

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra technologických zařízení staveb**



## **Diplomová práce**

**Návrh, realizace, optimalizace a ověření funkce  
autonomních kamerových systémů**

**Autor práce: Bc. Stanislav Pícek**

**Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Votruba, Ph.D.**

© 2022 ČZU v Praze

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Stanislav Pícek

Informační a řídicí technika v agropotravinářském komplexu

Název práce

**Návrh, realizace, optimalizace a ověření funkce autonomních kamerových systémů**

Název anglicky

**Design, implementation, optimization and verification of the function of autonomous camera systems**

---

### Cíle práce

Cílem práce je navrhnout, matematicky prokázat a prakticky realizovat ostrovní autonomní kamerový systém bez externího napájení. Navržený a realizovaný systém poté dlouhodobě provozovat s běžným provozním měřením a kontrolou.

### Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika
4. Kamerové systémy z pohledu energetické náročnosti
5. Alternativní zdroje el. energie v podmínkách ČR
6. Výběr konkrétního technického řešení
7. Matematický model a jeho rozbor
8. Konstrukce navržené sestavy
9. Definice metodiky testování
10. Výsledky měření a jejich rozbor
11. Ekonomické vyhodnocení
12. Závěr a zhodnocení

## Doporučený rozsah práce

50 – 60 stránek včetně obrázků a grafů

## Klíčová slova

CCTV, napájení, solární panely

---

## Doporučené zdroje informací

COMER, D E. Computer networks and Internets : with Internet applications. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2009. ISBN 0-13-091449-5.

HASELHUHN, R.: Fotovoltaika, HEL, 2019, ISBN: 99108567

James F. Kurose: Počítačové sítě, Computer Press, 2014, EAN: 9788025138250

JANEČKOVÁ, E. – BARTÍK, V. Kamerové systémy v praxi : právní režim z pohledu ochrany osobních údajů a ochrany osobnosti. Praha: Linde, 2011. ISBN 978-80-7201-850-5.

KŘEČEK, S. Příručka zabezpečovací techniky. Blatná: Blatenská tiskárna, 2006. ISBN 80-902938-2-4.

MATUŠKA, T.: Solární zařízení v příkladech, Grada, 2012, ISBN: 978-80-247-3525-2

UHLÁŘ, J. – POLICEJNÍ AKADEMIE ČESKÉ REPUBLIKY. KATEDRA TECHNICKÝCH PROSTŘEDKŮ BEZPEČNOSTNÍCH SLUŽEB. Technická ochrana objektů. II. díl, Elektrické zabezpečovací systémy II. Praha: Vydavatelství PA ČR, 2005. ISBN 80-7251-189-0.

ŽŮREK, J. Praktický průvodce GDPR. Olomouc: ANAG, 2017. ISBN 978-80-7554-097-3.

---

## Předběžný termín obhajoby

2021/2022 LS – TF

## Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Votruba, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 3. 2. 2021

**doc. Ing. Jan Maláták, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 22. 03. 2022

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Návrh, realizace, optimalizace a ověření funkce autonomních kamerových systémů" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.03.2022

---

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Zdeňkovi Votrubovi za vedení a cenné rady při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat svému otci za pomoc při realizaci a měření projektu.

# Návrh, realizace, optimalizace a ověření funkce autonomních kamerových systémů

## Abstrakt

Práce rozebírá řešení ostrovního napájení kamerového systému pomocí solárních panelů. Nejprve analyzuje fyzické součásti systému. Věnuje se solárnímu napájení a akumulátorům, protože tvoří základ správně fungujícího systému. Dále budou probrány kamerové systémy, které tvoří druhou podstatnou část projektu. V praktické části je systém navrhnout na konkrétní kamerový systém a jeho funkčnost ověřena testováním v reálných podmínkách a výsledky měření jsou prezentovány. Protože testování ukazuje, že navržený solární systém nedokáže udržet kamery v provozu, předposlední část se věnuje úpravě systému a testování nové konfigurace. V poslední části navazuje shrnutí práce a cena realizace.

**Klíčová slova:** CCTV, Napájení, Solární panely

# **Design, implementation, optimization and verification of the function of autonomous camera systems**

## **Abstrakt**

This thesis analyzes the solution of the island power supply of the camera system using solar panels. It first analyzes the physical components of the system. It deals with solar power and batteries because it forms the basis of a properly functioning system. Furthermore, the camera systems that form the second essential part of the project will be discussed. In the practical part, the system is designed for a specific camera system and its functionality is verified by testing in real conditions and the measurement results are presented. Because testing shows that the designed solar system cannot keep the cameras running, the penultimate part is devoted to modifying the system and testing the new configuration. The last part is followed by a summary of the work and the cost of implementation.

**Keywords:** CCTV, Power supply, Solar panels

## Obsah

1.	Úvod .....	1
2.	Metodika.....	3
3.	Části solárního systému .....	4
3.1.	Solární panel.....	5
3.2.	Solární regulátor .....	7
3.2.1.	PWM solární regulátor.....	8
3.2.2.	MPPT solární regulátor.....	8
3.3.	Akumulátor.....	9
3.4.	Měnič napětí.....	9
3.4.1.	Měniče analogové.....	10
3.4.2.	Měniče s modifikovanou sinusovkou .....	10
3.5.	Jištění a dimenzování spojovacích částí.....	10
4.	Kamerový systém .....	11
4.1.	Kamery .....	11
4.1.1.	Rozlišení kamer .....	11
4.1.2.	IR přísvit .....	12
4.1.3.	Snímací čip .....	12
4.1.4.	Odolnost obalu .....	12
4.1.5.	Druhy obalu .....	13
4.1.6.	Objektiv .....	13
4.2.	Zpracování signálu .....	13
4.3.	Multiplexory, přepínače a kvadrátory .....	15
4.4.	Propojovací součástky a záložní zdroj .....	16
5.	Ochrana osobních údajů v souvislosti s provozem kamerového systému.....	17



5.1.	Sledování pouze soukromého pozemku provozovatele .....	17
5.2.	Sledování části veřejného prostoru bez ukládání záznamů.....	17
5.3.	Sledování a nahrávání části veřejného prostu .....	17
6.	Návrh solárního systému .....	20
6.1.	Schéma zapojení.....	20
6.2.	Výběr měniče pro síťový zdroj kamer .....	21
6.3.	Dimenzování akumulátoru .....	22
6.4.	Dimenzování panelů.....	24
6.5.	Výběr regulátoru .....	25
7.	Realizace solárního systému.....	28
7.1.	Instalace solárních panelů .....	28
7.2.	Instalace vnitřního hardwaru .....	29
8.	Spuštění systému .....	33
8.1.	Oživení dobíjecí části .....	33
8.2.	Připojení měniče.....	34
9.	Provoz systému.....	35
9.1.	Zhodnocení daného systému .....	37
10.	Úprava systému .....	38
11.	Realizace úprav systému .....	40
11.1.	Měření nové konfigurace .....	41
11.2.	Výsledky měření .....	42
12.	Cenová kalkulace.....	46
12.1.	Původní systém .....	46
12.2.	Upravený systém .....	48

12.3. Použití DC-DC měniče.....	49
13. Shrnutí .....	50
13.1. Kamerová část.....	50
13.2. Napájecí část .....	51
14. Závěr.....	54
15. Použité zdroje .....	56

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Obecné schéma ostrovního solárního systému (Zdroj: <https://www.bch-battery.cz/fotky36349/5756-O-sestava-mppt-24v-1080wp-xtra.jpg>)

Obrázek 2 – Fotovoltaický článek (Zdroj: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/obr/k32-1.gif>)

Obrázek 3 – MPP bod (Zdroj: <https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5354537ce4b0e65f5c20d562/1581741655993-6Z4ZUBPUIL4CSY61BOWQ/solar+panel+MPP+maximum+power+point+explained.png?format=1500w>)

Obrázek 4 – PWM solární regulátor (Zdroj: <https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5354537ce4b0e65f5c20d562/1584402783864-1JTBH18XVQW52TJ5QXIX/PWM+solar+charge+controller.png?format=1000w>)

Obrázek 5 – MPPT solární regulátor (Zdroj: <https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5354537ce4b0e65f5c20d562/1584402758318-THGATGK8PLKWMNE60UXO/MPPT+solar+charge+controller.png?format=1500w>)

Obrázek 6 – Dome kamera (Zdroj: <https://security-img.scdn6.secure.raxcdn.com/img/products/400/hikvision-ds-2ce56d1t-a-vfir-dome-camera.jpg>)

Obrázek 7 – Bullet kamera (Zdroj: <https://www.abalarm.cz/ishop/4276/hikvision-ds-2cd1023g0e-i-28mm-2mpix-ip-bullet-kamera-28mm-dwdr-exir-30mh265.jpg>)

Obrázek 8 – Schéma systému s DVR (Zdroj: Ing. Zdeněk VOTRUBA, Ph.D.; *Elektronické instalace budov V – Kamerové systémy – Terminologie a technický úvod*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015. Přednáškový podklad)

Obrázek 9 – Schéma systému s NVR (Zdroj: Ing. Zdeněk VOTRUBA, Ph.D.; *Elektronické instalace budov V – Kamerové systémy – Terminologie a technický úvod*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015. Přednáškový podklad )

*Obrázek 10 – Příklad záběru kamery při dodržení směrnice GDPR (Zdroj: <https://pbs.twimg.com/media/ELq1BoBXUAEmjoO.jpg>)*

*Obrázek 11 – Schéma zapojení (Zdroj: vlastní)*

*Obrázek 12 – Měnič 2 kW (Zdroj: <https://www.hadex.cz/img/zbozi/g544a.jpg>)*

*Obrázek 13 – Instalované baterie (Zdroj: <https://www.i4wifi.eu/en/211150-baterie-goowe-energy-otl120-12?productBox-StiId=211150&productBox-zalozka=c&do=productBox-relationVisible>)*

*Obrázek 14 – Balancér (Zdroj: <https://www.battery-import.cz/balancery-2/balancer-equalizer-pro-2x12v-baterie-ha01/>)*

*Obrázek 15 – Průměrná doba slunečního svitu v roce (Zdroj: [https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climatemodelled/%c4%8cern%c3%bd-most\\_%c4%8cesko\\_6269470](https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climatemodelled/%c4%8cern%c3%bd-most_%c4%8cesko_6269470))*

*Obrázek 16 – Schéma zapojení regulátoru EPsolar 5420AN (Zdroj: <https://eshop.neosolar.cz/mppt-solarni-regulator-epsolar-200vdc-50a-5420an-12-24-48v>)*

*Obrázek 17 – Uchycení nosníků pomocí háků (Zdroj: vlastní)*

*Obrázek 18 – Instalované solární panely (Zdroj: vlastní)*

*Obrázek 19 – Baterie, balancér, DC odpojovače a Bluetooth modul (Zdroj: vlastní)*

*Obrázek 20 – Regulátor a spotřební části (Zdroj: vlastní)*

*Obrázek 21 – Kompletní vnitřní hardware (Zdroj: vlastní)*

*Obrázek 22 – Fungující nastavení regulátoru (Zdroj: aplikace EPever Pair)*

*Obrázek 23 – Kontrolní obrazovka (Zdroj: aplikace EPever Pair)*

*Obrázek 24 – Počasí v době měření původní konfigurace (Zdroj: <https://www.e-pocasi.cz/archiv-pocasi/2021/prosinec/>)*

*Obrázek 25 – Měření spotřeby nové konfigurace (Zdroj: vlastní)*

*Obrázek 26 – Porovnání výkonu panelů při rozdílném svitu (Zdroj: aplikace EPever Pair)*

*Obrázek 27 – Počasí při měření nové sestavy v únoru (Zdroj: <https://www.e-pocasi.cz/archiv-pocasi/2022/unor/>)*

## Seznam tabulek

*Tabulka 1 - Použité komponenty v solární části (Zdroj: vlastní)*

*Tabulka 2 – Hodnoty napětí se starou konfigurací (Zdroj: vlastní)*

*Tabulka 3 – Měření nové konfigurace (Zdroj: vlastní)*

*Tabulka 4 – Cena materiálu v původním provedení (Zdroj: vlastní)*

*Tabulka 5 – Práce a výsledná cena původní instalace (Zdroj: vlastní)*

*Tabulka 6 – Cena upraveného systému (Zdroj: vlastní)*

## Seznam grafů

*Graf 1 – Závislost kapacity na teplotě (Zdroj: [http://www.battery-import.cz/user/documents/goowei\\_datasheet\\_2021.pdf](http://www.battery-import.cz/user/documents/goowei_datasheet_2021.pdf))*

*Graf 2 – Průběh napětí na baterii se starou konfigurací (Zdroj: vlastní)*

*Graf 3 – Průběh napětí na baterii s novou sestavou (Zdroj: vlastní)*

## 1. Úvod

Kamerové systémy jsou dnes velmi rozšířené. Jsou využívány pro vzdálenou kontrolu majetku či osob ve střeženém prostoru. Další využití nacházejí při dokumentaci protiprávního jednání pro následné dokazování. Dnešní systémy tvoří analogové a především digitální. Přenos signálu může probíhat bezdrátově nebo po kabelu. Všechny kamery potřebují ještě napájení, které potřebuje zdroj elektrické energie a drátový přívod. Pro analogové kamery se používá převážně dvanáct voltů, digitální mohou mít například napájení po datovém kabelu. V poslední době se objevují kamerové systémy například na chatě, kam není zavedená veřejná elektrická síť. V tomto případě lze využít solární systém. Nevýhodou této instalace je fakt, že kamerový systém má největší odběr v noci, kdy je aktivní infračervený přísvit. Solární systém tedy musí být dimenzován tak, aby byl schopen sytit kamery celou noc, když solární panely neposkytují žádnou energii.

Napájení ze solárních panelů se dělí na několik základních skupin:

- Záložní systém, který využívá solární panely pouze k dobíjení záložních baterií. V případě výpadku veřejné sítě dojde k přepojení na měnič napětí z baterií.
- Jako další možnost se nabízí hybridní systém, který využívá energii ze solárních panelů a když dojde, přepne se na veřejnou síť.
- Poslední možnost představuje ostrovní solární systém, který není propojen s veřejnou elektrickou sítí. Návrhu tohoto systému pro trvalý provoz kamerového systému a jeho následném testování se věnuje tato diplomová práce.

Hlavní nevýhodou všech systémů využívajících elektrickou energii představuje její složitá akumulace. Při použití v ostrovním systému bez připojení k veřejné síti jsou nejdražším prvkem právě baterie. Pro zajištění nepřetržitého dodávání elektrické energie je nezbytné správně dimenzovat nejen baterie, ale i zbytek systému, aby je dokázal přes den nabít.

První solární panely z roku 1883 pracovaly s mědí pokrytou selenem a tenkou vrstvou zlata. Jejich účinnost byla menší než jedno procento. První křemíkový solární panel byl sestaven v roce 1954 s účinností šest procent. Jeho využití bylo vzhledem k velmi vysoké ceně omezeno pouze na vesmírné mise. Současné panely dosahují účinnosti až 25 %.

Existují 3 typy zapojení panelů:

- paralelně pro dosažení nízkého napětí a vysokého proudu.
- sériově pro vysoké napětí a nízký proud.
- sérioparalelně.

Další nedílnou součástí systému představují baterie. Mohou být zapojeny stejnými způsoby jako panely (paralelně, sériově nebo sérioparalelně). Paralelní zapojení představuje výhodu při nabíjení. Baterie mají stejné napětí, díky čemuž je zajištěno správné nabíjení. Velká část solárních regulátorů však mají omezený nabíjecí proud, takže při využití dvanácti-voltových baterií zapojených paralelně činí celkový výkon, který dokáže regulátor zpracovat, poměrně nízký. Řešením tohoto problému může být zapojení dvou baterií do série, čímž získáme dvojnásobný nabíjecí výkon. V tomto zapojení se však doporučuje pro co nejdélší životnost baterií použít bateriový balancér, který zajistí, že na obou bateriích bude stejné napětí. Protože každá baterie má trochu jiné parametry, ani při použití 2 stejných nebude na obou stejné napětí.

O nabíjení baterií se stará regulátor. Ten se stará o změnu napětí z panelů na nabíjecí napětí. Mezi jeho hlavní parametry patří rozsah vstupního napětí, podporované napětí baterií a maximální výkon, případně nabíjecí proud.

Jednou z cest, jak provozovat kamerový systém pro vzdálený dohled i na místech bez veřejné energetické sítě, je právě výše zmiňovaný solární systém. Kombinace ostrovního systému s kamerami zatím není příliš obvyklá. Cílem práce je navrhnout takový systém a otestovat ho v praxi v našich podmínkách.

Kamerový systém se dělí na starší analogový a novější digitální. Existují i hybridní, které kombinují oba typy kamer. Dnes se instalují především digitální. Mají mnoho výhod. Mezi ně patří například vyšší rozlišení, možnost připojení se na kameru a zobrazení obrazu z jakéhokoliv zařízení na stejné síti. Další představuje například fakt, že díky vyšší propustnosti připojení přes ethernetový kabel mohou mít vyšší rozlišení. Cenový rozdíl v dnešní době již není tak velký, aby se vyplatilo investovat do analogového systému.

## 2. Metodika

V první části budou teoreticky popsány části celého pokusu. Budou rozebrány jejich klíčové vlastnosti a popsána funkce. Pro lepší představu budou základní části doplněny v určité míře i obrázky pro lepší seznámení s nimi.

Následně proběhne změření odběru zvoleného kamerového systému a dle výsledků bude navržen odpovídající ostrovní solární systém.

