

Možnosti rozvoja tepelného hospodárstva v meste Partizánske smerom k nízkoteplotnému systému zásobovania teplom

**Predbežná štúdia
uskutočniteľnosti**

Občianske združenie Priatelia Zeme–CEPA ďakuje za finančnú podporu od Európskej únie a Európskej klimateckej nadácie. Za obsah tejto publikácie zodpovedajú Priatelia Zeme–CEPA. V žiadnom prípade nereprezentujú oficiálne stanovisko donorov.



2022 Priatelia Zeme-CEPA

Autori: Ing. Filip Vilga, Ing. Patrik Uhrík

Jazyková korektúra: Juraj Zamkovský

Foto: pixabay.com/FRAWA

Grafická úprava: Richard Watzka

www.zivotpouhli.sk
www.facebook.com/PZCepa

Obsah

Zhrnutie štúdie	2
1 Úvod.....	4
1.1 Zoznam použitých skratiek a výrazov	4
2 Súčasný stav SCZT v meste Partizánske	5
3 Základné informácie k navrhnutým variantom riešenia	6
3.1 Generácie systémov zásobovania teplom.....	6
3.2 Navrhované varianty	7
3.3 Metóda výpočtu ceny tepla a vstupné ekonomické parametre	9
4 Variant 1.....	11
4.1 Základné návrhové parametre riešenia	11
4.2 Potreba tepla objektov.....	11
4.3 Rozvody tepla	12
4.4 Zdroje tepla.....	15
4.5 Hlavné výstupy riešenia	19
5 Variant 2.....	31
5.1 Základné návrhové parametre riešenia	31
5.2 Potreba tepla objektov.....	31
5.3 Rozvody tepla	32
5.4 Zdroje tepla.....	34
5.5 Hlavné výstupy riešenia	36
6 Záverečné zhodnotenie	47
7 Prílohy.....	49
7.1 Dáta globálneho žiarenia a vonkajšej teploty v lokalite	49
7.2 Zoznam plynových kotlov	50
7.3 Metodika na kvantifikáciu potenciálu úspor tepla objektov pripojených na CZT	51

Zhrnutie štúdie

Štúdia sa zaoberá návrhom nízкотеплотného systému sústavy centralizovaného zásobovania teplom pre mesto Partizánske. Uvažuje sa s dvoma variantmi navrhnutými na základe poskytnutých a verejných informácií a viacerých predpokladov, ktoré kompenzovali chýbajúce alebo nedostupné údaje.

Vo variante 1 sa navrhnuté solárne pole, jamový zásobník a geotermálny vrt uvažuje len pre rozvodnú sieť Luhy. Rozvodná sieť Šípok s biomasovou kotolňou ostáva v pôvodnom (súčasnóm) stave. Kotly na zemný plyn v rozvodnej sieti Luhy a v samostatných okrskových a domových kotolniach tiež ostávajú zachované v súčasnom stave.

Vďaka prepojeniu kotolní A, B, C, D, K11 a E a používaním bezpalivových zdrojov (solárna energia a čiastočne aj geotermálne energia) je možné znížiť spotrebu energie z palív o 32 % a znížiť spotrebu zemného plynu o 53 % oproti súčasnému stavu. Realizáciou variantu 1 je možné dosiahnuť redukciu ročných emisií CO₂ približne o 58 %.

Cena tepla bez primeraného zisku a dotačnej podpory by sa pohybovala na úrovni 209 eur/MWh pre variant 1a (s BS) a 176 eur/MWh pre variant 1b (s KOST). Aby bolo riešenie variantu cenovo konkurencieschopné so súčasným technickým riešením (cena tepla bez primeraného zisku – 162 eur/MWh), bolo by potrebné toto riešenie podporiť NFP vo výške približne 45 % investičných nákladov v prípade variantu 1a, resp. približne 20 % investičných nákladov v prípade variantu 1b.

Prepojenie sústav vo variante 2 umožňuje využiť kombináciu solárneho poľa, jamového zásobníka, geotermálneho vrtu a biomasových kotlov pre rozvodnú sieť Luhy a Šípok. Vo variante 2 teplota prívodu v sústave vo vykurovacom období zníži na 70 °C, čo zvýši účinnosť solárnych kolektorov a zníži prevádzkové náklady tepelného čerpadla geotermálneho vrtu.

