

STUDIE POTENCIÁLU INSTALACE FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY

7. ZÁKLADNÍ ŠKOLA KOLÍN

Masarykova 412, 280 02 Kolín III

st. p. č. 5593/1, 5620/3 a 3926/4; k. ú. Kolín [668150]

PORSENNA ENERGY s.r.o.

8. června 2023

Obsah

1. Účel zpracování	3
2. Identifikační údaje	3
2. 1. Identifikační údaje o objednateli	3
2. 2. Identifikační údaje o předmětu studie	3
2. 3. Identifikační údaje zpracovatele	3
3. Možnosti finanční podpory realizace fotovoltaického systému	4
3. 1. Operační program Životní prostředí (OPŽP)	4
3. 2. Modernizační fond, výzva RES+ č. 4/2024	4
3. 3. Obecné podmínky na komponenty systému	5
4. Stávající stav	6
4. 1. Historie spotřeby energie	6
5. Výchozí stav	8
6. Navrhované řešení	10
6. 1. Kapacitní možnosti budovy a uvažované parametry systému	10
6. 2. Varianta 1 (maximum)	13
6. 3. Varianta 2 (optimum)	15
7. Ekonomické hodnocení	17
7. 1. Metoda hodnocení	17
7. 2. Vyhodnocení posuzovaných variant bez vlivu dotace	18
7. 3. Vyhodnocení posuzovaných variant při využití dotace z RES+	19
8. Závěr a doporučení	21

Seznam tabulek

Tabulka 1 Kritéria programů podpory (normy)	5
Tabulka 2 Kritéria programů podpory (účinnost FV komponent)	5
Tabulka 3 Kritéria programů podpory (garance životnosti)	5
Tabulka 4 Historie spotřeby energie	6
Tabulka 5 Rozklad ceny energie (březen 2023)	7
Tabulka 6 Úprava ceny elektřiny	8
Tabulka 7 Souhrn technických parametrů fotovoltaické elektrárny	11
Tabulka 8 Souhrn technických parametrů navržené fotovoltaické elektrárny (Varianta 1)	13
Tabulka 9 Souhrnná bilance FVE (Varianta 1)	13
Tabulka 10 Souhrn ekonomických parametrů (Varianta 1)	14
Tabulka 11 Souhrn technických parametrů navržené fotovoltaické elektrárny (Varianta 2)	15
Tabulka 12 Souhrnná bilance FVE (Varianta 2)	15
Tabulka 13 Souhrn ekonomických parametrů (Varianta 2)	16
Tabulka 14 Výsledky ekonomického hodnocení bez vlivu dotace	18
Tabulka 15 Výsledky ekonomického hodnocení s vlivem dotace z RES+	19

Seznam obrázků

Obrázek 1 Spotřeba elektřiny v březnu (po 15 minutách)	9
Obrázek 2 Spotřeba elektřiny v červenci (po 15 minutách)	9
Obrázek 3 Možné rozmístění fotovoltaických modulů na střechách	10
Obrázek 4 Ukázky osazení FV systému	12
Obrázek 5 Grafické znázornění využití FVE v objektu (Varianta 1)	14
Obrázek 6 Grafické znázornění využití FVE v objektu (Varianta 2)	16
Obrázek 7 Cash flow v případě Varianty 1	20
Obrázek 8 Cash flow v případě Varianty 2	20

1. Účel zpracování

Studie využití FVE je zpracována za účelem prověření možností instalace fotovoltaického systému na budovách 7. Základní školy – Masarykova ve městě Kolín, a prověření možností čerpání finanční podpory z aktuálně dostupných dotačních programů.

Podkladem pro zpracování této studie byly informace o energetické náročnosti budovy, resp. spotřeby elektrické energie za vybrané odběrné místo v předmětné budově, na které by bylo možné příp. fotovoltaický systém napojit.

2. Identifikační údaje

2. 1. Identifikační údaje o objednateli

Název	Město Kolín
Sídlo	Karlovo náměstí 78, 280 12 Kolín I
IČ	002 35 440
Statutární orgán	Mgr. Michael Kašpar, starosta města
Kontaktní osoba	Karin Dostálová, investiční referentka
Kontaktní telefon	(+420) 321 748 293
Kontaktní e-mail	karin.dostalova@mukolin.cz

2. 2. Identifikační údaje o předmětu studie

Název	7. Základní škola Kolín – Masarykova
Umístění (adresa)	Masarykova 412, 280 02 Kolín III
Katastrální území	Kolín [668150]
Parcelní čísla	st. 5593/1, 5620/3 a 3926/4, (st. 8421, st. 3926/7)

Pozn.: Parcelní čísla v závorce náleží sousední základní škole Bezručova, resp. spotřeba elektřiny objektů na těchto parcelách je dle dostupných informací placena touto navazující základní školou. Pro účely této studie byly střechy těchto objektů využity k případné instalaci FV systému napojeného na odběrné místo elektřiny základní školy Masarykova.

2. 3. Identifikační údaje zpracovatele



PORSENNA ENERGY s.r.o.
Michelská 18/12a, 140 00 Praha 4
244 013 186, energy@porsenna.cz
IČ: 054 57 670

Název	PORSENNA ENERGY s.r.o.
Sídlo	Michelská 18/12a, 140 00 Praha 4
IČ	054 57 670
Vypracoval	Ing. Lukáš Janda
Kontaktní telefon	(+420) 721 329 204
Kontaktní e-mail	janda@porsenna.cz

3. Možnosti finanční podpory realizace fotovoltaického systému

Na instalaci fotovoltaického systému ve veřejných budovách je v současnosti možné čerpat finanční podporu z několika dotačních programů, resp. několika výzev dle parametrů instalace. V následujících kapitolách jsou stručně shrnuty základní podmínky jednotlivých dotačních programů. Všechny dostupné programy stanovují požadavky na jednotlivé komponenty fotovoltaického systému, které uvádí kapitola 3. 3.

Ani v jednom z dostupných dotačních programů nejsou stanoveny požadavky na procentuální snížení stávající spotřeby energie z veřejné distribuční sítě (konvenční elektřiny), nebo na výrobu vlastní energie (procentuální využití vyrobené elektřiny v řešeném objektu z celkového množství vyrobené elektřiny pomocí FVE).

Současně je možné obdržet finanční podporu na realizaci akumulátorového uložení, max. však na kapacitu rovnající se 100 % teoretické výroby z realizovaného systému¹.

3. 1. Operační program Životní prostředí (OPŽP)

Realizaci opatření pro zvýšení efektivity využití energie ve veřejných budovách je obecně možné podpořit z dotačního programu OPŽP. Instalaci obnovitelných zdrojů se v programovém období 2021 – 2027 věnuje specifický cíl 1.2 Podpora energie z obnovitelných zdrojů v souladu se směrnicí (EU) 2018/2001, včetně kritérií udržitelnosti stanovených v uvedené směrnici.

V tomto případě je možné využít podporu v rámci aktivity 1.2.1 Výstavba a rekonstrukce obnovitelných zdrojů energie pro veřejné budovy. Instalaci OZE je v rámci této aktivity možné podpořit samostatně, nebo v kombinaci s rekonstrukcí stavebního směru (není tento případ).

Dotace v rámci tohoto programu je stanovena z jednotkových nákladů poměrně významné výše.² Z tohoto důvodu tak program OPŽP představuje nejvýhodnější možnost čerpání finanční podpory na instalaci FVE. Reálně lze očekávat podporu ve výši 60 – 80 % investice.

Jelikož příjem žádostí v 11. výzvě byl ukončen 31. 5. 2023 a zároveň není předpokládána v budoucnu další výzva podporující samostatně instalaci fotovoltaických systémů, je v ekonomickém hodnocení níže uvažováno s případným ziskem finanční podpory z Modernizačního fondu.