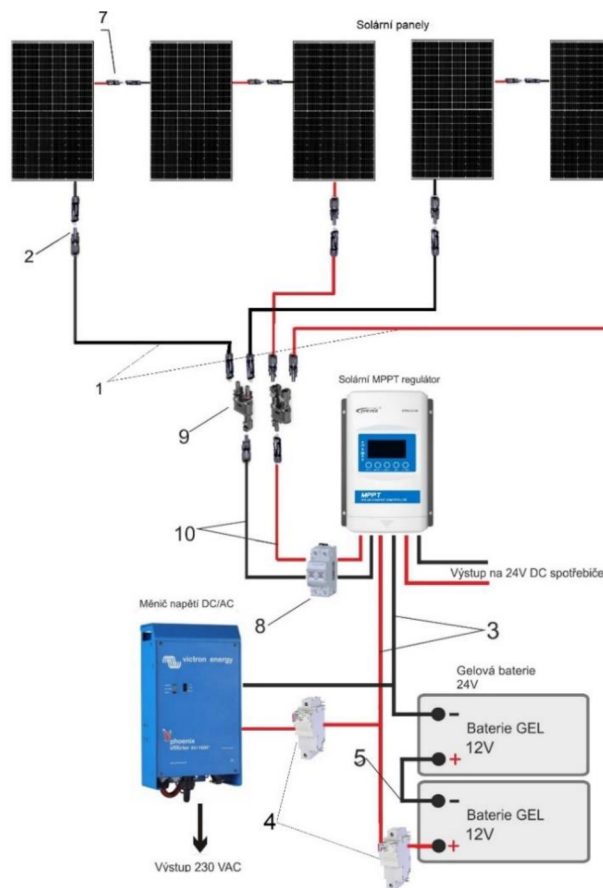
V další části bude systém realizován a podroben testování. Výsledky budou následně zpracovány a stanoven závěr pokusu. V případě, že systém nebude schopen autonomního fungování, bude navržena úprava. Upravený systém bude opět podroben testování. Z tohoto případného pokusu bude také stanoven závěr a případná další doporučení.

Nakonec přijde cenová kalkulace. Bude stanovena cena za materiál a cena za práci při instalaci a zprovoznění.



### 3. Části solárního systému

Solární systém se skládá z několika hlavních částí. Existují systémy ostrovní nebo napojené na veřejnou energetickou síť, které nepotřebují baterii pro uchovávání energie. Jejich nevýhoda je v administrativě a nutnosti řízení ze sítě. V drtivé většině nejsou schopné fungovat, pokud nedostávají řídicí veličinu z veřejné sítě. Naopak výhoda spočívá v možnosti využití virtuální baterie. Při přebytku energie ji dodávají do veřejné sítě pomocí speciálního elektroměru a v noci, kdy panely nevyrobí, ji čerpají zpátky. Bohužel funguje pouze za předpokladu, že je veřejná síť aktivní. Ostrovní systém je, na rozdíl od připojeného na veřejnou síť, soběstačný a dokáže pracovat bez ohledu na to, zda veřejná síť funguje. Nepotřebuje totiž řízení fázování z vnější sítě, jeho měnič vytváří síťové napětí s vlastním fázováním. Jeho frekvence i statické parametry jsou shodné s veřejnou sítí, nicméně fázování má vlastní. Na funkci spotřebičů to nemá vliv, ale při připojení do sítě by byla výsledkem s největší pravděpodobností deformovaná sinusovka nebo nějaký jiný průběh napětí. Připojení měniče do veřejné sítě bez příslušného nafázování a speciálního elektroměru je kvůli zajištění stability sítě zakázané. Schéma ostrovního solárního systému zobrazuje Obrázek 1.



Obrázek 1 – Obecné schéma ostrovního solárního systému (Zdroj: <https://www.bch-battery.cz/fotky36349/5756-O-sestava-mppt-24v-1080wp-xtra.jpg>)

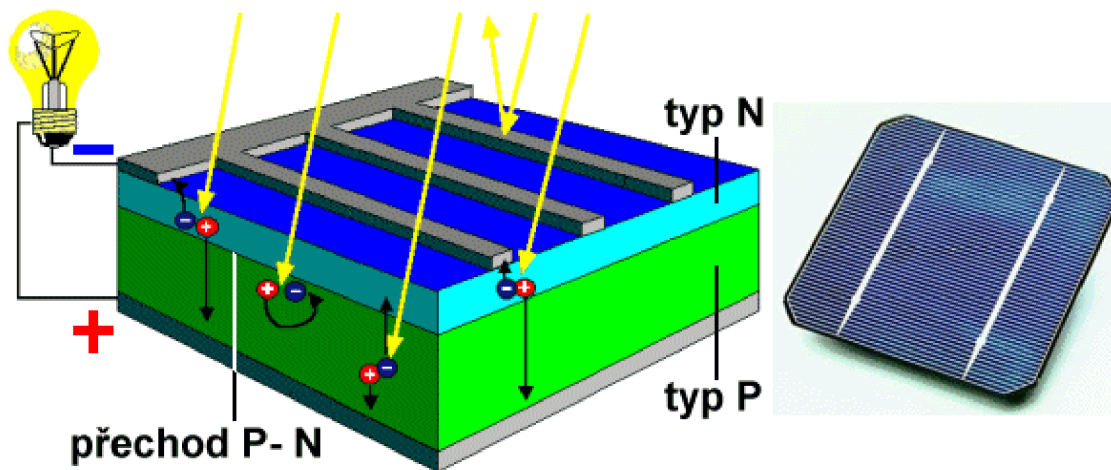
### 3.1. Solární panel

Solární panely pracují na principu fotoelektrického jevu. Jsou tvořeny diodou. Dopadem fotonů na P-N přechod jsou z krystalické mřížky obou prvků, tvořících P-N přechod, uvolňovány elektrony. Ty se následně hromadí v N vrstvě a mezi vrstvami vzniká elektrické napětí o hodnotě 0,5-0,6 V. Vyšší napětí se získává zapojením více fotovoltaických článků za sebe, vyšší proud při zapojení paralelně. V praxi se obvykle využívá sério-paralelní zapojení jednotlivých článků, čímž vzniká solární panel neboli modul. Solární panely se skládají z několika článků dle požadavků na výkon panelu. Panel dodává stejnosměrné napětí závislé na intenzitě dopadajícího světla. Dnes jsou nejrozšířenější články z krystalů křemíků. Testují se i další materiály, ale v poměru ceny a výkonu nedávají pro běžné využití zatím smysl. Současná účinnost dosahuje až 25 %, vzhledem k fyzikálním zákonitostem tvoří maximum 34 %. Řez solárním panelem je zobrazen na Obrázku 2.

Pro zajištění vysoké životnosti se moduly vkládají do hermetických pouzder. Ty se obvykle skládají z tvrzeného skla na jedné straně a plastové folie na druhé. Předpokládaná životnost při působení povětrnostních vlivů se pohybuje mezi 20 a 30 lety. [1] [2] [4] [5] [6] [7]

Dělení solárních panelů:

- Monokrystalické solární panely mají nejvyšší účinnost, ale také cenu. Jejich výroba je náročná technologicky i energeticky. Jejich vysoká účinnost se však využije jen při dobrých světelných podmínkách. Při nasvícení pod úhlem či dopadu rozptýleného světla účinnost strmě klesá. Články jsou obvykle čtvercové se zkosenými rohy, protože se řezou z válcovitého monokrystalu.
- Polykrystalické panely se vyznačují obvykle viditelnými jednotlivými krystaly ve struktuře a odstín je tmavě modrý. Při dobrém osvětlení nejsou tak účinné jako monokrystalické, nicméně při zhoršených světelných podmínkách neztrácejí výkon tak rychle.
- Amorfnní panely jsou posledním typem. Bývají matně černé a účinnost se pohybuje na poloviční úrovni než u předchozích dvou typů. Na rozdíl od nich však tolik neklesá s rostoucí teplotou. Dokážou také lépe využít rozptýlené záření.

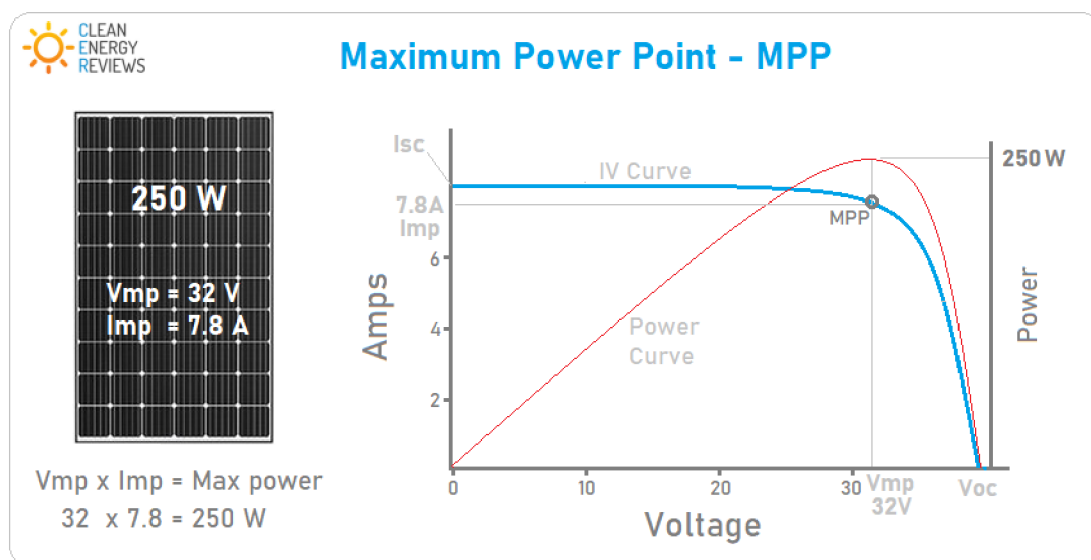


Obrázek 2 – Fotovoltaický článek (Zdroj: <https://www.cez.cz/edeel/content/microsites/solarni/obr/k32-1.gif>)

### 3.2. Solární regulátor

Nejjednodušší solární systémy nepotřebují solární regulátor ani akumulátor. Používají se například pro provoz jednoduchých kalkulaček. Omezuje je ale malý výkon a nepoužitelnost v horších světelných podmínkách. Pro zajištění napájení stabilním napětím v mezích, které nepoškodí akumulátor ani případné další spotřebiče, se využívá regulátor. Jeho vstupní rozsah může dosahovat například 0 až 200 voltů. Výstup se nastavuje podle připojeného akumulátoru. Nejčastěji pracují systémy s 12 nebo 24 volty. Většina regulátorů je nastavitelná a případně detekují i typ a napětí akumulátoru a podle toho si nastaví výstupní (nabíjecí) napětí. Mohou nabízet také možnost ručního nastavení například přes Bluetooth či Wi-Fi modul nebo přímo USB kabelem do počítače.

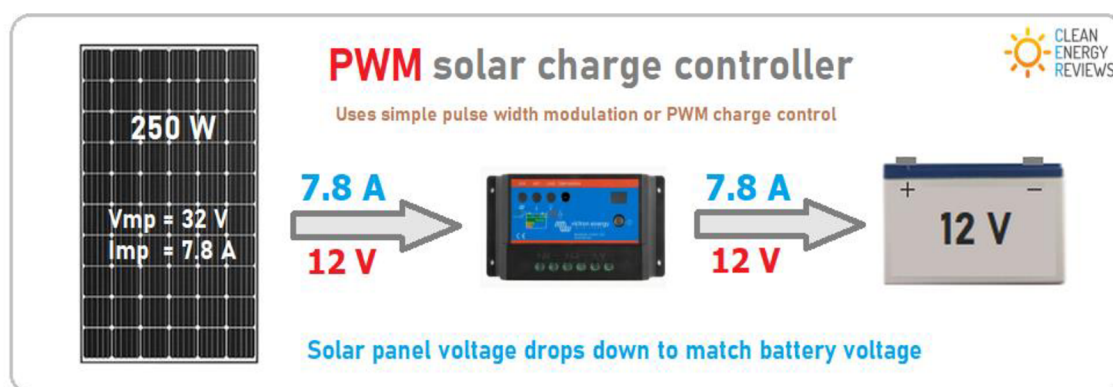
Solární panel má specifickou voltampérovou charakteristiku. Nejvyšší výkonnosti panelu lze dosáhnout při správné regulaci tak, aby byl pracovní bod vždy v maximálním výkonu (viz. Obrázek 3). Regulátor typu MPPT dokáže s tímto bodem pracovat v širokém rozsahu. Starší typ PWM potřebuje panely s maximálním napětím málo nad nabíjecím napětím baterií, aby dokázal pracovat alespoň v blízkosti bodu MPP. Nevýhodou zde však je, že při horších světelných podmínkách již nebude napětí dostatečně vysoké, aby regulátor dokázal baterii nabít. [5] [7]



Obrázek 3 – MPP bod (Zdroj: <https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5354537ce4b0e65f5c20d562/1581741655993-6Z4ZUBPUILACSY61BOWQ/solar+panel+MPP+maximum+power+point+explained.png?format=1500w>)

### 3.2.1. PWM solární regulátor

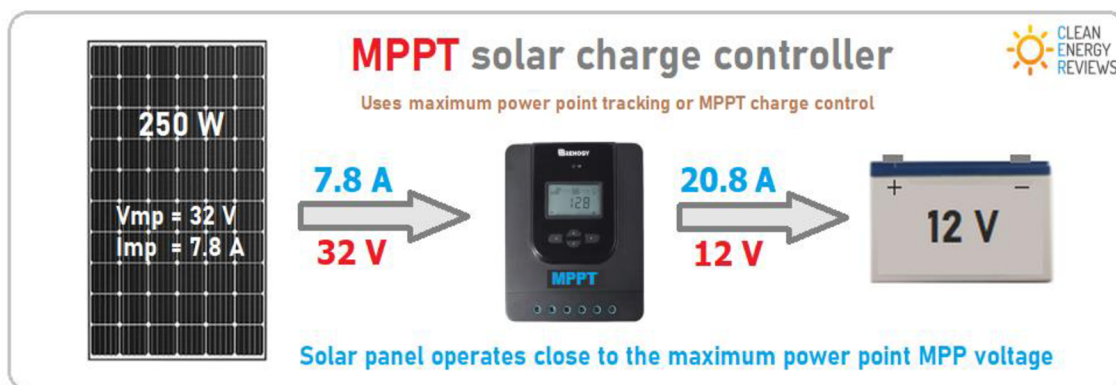
Starší typ regulátoru využívá pulzně-šířkovou modulaci. Pouze omezí napětí z panelů, aby nepřesáhlo mez pro akumulátor a další prvky. Jeho vstupní rozsah není moc široký, protože pro svou optimální činnost potřebuje vstupní napětí jen o trochu vyšší než napětí akumulátoru, aby využil co nejvíce výkonu. V tomto stavu ale hrozí, že při horších podmínkách už nebude napětí z panelů stačit pro nabíjení. Princip činnosti zobrazuje Obrázek 4. [5]



Obrázek 4 – PWM solární regulátor (Zdroj: <https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5354537ce4b0e65f5c20d562/1584402783864-1JTBH18XVQW52TJ5QXIX/PWM+solar+charge+controller.png?format=1000w>)

### 3.2.2. MPPT solární regulátor

Složitější regulátor, který dokáže efektivně pracovat s velkým rozsahem vstupního napětí. Toto napětí transformuje na napětí baterií. Je schopen ze 150 voltů na vstupu udělat 12 voltů pro akumulátor s podstatně vyšším proudem. Mikrokontroler se stará o to, aby panely byly optimálně zatíženy a dodávaly co nejvyšší výkon. Systém s tímto regulátorem je efektivnější s vyšším napětím na vstupu. Princip popisuje Obrázek 5. [5]



Obrázek 5 – MPPT solární regulátor (Zdroj: <https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5354537ce4b0e65f5c20d562/1584402758318-THGATGK8PLKWMNE60UXO/MPPT+solar+charge+controller.png?format=1500w>)

### 3.3. Akumulátor

Pro použití v solárních systémech se prodávají trakční a staniční baterie. Staniční je určena pouze jako záložní, nabíjení a vybíjení velké části její kapacity rychle zkracuje životnost. Trakční baterie jsou vyrobené tak, aby vydržely nabíjení a vybíjení. Hluboké vybíjení však také zkracuje životnost, v katalogovém listu se udává počet cyklů pro různé hloubky vybíjení.

Trakční baterie se rozdělují i podle vnitřní konstrukce. Mohou být totožné s autobaterií, případně s upravenými elektrodami pro hlubší vybití. Obsahují tekutý elektrolyt, jsou cenově nejdostupnější, ale mají nejkratší životnost. Dalším typem jsou gelové a AGM baterie. V tomto případě je elektrolyt nasáknutý v absorpční skleněné rohoži (Absorbent Glass Mat). Gelové baterie mají elektrolyt upraven do gelu. Oba tyto typy vynikají odolností proti cyklickému zatížení a mají nižší samovybíjení. Nevadí jim ani otočení dnem vzhůru, což ale v solárních systému obvykle nehrozí. Nevýhodou je vysoká cena. [8]

### 3.4. Měnič napětí

Měnič napětí musí být součástí systému, pokud má napájet běžné spotřebiče. Lze ho ze systému vypustit, pokud systém napájí pouze spotřebiče na stejnosměrné napětí odpovídajících hodnot. Musí však být odolné vůči změnám napětí, protože při dobíjení akumulátoru napětí stoupá i o tři volty. Například LED pásek na dvanáct voltů nelze připojit přímo ke dvanácti voltovému akumulátoru, protože nejsou dimenzované na nabíjecí napětí a často dochází k destrukci předřadných obvodů.

#### 3.4.1. Měníče analogové

Obsahují dvojitý střídač a klasický transformátor s železným jádrem. Podle způsobu buzení dokáže generovat výstupní napětí ve tvaru obdélníků, lichoběžníků nebo sinus. Nejvhodnější pro napájení je čistý sinus. Čím více se průběh výstupního napětí vzdaluje od obdélníkového průběhu, tím nižší je i účinnost měniče. Analogové měniče nezpůsobují rušení a obvykle galvanicky oddělují vstup a výstup. Nacházejí použití především v nižších výkonech všude tam, kde spotřebiče vyžadují čistě sinusový průběh nebo v aplikacích, kde nesmí být rušení. [9]

#### 3.4.2. Měníče s modifikovanou sinusovkou

Výstup těchto měničů tvoří modifikovaná neboli schodovitá sinusovka. Citlivým spotřebičům může vadit a pro jejich provoz nelze tento typ měniče použít. Průběh výstupního napětí se skládá z obdélníků. Výhodu představují menší rozměry a nižší cena. [9]

### 3.5. Jištění a dimenzování spojovacích částí

Vzhledem k výskytu stejnosměrného proudu v obvodu v řádech jednotek ampérů v části panelů a desítek ampérů v části s akumulátorem a případně i měničem, je nutné použít takzvané odpojovače. Na rozdíl od střídavých obvodů, které se dají poměrně snadno rozpojit, je zde nutné použít speciální jističe na stejnosměrný proud. Jejich cena je však vysoká, takže se obvykle používají spíše pojistky. Při rozpojování je nutné zamezit elektrickému oblouku. Rozpojované části se musí dostatečně vzdálit v co nejkratším časovém úseku.