Zvýšením tepelnej ochrany budov, používaním bezpalivových zdrojov (solárna energia a čiastočne aj geotermálne energia) a miernym znížením teploty v sústave je možné znížiť spotrebu energie z palív o 64 % a znížiť spotrebu zemného plynu o 98 % oproti súčasnému stavu. Realizáciou variantu 2 by sa dosiahla ročná redukcia emisií CO₂ približne o 87 %.

Cena tepla bez primeraného zisku a dotačnej podpory pohybovala na úrovni 285 eur/MWh pre variant 2a (s BS) a 253 eur/MWh pre variant 2b (s KOST). Nárast jednotkovej ceny tepla je spôsobený hlavne zníženým odberom tepla vplyvom obnovy budov, ktorá je východiskovým predpokladom vo variante 2. Vyššia merná cena tepla neznamena vyššie náklady. Objekt s priemernou spotrebou tepla by v prípade variantu 2 ročne platil menej oproti variantu 1 (obr. 28).

Vo variantoch 1 aj 2 nedôjde k rastu spotreby biomasy oproti súčasnému stavu. Dôjde však k nárastu spotreby elektrickej energie oproti súčasnému stavu, a to približne 3-násobne v prípade variantu 1 a približne 2-násobne v prípade variantu 2. Zabezpečenie aspoň

čiasťočnej sebestačnosti dodávky elektrickej energie by ekonomickú bilanciu variantu 2 mohlo ešte výrazne zlepšiť.

Príspevky systému solárneho poľa so zásobníkom do tepelnej sústavy, ako aj zníženie teploty vody v sústave sú hlavnými činiteľmi zníženia spotreby palív. Vo variante 1 zabezpečí systém solárneho poľa so zásobníkom približne 25 % a vo variante 2 približne 38 % celkovej ročnej dodávky tepla.

1 Úvod

Úlohou tejto štúdie bolo preukázať možnosti prechodu súčasného systému centrálneho zásobovania teplom v meste Partizánske smerom k 4. generácii systémov zásobovania teplom (časť 3.1). Štúdia poskytuje návrh, ktorý by mohol slúžiť ako podklad pre komplexnejšiu štúdiu uskutočniteľnosti a následnú projektovú dokumentáciu.

1.1 Zoznam použitých skratiek a výrazov

Tab. 1: Zoznam skratiek

Skratka	Vysvetlenie skratky
SCZT	sústava/systém centrálneho/centralizovaného zásobovania teplom
SZT	sústava/systém zásobovania teplom ¹
CTZ	centrálny tepelný zdroj ²
PK	plynová kotolňa
K	kotol
ÚK	ústredné vykurovanie
TV	teplá (pitná/úžitková) voda
OZE	obnoviteľné zdroje energie
SPF	sezónne výkonové číslo tepelného čerpadla
TČ	tepelné čerpadlo, tepelné čerpadlá
NFP	nenávratný finančný príspevok
el. energia	elektrina; elektrická energia
Technické služby	Technické služby mesta Partizánske
OST	odovzdávacia stanica tepla
KOST	kompaktná odovzdávacia stanica tepla na päte budovy odberateľa
BS	bytová kompaktná odovzdávacia stanica tepla
ZP	zemný plyn
OM	odberné miesto odberateľa tepla
ks	kusy

¹ Vlastné označenie pre všetky systémy, kde teplo nie je vyrábané len z jedného, prípadne z dvoch dominantných tepelných zdrojov, ale dodávka tepla do pripojených objektov je zabezpečovaná z rôznych zdrojov podľa aktuálnych podmienok.

² Skratka vyskytujúca sa v názve zdroja tepla na sídlisku Šípok – CTZ Šípok.

2 Súčasný stav SCZT v meste Partizánske

Dodávku tepla v meste Partizánske zabezpečujú dva subjekty:

- Technické služby mesta Partizánske (ďalej len Technické služby),
- ČEZ Servis s.r.o. (dodávka tepla pre priemyselný park).