3. 2. Modernizační fond, výzva RES+ č. 4/2024

V rámci výzvy č. 4/2024 je možné podpořit realizaci fotovoltaické elektrárny v rámci komunální energetiky do velikosti 1 MW_p na jedno předávací místo do distribuční soustavy. Podmínkou podpory je sdružený projekt výstavby FVE – **v žádosti musí být více dílčích projektů s více než jedním předávacím místem do distribuční soustavy.**

V investičně dotčených objektech projektu musí být spotřebováno alespoň 80 % vyrobené elektřiny z nově instalovaných FVE za celý projekt v roční bilanci. Stanoveno jako podíl celkové teoretické hodnoty výroby z instalovaných systémů vůči celkové teoretické roční bilanční spotřebě v dotčených objektech.

Výše podpory je stanovena na základě velikosti systému logaritmicky, kde s velikostí systému klesá výše podpory. Reálně lze tedy očekávat podporu ve výši 20 – 30 % investice.

¹ Teoretická výroba energie je dána vzorcem 1 kW_p = 1 kWh/rok. Je tedy možné finančně podpořit baterii ve výši rovnající se až maximálnímu výkonu fotovoltaické elektrárny.

² Podrobné podmínky viz metodika jednotkových nákladů OPŽP, viz <https://opzp.cz/dotace/11-vyzva/>

3.3. Obecné podmínky na komponenty systému

Podmínky na komponenty systému jsou v dostupných dotačních programech následující:

- Podporovány mohou být pouze výrobní, ve kterých budou instalovány technologie s nezávisle ověřenými parametry prokázanými certifikáty vydanými akreditovanými certifikačními orgány na základě těchto souborů norem:

Tabulka 1 Kritéria programů podpory (normy)

Technologie	Soubor norem (je-li relevantní)
Fotovoltaické moduly	IEC 61215, IEC 61730
Měniče	IEC 61727, IEC 62116, EN 50549-1/EN 50549-2
Elektrické akumulátory	dle typu akumulátoru (<i>pro nejčastější lithiové akumulátory IEC 63056:2020 nebo IEC 62619:2017 nebo IEC 62620:2014</i>)

- Instalované fotovoltaické moduly a měniče musí dosahovat min. níže uvedených účinností při standardních testovacích podmínkách:

Tabulka 2 Kritéria programů podpory (účinnost FV komponent)

Technologie	Minimální účinnost
Fotovoltaické moduly	20,0 % pro monofaciální z monokrystalického křemíku
	19,0 % pro monofaciální z multikrystalického křemíku
	20,0 % pro bifaciální při 0 % bifaciálního zisku
	12,0 % pro tenkovrstvé moduly
Měniče	97,0 % (Euro účinnost)

- Při realizaci mohou být použity výhradně komponenty s následující garantovanou životností:

Tabulka 3 Kritéria programů podpory (garance životnosti)

Technologie	Požadované zajištění životnosti
Fotovoltaické moduly	min. 25 letá lineární záruka na výkon s max. poklesem na 80 % původního výkonu garantovanou výrobcem min. 12 letá produktová záruka garantovaná výrobcem
Měniče	záruka výrobce či dodavatele trvající min. 10 let na jeho bezodkladnou výměnu či adekvátní náhradu v případě poruchy či poškození
Elektrické akumulátory	záruka s max. poklesem na 60 % nominální kapacity po 10 letech provozu, nebo dosažení min. 2 400 násobku nominální energie (Energy Throughput) ³

- Instalované měniče musí být vybaveny plynulou, nebo diskretní říditelností dodávaného výkonu do elektrizační soustavy umožňující změnu dodávaného výkonu výrobní.

³ Např. baterie s nominální kapacitou 1 kWh musí být schopna dodat za dobu své životnosti min. 2 400 kWh energie.

4. Stávající stav

Předmětný objekt byl uveden do provozu v roce 1982 a v současnosti zajišťuje převážně základní úroveň vzdělávání cca 600 žáků. Provozní součástí školy je také tělocvična a venkovní atletický areál (stravování je zajištěno v prostorách jídelny, kterou provozuje 1. ZŠ Kolín – Bezručova).

Provoz budovy odpovídá standardnímu provozu budov pro vzdělávání, tedy po 10 měsíců v roce, kde zbylé letní měsíce jsou vyhrazeny převážně nezbytným opravám a přípravě na další školní rok. Zdrojem tepla na vytápění a přípravu TV je výměníková stanice. V budově jsou instalovány převážně jen běžné elektrické spotřebiče (umělé osvětlení, drobné zásuvkové spotřebiče), nucené větrání není instalováno (pouze odtahové ventilátory v sociálních zařízeních).

Hlavní dva výukové pavilony mají 3 nadzemní podlaží, tělocvičny jsou jednopodlažní, nový pavilon má 2 nadzemní podlaží. Všechny objekty nejsou podsklepeny a disponují převážně plochými střechami (větší sklon střechy má pouze tělocvična ZŠ Masarykova – dřevěné příhradové vazníky).

Nosné konstrukce:

- Dva hlavní výukové pavilony Montovaný ŽB skelet MS 71
- Tělocvična ZŠ Bezručova ŽB střešní desky (více nezjištěno)
- Tělocvična ZŠ Masarykova Dřevěné příhradové vazníky
- Nový pavilon ŽB monolitické desky, zděné stěny

Ploché střechy dvou hlavních výukových pavilonů jsou zatepleny pomocí minerální izolace.

4.1. Historie spotřeby energie

Energetickým vstupem, na který se vztahují přínosy navrhovaných opatření, je elektrická energie z veřejné distribuční sítě. V předmětném objektu jsou dle dostupných informací celkem dvě fakturační odběrná místa elektrické energie, a to pro zásobování:

- **Budov školy** (2 pavilony, tělocvična)
- Výměníkové stanice

V níže uvedené tabulce je uveden přehled spotřeby elektřiny za uplynulá účetní období, včetně uvažované průměrné spotřeby energie. Spotřeba elektřiny výměníkové stanice (41,8 MWh/rok) není detailně řešena, FV systém nebude na toto odběrné místo napojen.

Tabulka 4 Historie spotřeby energie

Historie spotřeby energie				
Název energonositele ¹⁾	Elektřina			
Odběrné místo (EAN) č.	859 182 400 601 040 042			
Dodavatel	ČEZ ESCO, a.s.			
Historie spotřeby energie [MWh]	Rok 2021	Rok 2022	Rok 2023	Průměr
Leden	2,422	5,682	---	5,682
Únor	1,949	3,855	---	3,855
Březen	1,387	4,292	---	4,292
Duben	2,048	3,699	---	3,699
Květen	3,374	3,738	---	3,738
Červen	2,992	3,455	---	3,455
Červenec	1,092	1,193	---	1,193
Srpen	1,625	1,737	---	1,681

Historie spotřeby energie				
Název energonositele ¹⁾	Elektřina			
Odběrné místo (EAN) č.	859 182 400 601 040 042			
Dodavatel	ČEZ ESCO, a.s.			
Historie spotřeby energie [MWh]	Rok 2021	Rok 2022	Rok 2023	Průměr
Září	3,617	4,313	---	3,965
Říjen	4,396	4,287	---	4,342
Listopad	5,710	5,480	---	5,595
Prosinec	4,759	4,446	---	4,603
CELKEM	35,371	46,177	---	46,099

¹⁾ Název energonositele dle vyhl. č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov, v platném znění.

Poznámka: Šedě jsou vyznačeny spotřeby, které v průměrné spotřebě nebyly zohledněny z důvodu omezeného provozu v důsledku pandemie COVID 19.