V drtivé většině případů jsou panely dodávány s již napájenými odpovídajícími kabely a není nutné je měnit. V případě zapojení více panelů paralelně se ale může stát, že bude překročen maximální přípustný proud na společném vodiči. To by vedlo k nadměrnému zahřívání vlivem ztrát a v krajním případě i narušení izolace a zkratu. V bateriové části větších systémů, kde je napětí z panelů řádově vyšší než napětí akumulátoru, jsou obvykle proudy při dobrém osvětlení řádově vyšší proudy. V takovém případě vyžaduje tato část použití vodiče s větším průřezem nebo zapojení více vodičů paralelně.

## 4. Kamerový systém

Hlavní části kamerového systému tvoří kamery, jejich propojení a dle určení monitorovací zařízení pro sledování v reálném čase, NVR (network video recorder neboli síťové nahrávací zařízení) pro ukládání v digitálním systému nebo DVR (digital video recorder neboli digitální nahrávací zařízení) v analogovém nebo kombinace sledování i nahrávání.

### 4.1. Kamery

Kamery tvoří nejdůležitější část systému. Na jejich výběru velmi záleží, zda bude systém plnit svůj účel.

#### 4.1.1. Rozlišení kamer

Rozlišení představuje jeden z hlavních parametrů kamery. V analogovém systému o něm vypovídá hodnota TVL (TeleVision Lines). Ta říká, kolik řádků dokáže snímací čip rozeznat. I zde platí, že vyšší hodnota TVL znamená lepší a čistší obraz. Obecně se doporučuje alespoň 600 TVL, pro rozeznání obličeje 700 TVL. S rostoucí kvalitou obrazu však stoupají i nároky na datový tok a velikost ukládacího media. K přenosu dat slouží koaxiální kabel. [10]

Dalším typem je AHD systém. Ten představuje vylepšení analogového systému. Dokáže přenášet obraz s rozlišením 1920x1080 bodů. Vylepšuje také kvalitu obrazu. Snímaný obraz je kvalitnější i za snížené viditelnosti. Nepochází zde ke zkreslení obrazu, jako je například kostičkování. Přenos i zde probíhá přes koaxiální kabel nebo přes UTP kabel pomocí konvertorů. [10]

Poslední analogový typ zastupuje HD-SDI. Ten nabízí zlepšení obrazu za výrazné zvýšení ceny. Přenosové médium zůstává koaxiální kabel a maximální rozlišení 1920x1080 pixelů. [10]

V oblasti digitálních kamer se rozlišení vyjadřuje v mega pixelech. Pixely jsou body, ze kterých se skládá výsledný obraz. Pro rozpoznání obličeje by měla kamera mít alespoň 2 mega pixely. [10]



#### 4.1.2. IR přísvit

Mezi další důležité parametry kamer pro provoz za snížené viditelnosti se řadí infračervený přísvit. Ten se udává v metrech a vyjadřuje, kam až dokáže přísvit dosvítit a kamera díky tomu dohlédnout i za tmy. Slabá stránka spočívá v závislosti na prostředí. Například v mlze je viditelnost značně snižena. Mezi další parametry výběru patří sledovaný objekt. Světlá scénérie bude vidět i se slabším přísvitem než tmavá. Přísvit se dělí na čtyři hlavní skupiny:

- bez IR přísvitu
- s IR přísvitem do 20 metrů
- IR přísvit nad 20 metrů
- externí IR přísvit

#### 4.1.3. Snímací čip

Čipy se dělí na dva základní typy. Starší CMOS disponuje nižší cenou, novější CCD zase lepší citlivostí při špatném osvětlení, delší životností, kvalitnější kresbou obrazů a barevným podáním. V dnešní době už nehraje cenový rozdíl takovou roli, aby se vyplatilo pořizovat kameru s CMOS čipem, pokud má sloužit delší dobu. [18]

#### 4.1.4. Odolnost obalu

Odolnost proti povětrnostním podmínkám se značí jako IP. Obsahuje dvě čísla. První říká, jak odolný je vůči vniknutí pevných látek. Druhé udává odolnost proti vodě. Kamera s označením IP 68 může pracovat v prašném prostředí a lze ji provozovat i pod vodou za podmínek určených výrobcem. Kamery s IR přísvitem jsou obvykle konstruované na venkovní provoz.

Dalším parametrem je krytí IK. Vyskytuje se především u kamer v takzvaném anti-vandal provedení. Číslo udává sílu nárazu v Joulech, který kamera vydrží. Instalují se na místech, která se považují za riziková.

#### 4.1.5. Druhy obalu

Obal kamery může mít různé tvary dle místa a účelu instalace kamery. Mezi základní se řadí například Dome (Obrázek 6). Lze ho bez problémů instalovat i na stropy a kamera netrčí do prostoru. Dalším typem obalu je tzv. bullet (Obrázek 7). Obal může být i přizpůsobený použití. Existují i kamery v tužce.



Obrázek 6 – Dome kamera (Zdroj: <https://security-img.scdn6.secure.raxcdn.com/img/products/400/hikvision-ds-2ce56d1t-a-vfir-dome-camera.jpg>)



Obrázek 7 – Bullet kamera (Zdroj: <https://www.abalarm.cz/ishop/4276/hikvision-ds-2cd1023g0e-i-28mm-2mpix-ip-bullet-kamera-28mm-dwdr-exir-30mh265.jpg>)

#### 4.1.6. Objektiv

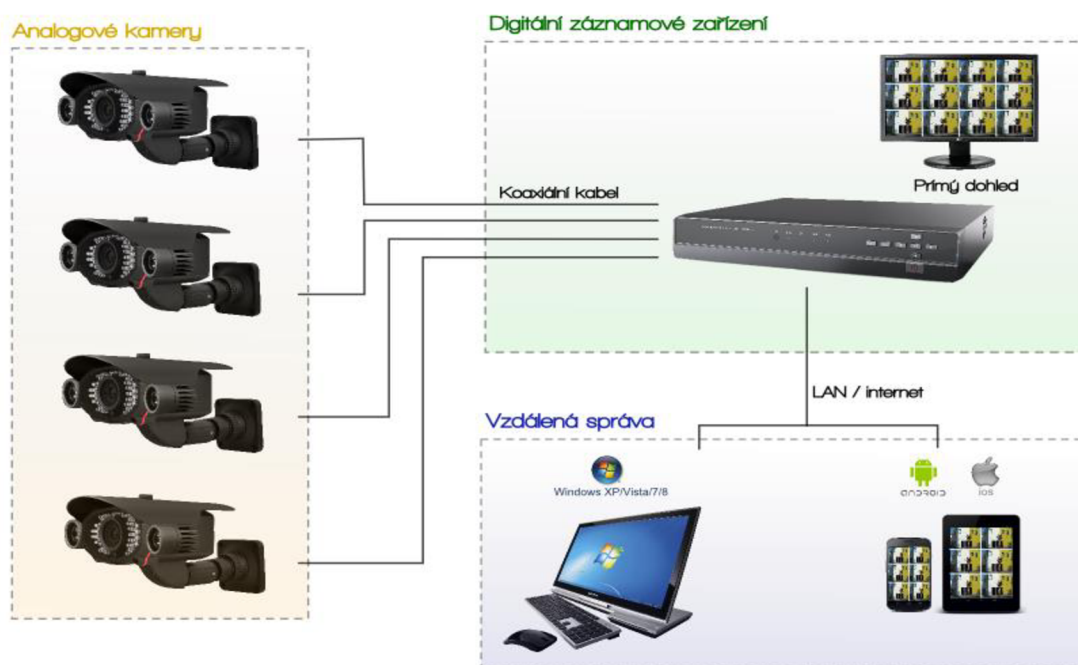
U objektivu se značí zorný úhel, který daný objektiv pokryje. Na rozsáhlé plochy se bere velký zorný úhel, na sledování menší plochy na větší vzdálenost menší.

#### 4.2. Zpracování signálu

Digitální systém určený pouze k živému sledování, nepotřebuje žádný další prvek. IP kamera se připojí k síti a jakékoliv zařízení na stejné síti se k ní může připojit a zobrazovat obraz. Analogová kamera dokáže posílat obraz také rovnou, nicméně zobrazovací zařízení musí být schopné zobrazovat analogový signál, protože na rozdíl od digitální kamery, která obraz přímo v sobě digitalizuje, u analogové musí být ještě například DVR. Schéma analogového systému je vidět na Obrázku 8. To se stará o digitalizaci a ukládání záznamů. V analogovém systému tvoří

jediný aktivní prvek. V dnešních DVR jsou zabudované multiplexory, které dovolují spravovat a pořizovat záznam z více kamer. Pentaplexní DVR umožňuje současně vzdálený přístup, přehrávání, zálohování, nahrávání i živé sledování. Nejčastěji se vyskytují multiplexory pro:

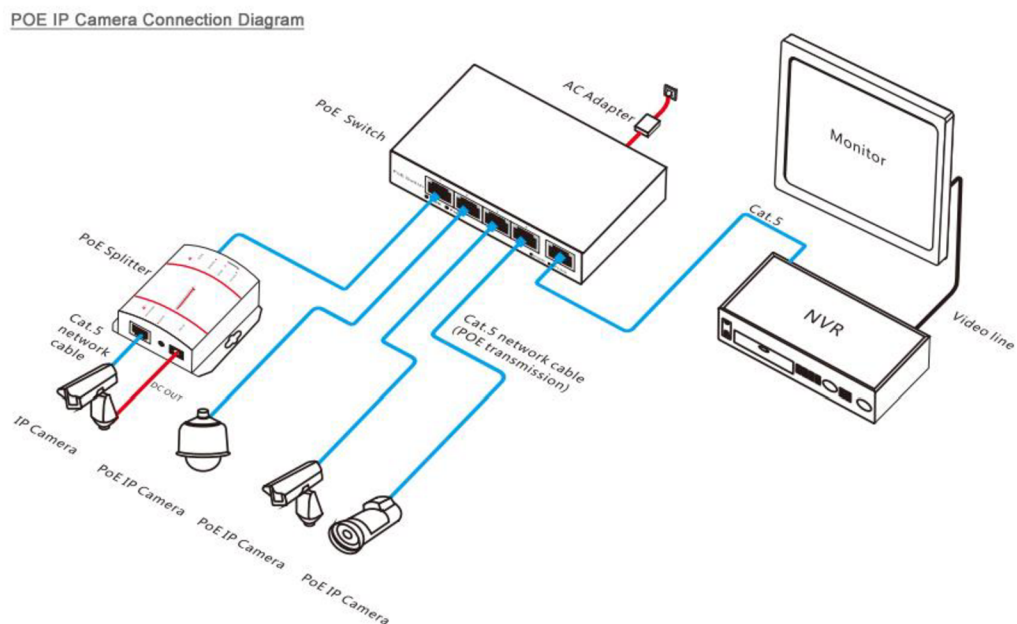
- 4 kamery
- 8 kamer
- 16 kamer
- 32 kamer



Obrázek 8 – Schéma systému s DVR (Zdroj: Ing. Zdeněk VOTRUBA, Ph.D.; Elektronické instalace budov V – Komerové systémy – Terminologie a technický úvod. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015. Přednáškový podklad)

Zařízení pro nahrávání z IP kamer se nazývá NVR. Jelikož digitalizace obrazu probíhá již v kameře, v NVR se nastaví pouze režim nahrávání, IP adresa kamery, komunikační protokol a přihlašovací údaje do kamery. Komplexní systém může mít integrovaný switch přímo v pouzdře, případně i s podporou napájení kamer přes datový kabel technologií PoE, takže není potřeba žádný další zdroj energie. Na místech, kam nelze vůbec nebo jen velmi obtížně dostat datový kabel, lze použít IP kameru s připojením přes Wi-Fi. Pak stačí, aby byla na stejné síti jako NVR a může

se z ní ukládat záznam na HDD. Doporučuje se v těchto systémech alespoň virtuálně oddělit kamery od ostatních zařízení pomocí VLAN nebo jiných podsítí. Schéma IP systému ukazuje Obrázek 9. [18]



Obrázek 9 – Schéma systému s NVR (Zdroj: Ing. Zdeněk VOTRUBA, Ph.D.; *Elektronické instalace budov V – Komerové systémy – Terminologie a technický úvod*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015. Přednáškový podklad )

Záznamová zařízení mohou být ve formě:

- PCI nebo USB karty do PC
- Samostatné zařízení
- RACK provedení
- Speciální zařízení (nahrává na paměťovou kartu...)
- Skryté zařízení

#### 4.3. Multiplexory, přepínače a kvadráty

Pro zachycení více kamer na jedné obrazovce bez NVR nebo DVR se využívají další prvky. Multiplexor sdruží více signálů v jeden a výsledný obraz se skládá dle výstupní mřížky z obrazů všech připojených kamer. Simplexní nahrávají pouze aktuální pohled, duplexní nahrávají všechny kamery bez ohledu na aktuální živé sledování.

#### 4.4. Propojovací součástky a záložní zdroj

Všechny kamery, záznamová zařízení i případné zařízení pro komunikaci musí mít zálohovaný zdroj energie pro případ výpadku. Dle bezpečnostní třídy musí vydržet bez externího zdroje řádově desítky hodin, nejnižší třída jednotky hodin. Analogové kamery se obvykle napájí dvanácti volty, DVR dle výrobce. Kamery mohou mít svoje zdroje přímo na místě montáže, ale všechny musí být zálohované minimálně podle jejich bezpečnostní třídy. Totéž platí i pro DVR a jeho zdroj. U IP kamer, které mohou být napájeny stejně jako analogové dvanácti volty, platí to samé. Většina drátových má však výhodu v podobě podpory PoE, takže stačí jeden kabel. Ten může být přímo z NVR nebo externího switche. Externí switch, který je součástí kamerového systému, musí být také zálohován.

U analogových systémů probíhá přenos dat v drtivé většině po koaxiálním kabelu. Jeho nevýhoda spočívá v omezené propustnosti. Digitální kamery využívají obvykle čtyři páry kroucené dvoulinky. U nižších rozlišení lze dokonce sloučit dva signály do jednoho kabelu pomocí slučovače.

## 5. Ochrana osobních údajů v souvislosti s provozem kamerového systému

Při provozování kamerového systému se musí provozovatel řídit zákonem o ochraně osobních údajů. Podle účelu instalace musí být splněny podmínky pro provoz a konfiguraci systému. Od roku 2018 platí evropská směrnice na ochranu osobních údajů GDPR. Definuje podmínky pro ukládání a manipulaci s osobními daty. Dodržování GDPR je v členských zemích Evropské unie závazné.

Další zákon, který ovlivňuje provozování kamerového systému, je zákon o elektronické komunikaci. Kamerový systém totiž spadá do kategorie bezpečnostních aplikací. Provozovatel musí počítat například s tím, že SMS není garantovaná služba. Její doručení nemusí proběhnout ihned od odeslání. Při vyvolání poplachu tedy upozornění přes tuto službu nemusí přijít včas.

### 5.1. Sledování pouze soukromého pozemku provozovatele

Kamerový systém, který střeží pouze pozemek provozovatele, se musí řídit zákony o ochraně osobních údajů nebo směrnicí GDPR. Jeho provozem sice nejsou shromažďovány osobní údaje dalších osob, pokud zde nechodí žádná třetí osoba, avšak i například doručovatel zásilky nebo kontrola vodoměru musí být s nahráváním obeznámena a musí souhlasit. To samé platí i pro návštěvy. V opačném případě by jejich osobní údaje neměly být uchovávány. [11] [12] [13] [14] [15] [18]

### 5.2. Sledování části veřejného prostoru bez ukládání záznamů

Systém bez záznamu nepodléhá GDPR, jelikož neuchovává osobní údaje. Slouží pouze k zobrazování pohledu z kamer v reálném čase. Stále však nesmí narušovat soukromí dalších osob. Zakázané je sledování oken a dveří jiných domů nebo části pozemků s bazénem nebo vířivkou. [11] [12] [13] [14] [15] [18]

### 5.3. Sledování a nahrávání části veřejného prostoru

Ve většině instalací kamery snímají i část veřejného prostoru. Při použití na rodinném domku mají sledovat především stěny domu, plot a případně auto, které parkuje na dvoře nebo na ulici před domem. Před začátkem platnosti se musely soukromé systémy registrovat na Úřadu pro ochranu osobních údajů. Od 25. května 2018 tato povinnost přestala platit. GDPR tuto

povinnost již neukládá. Nyní se hlásí pouze úniky dat třetích osob. Také by měla být vedena provozní kniha, která obsahuje účel provozu, dobu uchování dat a případné problémy či úniky dat. [11] [12] [13] [14] [15] [18]

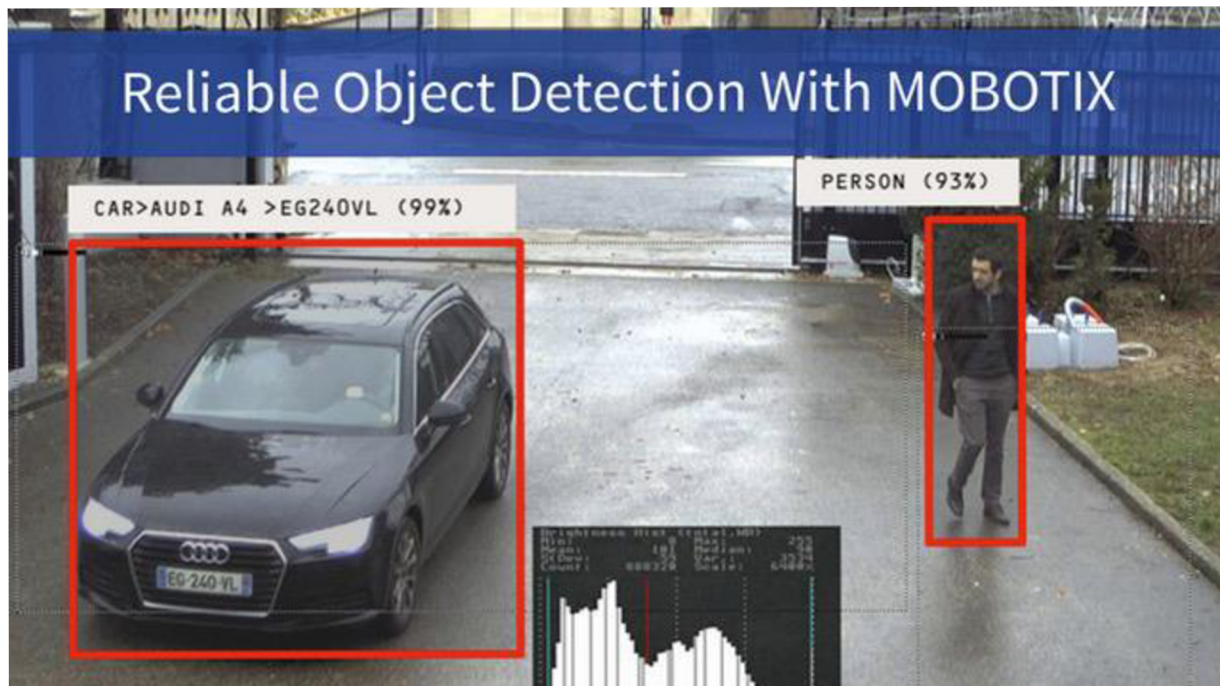
Za zpracování osobních údajů se považuje pořizování záznamů osob. Pořizování těchto záznamů se řídí směrnicí GDPR. Je zakázáno nahrávat, uchovávat nebo předávat záznamy osob bez jejich řádného souhlasu. Nesmí se především:

- narušovat soukromé prostory
- sledovat soukromý život člověka
- poskytovat takové záznamy třetí osobě
- šířit takové záznamy

Každý občan České republiky má právo na ochranu své nemovitosti, pozemku i vozidla, které stojí na veřejné komunikaci před rodinným domem, kamerovým systémem. Na záznamu může být i přiměřená část veřejného nebo cizího pozemku, pokud je to nutné ke splnění účelu instalace. V tomto případě představuje účel ochranu majetku provozovatele. Zásah do práv ostatních musí správce minimalizovat. Kamery by neměly zabírat celou ulici, ale pouze část, na které stojí chráněné vozidlo nebo aby byl pokryt celý plot. Dodržet toto pravidlo u nízkých domů, na kterých můžou být umístěny kamery v maximální výšce do tří metrů, bývá obtížné. Pokud nezabírají vchod nebo třeba bazén sousedů, obvykle se to příliš neřeší. Oprávněný zájem provozovatele musí být brán v kontextu práv ostatních občanů, kteří by mohli být provozem omezeni. V tom případě může člověk podat stížnost na Úřad pro ochranu osobních údajů. Pořizování záznamu sousedních prostor, jako jsou především bazény, vchody nebo okna bez souhlasu majitele, je porušením zákona. [11] [12] [13] [14] [15] [18]

Při monitorování vozidla stojícího před domem musí být kamery adekvátně nastaveny tak, aby byl splněn účel pořízení s co nejmenším zásahem do soukromí ostatních osob, které se mohou na veřejném pozemku vyskytovat. Tato část veřejného pozemku by měla být nahrávána pouze v případě, že tam vozidlo stojí. Jinak není oprávněný důvod dané místo nahrávat. V praxi se to však příliš neřeší, pokud to vyloženě nezasahuje do soukromí dalších osob.

Na Obrázku 10 je vidět příklad instalace kamery nízko. Zabírá celou ulici, nicméně vzhledem k prostoru to není velký problém.



Obrázek 10 – Příklad záběru kamery při dodržení směrnice GDPR (Zdroj: <https://pbs.twimg.com/media/ELq1BoBXUAEjmoO.jpg>)

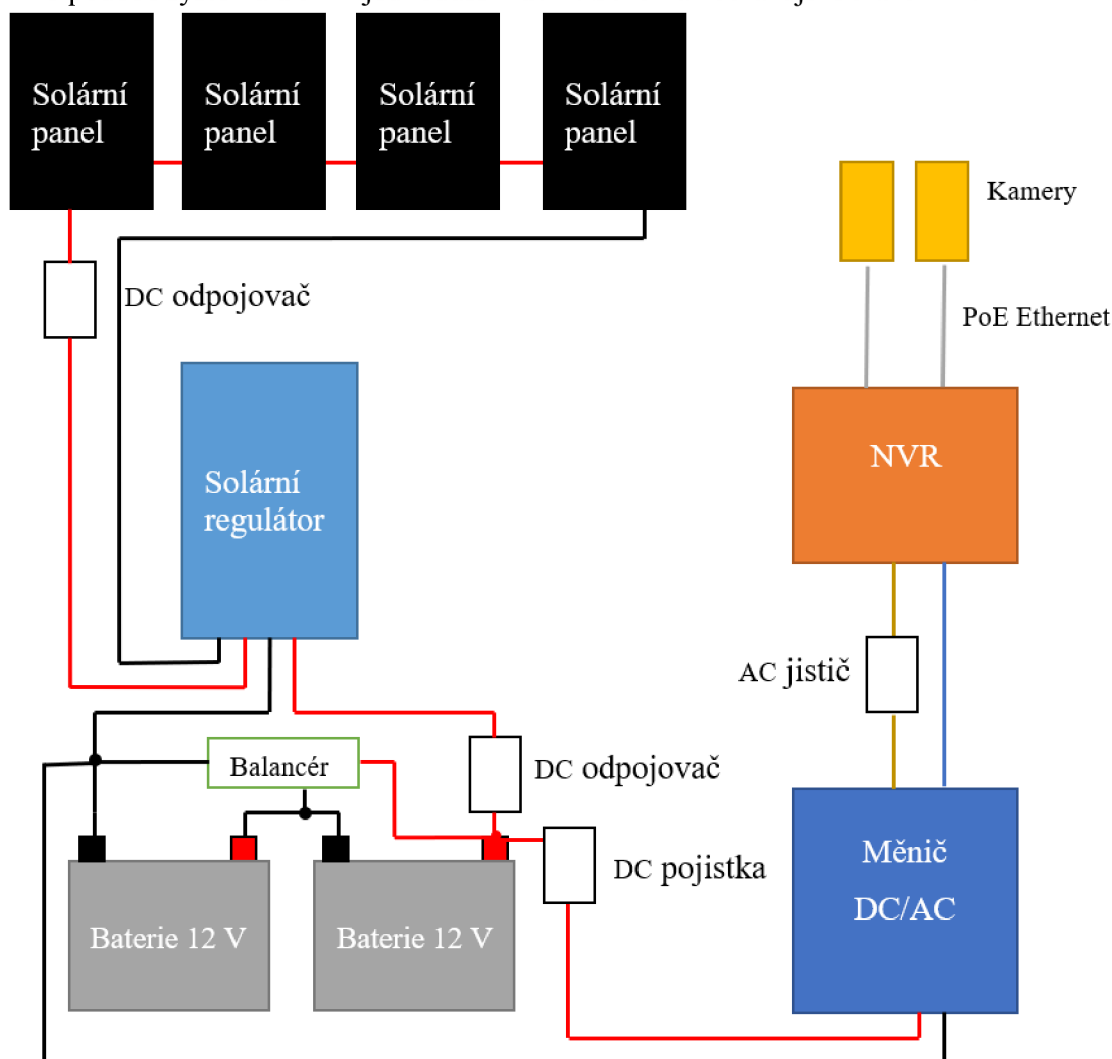


## 6. Návrh solárního systému

Jako kamerový systém byl vybrán vzhledem k silné převaze digitální systém se dvěma kamerami. Obsahuje integrovaný switch s PoE technologií, není tedy nutný žádný další zdroj energie. Stejnoseměrné napájecí napětí se rovná 48 voltů. Bude použit adaptér dodávaný výrobcem z 230 voltů střídavých na 48 voltů stejnosměrných. Měření ukázalo 17 wattů ve dne a 22 v noci s přisvitěním kamer.

### 6.1. Schéma zapojení

Výchozí bod návrhu systému tvoří schéma zapojení. Tento základ umožní lepší představu o podobě systému a tím i jednodušší návrh. Schéma zobrazuje Obrázek 11.



Obrázek 11 – Schéma zapojení (Zdroj: vlastní)

## 6.2. Výběr měniče pro síťový zdroj kamer

Zvolený kamerový systém vyžaduje napětí 48 voltů. Výrobce k němu dodává síťový zdroj. Další možností by bylo použít DC-DC měnič, který však nemá obvykle tak vysokou účinnost jako měnič síťový. NVR s integrovaným switchem, který podporuje technologie PoE a stará se tudíž i o napájení kamer, potřebuje přesně 48 voltů. Běžné DC-DC měniče tuto hodnotu zvládají, nicméně výstupní napětí se mění v závislosti na vstupním. Při nabíjení baterií ve 24 voltovém systému činí rozdíl skoro pět voltů. Existují i měniče se zpětnou vazbou, které dokážou výstupní napětí udržet na stejné hodnotě i přes změnu vstupního napětí. Tyto modely se však nachází v jiné cenové kategorii.

Jako další možnost se jeví použití 48 voltového systému. Napětí baterií je však potřeba stabilizovat, protože „přepětí“ při nabíjení by mohlo poškodit NVR. Tyto stabilizátory však mají také nezanedbatelné ztráty a toto řešení vylučuje připojení dalších zařízení. Na rozdíl od 12 voltů není 48 příliš obvyklých pro napájení případného modemu nebo dalších zařízení pro přenos.

Poslední možností je použít síťový měnič a do něj zapojit zdroj od výrobce. Jedná se sice o dvojitou změnu, nicméně dodávaný síťový zdroj má vysokou účinnost a dává přesně požadované napětí pro NVR. Měnič by měl pracovat se zátěží alespoň 20 % svého maximálního výkonu, aby dosáhl dobré účinnosti. Zde však musíme vzít v úvahu proudovou špičku při zapojení spínaného zdroje pro NVR a případně i dalších zařízení, jako je například modem pro dálkový přenos informací.

S ohledem na další využití byl zvolen měnič od firmy Carspa s výkonem 2 kW (Obrázek 12). Dokáže krátkodobě napájet i různé elektrické nástroje. V ostrovní elektrárně lze předpokládat, že zde není možnost použití veřejné sítě. Pro trvalý provoz zařízení s větším příkonem není systém dostatečně dimenzován, vyšší výkon lze odebírat pouze krátkodobě za příznivých povětrnostních podmínek.

Velkou roli zde hraje i spotřeba a účinnost samotného měniče. Zvolený model pojede vzhledem k přepokládanému odběru v podstatě naprázdno, proud naprázdno je velmi důležitý kvůli zajištění provozu z baterií.



Obrázek 12 – Měnič 2 kW (Zdroj: <https://www.hadex.cz/img/bozi/g544a.jpg>)

### 6.3. Dimenzování akumulátoru

Měnič naprázdno bere maximálně 1,2 ampér. Při připočtení přibližně jedné ampéry pro kamerový systém, vychází denní spotřeba na  $2,2 \times 24 = 52,8$  Ah. Při požadovaných dvou dnech činí celková spotřeba systému 105,6 Ah. Celá spotřeba však nebude kryta z baterií ani při oblačných dnech díky dostatečnému dimenzování solárních panelů. Baterie o kapacitě 120 Ah budou tedy na tento projekt dostatečné.

Běžně se prodávají dvanácti voltové baterie, bude potřeba dvě zapojené za sebe. I když jsou baterie se stejnými parametry a od stejného výrobce, jejich nabíjení neprobíhá naprosto stejně. O zajištění delší životnosti se bude starat bateriový balancér. Ten zajistí, že bude na obou bateriích stejné napětí a případné odchylky dorovná, aby byly obě nabíjené stejným napětím. Jeho připojení může být realizováno pomocí slabších kabelů než připojení baterií k měničovi a regulátoru, protože odchylky v napětí a případném vyrovnávacím proudu nebudou příliš vysoké.

Byly zvoleny dvě Trakční (GEL) baterie GOOWEI ENERGY OTL120-12, 120Ah, 12 V (Obrázek 13). Jedná se o gelové baterie, které dováží firma Battery-import.



Obrázek 13 – Instalované baterie (Zdroj: <https://www.i4wifi.eu/en/211150-baterie-goowei-energy-otl120-12?productBox-StilId=211150&productBox-zalozka=c&do=productBox-relationVisible>)

Protože jsou baterie zapojeny za sebou, pro jejich správné nabíjení musí být použit ještě bateriový balancér. Pro tuto aplikaci byl zvolen Balancér / equalizér pro 2x12V baterie HA01 od firmy battery-import. Lze ho vidět na Obrázku 14.

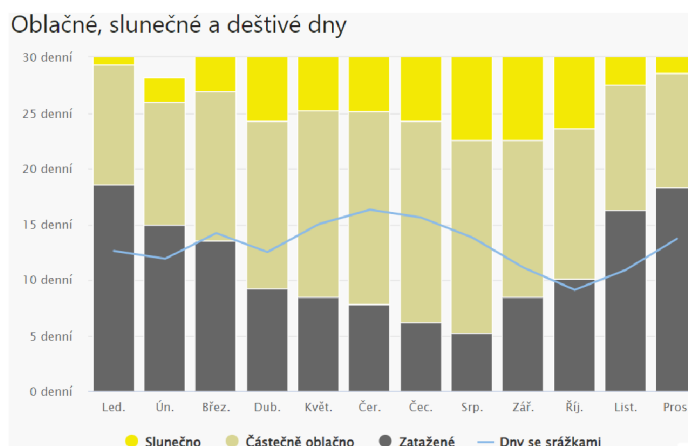


Obrázek 14 – Balancér (Zdroj: <https://www.battery-import.cz/balancery-2/balancer-equalizer-pro-2x12v-baterie-ha01/>)

#### 6.4. Dimenzování panelů

Celkový výkon solárních panelů se získá vydělením celkové denní spotřeby elektrické energie průměrným počtem slunečných hodin za den. Výsledná hodnota se vynásobí koeficientem 1,15, který značí ztráty v systému. Mezi ně se řadí například špatný úhel natočení solárních panelů. Správného natočení po celý den se dá docílit otočným uchycením s automatickým otáčením dle polohy slunce. V tomto případě, jelikož se jedná o instalaci na šikmou část střechy a relativně malý systém, nebude uvažováno o instalaci otočných držáků, ale pouze stacionárních. [3]

Bude potřeba vyrobit alespoň  $24 \times 52,8 = 1267,2$  Wh za den. Jako nejhorší měsíc z pohledu slunečního svitu se jeví leden se 43 hodinami slunečního záření. V porovnání měsíců vychází o trochu hůře než prosinec viz. Obrázek 15.



Obrázek 15 – Průměrná doba slunečního svitu v roce (Zdroj: [https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climatemodelled/%c4%8cern%c3%bd-most\\_%c4%8cesko\\_6269470](https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/historyclimate/climatemodelled/%c4%8cern%c3%bd-most_%c4%8cesko_6269470))

Z tohoto pohledu vychází průměrně 1,43 hodiny slunce za den. Při dimenzování panelů platí, že celkový výkon dostaneme při vydělení denní spotřeby průměrným počtem slunečných hodin za den a výsledek vynásobíme koeficientem 1,15 kvůli korekci ztrát. Konkrétní výpočet je v ve vzorci (6.1). [16]

$$\text{Požadovaný výkon} = \frac{1267,2}{1,43} \times 1,15 = 1\,019\,W \quad (6.1)$$

Vzhledem k nabídce trhu byly zvoleny čtyři panely, každý s maximálním výkonem 290 Wp. Jejich maximální napětí dosahuje 38,6 voltů a zkratový proud až 9,6 ampér. Z pohledu dostatečného napětí panelů a faktu, že čím menší proud, tím menší ztráty, jsem zvolil čtyři panely zapojené do série. Bylo by možné je zapojit i serio-paralelně, nicméně při nižším osvětlení by nemusely dosáhnout dostatečného napětí. Napětí solárních panelů by totiž nebylo vyšší než napětí baterií. Tyto čtyři panely zapojené za sebou dosahují při maximálním osvětlení 154,4 voltů. Maximální proud činí 9,6 ampér, stačí tedy jednoduché kabely o stejném průřezu, jako dodává výrobce k samotným panelům. Stejnosměrný odpojovač bude dimenzován také na deset ampér.

## 6.5. Výběr regulátoru

Další bod tvoří solární regulátor. Vstupní rozsah musí být alespoň 150 voltů a výkon 1100 wattů. Výkon obvykle udává maximální nabíjecí proud, který dokáže regulátor posílat do baterií. Při proudu 50 ampér a napětí dvanáct voltů poskytne regulátor 600 wattů, při napětí 24 voltů je to již 1200 wattů a při 48 voltech zvládne regulovat i výkon 2400 wattů. Nejběžnější napětí činí 12 voltů, nicméně v tom případě by bylo nutné zvolit silnější a dražší regulátor s vyšším výstupním proudem.

Použitý regulátor EPsolar Tracer 5420AN dokáže dodávat 50 ampér a maximální vstupní napětí z panelů dosahuje hodnoty 200 voltů. Vzhledem k potřebnému výkonu 1160 wattů stačí jmenovité napětí baterií 24 voltů.