V rámci tejto štúdie sa budeme prioritne zaoberať zariadeniami, ktoré sú v správe Technických služieb mesta Partizánske.

Technické služby prevádzkujú v súčasnosti CTZ Šípok (kotelňa na štiepku), 20 plynových kotolní a niekoľko blokových OST a KOST. Teplo je dodávané tepelnými rozvodmi s celkovou rozvinutou dĺžkou takmer 30 km. Celkový inštalovaný výkon zariadení na výrobu tepla predstavuje takmer 42 MW. Palivovú základňu tvorí zemný plyn a drevná štiepka^{3, 4}.

Obr. 1: Lokalizácia zdrojov tepla SCZT v meste Partizánske⁵



³ Informácie čerpané z mailovej komunikácie a poskytnutých dokumentov od vedenia mesta.

⁴ NOVACO s.r.o. Aktualizácia koncepcie rozvoja mesta Partizánske v oblasti tepelnej energetiky.

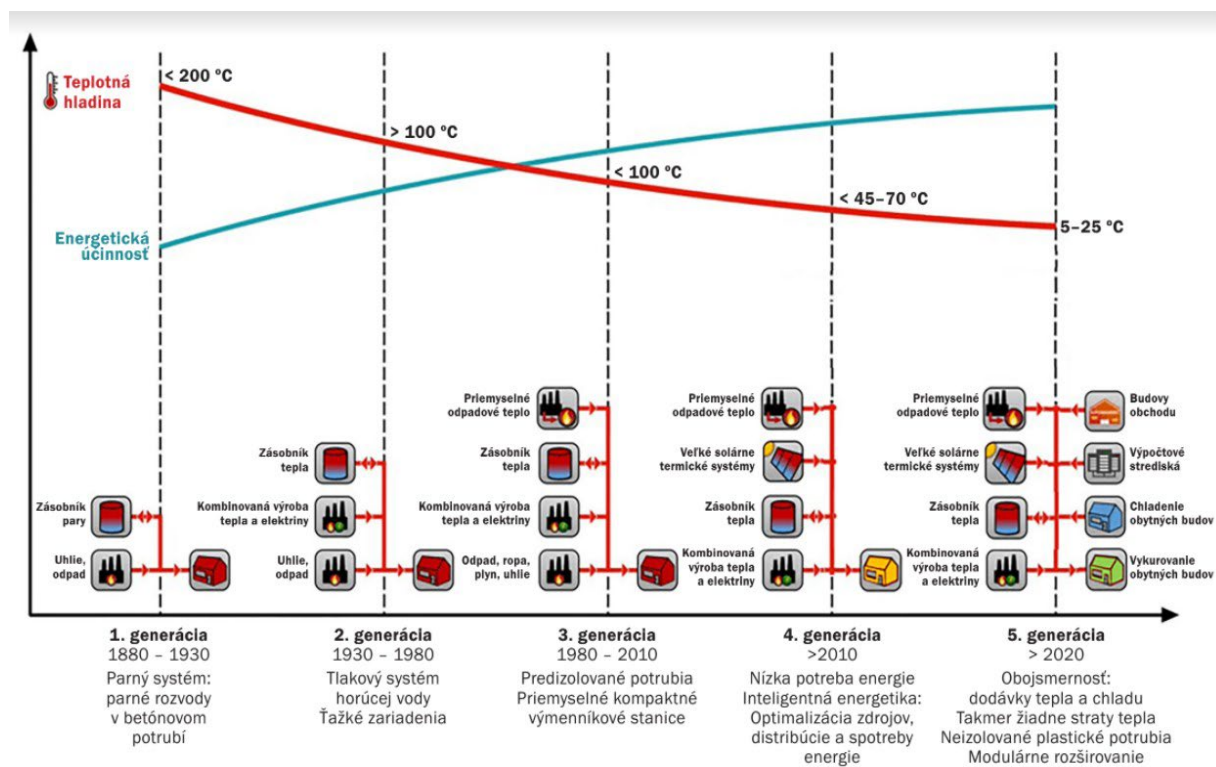
⁵ Vlastná úprava obrázka z dokumentu NOVACO s.r.o. Aktualizácia koncepcie rozvoja mesta Partizánske v oblasti tepelnej energetiky.