Rozklad ceny energie je uveden v následující přehledné tabulce.

Tabulka 5 Rozklad ceny energie (březen 2023)

Číslo odběrného místa (EAN)		859 182 400 601 040 042		
Tarif		C02d		
Velikost jističe		3x 170 A		
Položka		m.j.	Jednotková cena	
			Kč bez DPH	Kč s DPH
Obchodní složka	Stálý plat	měs.	0,00	0,00
	Cena za odběr ve VT	MWh	5 000,00	6 050,00
	Cena za odběr v NT	MWh	---	---
Regulované platby	Cena za odběr ve VT	MWh	1 984,01	2 400,65
	Cena za odběr v NT	MWh	---	---
	Systémové služby	MWh	113,53	137,37
	POZE	MWh	---	---
	Cena OTE	měs.	3,43	4,15
	Cena za jistič	měs.	1 718,70	2 079,63
Daň z elektřiny		MWh	28,30	34,24
Aktuální cena za zajištění dodávky energie		Kč/MWh	7 125,84	8 622,26
		Kč/měsíc	1 722,13	2 083,78

5. Výchozí stav

Výchozí stav byl stanoven ze stávajícího stavu a stávajících spotřeb, které uvádí Tabulka 4. Spotřeba energie byla pro potřeby vyhodnocení přínosu a využití energie z fotovoltaického systému stanovena **na základě 15minutového profilu spotřeby** energie v roce 2022.

Průběh spotřeby energie ve dvou měsících v roce je zobrazen v grafech na následující straně, ze kterých je patrné výrazné snížení spotřeby v letním období, o víkendech a přes noc.

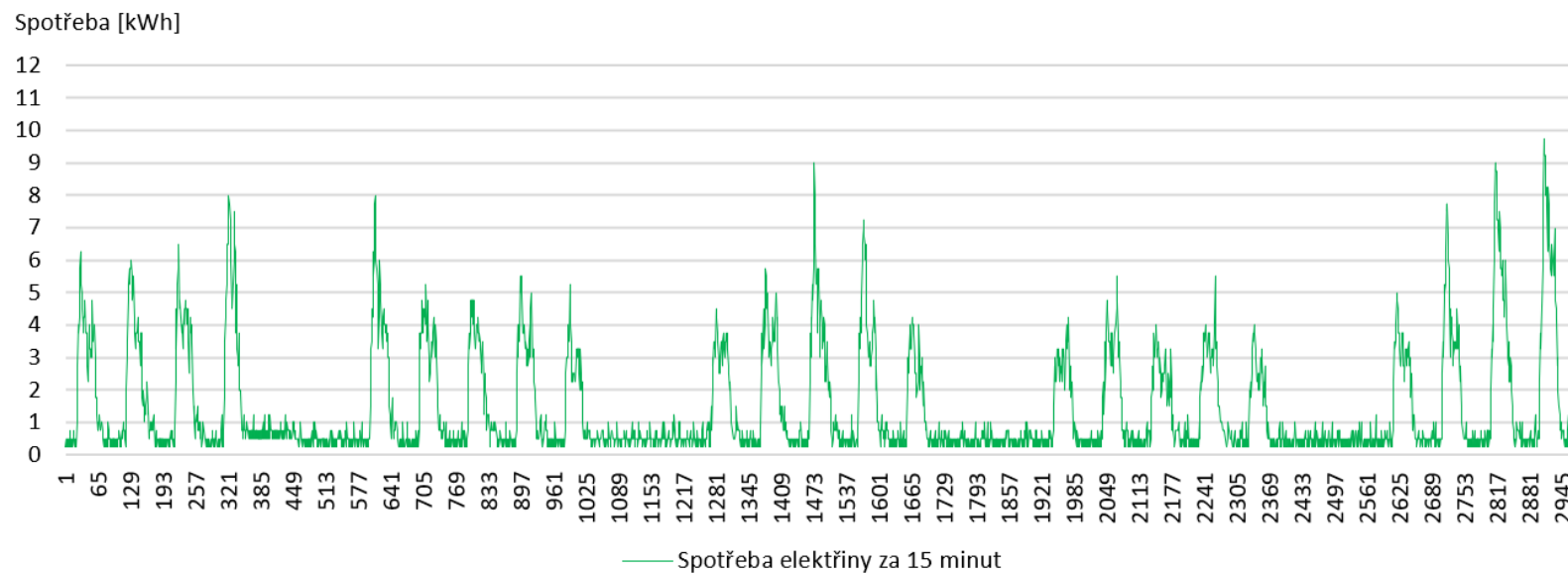
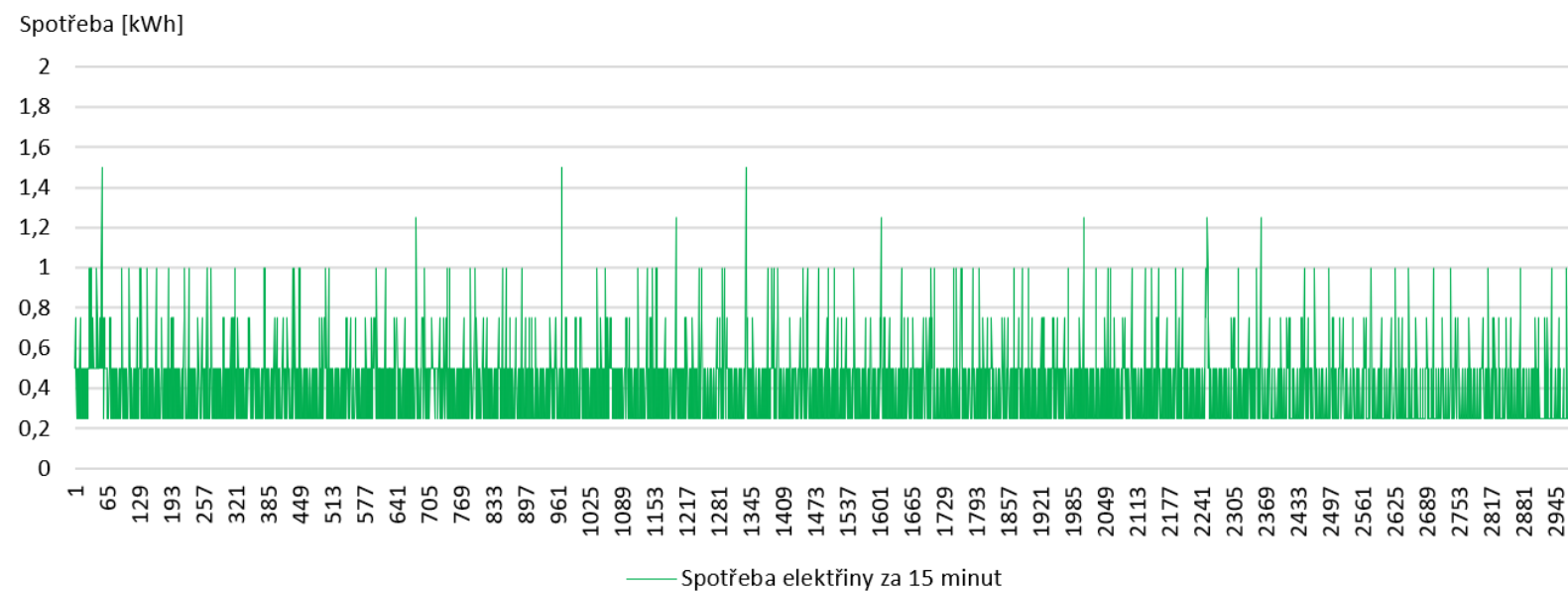
K takto stanovenému výchozímu stavu jsou tedy vztaženy přínosy posuzovaných variant, uvedených v kapitole 6.