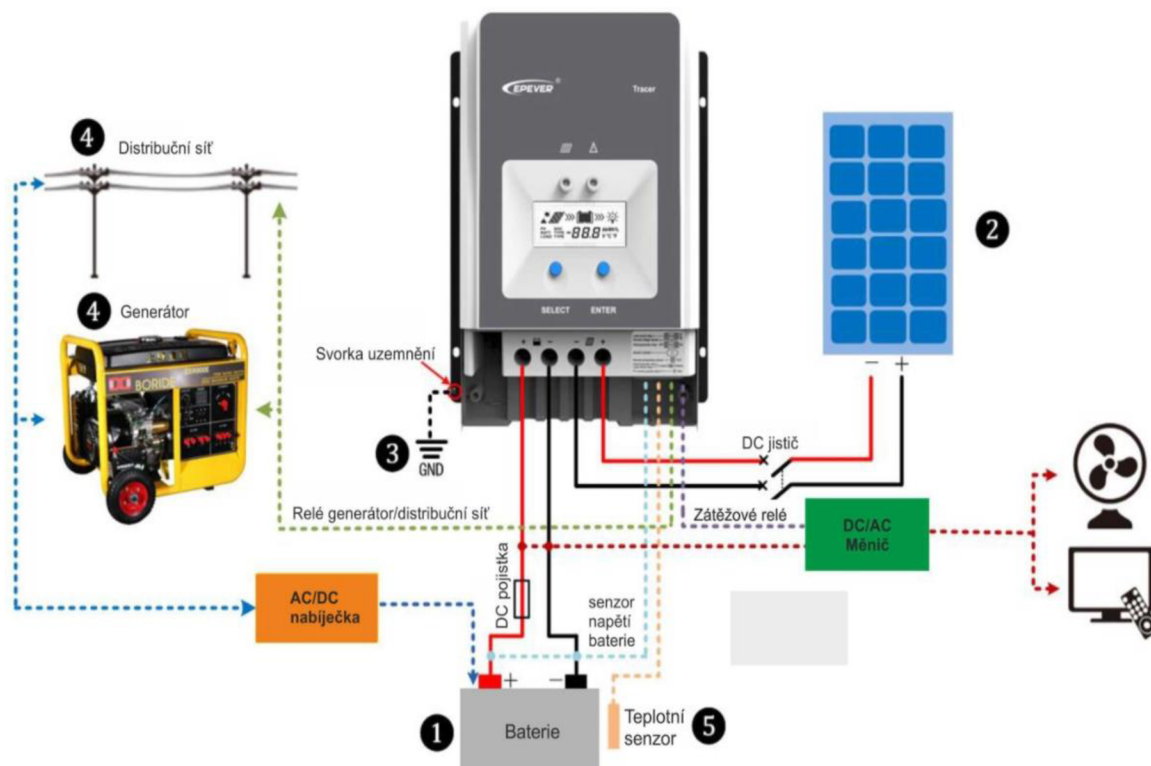
Tento regulátor má nastavitelný typ baterií a disponuje dokonce i automatickou detekcí napětí i typu připojeného akumulátoru. Bez dalšího příslušenství jsou jeho možnosti nastavení omezené. Výrobce nabízí k dokoupení modul pro bezdrátovou komunikaci pomocí aplikace pro mobilní zařízení nebo kabel pro připojení a konfiguraci pomocí rozhraní USB přes počítač.

Další možností je spojit více regulátorů do jednoho většího celku s centrálním ovládním. K tomu slouží rozhraní RS-485 umístěné na těle regulátoru. Tento model, určený spíše do průmyslových aplikací, nemá možnost připojení zátěže přímo na svorky z těla regulátoru, ale slouží pouze pro nabíjení baterií. Zátěž se musí připojit přímo na baterie s vlastním jištěním podle očekávaných hodnot proudu. Může však být spínána regulátorem, jelikož disponuje vysokovýkonným relé, kterým lze automaticky připojovat minusový pól zátěže k mínusu baterie.

Nižší řada s menšími maximálními proudy disponuje navíc i svorkami pro připojení zátěže. Tu lze spínat podle časového plánu, napětí panelů nebo baterie či kombinací výše uvedených.

Většina pokročilých funkcí však vyžaduje další ovládací prvek. Může jít například o dodatečný displej, výše zmíněný modul pro Bluetooth či wifi nebo USB kabel pro počítač. Ve speciální aplikaci pak lze nastavit vlastní hodnoty napětí pro nabíjení, u modelů, které to podporují, i chování zátěže.

Maximální proud do baterií je sice 50 ampér a regulátor má v sobě integrovanou pojistku, ale vzhledem k možné potřebě baterie odpojit, použijeme ještě stejnosměrný odpojovač s dimenzováním na 60 ampér.



Obrázek 16 – Schéma zapojení regulátoru EPSolar 5420AN (Zdroj: <https://eshop.neosolar.cz/mppt-solarni-regulator-epsolar-200vdc-50a-5420an-12-24-48v>)

Zvolený měnič dokáže řídit i odpojování zátěže. Protože jsem však zvolil měnič s vysokým maximálním příkonem, připojení bude realizováno přes pojistku přímo na baterii.

Přehled komponent použitých v solárním systému zobrazuje tabulka 1. Tvoří ji základní prvky systému, které tvoří nezbytnou část pro provoz systému. Kabeláž a další drobný materiál zde není zanesen.

Název položky	Množství (ks)
Solární panel 290 Wp	4
EPsolar TRACER5420AN solární MPPT regulátor	1
Měnič napětí 24V/230V 2000W, CARSPA SK2000	1
Trakční (GEL) baterie GOOWEI ENERGY OTL120-12, 120Ah, 12V	2
Balancér / equalizér pro 2x12V baterie HA01	1

*Tabulka 1 - Použité komponenty v solární části (Zdroj: vlastní)*



## 7. Realizace solárního systému

Realizace solárního systému se skládá z montáže všech prvků a následného zapojení, nastavení a spuštění.

### 7.1. Instalace solárních panelů

Nejtěžší částí celé realizace se stala montáž panelů na střechu objektu, který bude sloužit jako centrální technická místnost. Sklon střechy činí  $40^\circ$  a tvoří ji střešní tašky. O upevnění panelů se postarají speciální kovové háky a hliníkové profily. Pro instalaci háků je nutné střechu částečně rozebrat a vybrané tašky vybrousit, aby šly vrátit zpět i s hákem. Háky jsou vyrobeny tak, aby bylo možné připevnit je přímo na střešní latě. V našem případě jsou však latě užší a musí být doplněny ještě prkny pod ně.

Po přípravě háků přichází na řadu instalace hliníkových nosníků a na ně samotných panelů. Doporučuje se, aby byl každý panel uchycen v horní části jedním a ve spodní části dalším nosníkem. Vzhledem k rozměrům střechy však byl použit jeden společný nosník pro strany panelů, které jsou u sebe. Další nosník ve vrchní části drží horní část dvou panelů, které jsou nahoře. Třetí nosník drží spodní část dolních panelů.



Obrázek 17 – Uchycení nosníků pomocí háků (Zdroj: vlastní)

Kabely od panelů by v ideálním případě měly být umístěné v průchodce střechou, pro kterou by byla do některé z tašek vybroušena drážka. V tomto případě by však vedení střechou nebylo dobré, jelikož zbytek systémů se nachází v místnosti, jejíž strop je v úrovni převisu střechy.

Spodní část panelů kopíruje konec střechy, a tudíž kabely nebudou vystaveny přímému slunci. Kabely tedy budou svedeny pod něj a uloženy do průchodky stěnou objektu.



Obrázek 18 – Instalované solární panely (Zdroj: vlastní)

## 7.2. Instalace vnitřního hardwaru

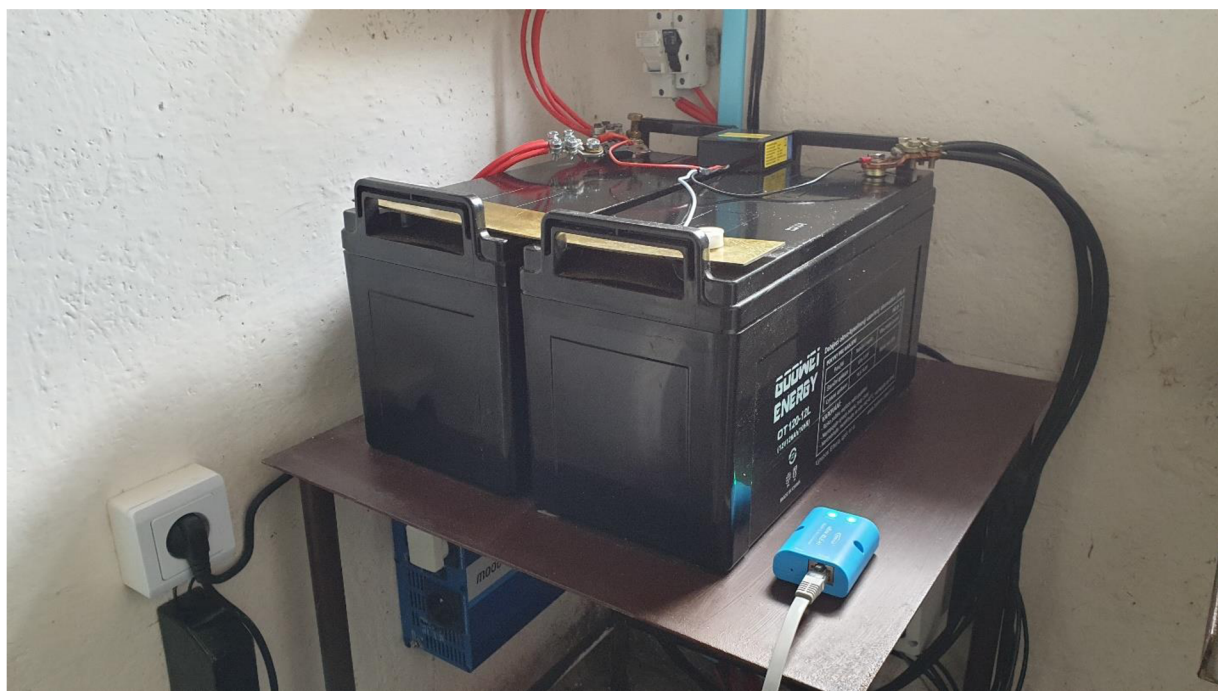
Ostatní komponenty systému musí být uvnitř. Jelikož se jedná o nevytápěný objekt, je vhodné umístit součásti blízko sebe tak, aby bylo možné je v zimě pomocí izolace v podobě polystyrénu zateplit. Především baterie by v teplotách pod nulou nedodávaly svou plnou kapacitu. Chemické procesy totiž mají svou optimální teplotu.

Solární regulátor, měnič i NVR produkují odpadní teplo. Proto budou akumulátory umístěny nad ně. Celý systém bude umístěn v rohu a na zimu budou jeho tři volné strany zakryty polystyrénem.

Protože regulátor disponuje spínaným zátěžovým relé, můžeme připojit i elektrické vyhřívání pro uchování baterií v co nejvyšší teplotě v zimním období. Toto topení by mělo být nastaveno tak, aby bylo aktivní pouze při dostatku slunečního svitu a nespotřebovávalo zbytečně energie z baterií pro kamerový systém.

Akumulátory musí být zapojené do série. K jejich propojení byl zvolen plochý vodič. Důležitá je i dostatečně velká styčná plocha u pólů baterie. U plochého vodiče lze využít celou plochu pólu i plochu pod hlavou držícího šroubu. Na jednu stranu toho spojení přijde ještě prostřední vodič od bateriového balancéru.

Nad akumulátory na zdi jsou umístěny stejnosměrné odpojovače. Obsahují pojistku dle dimenzování. Při rozpojování se od sebe kontakty vzdalují na vzdálenost až jednotky centimetrů, aby nedošlo k elektrickému oblouku. Stejná vzdálenost vzniká při spálení pojistky.



Obrázek 19 – Baterie, balancér, DC odpojovače a Bluetooth modul (Zdroj: vlastní)

Spojením baterií, které bylo popsáno v přechozím odstavci, vzniká 24 voltový akumulátor. Na jeho póly se připojí zbývající vodiče od balancéru. Mínusový pól bude společný, sbíhají se zde vodiče od regulátoru a měniče. Byla vybrána masivní svorka, ve které bude upnuto sedm vodičů. U plusového vodiče se budou rozdělovat vodiče pro regulátor a měnič. Protože odpojovač na 100 ampér pro měnič není příliš běžný, bude zde použita pojistka s připojovacími oky, která bude upevněná přímo na plusovém pólu. Z ní budou pokračovat vodiče do měniče.

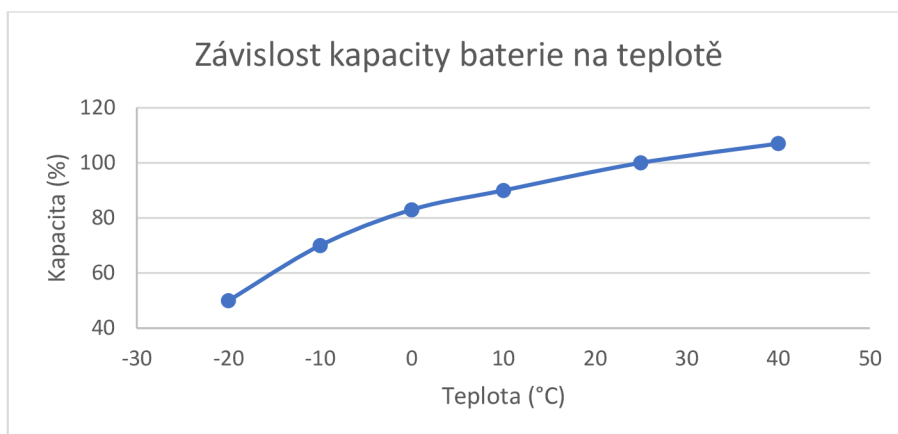
Spojení regulátoru a baterií stačí jištění na 60 ampér, účel tedy splní stejnosměrné odpojovače na panely a baterie vedle sebe na zdi pro snadné odpojení regulátoru. Z plusového pólu povedou vodiče regulátor do odpojovače a z něj do příslušných svorek v regulátoru.



Obrázek 20 – Regulátor a spotřební části (Zdroj: vlastní)

Protože baterie dokážou dodávat velmi vysoký proud, musí být vodiče s rozdílným potenciálem dobře nevodivě odděleny. Případný zkrat by mohl způsobit požár nebo zničení některé části systému.

Kapacita baterie závisí na teplotě a při poklesu teploty klesá také. Kapacita zvolených baterií klesá v mrazivém počasí i pod 50 % z udávaných 120 Ah při teplotě 25 °C. Závislost kapacity na teplotě vyjadřuje následující graf. [17]



Graf 1 – Závislost kapacity na teplotě (Zdroj: [http://www.battery-import.cz/user/documents/goowe\\_i\\_datasheet\\_2021.pdf](http://www.battery-import.cz/user/documents/goowe_i_datasheet_2021.pdf))

Celý systém je navržen tak, aby zabral málo prostoru a zároveň bylo možné ho zakrýt na zimní období polystyrenovými deskami. Zamezí větším tepelným změnám a po celou zimu nedošlo k poklesu teploty baterií pod bod mrazu.



Obrázek 21 – Kompletní vnitřní hardware (Zdroj: vlastní)

## 8. Spuštění systému

Před spuštěním je dobré změřit, zda je na vodičích od panelů napětí, které přibližně odpovídá světlu, které na ně dopadá. V opačném případě je nutné zkontrolovat, zda jsou správně zapojené a případně i napětí na jednotlivých panelech.

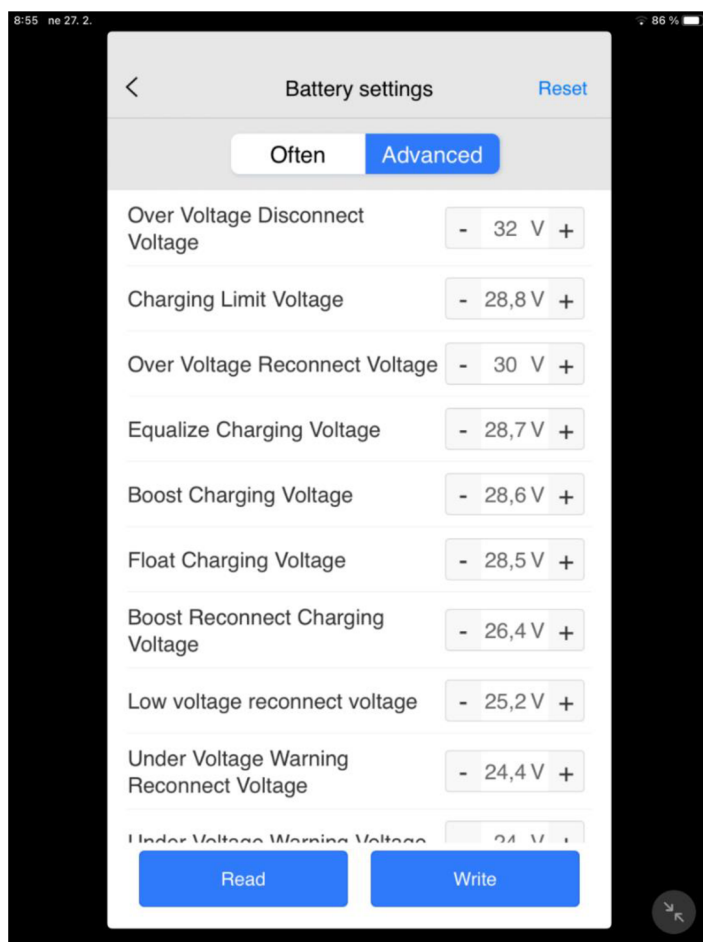
### 8.1. Oživení dobíjecí části

Nejprve přichází na řadu dobíjecí část systému. Solární regulátor bude připojen nejprve k bateriím. Od výrobce jsou plně nabitě. Regulátor je identifikuje a podle typu upraví nabíjecí napětí. Je dobré zkontrolovat, zda regulátor ukazuje správné napětí i typ baterií. Dále by bylo vhodné externím voltmetrem provést kontrolu, zda ukazuje správné napětí i v reálném čase.

Protože spuštění probíhá za slunečného dne, panely mají 154,4 voltů. Po připojení a detekci začíná regulátor nabíjet baterie. Výrobce uvádí, že při cyklickém provozu má být nabíjecí napětí 14,5 – 14,9 voltu na baterii. V tomto případě, když jsou dvě za sebou, vyhází 29 – 29,8 voltu. Po chvíli začínají baterie bublat. Tento typ by to, na rozdíl od klasických olověných akumulátorů, dělat neměl. Preventivně tedy byly panely odpojeny a následně kontaktován výrobce.

Dle výrobce musí být nabíjecí napětí sníženo. Taková změna však vyžaduje k regulátoru připojit další ovládací prvek. Byl vybrán Bluetooth modul, aby bylo možné ho nechat připojený a pomocí tabletu nastavit nabíjení a dále kontrolovat napětí a proud z panelů a na akumulátoru. Napětí bylo tedy sníženo na 28 voltů a limit nastaven na 28,2, ale ukázalo se, že toto napětí není dostatečné na dobití akumulátoru za kratšího dne.

Po dalším testování se jako optimální jeví konfigurace v následujícím Obrázku. Baterie se dostatečně dobíjí a zároveň se nepřebíjí. Pro úspěšné nastavení je však nezbytné vypnout automatickou detekci a všechny úrovně nastavit manuálně.