3 Základné informácie k navrhnutým variantom riešenia

3.1 Generácie systémov zásobovania teplom

Systémy zásobovania teplom prešli značným vývojom (viď Obr. 2). Trend v rámci všetkých generácií SZT smeruje k nižším distribučným teplotám vody. Vyššie generácie SZT vďaka nižšej teplote distribučnej vody ponúkajú spravidla väčšie možnosti integrácie zdrojov tepla založených na bezpalivových OZE, odpadovom teple a okamžitých či sezónnych akumulátorov tepla a ich energetická účinnosť je oproti doteraz používaným systémom vyššia. Obr. 2 znázorňuje vývoj uplatňovania jednotlivých generácií SZT do praxe. Najnovšia etapa vývoja SZT, ktorá sa už úspešne presadzuje v praxi, je 4. generácia SZT.

Obr. 2: Generačný vývoj systémov zásobovania teplom⁶



⁶ Zdroj: LUND, Henrik a kolektív. 4th Generation District Heating (4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems, upravené o.z. Priateľia Zeme-CEPA.

3.2 Navrhované varianty

Návrhy uvedené v tejto štúdii sú založené na princípoch 4. generácie SZT. Uvažuje sa s dvoma variantmi navrhnutými na základe poskytnutých a verejných informácií a viacerých predpokladov, ktoré kompenzovali chýbajúce alebo nedostupné údaje.

Štúdia obsahuje dva varianty riešenia a modifikované riešenie súčasného stavu, s ktorým sú oba varianty porovnávané.

Súčasný technický stav s predikovanými cenami palív a elektriny predstavuje situáciu, ktorú odhadujeme pre CZT v Partizánskom v prípade, že nedôjde k doplneniu alebo zmene palivovej základne. Predpokladá sa teda len rekonštrukcia zariadení na hranici životnosti. Pre toto riešenie uvažujeme už s vyššími cenami palív a elektriny, rovnako ako vo variantoch 1 a 2.

Variant 1 vychádza zo súčasného stavu CZT v Partizánskom a je navrhnutý na súčasnú potrebu tepla pripojených objektov. Predpokladá sa rekonštrukcia potrubných úsekov, ktoré sú staršie ako 40 rokov, inštalácia prídavných zariadení a nových odovzdávacích staníc (bytových alebo kompaktných domových) a prepojenie niektorých kotolní na sídlisku Luhy. Uvažuje sa so súčasnými zdrojmi tepla doplnenými o geotermálny zdroj a solárne pole so sezónnym zásobníkom tepla. Realizovateľnosť variantu 1 sa odhaduje do 5 rokov (podrobnejšie informácií o tomto variante sú v kapitole 4).

Variant 2 je navrhnutý na zníženie potrebu tepla pripojených objektov a jeho realizovateľnosť sa odhaduje do 20 rokov. Uvažuje sa s úplným vyradením zdrojov tepla na báze zemného plynu⁷, s rekonštrukciou biomasovej kotolne Šípok a revitalizáciou sezónneho zásobníka tepla (identického ako vo variante 1). Návrh počíta s rekonštrukciou rozvodov starších ako 10 rokov (okrem rozvodov, ktoré boli rekonštruované v rámci variantu 1) a s prepojením všetkých vymedzených území okrem území zásobovaných z kotolní Veľké Bielice, 9 a 24, ktorých pripojenie by nebolo ekonomicky efektívne⁸. Variant 2 je podrobnejšie opísaný v kapitole 5.

⁷ Neplatí pre vzdialené samostatné plynové kotolne Veľké Bielice, PK9 a PK24. Zároveň boli niektoré kotly ponechané aj v hlavnej rozvodnej sieti ako záloha.

⁸ V prípade získania ďalších odberateľov tepla po trase smerom k týmto kotolňam je možné pripojiť aj objekty napojené na tieto zdroje tepla.