Cena za dodávku elektřiny z distribuční sítě byla oproti údajům uvedeným v Tabulce 5 částečně upravena (přičtena platba za POZE, snížena obchodní složka ceny).

Tabulka 6 Úprava ceny elektřiny

Položka	m.j.	Jednotková cena	
		Kč bez DPH	Kč s DPH
Aktuální cena za zajištění dodávky energie	Kč/MWh	7 125,84	8 622,26
	Kč/měsíc	1 722,13	2 083,78
Přičtena platba za POZE	Kč/MWh	+ 495,00	+ 598,95
Snížena obchodní složka ceny za odběr ve VT	Kč/MWh	- 900,00	- 1 089,00
Upravená cena za zajištění dodávky energie	Kč/MWh	6 720,84	8 132,21
	Kč/měsíc	1 722,13	2 083,78

Jelikož nebude v dohledné době stále možné sdílet vyrobenou elektrickou energii mezi jednotlivými objekty ve vlastnictví města (komunitní elektrárna), byl pro potřeby ekonomického hodnocení **uvažován výnos z prodeje elektřiny do sítě ve výši 2 700 Kč/MWh** (jedná se o čistý výnos, po odečtení daně z příjmu ve výši 15 %).

Obrázek 1 Spotřeba elektřiny v březnu (po 15 minutách)**Obrázek 2 Spotřeba elektřiny v červenci (po 15 minutách)**

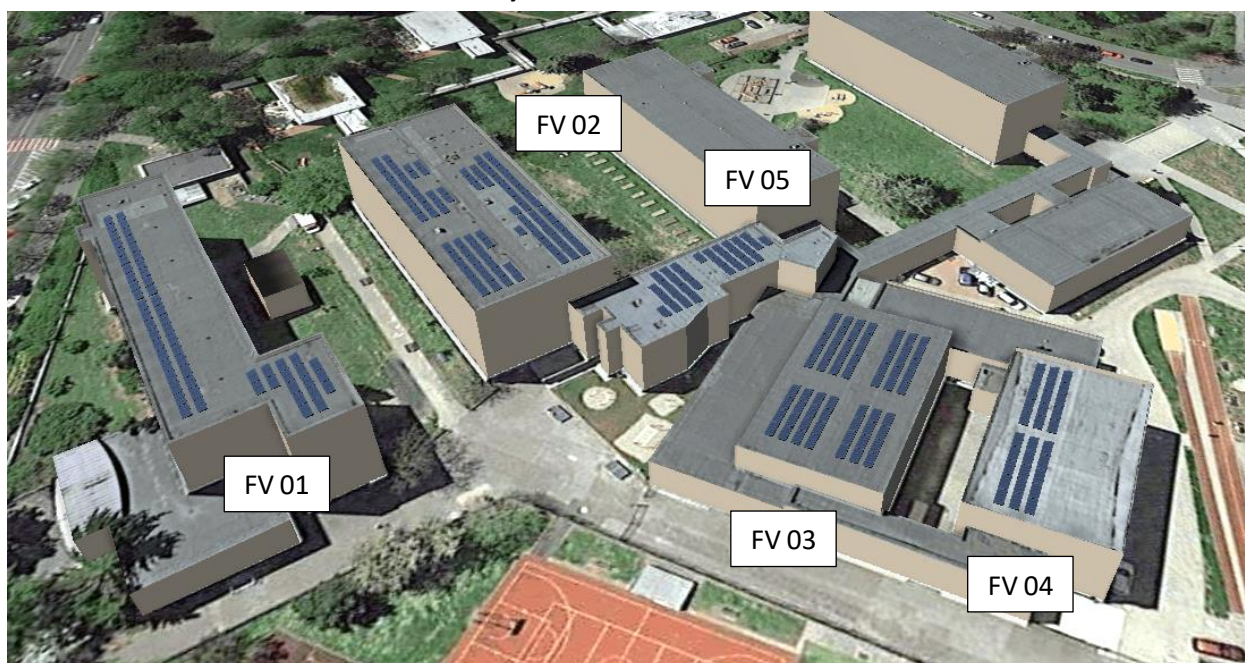
6. Navrhované řešení

6. 1. Kapacitní možnosti budovy a uvažované parametry systému

Předmětné budovy mají relativně rozsáhlé střešní konstrukce, na které by za předpokladu jejich dostatečné únosnosti bylo možné umístit **až cca 243 fotovoltaických modulů**, které nebudou nijak výrazně stíněny vlastní konstrukcí, okolní zástavbou ani vzrostlou zelení (**uvažováno průměrné zastínění 2,4 %**). Plocha střech sice umožňuje instalaci většího počtu FV modulů, nicméně v tomto případě je **velikost instalace limitována hlavním jističem budovy 3x 170 A**.

Níže uvedený obrázek ukazuje možné rozmístění fotovoltaického systému na střechách budov základní školy, které zohledňuje vedení hromosvodů, odvětrání technických systémů a částečně také nežádoucí stínění vlastními stavebními konstrukcemi (odstup od stěn vyšších pavilonů) a okolní vzrostlou zelení.

Obrázek 3 Možné rozmístění fotovoltaických modulů na střechách



FV 01:	59 modulů	26,550 kW _p (pavilon 1)
FV 02:	91 modulů	40,950 kW _p (pavilon 2)
FV 03:	63 modulů	28,350 kW _p (tělocvična ZŠ Bezručova)
FV 04:	30 modulů	13,500 kW _p (tělocvična ZŠ Masarykova)
CELKEM:	243 modulů	109,350 kW_p
FV 05:	31 modulů	13,950 kW _p (nový pavilon)

Poznámky:

- **fotovoltaické moduly na novém pavilonu (FV 05) jsou zde uvedeny jako mírně nepříznivější alternativa** k umístění ostatních FV modulů (budou částečně stíněny pavilonem 2), tyto FV moduly je samozřejmě možné případně napojit na odběrné místo ZŠ Bezručova
- střecha tělocvičny ZŠ Bezručova byla v této studii využita, jelikož je situována blíže hlavnímu rozvaděči ZŠ Masarykova, zároveň má tato ZŠ větší jistič než ZŠ Bezručova (**FV moduly na střeše tělocvičny by již nebylo z kapacitních důvodů možné napojit na odběrné místo ZŠ Bezručova**)

V následující tabulce je uvedena charakteristika ve výpočtu jednotlivých variant uvažovaných komponent fotovoltaické elektrárny.

Tabulka 7 Souhrn technických parametrů fotovoltaické elektrárny

Parametry fotovoltaické elektrárny	Hodnota	Jednotka
Fotovoltaické moduly (panely) ¹⁾		
Typ FV článků	monokrystalický	---
Rozměry modulu/panelu	2 102 x 1 040 x 35	mm x mm x mm
Výkon modulu/panelu	450	W _p
Uvažovaná účinnost modulu/panelu	20,6	%
Sklon modulů/panelů od vodorovné roviny	10	°
Azimut (FV 01, FV 02 a FV 05)	+153 (cca JJV)	°
Azimut (FV 03 a FV 04)	+212 (cca JJZ)	°
Měniče ²⁾		
Euro účinnost	97,0	%

¹⁾ Parametry uvedené v tabulce jsou udávány pro standardní zkušební podmínky (STC) a pro intenzitu slunečního záření 1 000 W/m². Nominální výkon FV panelu není statická veličina, je závislý na intenzitě dopadajícího záření.

²⁾ Měnič (střídač) převádí stejnosměrný proud vyráběný fotovoltaickými panely na proud střídavý. Kromě této základní funkce musí každý síťový měnič splnit i další důležité funkce ochranné a bezpečnostní.

