8,030	0,066	23,266	51,47 (1)
7.	Rakousko	2,347	2,250	21,430	2,65 (4)
8.	Velká Británie	2,261	2,500	10,664	0,18 (14)
9.	Řecko	1,300	0,900	5,444	0,51 (10)
10.	Švédsko	0,285	0,310	4,176	0,46 (12)
11.	Finsko	0,300	0,300	4,002	0,77 (7)
12.	Portugalsko	0,631	0,600	3,300	0,32 (13)
13.	Dánsko	0,445	0,350	2,640	0,49 (11)
14.	Belgie	0,336	0,502	1,765	0,17 (15)
15.	Kypr	0,155	0,280	0,625	0,81 (6)
16.	Česká republika	0,086	0,114	0,530	0,05 (18)
17.	Polsko	0,127	0,083	0,317	0,01 (21)
18.	Irsko	0,020	0,200	0,300	0,07 (17)