Tab. 2: Základné informácie o navrhnutých variantoch

Varianty	Potreba tepla	Rozvody tepla	Zdroje tepla
Súčasný technický stav so zvýšenými cenami palív (realizovateľnosť do 5 rokov)	Súčasná potreba tepla	Rekonštrukcia úsekov starších ako 40 rokov (rozvody kotolne D)	Súčasný zdroj tepla Rekonštrukcia niektorých plynových kotolní
Variant 1 (realizovateľnosť do 5 rokov)	Súčasná potreba tepla	Tepelný napájač od solárneho systému so sezónnym zásobníkom tepla smerom k sídlisku Luhy Rekonštrukcia úsekov starších ako 40 rokov (rozvody kotolne D) Inštalácia BS alebo KOST a ďalších potrebných zariadení	Súčasný zdroj tepla Rekonštrukcia niektorých plynových kotolní Doplňený geotermálny zdroj (s TČ) Doplňené solárne pole so sezónnym zásobníkom tepla
		Štvortrubkové rozvody pretvorené na dvojtrubkové (maximalizácia využitia súčasných rozvodov) ⁹	Prepojenie kotolní A, B¹⁰, C, D, K11 a E Ostatné kotolne ponechané samostatne ako v súčasnosti
Variant 2 (realizovateľnosť do 20 rokov)	Znížená potreba tepla (Celková úspora tepla v pripojených objektoch na úrovni 32,6 %)	Tepelný napájač od solárneho systému so sezónnym zásobníkom tepla smerom ku sídlisku Šípok Tepelný napájač z CTZ Šípok k sídlisku Luhy Vyvedenie odbočky z tepelných napájačov smerom k ďalším objektom okrskových a domových kotolní Rekonštrukcia úsekov starších ako 10 rokov Inštalácia BS alebo KOST a ďalších potrebných zariadení	Rekonštrukcia súčasných kotlov na štiepku a sezónneho zásobníka, pričom všetky zdroje tepla na zemný plyn v hlavnej rozvodnej sieti budú vyradené ¹¹ .
	Úspora 35,6 % tepla na vykurovanie Úspora 27,3 % tepla na prípravu TV	Rekonštrukcia rozvodov z kotolní 7, 12, E a CTZ Šípok	Kotolne Veľké Bielice, 9 a 24 nie sú súčasťou technického návrhu, keďže sa nachádzajú pomerne ďaleko od riešených rozvodov. Ekonomická analýza s nimi neuvažuje.

⁹ Pre niektoré úseky, kde by mohli na základe termohydraulickej analýzy vzniknúť úzke miesta, sme uvažovali s využitím všetkých 4 trúbiek, ktoré by však fungovali ako dvojtrubkový systém (dve trúbky na prívod a dve trúbky na spätný tok).

¹⁰ Podľa poskytnutých súhrnných technických správ projektu „Modernizácia sústavy zásobovania teplom sídlisko LUHY PARTIZÁNSKE“ by kotolňa B už v súčasnom stave mala poskytovať teplo pre celú časť sídliska Luhy pripojeného v okruhu kotolní A, B a C.

¹¹ Niektoré ponechané len v režime zálohy.

3.3 Metóda výpočtu ceny tepla a vstupné ekonomické parametre

Cena tepla navrhovaných riešení bola vypočítaná **metódou tzv. vyrovnaných nákladov za teplo**¹² (ďalej v štúdii ako „**metóda LCH**“). Hlavnými vstupnými údajmi do výpočtu ceny tepla boli kapitálové a prevádzkové náklady.

- **Prevádzkové náklady** [eur/rok]:
 - Palivové náklady (napr. drevná štiepka, zemný plyn a elektrina pre TČ),
 - Technologické náklady (napr. elektrina na meranie a reguláciu, obehové čerpadlá, ponorné čerpadlo pre geotermálny vrt; technologická voda atď.),
 - Osobné náklady (mzdy pre zamestnancov atď.),
 - Náklady na údržbu (odhadované náklady na spotrebný materiál),
 - Poplatky za znečistenie.
- **Kapitálové náklady** [eur]:
 - Zdroje tepla (napr. solárne kolektory, sezónny zásobník tepla, ponorné a tepelné čerpadlo pre geotermálny vrt; odhadované náklady za pozemky, prácu a dovoz potrebných zariadení atď.),
 - Rozvody tepla a výmenníkové stanice (vrátane výkopových a inštalačných prác, nákladov na obehové čerpadlá a inú regulačnú a meraciu techniku, odhadované náklady za pozemky, prácu a dovoz potrebných zariadení atď.).