Instalované měniče musí být vybaveny plynulou, nebo diskretní řiditelností dodávaného výkonu do elektrizační soustavy umožňující změnu dodávaného výkonu výroby (jedná se o požadavek dotačních programů).

Využití vyrobené elektrické energie z navržených fotovoltaických systémů jednotlivých variant je uvažováno primárně uvnitř budovy, tedy všemi elektrickými spotřebiči. **Nevyužitá energie bude dodávána do veřejné distribuční sítě, vždy se tedy jedná o systém on-grid.**

Výroba a využití vyrobené energie z fotovoltaického systému byla ve všech níže uvedených variantách možného řešení vyhodnocena metodou porovnání 15minutové produkce a spotřeby energie v programu Polysun SPT.

Náklady na realizaci posuzovaného řešení byly stanoveny na základě zkušenosti zpracovatele s obdobnými projekty. **Reinvestice zohledňují instalaci nových měničů po 10 letech provozu, kdy dle informací výrobců dochází k technické i morální zastaralosti měničů. Bez této instalace by již dále nebylo možné využít vyrobenou energii z fotovoltaického systému, jedná se tedy o nezbytný výdaj, se kterým je třeba počítat (střídače mají kratší životnost než FV moduly).**

Obrázek 4 Ukázky osazení FV systému



6. 2. Varianta 1 (maximum)

První varianta předpokládá instalaci FVE o maximálním možném výkonu (v tomto případě je velikost instalace limitována hlavním jističem). Osazení FVE uvádí Obrázek 3 na straně 10 (jedná se o umístění FV 01 až FV 04). Základní parametry prověřovaného fotovoltaického systému uvádí následující tabulka.

Tabulka 8 Souhrn technických parametrů navržené fotovoltaické elektrárny (Varianta 1)

Parametry fotovoltaické elektrárny			Hodnota	Jednotka
Fotovoltaické moduly/panely				
Navržený výkon systému			109,350	kW _p
Množství fotovoltaických modulů/panelů			243	ks
Souhrnná potřebná plocha systému (vč. rozestupů)			720	m ²
Z toho po objektech	Pavilon 1	Pavilon 2	Těl. ZŠ Bezručova	Těl. ZŠ Masarykova
Označení	FV 01	FV 02	FV 03	FV 04
Počet FV modulů	59 kusů	91 kusů	63 kusů	30 kusů
Výkon FVE	26,550 kW _p	40,950 kW _p	28,350 kW _p	13,500 kW _p
Plocha FV systému	170 m ²	270 m ²	190 m ²	90 m ²
Měniče				
Minimální počet			4	---
Minimální vstupní DC výkon ¹⁾			120 000	W

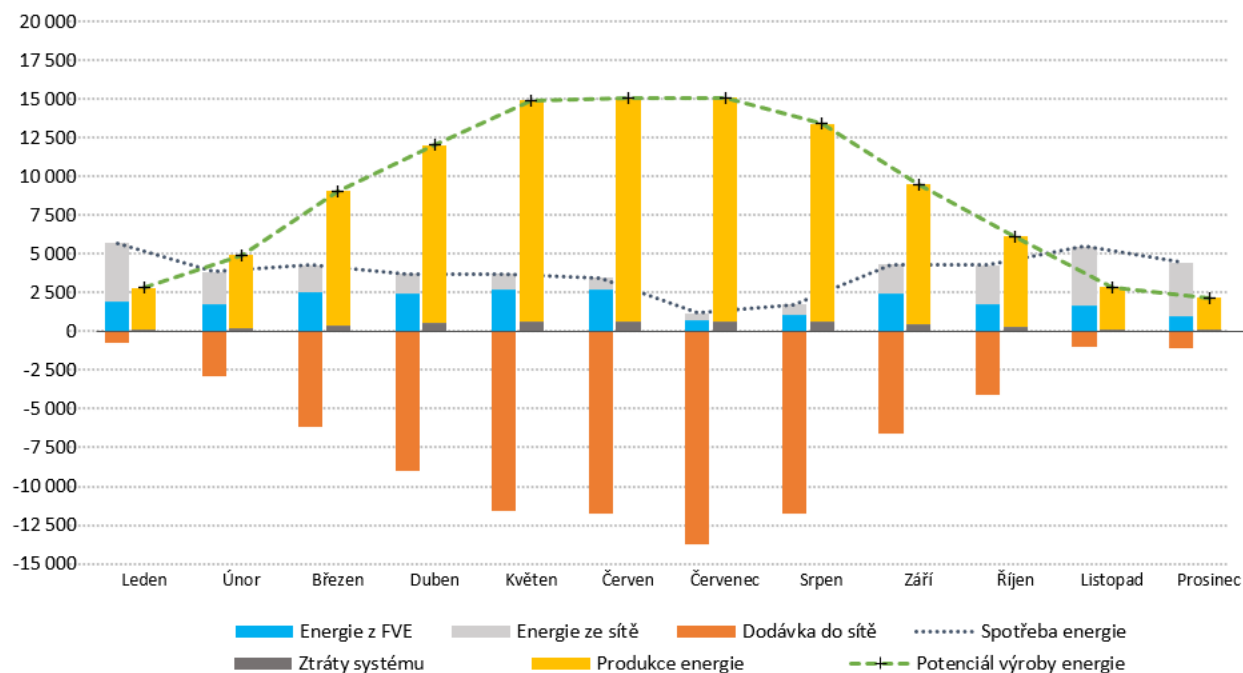
¹⁾ Minimální DC výkon vztažený k STC – standardním testovacím podmínkám.

Souhrnná energetická bilance této varianty je uvedena v následující tabulce.

Tabulka 9 Souhrnná bilance FVE (Varianta 1)

Parametr	Hodnota	Jednotka
Instalovaná velikost FVE na budově	109,350	kW_p
Akumulace energie v budově (baterie)	0,0	kWh
Celková stávající spotřeba elektřiny budovy	46,099	MWh/rok
Celková produkce elektřiny z FVE	103,057	MWh/rok
Elektřina z FVE využita v budově	22,687	MWh/rok
Elektřina z FVE dodaná do distribuční sítě (přebytek)	80,371	MWh/rok
Procento využití produkce FVE pro krytí spotřeby elektřiny v budově	22,0	%
<i>Procento pokrytí vlastní spotřeby pomocí fotovoltaického systému</i>	49,2	%
<i>Procento prodané vlastní energie (dodané do distribuční sítě)</i>	78,0	%

Orientační využití energie v objektu v jednotlivých měsících znázorňuje následující graf.

Obrázek 5 Grafické znázornění využití FVE v objektu (Varianta 1)

Následující tabulka shrnuje ekonomické parametry Varianty 1, které jsou následně zohledněny v ekonomickém hodnocení (viz kapitola 7). **Údaje v tabulce jsou vztaženy k výchozímu stavu** (viz kapitola 5).

Tabulka 10 Souhrn ekonomických parametrů (Varianta 1)

Sledovaný parametr	Hodnota	Jednotka
Investiční náklady		
Náklady na přípravu projektu	74 675	Kč s DPH
Náklady na realizaci fotovoltaického systému	4 872 650	Kč s DPH
Vyvolané investice na stavební řešení (umístění střídačů)	79 675	Kč s DPH
Celkové investiční náklady	5 027 000	Kč s DPH
Reinvestice do zařízení po 10 letech	731 000	Kč s DPH
Maximální výše finanční podpory z ModF (výzva RES+ č. 4/2024)	1 286 533	Kč
Provozní náklady		
Snížení spotřeby elektrické energie z distribuční sítě v budově	22,687	MWh/rok
Prodej elektrické energie do sítě	80,371	MWh/rok
Úspora nákladů za dodávku energie ze sítě	184 492	Kč s DPH/rok
Výnos z prodeje elektřiny	217 001	Kč/rok
Náklady za údržbu systému ¹⁾	-12 048	Kč s DPH/rok
Celkový finanční přínos posuzované varianty	389 445	Kč s DPH/rok

¹⁾ V nákladech za údržbu jsou zahrnuty pravidelné revize (jednou za 3 roky ve výši 36 143 Kč s DPH).