Obrázek 22 – Fungující nastavení regulátoru (Zdroj: aplikace EPever Pair)

Nabíjení nyní probíhá správně. Regulátor zobrazuje na svém displeji střídavě napětí a proud z panelů, a to samé i pro baterii. Je však umístěn pod akumulátorem, jeho displej již nebude díky připojenému Bluetooth modulu příliš potřeba. Měření nyní může probíhat i bez nutnosti vstupu do objektu.

## 8.2. Připojení měniče

Měnič bude připojen přes pojistku na 100 ampér přímo na baterii. Při připojování musí být vypnutý, aby se co nejvíce snížil proudový odběr a s tím i případné opálení posledního spoje.

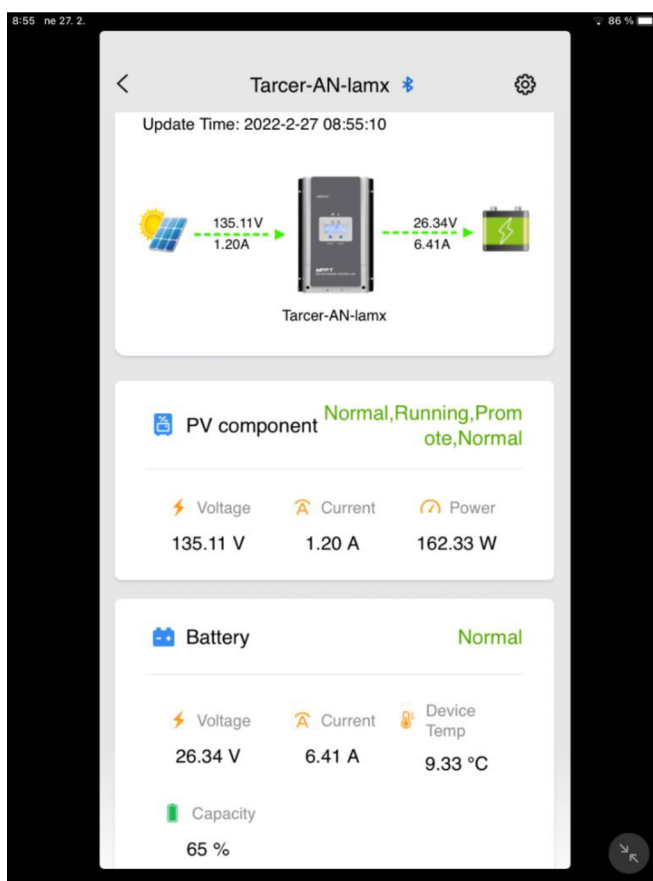
Navzdory vypnutému měniči došlo k výboji při připojování. Mohlo se jednat o chybu v měniči nebo nabití vyrovnávacího prvku uvnitř. Další měření při připojeném měniči již neukázalo žádnou odchylku od normálu.

Napětí na akumulátoru po připojení a spuštění měniče kleslo o jeden volt. Regulátor však za plného svitu napětí na akumulátoru upravil na nejvyšší nabíjecí hodnotu. Po připojení zdroje a zapnutí NVR napětí opět mírně kleslo, nicméně regulátor opět zareagoval a napětí dorovnal.

## 9. Provoz systému

První spuštění proběhlo v době, kdy se délka dne blížila nejvyšší možné. Systém nabíjení byl v té době předimenzovaný, jelikož světla byl dostatek a přisvit u kamer byl aktivní pouze několik hodin.

Sledování a měření probíhá pomocí Bluetooth modulu od výrobce EPEver. Ten po připojení k regulátoru přes linku RS vytvoří bezdrátové připojení. Přes chytré zařízení, v tomto případě tablet, se pak dají nastavit další parametry systému a sledovat aktuální hodnoty napětí a proudu.



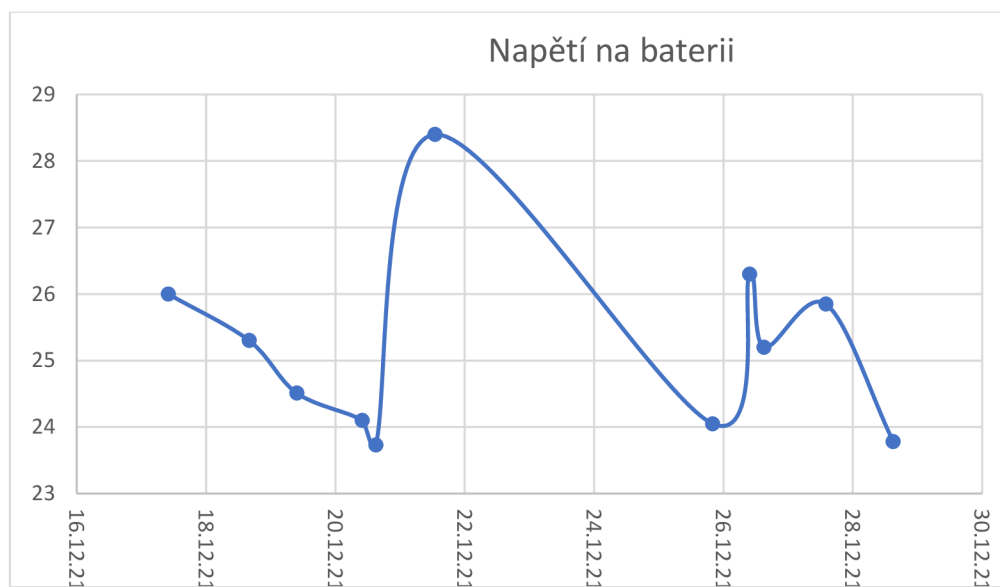
Obrázek 23 – Kontrolní obrazovka (Zdroj: aplikace EPEver Pair)



Celé léto byl systém aktivní. Náhodile bylo prováděno měření, převážně ráno, když bylo napětí nejnižší. Stále bylo nad kritickou hodnotou a systém snímal střežený prostor bez přerušení.

S příchodem podzimu, kratších dní a horších světelných podmínek, došlo ke zhoršení. Nejhorší situace nastala koncem listopadu. Měření ukázalo podpětí i až na hodnotu 23,73 voltů. Podle výrobce by se baterie dostaly na své dno při hodnotě 23,7, ale častým přibližováním této hodnotě dochází ke snížení živostnosti baterie. Záznam z podrobnějšího měření je vidět v tabulce. Pro účely měření byly baterie opět dobity na maximální stav externí nabíječkou. Průběh napětí je vidět v grafu. V této konfiguraci však systém není soběstačný a výpadky by nastávaly na jednotky až pár desítek dní v roce dle aktuálního počasí.

Podrobné měření probíhalo v období od 17. 12. 2021 až 28. 12. 2021. V této době musela být připojena nabíječka třikrát. K připojení došlo vždy, když napětí dosáhlo svého dna. 25. 12. 2021 napětí sice ještě nebylo pod hodnotou 24 voltů, nicméně protože byla již tma, během pár hodin by kleslo. Pomocí externí nabíječky byly baterie nabity, aby se zabránilo hlubšímu vybití a nezkracovala se tím živostnost akumulátoru. Světelné podmínky nebyly dostatečné, aby pouze solární panely dokázaly nabít akumulátor při současném odběru. Výsledky měření jsou vidět v následující tabulce a z ní vycházejícího grafu pro lepší představu.

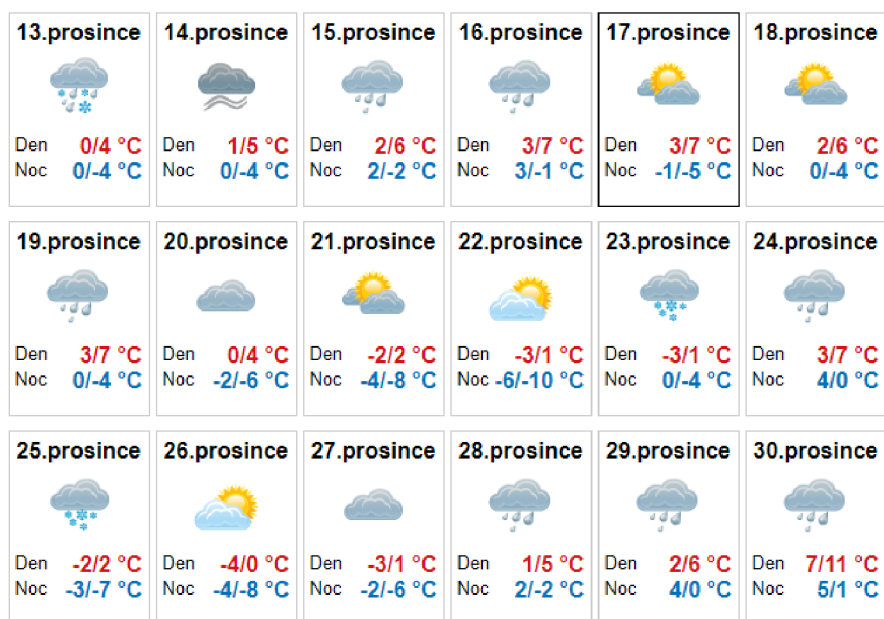


Graf 2 – Průběh napětí na baterii se starou konfigurací (Zdroj: vlastní)

Datum	Čas	U <sub>BATERIE</sub> (V)	Poznámky
17.12.2021	10:00	26	
18.12.2021	16:00	25,3	
19.12.2021	9:39	24,51	
20.12.2021	10:00	24,1	I <sub>B</sub> = 2 A
	15:00	23,73	Externí nabíjení
21.12.2021	13:00	28,4	
25.12.2021	20:00	24,05	Externí nabíjení
26.12.2021	9:40	26,3	
	15:00	25,2	
27.12.2021	14:00	25,85	
28.12.2021	15:00	23,78	Externí nabíjení

Tabulka 2 – Hodnoty napětí se starou konfigurací (Zdroj: vlastní)

Počasí nebylo ideální na provoz solární elektrárny. Bylo často pod mrakem a pár dní byl i sníh. Z panelů, díky jejich sklonu, sjížděl již během dopoledne. Průběh počasí zobrazuje Obrázek. Jedná se o výřez počasí v době, kdy probíhalo výše prezentované podrobné měření.



Obrázek 24 – Počasí v době měření původní konfigurace (Zdroj: <https://www.e-pocasi.cz/archiv-pocasi/2021/prosinec/>)

### 9.1. Zhodnocení daného systému

Tento systém není soběstačný. V horších podmínkách nevydrží ani dva dny, což je vzhledem k účelu nepřijatelné. Pro zajištění funkčnosti bude nutné upravit část spotřebičů nebo část s akumulátorem a nabíjením.

## 10. Úprava systému

Při úpravě systému přichází v úvahu několik možností. První možnost představuje přibližně dvojnásobné dimenzování celé nabíjecí části včetně akumulátorů. Druhou možností je nahrazení napájecí části a snížení odběru kamerového systému.

Instalace dalších čtyř panelů není možná, jelikož na tuto stranu střechy by se již nevešly. Druhá strana směřuje na sever. Zde by byly panely až na výjimky trvale ve stínu. Potřebovali bychom také silnější regulátor a baterie s větší kapacitou. Tato možnost je také velmi nákladná, znamenala by minimálně zdvojnásobení ceny za nabíjecí část. I přes fakt, že systém je poměrně malý, jeho cena stoupá ke 60 000 korun.

Vzhledem k důvodům popsaným výše bylo zvýšení výkonu nabíjecí části zavrhnuto. Bude tedy nutné snížit odběr kamerového systému. Toho může být docíleno dvěma způsoby:

- pořízení menšího měniče s menším odběrem
- pořízení DC-DC měniče s automatickou regulací výstupu

DC-DC měniče s automatickou regulací výstupu nejsou levná záležitost. Další jejich nevýhoda se skrývá v neuniverzálnosti. Do běžného DC-AC měniče na 230 voltů lze připojit v podstatě cokoliv. DC-DC měnič pokryje pouze velmi úzké spektrum spotřebičů. Pokud má nastavitelný výstup, jeho využití je o něco širší, stále však nepatrné ve srovnání s 230 voltami střídavého napětí.

Kdyby daný systém sloužil výlučně pro napájení kamerového systému, byl by výše popsaný stejnosměrný měnič jasnou volbou. Odpadá zde totiž jedna transformace napětí, při které vždy vznikají alespoň malé ztráty. Protože se však jedná o ostrovní systém, lze předpokládat, že do daného objektu není zavedena elektřina z veřejné sítě. Z tohoto důvodu je dobré, když je zde možnost příležitostně připojit i další spotřebič na 230 voltů.

Pro účely pokusu byl zvolen menší měnič na 230 voltů s menším odběrem naprázdno a nižším maximálním výkonem. Dosahuje 400 wattů, krátkodobě i 800, což je vhodné pro připojování například spínaných zdrojů, které po připojení vytvoří proudovou špičku a případně i pro menší motory. Elektromotor má největší spotřebu při rozběhu. Dokáže si vzít i násobek svého jmenovitého proudu, proto jsou motorové jističe se zpožděním a dokážou

zmiňovanou proudovou špičku vydržet, aniž by se rozpojily. Volba padla na tento měnič především proto, aby bylo otestováno, jestli stačí tímto krokem snížit spotřebu a systém bude aktivní trvale.

Nový měnič snižuje spotřebu oproti starému na polovinu v odpojeném stavu. Odebíraný proud již není tak nízký v porovnání s maximálním, takže i účinnost transformace napětí stoupla. Nejhorší je totiž při odebírání velmi nízkého proudu ve srovnání s maximálním. Vzhledem k odběru by to teoreticky neměl být problém, nicméně měření na reálném systému ukázalo opak.

Úpravou prošlo i samotné NVR. Klasický pevný disk pro ukládání záznamu byl nahrazen SSD diskem. V porovnání s klasickým plotnovým sice v běžném kamerovém systému nedává smysl, protože poměr cena/kapacita dosahuje výrazně vyšších hodnot. Také mu nesvědčí časté přepisování, i když současné SSD disky mají udávanou životnost běžně 500 terabytů přepsání při kapacitě 500 gigabytů.

SSD disky disponují násobně vyšší rychlostí čtení. K tomu přidávají mnohem nižší spotřebu a menší hluk, jelikož se v nich nic netočí. Právě kvůli nízké spotřebě byl vyměněn pevný disk od výrobce za SSD o kapacitě 256 gigabytů. Tímto zásahem se spotřeba snížila o 7 wattů na 10 wattů ve dne a 15 wattů v noci, když kamery aktivují infračervený přísvit.

Tento systém nyní podrobím podrobnému měření, abych zjistil, zda tato úprava pomohla a systém nyní bude střežit daný prostor nepřetržitě.

## 11. Realizace úprav systému

Realizace spočívala pouze ve výměně pevného disku a měniče. Starý výkonný měnič byl ponechán na místě, pouze je odpojen jeho kladný pól od baterie. K novému měniči je připojený wattmetr na výstupu a stejnosměrný analogový ampérmetr do 10 ampér na vstupu, aby bylo možné podrobně kontrolovat veškerou spotřebu.

Měnič při startu vytváří krátkodobou proudovou špičku. To dokazuje fakt, že pojistka na deset ampér na zapnutí bez zátěže nestačila. Bylo nutné použít 15 ampér. Připojený ampérmetr nestihl na tak rychlou a krátkou změnu zareagovat.

Nyní ukazuje spotřebu necelou jednu ampéru při vypnutém přísvitu. Pro přesnější měření by bylo vhodnější použít ampérmetr s nižším rozsahem. Nemusel by ale vydržet výchylku při spouštění. Při zapojení spínaného zdroje od NVR k měniči se proud krátkodobě dostal právě ke třem ampérům. Obrázek přibližuje, jak měření probíhalo.

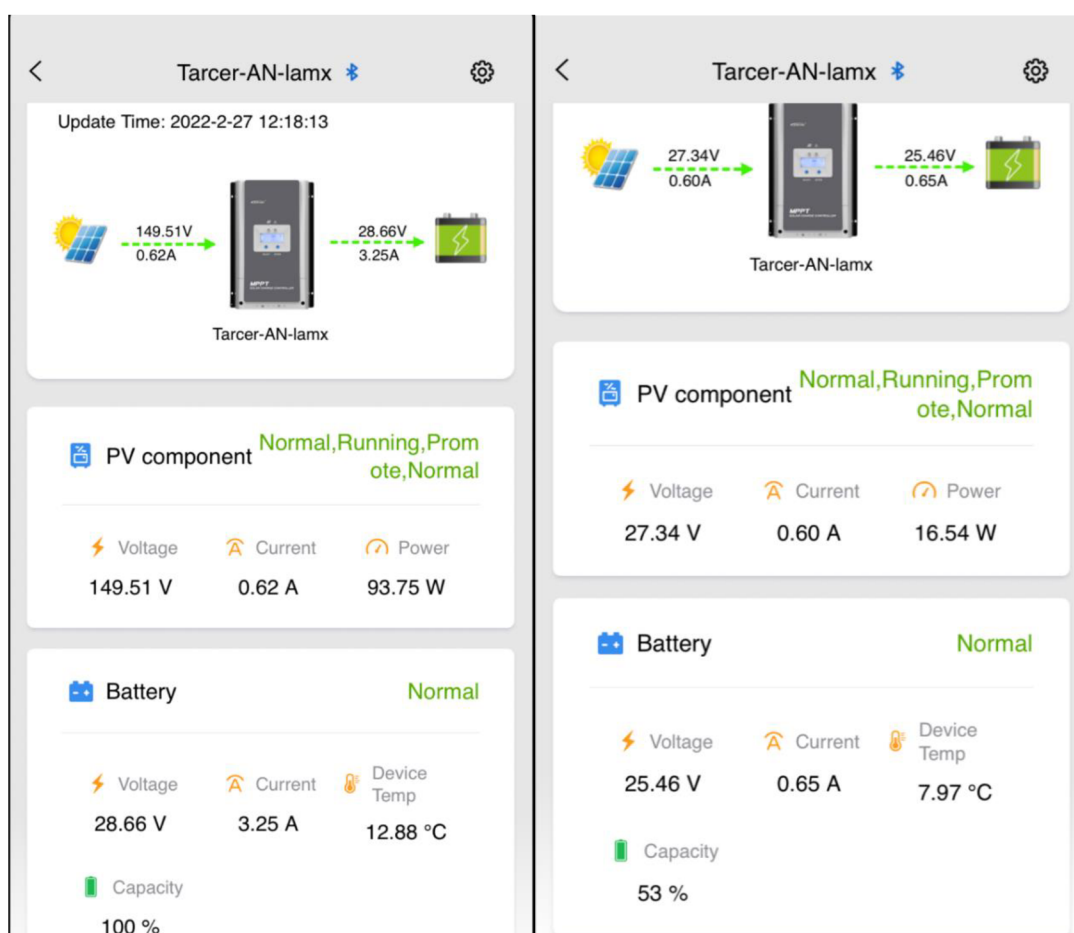


Obrázek 25 – Měření spotřeby nové konfigurace (Zdroj: vlastní)

### 11.1. Měření nové konfigurace

Před připojením upravené spotřební větve byly baterie plně nabitě. Poté mohlo být zahájeno měření. Baterie již nereagovaly tak prudkým poklesem napětí jako při připojení původního měniče. Pokles byl o 0,4 voltu a byl ihned vykompenzován regulátorem.