Odhadované kapitálové náklady jednotlivých variantov sú uvedené v kapitolách 4.5.3 a 5.5.3.

Palivové prevádzkové náklady boli pre oba varianty vypočítané na základe predikovaných cien palív (zemného plynu a štiepky) a elektriny po ustálení súčasných výkyvov v trhovách cenách energetických komodít. Uvažujeme, že ceny palív a elektriny budú v referenčnom období násobne vyššie ako v čase pred vypuknutím konfliktu na Ukrajine, avšak nebudú dosahovať také vysoké hodnoty ako v súčasnosti. Odhadované ceny palív a elektriny pre referenčné obdobie projektu boli nasledujúce:

- Odhadovaná cena zemného plynu: 105 eur/MWh,
- Odhadovaná cena štiepky: 60 eur/MWh¹³,
- Odhadovaná cena elektriny: 300 eur/MWh.

Uvedené jednotkové ceny palív a elektriny môžu byť počas referenčných období projektov iné, čo ovplyvní výslednú cenu tepla.

Ďalšie prevádzkové náklady tvorili hlavne technologické výdavky na elektrinu pre obehové čerpadlá a ponorné čerpadlo a na technologickú vodu, osobné náklady, odhadované poplatky za znečistenie a náklady na údržbu zariadení¹⁴.

¹² Z anglického Levelized Cost of Heat (LCH). Pri metóde LCH sa neuvažuje s primeraným ziskom.

¹³ Prepočítané na základe odhadovanej vlhkosti palivovej štiepky (35 %) a jej výhrevnosti (9 GJ/t).

¹⁴ Jednotlivé prevádzkové náklady boli určené na základe dát poskytnutých TS, platnej legislatívy a obdobných projektov.

Odhadované celkové prevádzkové náklady hodnotených variantov sú uvedené v kapitolách 4.5.3 a 5.5.3.

Pri výpočte ceny tepla metódou LCH bola použitá **5 % ročná úroková sadzba. Referenčná doba projektu bola** odhadovaná na **15 rokov**.

4 Variant 1

4.1 Základné návrhové parametre riešenia

Variant 1 pozostáva z dvoch hlavných samostatných rozvodných systémov (Luhy a Šípok) a z niekoľkých menších okrskových a domových kotolní:

- Rozvodná sieť Luhy (konkrétne kotolne B, A, C, D, 11 a E)
- Samostatné okrskové a domové plynové kotolne (zvyšné kotolne zo zoznamu plynových kotolní sú uvedené v Prílohe 7.2)
- Rozvodná sieť CTZ Šípok

Vo variante 1 uvažujeme so zachovaním súčasných distribučných teplôt obehovej vody, keďže neuvažujeme so znížením potreby tepla objektov.

Tab. 3: Teploty distribučnej vody v prípade variantu 1

Vymedzené územie	Obdobie	Teplota prívodu/spiatočky [°C]
Rozvodná sieť Luhy	Zima	75/55
	Leto	65/50
Rozvodná sieť Šípok	Zima	90/70
	Leto	80/65
Ostatné samostatné okrskové a domové kotolne	Zima	ako v súčasnom stave
	Leto	ako v súčasnom stave

Realizovateľnosť variantu 1 odhadujeme do 5 rokov a z tohto predpokladu sa odvíja aj voľba zariadení a rozvodov tepla vhodných na revitalizáciu (na základe ich veku v období za 5 rokov).

4.2 Potreba tepla objektov

Celková ročná potreba tepla pripojených objektov predstavuje **36 302,7 MWh/rok** a bola stanovená na základe poskytnutých dát spotrieb tepla na vykurovanie a prípravu teplej úžitkovej vody od manažmentu mesta Partizánske. V tomto variante sa neuvažuje s tepelno-technickou obnovou budov.