6.3. Varianta 2 (optimum)

Výkon fotovoltaického systému byl v této variantě stanoven ve vazbě na spotřebu elektrické energie řešeného objektu (zvolena okrajová podmínka: cca 25 % vyrobené elektrické energie bude dodáváno do distribuční sítě). Jedná se o ekonomicky optimální řešení, které je nejméně závislé na výkupní ceně elektrické energie dodávané do distribuční sítě. **Osazení FVE je doporučeno primárně na střechu nového pavilonu**, jelikož jsou k tomuto objektu dostupné všechny potřebné podklady pro zpracování statického posudku a zároveň je střecha zateplena pomocí EPS (pavilony 1 a 2 mají střechy zateplené minerální izolací, ke střechám tělocvičen nejsou dostupné dostatečné podklady pro zpracování statických posudků).

Základní parametry prověřovaného fotovoltaického systému uvádí následující tabulka.

Tabulka 11 Souhrn technických parametrů navržené fotovoltaické elektrárny (Varianta 2)

Parametry fotovoltaické elektrárny	Hodnota	Jednotka
Fotovoltaické moduly/panely		
Navržený výkon systému	11,700	kW _p
Množství fotovoltaických modulů/panelů	26	ks
Souhrnná potřebná plocha systému (vč. rozestupů) – pozice FV 05	80	m ²
Měniče		
Minimální počet	1	---
Minimální vstupní DC výkon ¹⁾	12 000	W

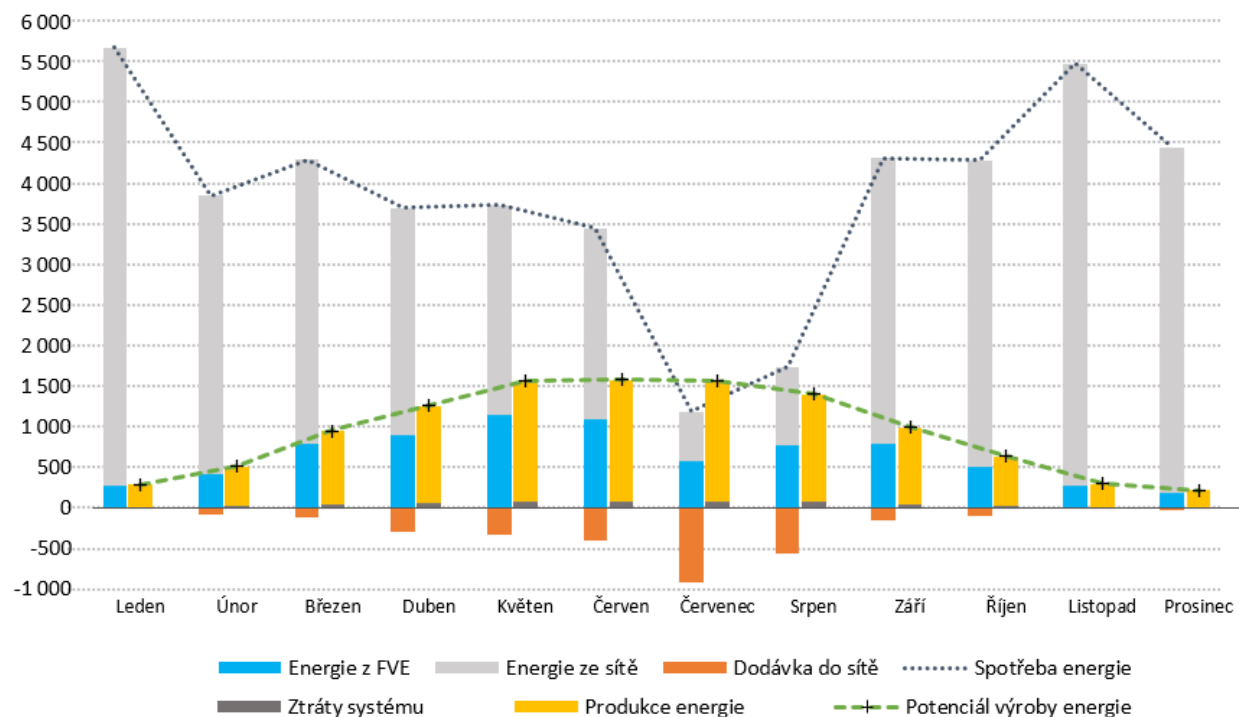
¹⁾ Minimální DC výkon vztažený k STC – standardním testovacím podmínkám.

Souhrnná energetická bilance této varianty je uvedena v následující tabulce.

Tabulka 12 Souhrnná bilance FVE (Varianta 2)

Parametr	Hodnota	Jednotka
Instalovaná velikost FVE na budově	11,700	kW_p
Akumulace energie v budově (baterie)	0,0	kWh
Celková stávající spotřeba elektřiny budovy	46,099	MWh/rok
Celková produkce elektřiny z FVE	10,706	MWh/rok
Elektřina z FVE využita v budově	7,706	MWh/rok
Elektřina z FVE dodaná do distribuční sítě (přebytek)	3,001	MWh/rok
Procento využití produkce FVE pro krytí spotřeby elektřiny v budově	72,0	%
Procento pokrytí vlastní spotřeby pomocí fotovoltaického systému	16,7	%
Procento prodané vlastní energie (dodané do distribuční sítě)	28,0	%

Orientační využití energie v objektu v jednotlivých měsících znázorňuje následující graf.

Obrázek 6 Grafické znázornění využití FVE v objektu (Varianta 2)

Následující tabulka shrnuje ekonomické parametry Varianty 2, které jsou následně zohledněny v ekonomickém hodnocení (viz kapitola 7). **Údaje v tabulce jsou vztaženy k výchozímu stavu** (viz kapitola 5).

Tabulka 13 Souhrn ekonomických parametrů (Varianta 2)

Sledovaný parametr	Hodnota	Jednotka
Investiční náklady		
Náklady na přípravu projektu	25 850	Kč s DPH
Náklady na realizaci fotovoltaického systému	613 300	Kč s DPH
Vyvolané investice na stavební řešení (umístění střídačů)	30 850	Kč s DPH
Celkové investiční náklady	670 000	Kč s DPH
Reinvestice do zařízení po 10 letech	92 000	Kč s DPH
Maximální výše finanční podpory z ModF (výzva RES+ č. 4/2024)	151 931	Kč
Provozní náklady		
Snížení spotřeby elektrické energie z distribuční sítě v budově	7,706	MWh/rok
Prodej energie do sítě	3,001	MWh/rok
Úspora nákladů za dodávku energie ze sítě	62 664	Kč s DPH/rok
Výnos z prodeje elektřiny	8 101	Kč/rok
Náklady za údržbu systému ¹⁾	-4 170	Kč s DPH/rok
Celkový finanční přínos posuzované varianty	66 595	Kč s DPH/rok

¹⁾ V nákladech za údržbu jsou zahrnuty pravidelné revize (jednou za 3 roky ve výši 12 511 Kč s DPH).

7. Ekonomické hodnocení

Ekonomické hodnocení výše prověřovaných variant bylo zpracováno metodou shodnou s vyhl. č. 141/2021 Sb. o energetickém posudku a o údajích vedených v Systému monitoringu spotřeby energie, v platném znění. S ohledem na aktuální skutečnosti (zejména zvýšená inflace) byly však některé vstupující parametry oproti příloze č. 8 zmíněné vyhlášky upraveny.