Následně byly každý den odečítány hodnoty napětí, hlavně ráno, kdy napětí na bateriích dosahuje nejnižších hodnot. Za celou dobu měření napětí nekleslo pod hladinu 24 voltů. Systém v této konfiguraci byl aktivní trvale. S tímto sníženým odběrem přečkal i pár oblačných dní v kuse, jelikož panely zapojené za sebou dosahovaly dostatečně vysokého napětí, aby se akumulátor mohl alespoň částečně nabíjet. Na následujícím Obrázku 26 je vidět rozdíl mezi plným osvětlením a oblačným dnem.



Obrázek 26 – Porovnání výkonu panelů při rozdílném svitu (Zdroj: aplikace EPEVER Pair)

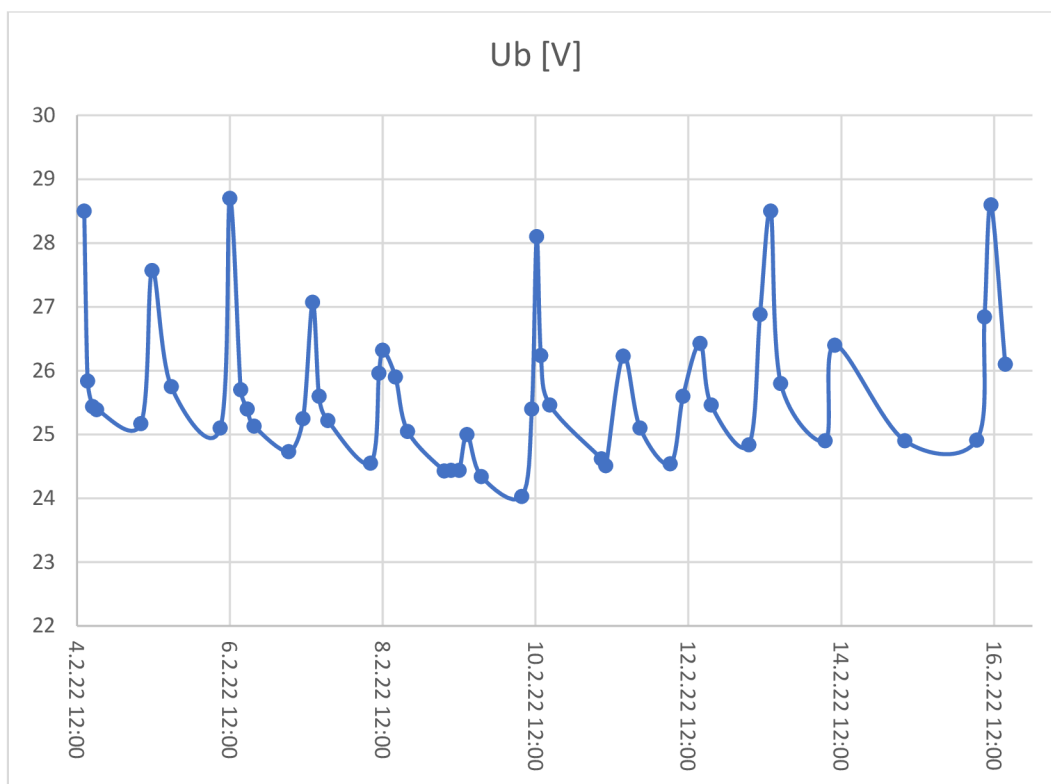
Při plném slunci dosahují panely svého maximálního napětí v této instalaci. Maximální napětí naprázdno sice dosahuje až 154,4, ale zde je připojený regulátor a odebírá 93,75 wattů. Odebíraný výkon je zde omezen, jelikož baterie jsou již nabitě a pro zvýšení výkonu by se muselo zvýšit napětí. Jak bylo řečeno výše, baterie však nechce vyšší.

V pravé části Obrázku je vidět, že za oblačného počasí nebo dokonce v dešti nebo při sněžení, při kterém byla tato pravá část Obrázku pořízena, dosahují panely stále napětí vyššího, než je hodnota nabitě baterie. Dvanácti voltový akumulátor v plně nabitém stavu v klidu má 12,6 a více voltů, ve 24 voltovém systému 25,2 a více. Také z Obrázku vyplývá, že regulátor dokáže účinně transformovat napětí z panelů na napětí, které je vhodné pro baterii.

## 11.2. Výsledky měření

V této sestavě již systém dokáže pracovat autonomně. Pro jeho vyřazení by musela nastat nepravděpodobná shoda několika velmi zatažených dnů v řadě. V tom případě panely sice pomohou pokrýt spotřebu systému, ale na nabíjení již nemají kapacitu. Takové podmínky se však po celou dobu sledování systému nevyskytly. Nejhorší část nastala 10.2.2022 v 7:40. Měření ukázalo 24,04 voltu. Tato hodnota je však stále v pořádku. Přišla těsně před úplným rozedněním, takže panely ještě nedosáhly správného napětí, nicméně o půl hodiny později již probíhalo nabíjení. Po poledni se nabíjecí napětí blížilo svému maximu.

Podrobné měření probíhalo od 4.2.2022 do 16.2.2022. V době sledování bylo napětí ve správných mezích. Kontrola systému probíhala i mimo toto období. Hodnoty byly vždy v pořádku dle denní doby. Výsledky jsou zaneseny do tabulky i do grafu pro lepší představu, stejně jako při původní sestavě.



Graf 3 – Průběh napětí na baterii s novou sestavou (Zdroj: vlastní)

datum	čas	$U_B$ [V]	$I_B$ [A]	$U_P$ [V]	$I_P$ [A]
04.02.2022	14:15	28,5			
	15:20	25,84		27,7	0,64
	16:55	25,44			
	18:11	25,39			
05.02.2022	8:05	25,17			
	11:35	27,57			
	17:35	25,75			
06.02.2022	9:00	25,1			
	12:00	28,7			
	15:25	25,7			
	17:30	25,4			
	19:40	25,13	0		
07.02.2022	6:30	24,73	0		
	11:00	25,25	1,13		
	14:00	27,07	5,8		
	16:00	25,6	0,98		
	18:45	25,22	0		



























08.02.2022	8:10	24,55	0,5		
	10:50	25,96	4,45		
	12:00	26,32	6		
	16:00	25,9	1,6		
	19:50	25,05	0		
09.02.2022	7:20	24,43	0		
	9:30	24,44	0,6		
	12:00	24,44	0,8		
	14:30	25	0,7		
	19:00	24,34	0		
10.02.2022	7:40	24,03	0,52		
	10:50	25,4	4,8		
	12:20	28,1	22,1		
	13:40	26,24	4,5		
	16:30	25,46	0,57		
11.02.2022	8:40	24,62	0,9		
	10:05	24,51	0,6	26,47	
	15:30	26,23	3,47	122	0,7
	20:50	25,1	0	0	0
12.02.2022	6:20	24,54	0	0	0
	10:20	25,6	2,8	136	0,51
	15:40	26,43	2,51	132	0,48
	19:10	25,46	0		
13.02.2022	7:00	24,84	0	14,5	0
	10:30	26,88	5,73	141	1,1
	13:50	28,5	4,9	140	1
	17:00	25,8	0,5	26,86	0,5
14.02.2022	7:00	24,9	0		
	10:00	26,4	3,9		
15.02.2022	8:00	24,9	0,5	26	0,46
16.02.2022	6:30	24,91	0		
	9:00	26,84	6,3		
	11:00	28,6	5,4		
	15:30	26,1	0,9		

Tabulka 3 – Měření nové konfigurace (Zdroj: vlastní)

V tabulce 2 je zaneseno napětí na baterii ( $U_B$ ), proud do baterie ( $I_B$ ) a v úseku od 11.2.2022 do 15.2.2022 je doplněno i napětí a proud z panelů ( $U_P$  a  $I_P$ ).

Počasí v době tohoto měření popisuje následující Obrázek. I přes ne zrovna slunečné počasí byl provoz systému bez problémů. Nejoblačnější byl konec měsíce, kdy jsem nemohl hodnoty měřit, ale dle výpisu událostí z NVR žádný výpadek nenastal.

<b>1.února</b>  Den <b>0/4 °C</b> Noc <b>0/-4 °C</b>	<b>2.února</b>  Den <b>2/6 °C</b> Noc <b>1/-3 °C</b>	<b>3.února</b>  Den <b>2/6 °C</b> Noc <b>2/-2 °C</b>	<b>4.února</b>  Den <b>3/7 °C</b> Noc <b>3/-1 °C</b>	<b>5.února</b>  Den <b>0/4 °C</b> Noc <b>0/-4 °C</b>	<b>6.února</b>  Den <b>3/7 °C</b> Noc <b>3/-1 °C</b>
<b>7.února</b>  Den <b>2/6 °C</b> Noc <b>2/-2 °C</b>	<b>8.února</b>  Den <b>4/8 °C</b> Noc <b>4/0 °C</b>	<b>9.února</b>  Den <b>6/10 °C</b> Noc <b>4/0 °C</b>	<b>10.února</b>  Den <b>8/12 °C</b> Noc <b>4/0 °C</b>	<b>11.února</b>  Den <b>2/6 °C</b> Noc <b>2/-2 °C</b>	<b>12.února</b>  Den <b>2/6 °C</b> Noc <b>-3/-7 °C</b>
<b>13.února</b>  Den <b>3/7 °C</b> Noc <b>0/-4 °C</b>	<b>14.února</b>  Den <b>4/8 °C</b> Noc <b>2/-2 °C</b>	<b>15.února</b>  Den <b>4/8 °C</b> Noc <b>3/-1 °C</b>	<b>16.února</b>  Den <b>4/8 °C</b> Noc <b>4/0 °C</b>	<b>17.února</b>  Den <b>8/12 °C</b> Noc <b>6/2 °C</b>	<b>18.února</b>  Den <b>7/11 °C</b> Noc <b>6/2 °C</b>
<b>19.února</b>  Den <b>5/9 °C</b> Noc <b>6/2 °C</b>	<b>20.února</b>  Den <b>6/10 °C</b> Noc <b>7/3 °C</b>	<b>21.února</b>  Den <b>5/9 °C</b> Noc <b>5/1 °C</b>	<b>22.února</b>  Den <b>3/7 °C</b> Noc <b>2/-2 °C</b>	<b>23.února</b>  Den <b>6/10 °C</b> Noc <b>0/-4 °C</b>	<b>24.února</b>  Den <b>7/11 °C</b> Noc <b>2/-2 °C</b>

Obrázek 27 – Počasí při měření nové sestavy v únoru (Zdroj: <https://www.e-pocasi.cz/archiv-pocasi/2022/unor/>)

## 12. Cenová kalkulace

V následující tabulce je zpracovaná cenová kalkulace pro původní systém.

### 12.1. Původní systém

Ceny jsou od různých prodejců podle toho, kde byly jednotlivé komponenty nejvýhodnější.

Produkt	Jednotka	Množství	Cena s DPH (Kč) za kus	Celková cena s DPH (Kč)
Panel AS-6M30	ks	4,00	3 000,00	12 000,00
EPsolar TRACER5420AN solární MPPT regulátor	ks	1,00	6 499,00	6 499,00
Kabeláž	m	24,00	27,00	648,00
Set NVR+kamery+kabeláž	ks	1,00	7 138,35	7 138,35
Měnič napětí 24 V/230 V 2000 W, CARSPA SK2000	ks	1,00	7 450,00	7 450,00
Trakční (GEL) baterie GOOWEI ENERGY OTL120-12, 120Ah, 12 V	ks	2,00	6 156,00	12 312,00
Balancér / ekvalizér pro 2x12V baterie HA01	ks	1,00	890,00	890,00
Nastavitelný střešní hák	ks	6,00	299,00	1 794,00
Hliníkový profil	ks	3,00	1 190,00	3 570,00
Držák	ks	8,00	40,00	320,00
Speciální středový držák	ks	1,00	42,00	42,00
EPever Bluetooth modul BLE-01	ks	1,00	570,00	570,00
Drobný materiál	ks	1,00	1 200,00	1 200,00
Celková cena za materiál v Kč s DPH				54 433,35

Tabulka 4 – Cena materiálu v původním provedení (Zdroj: vlastní)

Cena za práci by v případě instalace firmou na klíč včetně dodání materiálu vyšla více, následující nacenění vychází z průměrné ceny práce pro dané obory.

Druh práce	Hodin	Cena za hodinu	Celkem
Instalace panelů na střechu včetně úpravy tašek	6,00	300,00	1 800,00
Výroba stojanu na baterie	2,00	500,00	1 000,00
Instalace kabelů a lišt	2,00	500,00	1 000,00
Montáž regulátoru, měniče a kamer	2,00	300,00	600,00
Zapojení, zprovoznění a konfigurace	2,00	1 000,00	2 000,00
Celkem za práci v Kč			6 400,00
Celková cena			60833,35

Tabulka 5 – Práce a výsledná cena původní instalace (Zdroj: vlastní)

Tento systém je sice nejuniverzálnější, ale jeho cena je poměrně vysoká a na hlavní požadavek, kterým je provoz kamerového systému, není i přes teoreticky správné výpočty dostatečný. Dokáže sice napájet i silnější elektrické spotřebiče, jako třeba čerpadlo nebo různé dílenské nástroje, které mohou být potřeba při údržbě místa, kam není zavedena veřejná rozvodná síť. Aby však byl soběstačný po celý rok, musely by přijít ještě investice za řádově desetitisíce.

Jak vyplynulo z měření při snížení odběru přibližně na polovinu, takový odběr dokáže tento systém zajistit po celý rok. Při rozšíření na tento výkonný měnič by bylo nutné zdvojit celou nabíjecí část včetně akumulátoru. Takové rozšíření by si vyžádalo i silnější regulátor, který by dokázal zpracovat dvojnásobný výkon. Zvládl by to například regulátor Tracer10420AN od stejného výrobce. Lze ho sehnat za 12 890 Kč, jeho cena je však dvojnásobná v porovnání s použitým.

Dále by bylo nutné investovat do baterií, v tomto případě by bylo vhodné přidat k oběma použitým bateriím jednu další paralelně. Tím bychom dosáhly dvojnásobné kapacity. Balancér s balančním proudem až pět ampér by měl být schopný vybalancovat i tuto větší kapacitu.

Poslední položku tvoří panely. Jejich dvojnásobné dimenzování by vyžadovalo také větší střechu a další držáky. Jedná se tedy také o zdvojnásobení investice do této části.

Celková investice pro udržení tohoto silného měniče i přes nejhorší období, které tvoří prosinec a leden, dosahují 42 928 Kč za regulátor, panely a baterie. Výsledná cena by se ještě zvýšila o další kabely a silnější jištění. Lze tedy uvažovat přibližně 44 000 Kč navíc pro zajištění provozu s tímto měničem a kamerových systémem.

## 12.2. Upravený systém

V tomto případě zůstává práce stejná, mění se pouze cena za měnič a přibývá cena za SSD disk. Tabulka ukazuje tedy pouze upravenou cenu za materiál a výslednou celkovou cenu.

Produkt	Jednotka	Množství	Cena s DPH (Kč) za kus	Celková cena s DPH (Kč)
Panel AS-6M30	ks	4,00	3 000,00	12 000,00
EPsolar TRACER5420AN solární MPPT regulátor	ks	1,00	6 499,00	6 499,00
Kabeláž	m	24,00	27,00	648,00
Set NVR+kamery+kabeláž	ks	1,00	7 138,35	7 138,35
MĚNIČ NAPĚTÍ CARSPA P400U-242 24 V/230 V+USB 400 W	ks	1,00	1 840,00	1 840,00
Trakční (GEL) baterie GOOWEI ENERGY OTL120-12, 120Ah, 12 V	ks	2,00	6 156,00	12 312,00
Balancér / ekvalizér pro 2x12V baterie HA01	ks	1,00	890,00	890,00
Nastavitelný střešní hák	ks	6,00	299,00	1 794,00
Hliníkový profil	ks	3,00	1 190,00	3 570,00
Držák	ks	8,00	40,00	320,00
Speciální středový držák	ks	1,00	42,00	42,00
EPever Bluetooth modul BLE-01	ks	1,00	570,00	570,00
ADATA Ultimate SU650 SSD 240 GB	ks	1,00	839,00	839,00
Drobný materiál	ks	1,00	1 200,00	1 200,00
Celková cena za materiál v Kč s DPH				49 662,35
Celková cena v Kč				56062,35

Tabulka 6 – Cena upraveného systému (Zdroj: vlastní)

Pokud je systém určen pouze pro kamerový systém a případné občasné připojení zobrazovacího zařízení pro lokální nastavení nebo přehrání záznamu, je tato upravená konfigurace ideální. Měnič je dostatečně dimenzovaný, aby vydržel připojení spínaného zdroje běžných zobrazovacích zařízení a v létě může i napájet například nabíječku pro akumulátor menšího zahradního nářadí. Disponuje také USB portem pro nabití telefonu.

### 12.3. Použití DC-DC měniče

V případě, že by systém sloužil čistě pro napájení kamerového systému, lze nahradit měnič na střídavých 230 voltů stejnosměrným měničem. Ten musí disponovat automatickou regulací výstupního napětí při změně vstupního. NVR vyžaduje přesně 48 voltů, změna by ho mohla poškodit. To dokáže například DC/DC konvertor z 24 V na 48 V Orion-Tr 24/48-6A. Stojí kolem 3 150 Kč. Tímto krokem ale ztratí systém schopnost napájet další zařízení a tím pádem i většinu dalších využití.