Tab. 4: Potreba tepla objektov v rámci variantu 1

Vymedzené územie	Potreba tepla objektov [MWh/rok]
Rozvodná sieť Luhy	22 980
Rozvodná sieť Šípok	9 410
Ostatné samostatné okrskové a domové kotolne	3 912,7
Spolu	36 302,7

4.3 Rozvody tepla

Variant 1 pozostáva z dvoch hlavných samostatných rozvodných systémov (Luhy a Šípok) a z niekoľkých menších okrskových a domových kotolní. Celkové tepelné straty rozvodov tepla variantu 1 predstavujú **3 382,6 MWh/rok** (približne 8,6 % z celkového množstva vyrobeného tepla).

4.3.1 Rozvodná sieť Luhy

Pre rozvodnú sieť Luhy sa uvažovalo s pretvorením štvortrubkového systému rozvodu tepla na dvojtrubkový s maximálnym využitím súčasných rozvodov tepla. Pre väčšinu potrubných úsekov by mali stačiť na dodávku celkového tepla súčasné rozvody na dodávku tepla na vykurovanie (súčasný rozvod na dodávku tepla pre prípravu TV by sa nevyužívali). Niektoré časti rozvodov tepla však pri modelácii vykazovali tzv. úzke miesta¹⁵. Pre tieto úseky by bolo vhodné uvažovať so zväčšením priemeru trubiek, napríklad formou využitia aj súčasných rozvodov na dodávku TV na distribúciu obehovej vody (dve trubky na prívod a dve na spiatočný tok). Prípadné rekonštrukcie by už počítali s rozvodmi tepla s väčšími priermi. Vymedzenie konkrétnych rozvodných úsekov, kde by mohli nastať počas špičkovej prevádzky úzke miesta, nie je súčasťou tejto predbežnej štúdie.

Variant 1 pre rozvodnú sieť Luhy predpokladá buď inštaláciu BS (variant 1a) alebo inštaláciu KOST (variant 1b). BS zaručujú väčšiu ochranu pred vznikom baktérie Legionella, keďže zaisťujú len minimálny objem vody medzi miestom prípravy TV (výmenníkom) a výtokom TV (kohútikmi, sprchovými hlaviciami atď.)¹⁶. Vyhláška 152/2005 Z. z. upravujúca podmienky pre zabezpečenie potrebnej kvality dodávky tepla striktné neurčuje podmienku minimálneho objemu medzi miestom prípravy TV a výtokom TV, ale definuje len teplotný rozsah TV a to medzi 45°C až 55°C na výtok¹⁷. Ak by sa variant 1 realizoval, takéto posúdenie vhodnosti bude musieť vykonať projektant.

Pre rozvodnú sieť Luhy uvažujeme s pripojením solárneho systému so sezónnym zásobníkom a geotermálneho vrtu už v prvej fáze (variant 1). Pre umiestnenie solárneho systému, sezónneho zásobníka tepla a príslušného tepelného napájača sme uvažovali s lokalitou na severe mesta (nad priemyselnou zónou)¹⁸. Tepelný napájač zo solárneho systému bude vedený do miesta, kde je umiestnený geotermálny vrt. V tomto bode sa pripojí TČ využívajúce geotermálnu vodu a verejný rozvod sa rozvetví na dve vetvy – jedna vetva bude napájať okruh kotolní B, A a C a druhá vetva okruh kotolní D, 11 a E. V rámci variantu 1 sa uvažuje s rekonštrukciou väčšiny rozvodov tepla kotolne D, keďže vek týchto potrubí už prevyšuje stanovenú hranicu 40 rokov (Tab. 2). Prepojenie kotolní D, 11 a E musí byť

¹⁵ Z anglického „bottlenecks“ – miesta v sieti rozvodov tepla, kde pri špičkovom odbere môže nastať zhoršený prietok teplotonosnej látky, čo môže viesť k zhoršenej (nedostatočnej) kvalite dodávky tepla k odberateľom.

¹⁶ LUND, Henrik et al. *4th Generation District Heating (4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems*. 2014.