7.1. Metoda hodnocení

Hodnocení ekonomické přijatelnosti stanovuje tyto ukazatele:

1. Reálná doba návratnosti, doba splácení investice při uvažování diskontní sazby (T_{sd}) se vypočte z podmínky:

$$I_p = \sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} \quad (\text{roky})$$

kde: CF_t roční přínosy projektu (změna peněžních toků po realizaci projektu)

r diskont

$(1+r)^{-t}$ odúročitel

I_p celkové plánované investice (tis. Kč)

2. Čistá současná hodnota (NPV):

$$NPV_{Th} = \sum_{t=1}^{T_h} [CF_t \cdot (1+r)^{-t}] - IN + \sum_{x=1}^n N_{zux,Th} \quad (\text{tis. Kč/rok})$$

kde: T_h doba hodnocení projektu

3. Vnitřní výnosové procento (IRR) se vypočte z podmínky:

$$0 = \sum_{t=1}^{T_h} [CF_t \cdot (1+IRR)^{-t}] - IN + \sum_{x=1}^n N_{zux,Th} \quad (\%)$$

4. Zůstatková hodnota zařízení na konci doby hodnocení se vypočte z podmínky:

$$N_{zu,Zh} = (IN_r \cdot (T_z - T_{zu}) / T_z) \cdot (1+r)^{(-T_h)} \quad (\text{tis. Kč})$$

kde: T_h doba hodnocení projektu

T_{zux} doba od poslední započtené reinvestice IN_r posuzovaného zařízení nebo stavby do konce doby hodnocení T_h .

Pro případ, kdy je doba hodnocení projektu T_h kratší než doba životnosti zařízení T_z (tedy k obnovovací reinvestici do zařízení během celé doby hodnoty nedochází), platí, že $T_{zu} = T_h$.

Ve výpočtech bylo uvažováno s následujícími parametry:

- diskontní sazba 5 %
- hodnocení je provedeno s DPH ve výši 21 % (provozní i investiční náklady)
- výše případné finanční podpory je uvažována dle aktuálního znění výzvy RES+ č. 4/2024
- doba hodnocení projektu 20 let
- reinvestice je uvažována v 10. roce hodnocení a zahrnuje investici do nových střídačů
- výnos z prodeje elektřiny do sítě ve výši 2 700 Kč/MWh (čistý výnos)

Ve výpočtech nebylo uvažováno s:

- ročním růstem cen (uvažováno se stálými cenami)
- úvěrem (realizace vlastními disponibilními finančními prostředky)
- odpisy
- osobními náklady (např. mzdy)
- dalšími příp. investičními náklady (rekonstrukce střechy, elektroinstalace atp.)

7. 2. Vyhodnocení posuzovaných variant bez vlivu dotace

Tabulka 14 Výsledky ekonomického hodnocení bez vlivu dotace

Parametr	Jednotka	Posuzované řešení	
		Varianta 1	Varianta 2
Náklady na realizaci ¹⁾	tis. Kč	5 027	670
náklady na přípravu projektu (PD + inženýring)	tis. Kč	75	26
náklady na stavební část	tis. Kč	80	31
náklady na technologická zařízení	tis. Kč	4 872	613
Celkové náklady na reinvestice za dobu hodnocení	tis. Kč	731	92
Změna provozních nákladů	tis. Kč/rok	-389	-67
náklady na energii	tis. Kč/rok	-401	-71
osobní náklady (mzdy, pojistné)	tis. Kč/rok	0	0
ostatní provozní náklady ²⁾	tis. Kč/rok	12	4
náklady na emise a odpady	tis. Kč/rok	0	0
Přínosy projektu celkem	tis. Kč/rok	389	67
změna tržeb (za teplo, elektřinu, využit. odpadů)	tis. Kč/rok	401	71
ostatní přínosy	tis. Kč/rok	-12	-4
Doba hodnocení	roky	20	20
Diskont	%	5	5
Reálná doba návratnosti (T_d)	roky	> 20,0	16,2
Čistá současná hodnota (NPV)	tis. Kč	- 622	103
Vnitřní výnosové procento (IRR)	%	3,48	6,78

¹⁾ Náklady zahrnují celkové investiční náklady na realizaci opatření a přímo související náklady.

²⁾ V nákladech za údržbu jsou zahrnuty pravidelné revize FV systému 1x za tři roky.

7.3. Vyhodnocení posuzovaných variant při využití dotace z RES+

Tabulka 15 Výsledky ekonomického hodnocení s vlivem dotace z RES+

Parametr	Jednotka	Navržené řešení	
		Varianta 1	Varianta 2
Náklady na realizaci ¹⁾	tis. Kč	3 740	518
náklady na přípravu projektu (PD + inženýring)	tis. Kč	75	26
náklady na stavební část	tis. Kč	80	31
náklady na technologická zařízení	tis. Kč	4 872	613
finanční podpora (dotace z RES+)	tis. Kč	-1 287	-152
Celkové náklady na reinvestice za dobu hodnocení	tis. Kč	731	92
Změna provozních nákladů	tis. Kč/rok	-389	-67
náklady na energii	tis. Kč/rok	-401	-71
osobní náklady (mzdy, pojistné)	tis. Kč/rok	0	0
ostatní provozní náklady ²⁾	tis. Kč/rok	12	4
náklady na emise a odpady	tis. Kč/rok	0	0
Přínosy projektu celkem	tis. Kč/rok	389	67
změna tržeb (za teplo, elektřinu, využit. odpadů)	tis. Kč/rok	401	71
ostatní přínosy	tis. Kč/rok	-12	-4
Doba hodnocení	roky	20	20
Diskont	%	5	5
Reálná doba návratnosti (T_d)	roky	15,8	11,6
Čistá současná hodnota (NPV)	tis. Kč	664	255
Vnitřní výnosové procento (IRR)	%	7,05	10,39

¹⁾ Náklady zahrnují celkové investiční náklady na realizaci opatření vč. finanční podpory z RES+.

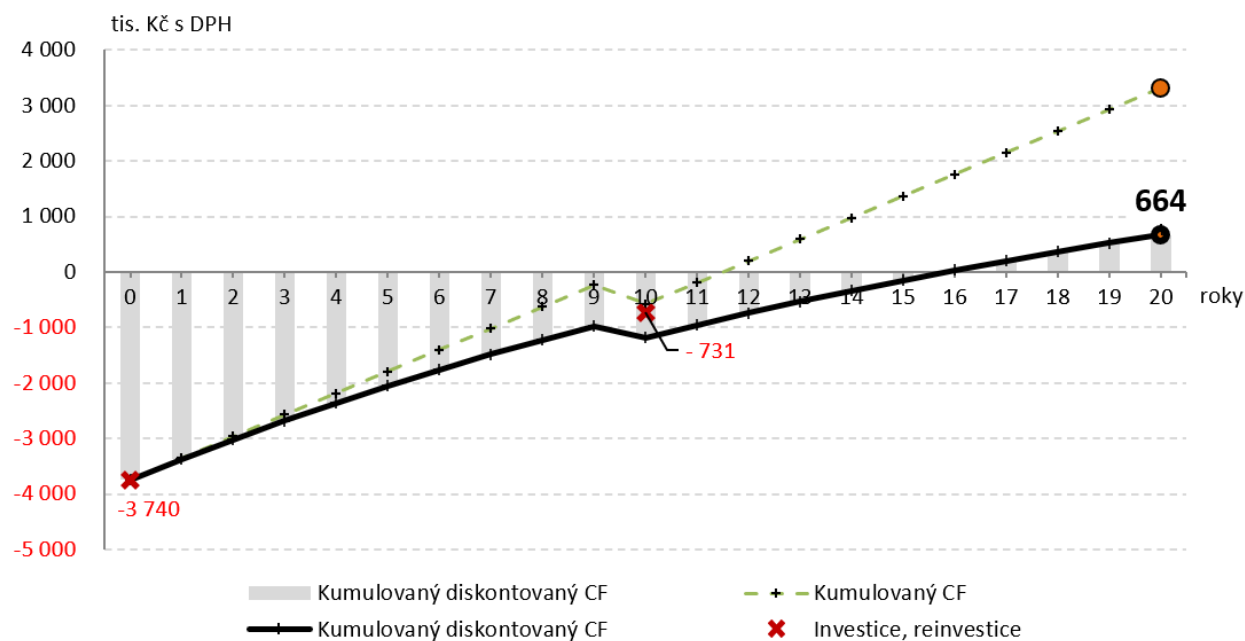
²⁾ V nákladech za údržbu jsou zahrnuty pravidelné revize FV systému 1x za tři roky.