## 13. Shrnutí

Diplomová práce se věnuje více napájení systému pouze pomocí solárních panelů nezávislých na veřejné elektrické síti. Podstatnou částí je však i kamerový systém. Jeho volba může výrazně ovlivnit, zda budou splněny cíle, kvůli kterým se projekt realizuje.

### 13.1. Kamerová část

První krok představuje stanovení toho, proč se kamerový systém vlastně instaluje. Zda má sloužit pouze jako prostředek pro sledování vzdáleného nebo skrytého místa v reálném čase. V tom případě nesmí snímat místa nebo části soukromých objektů, kde by kvůli tomu vznikalo narušení soukromí. Po splnění této podmínky už jen stačí vybrat vhodné kamery, aby plnily účel instalace. Mezi hlavní parametry patří rozlišení, schopnost snímání při horších světelných podmínkách či přísvit, ať už jde o klasické bílé LED diody nebo infračervené. Poslední krok v tomto případě představuje výběr obalu kamery. V rozhodování hraje roli především to, zda má být venkovní nebo v interiéru. Mezi další kritéria se řadí umístění. Podle toho se volí obal typu bullet nebo dome a případně i odolnější provedení anti-vandal.

Stále se prodávají i analogové systémy. Nabízí o něco nižší cenu, dnes se již ale nevyplatí, jelikož mají omezenou kvalitu přenosu a obrazu. Digitální IP systémy na rozdíl od nich provádí digitalizace obrazu už v kameře a mají na výstupu z kamery digitální signál. Umožňují připojení a sledování obrazu z kamery přes libovolné chytré zařízení na stejné datové síti.

V instalaci, kde je požadován i záznam, musíme rozlišit, zda jde o nahrávání čistě soukromého pozemku nebo i části pozemku třetí osoby či veřejného prostranství. Při záznamu pouze soukromého pozemku musíme vzít na vědomí, že každá osoba, která do tohoto prostoru vejde, musí být s nahráváním předem obeznámena. Stejně pravidlo platí i při nahrávání cizího pozemku. Ten navíc smí být nahráván pouze v takové míře, aby nebylo narušeno soukromí ostatních a jen tehdy, kdy je k tomu oprávněný důvod. Tím se bere například sledování celého plotu nebo auto, které stojí na ulici.

## 13.2. Napájecí část

Návrh napájecí části se odvíjí od spotřeby kamerového systému. Zde je nezbytné rozhodnout, zda představuje lepší možnost napájet další zařízení a pořídit klasický měnič na 230 voltů. Druhá varianta představuje výhodu nižších ztrát, ale ztrácí možnost napájení dalších zařízení, pokud nejsou na stejné napětí jako kamerový systém.

Padne-li rozhodnutí na univerzální možnost, vzniknou ztráty při transformaci napětí z napětí baterií na 230 voltů střídavých a další ztráty nastanou ve spínaném zdroji ke kamerám, který mění síťové napětí na potřebnou hodnotu obvykle stejnosměrného napětí. V tomto případě probíhá transformace z 230 voltů na 48 stejnosměrných, které napájí NVR a pomocí integrovaného PoE switche i jednotlivé kamery. Použitím stejnosměrného měniče odpadá jeden zdroj, protože napětí jde rovnou z napětí baterií na napětí pro NVR. Použitý měnič však musí mít automatickou regulaci na danou hodnotu na výstupu. Při pevném nastavení transformačního poměru by mohl dojít ke zničení NVR, jelikož napětí na baterii se v případě 24 voltového systému mění při nabíjení i o 5,8 voltu.

Při dimenzování baterie, solárních panelů a regulátoru musíme brát v úvahu spotřebu celého systému včetně měniče. Kamerový systém, který má být v provozu i za tmy, musí mít přisvit. Na to je potřeba vzít ohled při návrhu napájecí části. Spotřeba energie se v případě našeho systému liší přibližně o 2,5 wattu na zvolenou kameru navíc, pokud je přisvit aktivní.

Pro výpočet kapacity akumulátoru vezmeme průměrnou denní spotřebu při krátkých dnech a vynásobíme počtem hodin za den, které bude systém aktivní. Ve většině kamer to bude 24 hodin. Výslednou hodnotu vynásobíme počtem dnů, ve kterých musí být systém aktivní v případě nepříznivých podmínek, nejčastěji jsou to dva dny. Výsledek udává potřebnou kapacitu v ampérhodinách.

Nejrozšířenější jsou dvanácti voltové baterie. Při potřebě vyššího napětí se dá koupit rovnou baterie s daným napětím nebo zapojit více baterií za sebe. V tom případě je však silně doporučováno použít i bateriový balancér. Ten zajistí, že všechny baterie budou mít stejné napětí a tím i jejich delší životnost. Nějakou dobu budou fungovat i bez něj, ale žádné baterie nejsou úplně stejné a časem by se jejich rozdíly zvětšovaly. V krajním případě by se jedna z nich mohla dostat na konec životnosti podstatně dříve než s nainstalovaným balancérem.



Z mezivýsledku potřebné kapacity vychází i výpočet výkonu solárních panelů. Z průměrné spotřeby vynásobené 24 hodinami, která se násobí ještě napětím baterií, při kterém byl naměřen nebo vypočítán potřebný proud. Z toho se získá průměrný denní výkon, který musí solární panely vyrobit. Tento výkon vydělíme průměrným počtem hodin slunečního svitu za den v nejhorším měsíci. Jako nejhorší měsíc se jeví leden s průměrnou hodnotou 1,43 hodiny slunečního svitu za den. Tuto hodnotu ještě vynásobíme koeficientem 1,15, který zahrnuje ztráty způsobené například špatným úhlem natočení panelů. Podle toho zvolíme vhodné panely. Dohromady musí dát výsledný výkon. Pokud jsou vhodně umístěné a rovnoměrně osvětlené, je nejlepší zapojit je do série, aby bylo napětí co nejvyšší. Při nízkém osvětlení, které může být způsobeno i pouze oblačností, by totiž nemuselo napětí na panelech překonat napětí na baterii a tím pádem by se baterie nemohla dobíjet. Dle tohoto kroku se vybírá i solární regulátor.

Při výběru regulátoru by se měla věnovat pozornost především maximálnímu nabíjecímu proudu a rozsahu vstupního napětí. Maximální vstupní napětí regulátoru musí být vyšší než maximální napětí, kterého jsou schopné dosáhnout panely. V zapojení za sebou se sčítají hodnoty maximálního napětí naprázdno. Dalším důležitým parametrem je maximální výkon, který je v případě omezení nabíjecího proudu závislý na zvoleném napětí baterií. Z pohledu účinnosti systému je vhodné zvolit co nejvyšší napětí. Zde je však potřeba dbát na dostatečné bezpečnostní opatření, protože napětí z panelů může být životu nebezpečné. Zkratový proud použitých panelů dosahuje 9,62 ampéry, což je mnohem více než stačí na zabití člověka.

Z měření vyplynulo, že takové dimenzování v našich podmínkách nestačí. V prosinci již docházelo k výpadkům napájení. Solární panely nedokázaly nabít baterii dostatečně, aby vydržela napájet měnič pro kamerový systém. Při oblačných a krátkých dnech se baterie prakticky nedobila a po dvou dnech již nedokázala udržet systém v provozu. Částečně za to mohl i fakt, že neměla plnou kapacitu, jelikož ani její pozice nad všemi prvky systému a v izolaci v podobě polystyrenu, nedokázala udržet teplotu na optimálních 25 °C. Její teplota se pohybovala od 7 °C do 12 °C.

Pro účely měření byla použita i externí nabíječka, ale přes plné nabití baterií došlo po několika dnech, kdy panely nedokázaly baterii dostatečně dobít, k připojení nabíječky, aby nenastalo její opětovné úplné vybití. Protože časté hlubší vybití snižuje životnost, bylo nutné systému upravit.

Kvůli snížení energetické náročnosti došlo k výměně měniče za slabší s nižší spotřebou a prohození klasického pevného disku s vysokou kapacitou za SSD disk s nižší kapacitou, a zároveň i mnohem nižší spotřebou. Tímto zásahem klesla spotřeba na zhruba polovinu.

Po snížení spotřeby na polovinu začal být systém soběstačný. I když bylo pár dní oblačno, nízké dobíjení stačilo na udržení napětí baterie v rozumných mezích. V nejhorší době, která nastává vždy ráno, nekleslo pod hodnotu 24 voltů. Měření této konfigurace probíhalo od ledna, v únoru jsem přidal i podrobnou tabulku hodnot napětí v čase.

Pro zajištění trvalého nezávislého provozu musíme tedy napájecí systém předimenzovat přibližně dvojnásobně. V kombinaci s univerzálním měničem pak může v létě a při slunečných dnech i v zimě sloužit i jako zdroj pro další spotřebiče dle jeho maximálního výkonu.

Regulátor disponuje i spínaným zátěžovým relé pro zátěž. Lze ho použít například pro prevenci hloubkového vybití akumulátoru a automatické odpojení zátěže nebo pro připojení vyhřívání pro zlepšení kapacity baterií v zimě. Při připojení topení by bylo vhodné nastavit spínání pouze při slunečném počasí a dostatečném napětí na akumulátoru, aby nedocházelo ke spotřebě energie, která by následně chyběla pro kamerový systém.

## 14. Závěr

Protože střecha, na kterou byly panely instalovány, má sklon přibližně 40 °C, byly zvoleny monokrystalické solární panely. Několik metrů od nich jsou instalované i o třicet wattů výkonnější polykrystalické. Ty jsou zdrojem energie pro menší solární systém, který se stará o napájení mrazáku. Sklon polykrystalických panelů je nižší. I přes umístění na pohyblivém držáku, který umožňuje sklon změnit, nedosáhnou na tak velký sklon, jaký mají monokrystalické instalované na pevných střešních držácích s daným sklonem.

Je zde dobře patrný rozdíl polykrystalických a mono krystalických solárních panelů. Při oblačném počasí vyhrávají polykrystalické panely v poměru maximálního a dosaženého výkonu. Monokrystalické s vyšším sklonem dosahují sice vyššího napětí, ale nedostanou se ani na dvojnásobek oproti polykrystalickým, které jsou v porovnání maximálního napětí třikrát nižší.

Pro tento projekt byly však zvoleny monokrystalické nejen proto, aby bylo možné je porovnat s polykrystalickými, ale především proto, že s tímto sklonem jim v zimě stačí i jen krátký čas, kdy svítí slunce a dosahují téměř svého plného napětí. Dokážou tedy nabít baterii na maximum za chvíli, naráží zde pouze na to, že když se úroveň nabití baterií blíží maximu, klesá jim proud a při omezení nabíjecího napětí i nabíjecí výkon, který jsou schopné absorbovat.

Po zjištění nutnosti manuálního nastavení nabíjecích úrovní přišla v úvahu i možnost připojení přes kabel a nastavení pomocí počítače. V objektu však není moc možností si laptop položit, proto bylo zvoleno připojení přes Bluetooth. Výrobce nabízí aplikace pro správu na operační systém Android i iOS. Ta byla otestována na obou zmíněných systémech. Varianta pro Android neumožnila přepsání parametrů, systém musel být nakonfigurován pomocí verze pro iOS. Následně byly odečítány hodnoty přes obě zařízení. Po vydání aktualizace se již varianta pro Android nedokázala k Bluetooth modulu řádně připojit, aplikace se zastavila v nekonečném načítání dat z regulátoru. Zbytek měření musel tedy být prováděn přes druhé zařízení. Bohužel i na něj došlo s vynucenou aktualizací. Sice se zlepšila funkce automatické identifikace regulátoru, ale následně se také zastavila v nekonečné smyčce načítání dat. Nyní je před každým měřením nutné aplikaci ukončit, opět spustit a projít vyhledáním Bluetooth modulu. Před aktualizací bylo možné nechat aplikaci spuštěnou trvale a v případě otevření ihned data z regulátoru načítat. Navzdory omezené funkčnosti je však hezky vizuálně udělaná a pokud se povede připojit, tak i uživatelky přívětivá.

V případě možnosti napojení na veřejnou síť by tato možnost byla určitě na zvážení. Cena by byla mnohem nižší, protože by systém nemusel být tolik dimenzovaný. Doporučení by padlo na kombinovaný regulátor s integrovaným měničem, který se sám přepne na veřejnou síť, když napětí na baterii klesne pod definovanou mez. Tyto měniče obvykle disponují i možností volby, zda mají být primární zdroj energie baterie, panely nebo veřejná elektrická síť. Pokud uživatel preferuje odběr z baterií, automaticky se přepne na veřejnou síť v momentě, kdy dojde energie z baterií. Samozřejmostí je plné dobíjení při slunečném počasí. Tím se zajistí, že při slunečním svitu bude napětí na baterii vždy dostatečně vysoké, aby z nich mohla být čerpána energie.

Cílem této diplomové práce bylo ověřit, zda systém navržený dle prodejců ostrovních solárních elektráren bude schopný v našich podmínkách autonomně fungovat. Při návrhu bylo postupováno přesně podle vzorců a příkladů výpočtu. V nejhorsím období však solární systém nedokázal nepřetržitě napájet kamerový systém. Výsledky jsou zaneseny v kapitole 9.

Aby bylo možné zjistit, jak by měl být systém dimenzován, aby vydržel napájet kamerový systém i v zimních měsících, prošla spotřební část úpravami. Místo původního velmi výkonného měniče byl použit méně výkonný, na samotné kamery stále s výkonovou rezervou, který však odebírá poloviční proud naprázdno oproti původnímu. Úpravou prošlo i NVR, které dostalo místo klasického pevného disku SSD disk s podstatně nižší spotřebou energie. V poměru cena/kapacita vychází cenově výše, nicméně v tomto případě není potřeba příliš velké úložiště, jelikož se jedná o systém pouze se dvěma kamerami. Podrobnosti jsou popsány v kapitole 11.

Nový systém s poloviční spotřebou byl opět podroben měření a testování. Výsledky ukázaly, že takové dimenzování vyhovuje a vychází v zimě tak, aby systém pracoval, ale nebyl zbytečně moc výkonný a drahý.

## 15. Použité zdroje

[1] LIBRA, Martin a Vladislav POULEK. Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie. Praha: Ilsa, 2009. ISBN 978-80-904311-0-2.

[2] MATUŠKA, Tomáš. Solární zařízení v příkladech. Praha: Grada, 2013. Stavitel. ISBN 978-80-247-3525-2.

[3] How to Size a Solar System: Step-by-Step [online] Unbound Solar, 2022 [Citace 2022-02-26] Dostupné z: <https://unboundsolar.com/blog/how-to-size-solar-system>

[4] E.ON. Solární energie: Jak účinné jsou solární panely? [online] E.ON, 2022 [Citace 2022-02-26] Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/zelena-energie/solarni-energie/jak-ucinne-jsou-solarni-panely/>

[5] MPPT Solar Charge Controllers Explained [Online] Clean Energy Reviews [Citace 2022-02-27] Dostupné z: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/mppt-solar-charge-controllers>

[6] RNDr. Jaroslav Kusala. Solární energie – Fotovoltaika: Solární fotovoltaické články. [online] ČEZ a. s., 2006. [Citace: 2022-02-26] Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>

[7] S.D. Gotrek. Solární panely, regulátory a baterie – jak se v tom vyznat? [online] nomadem.cz, 26. červen 2018 [Citace: 2022-02-26.] Dostupné z: <https://www.nomadem.cz/clanek/66/solarni-panely-a-regulatory/>

[8] Portál řidiče. Co jsou AGM auto-moto baterie a jak se nabíjí? [online] Portalridice.cz, 2022 [Citace 2022-02-26] Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/agm-auto-moto-baterie-a-nabijecky>

[9] Měníče DC/AC [online] Energetika.cz, 2022 [Citace 2022-02-26] Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/sikovneruce/menice.htm>

[10] Ing. Zdeněk VOTRUBA, Ph.D.; Elektronické instalace budov V – Kamerové systémy – Terminologie a technický úvod. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2022. Přednáškový podklad

[11] JANEČKOVÁ, Eva a Václav BARTÍK. Kamerové systémy v praxi: právní režim z pohledu ochrany osobních údajů a ochrany osobnosti. Praha: Linde, 2011. Praktická právnícká příručka. ISBN 978-80-7201-850-5.

[12] Úřad pro ochranu osobních údajů. K provozování kamerových systémů. [Online] Úřad pro ochranu osobních údajů, 2. květen 2018. [Citace: 2022-02-26.] Dostupné z: <https://www.uouu.cz/k-nbsp-provozovani-kamerovych-systemu/d-29535/p1=1099>.

[13] Úřad pro ochranu osobních údajů. Zásady a právní důvody zpracování. [Online] Úřad pro ochranu osobních údajů, 24. duben 2019. [Citace: 2022-02-26.] Dostupné z: <https://www.uouu.cz/4-zasady-a-nbsp-pravni-duvody-zpracovani/d-27271/p1=4744>

[14] Úřad pro ochranu osobních údajů. Ke kamerám a kamerovým systémům. [Online] Úřad pro ochranu osobních údajů, 2018. [Citace: 2022-02-26.] Dostupné z: <https://www.uouu.cz/casto-kladene-otazky-ke-kameram-a-kamerovym-systemum/ds-5041/archiv=1&p1=2619>

[15] KELKOM International. GDPR v souvislosti s kamerovými systémy. [Online] Kelkom, 2018. [Citace: 2022-02-26.] Dostupné z: <https://www.kelcom.cz/novinky-seznam/gdpr-v-souvislosti-s-kamerovymi-systemy/>

[16] BERANOVSKÝ, Jiří a Jan TRUXA. Alternativní energie pro váš dům. Brno: ERA, 2003. ISBN 80-86517-59-4.

[17] EFTERIA spol. s r.o. GOOWEI ENERGY [pdf] EFTERIA spol. s r.o., 2021 [Citace 2022-02-26] Dostupné z: [http://www.battery-import.cz/user/documents/goowei\\_datasheet\\_2021.pdf](http://www.battery-import.cz/user/documents/goowei_datasheet_2021.pdf)

[18] Pícek Stanislav, Legislativní a normativní analýza domovních kamerových systémů. Praha, 2020. Bakalářská práce. ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA, Technická fakulta. Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Votruba, Ph.D.