V případě využití dotace z Modernizačního fondu (výzva RES+ č. 4/2024) lze očekávat výraznou pozitivní změnu v hodnocení ekonomické proveditelnosti obou variant (**finanční podpora se pohybuje v obou případech okolo 25 % z celkové předpokládané investice**).

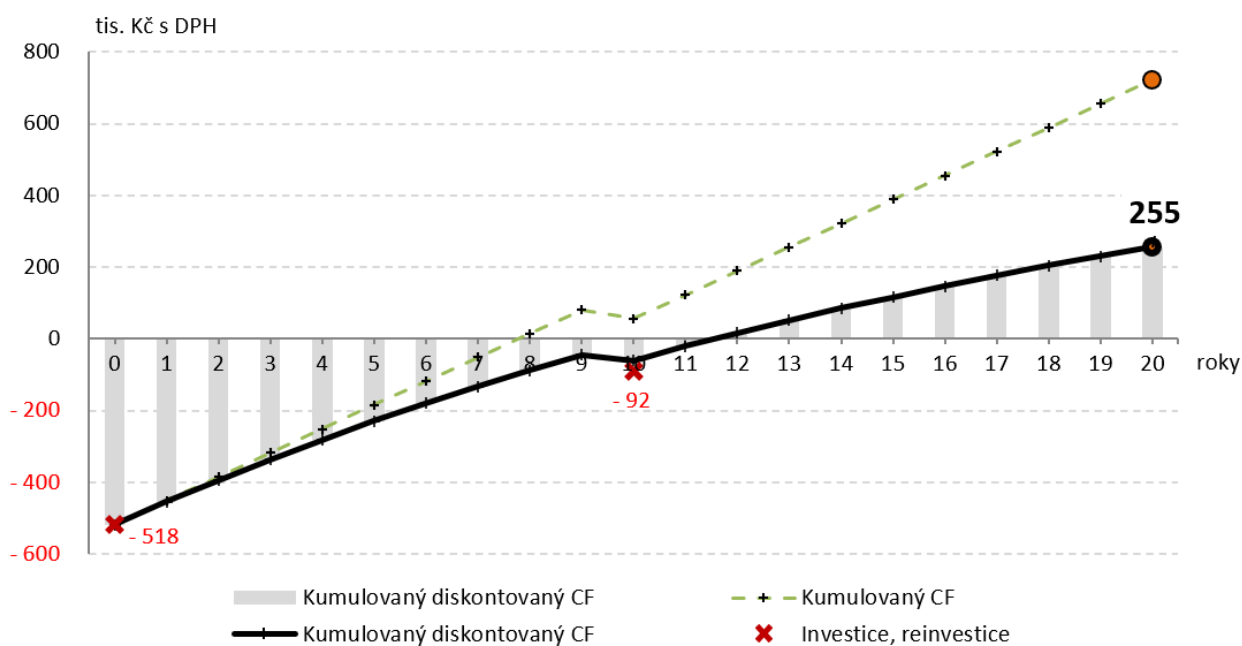
Je však třeba upozornit, že ekonomické parametry Varianty 1 jsou značně závislé na výkupní ceně elektřiny dodávané do distribuční sítě, resp. také na plánované změně legislativy (komunitní energetika – možnost sdílení vyrobené elektřiny v rámci sdružení více objektů).

Pro názornost je níže uvedeno ekonomické zhodnocení obou posuzovaných fotovoltaických systémů při využití dotace také v grafickém provedení.

Obrázek 7 Cash flow v případě Varianty 1



Obrázek 8 Cash flow v případě Varianty 2



Pozn.: Z grafů je patrný také **poměr čisté současné hodnoty (po 20 letech provozu FVE) ku investici**, který je v případě Varianty 2 výrazně příznivější:

Variant 1: $664 / 3740 = 0,18$

Variant 2: $255 / 518 = 0,49$

8. Závěr a doporučení

V rámci této studie byly prověřeny 2 varianty řešení fotovoltaického systému na budově 7. Základní školy Kolín – Masarykova.

PŘI ZVOLENÝCH OKRAJOVÝCH PODMÍNKÁCH byla z výsledků ekonomického hodnocení nejpriznivěji v případě využití možností finanční podpory z Modernizačního fondu (výzva RES+ č. 4/2024) vyhodnocena Varianta 2, která předpokládá instalaci fotovoltaického systému o velikosti 11,7 kW_p bez bateriového úložiště. Parametry této varianty jsou následující:

Energetické parametry

• Velikost fotovoltaické elektrárny	11,700 kW_p
• Velikost akumulace elektrické energie	0,0 kWh
• Odhadovaná účinnost výroby energie	94,6 %
• Orientační průměrné stínění FV panelů	4,0 %
• Celková výroba elektrické energie	10,7 MWh/rok
• Využití vyrobené energie v budově	7,7 MWh/rok
• Prodej vyrobené energie do sítě	3,0 MWh/rok

Ekonomické parametry

• Uvažovaná investice	670 tis. Kč s DPH
• Maximální možná dotace (RES+ č. 4/2024)	152 tis. Kč s DPH
• Čistá současná hodnota (NPV)	255 tis. Kč s DPH
• Reálná doba návratnosti	11,6 let
• Poměr NPV / (investice vč. dotace)	49,2 %

Podstatné závěrečné poznámky:

- **střechy pavilonů 1 a 2 jsou zatepleny minerální izolací**, po instalaci klasického gravitačně přitíženého fotovoltaického systému by tedy docházelo k tvorbě kaluží v místech osazení podpurných konstrukcí, v extrémním případě by mohlo dojít i k protržení stávající hydroizolace, **doporučeno je prověřit možnost instalace flexibilních fotovoltaických panelů**, v nejhorším případě je pravděpodobně možné nahradit stávající minerální izolaci pomocí XPS, příp. EPS 200 (nutné prověřit příp. riziko kondenzace vlhkosti v upravené skladbě)
- **ke střechám tělocvičen nejsou dostupné dostatečné podklady pro zpracování statických posudků**, v těchto případech je tedy nutné v první řadě provést stavebně technický průzkum za účelem přesného stanovení parametrů nosných konstrukcí a skladeb střešních konstrukcí
- před případnou instalací FVE na střechu tělocvičny ZŠ Masarykova je doporučeno prověřit stav stávající hydroizolace a hromosvodu, příp. provést jejich náhradu
- hlavní rozvaděč elektřiny ZŠ je v původním stavu

- v případě instalace fotovoltaické elektrárny na střechu nového pavilonu (doporučená Varianta 2) je třeba počítat s určitými vícenáklady spojenými s nutnou **náhradou stávajícího elektrického rozvaděče** dle aktuálních legislativních požadavků a podmínek distributora