¹⁷ Vyhláška MH SR č. 152/2005 o určenom čase a o určenej kvalite dodávky tepla pre konečného spotrebiteľa.

¹⁸ Umiestnenie bolo odhadované, keďže mesto Partizánske neposkytlo informáciu o území, na ktorom by sme mohli uvažovať výstavbu solárneho poľa a zásobníka tepla.

realizované tak, aby bola zabezpečená dodávka tepla zo solárneho systému a z geotermálneho vrtu pre všetky pripojené objekty.

Obr. 3: Rozvodná sieť – sídlisko Luhy (prepojenie kotolne B, A, C, D, K11 a E)¹⁹



Na základe návrhových predpokladov bola vypočítaná potreba tepla na krytie tepelných strát v rozvodnej sieti Luhy na úrovni **1 653,4 MWh/rok**.

4.3.2 Rozvodná sieť Šípok

Tepelné straty rozvodnej siete Šípok predstavujú **1 729,2 MWh/rok** a v rámci variantu 1 uvažujeme rozvodnú sieť ponechať v súčasnom stave.

¹⁹ Umiestnenie solárneho systému so sezónnym zásobníkom tepla je v pravom hornom rohu Obr. 3 (nad priemyselnou zónou). MOŽNO BY BOLO DOBRÉ DO OBR. TO OZNAČIŤ KRÚŽKOM.

Obr. 4: Rozvodná sieť – sídlisko Šípok



4.3.3 Rozvody zvyšných okrskových a domových kotolní

Rozvody tepla a prídavné zariadenia súvisiace s rozvodmi tepla zvyšných kotolní, ktoré neboli spomenuté v kapitolách 4.3.1 a 4.3.2, ostávajú v rámci variantu 1 v súčasnej podobe. Tepelné straty rozvodov týchto kotolní boli zanedbané, keďže väčšina z nich nemá vonkajšie rozvody tepla.

4.4 Zdroje tepla

4.4.1 Solárne pole a jamový zásobník tepla

Vo variante 1 je solárny systém a sezónny zásobník tepla použitý len pre **rozvodnú sieť Luhy** (kapitola 4.3.1). Súčasné zdroje tepla boli doplnené o solárne pole s plochými termickými kolektormi a na akumuláciu tepla sa použije sezónny jamový zásobník²⁰.

Veľkosť solárneho poľa a kapacita sezónneho zásobníka boli vypočítavané iteráciou v hodinovom kroku so zohľadnením poskytnutých údajov o spotrebe tepla objektov a vonkajších klimatických podmienok lokality. Návrh typu sezónneho zásobníka vychádzal z potrebnej kapacity akumulácie k solárnemu poľu a vhodnosti technicko-ekonomického uplatnenia k potrebnej kapacite na základe skúseností z predchádzajúcich projektov.²¹

Parametre solárneho poľa:

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| • Počet solárnych kolektorov: | 15 200 ks |
| • Absorpčná plocha solárneho poľa: | 27 056 m ² |
| • Inštalovaný výkon solárneho poľa: | 21 949 kWp ²² |
| • Optická účinnosť: | 80,53 % |

Okrajové podmienky modelácie produkcie solárneho poľa:

- | | |
|---|------|
| • Lokalita – Partizánske (N48.634°, E18.376°) | |
| • Azimut solárnych panelov: | 180° |
| • Sklon: | 30° |

Účinnosť solárnych kolektorov bola vypočítaná v závislosti od vonkajších klimatických podmienok (globálne žiarenie a vonkajšia teplota v lokalite) a prevádzkových podmienok (stredná teplota teplonosnej látky). Krivka účinnosti bola použitá z komerčne dostupných solárnych kolektorov²³ a zostavená na základe experimentálnej skúšky v súlade s STN EN 12975. Podkladové údaje k určeniu účinnosti solárnych kolektorov sú uvedené v Prílohe 7.1. Výpočet bol realizovaný v hodinovom kroku.

V januári nebolo možné dosiahnuť účinnosť solárnych kolektorov nad 30% a v letných mesiacoch je bežne dosahovaná účinnosť nad 60 %. Vývoj účinnosti solárnych kolektorov počas roka ukazuje Graf 5.

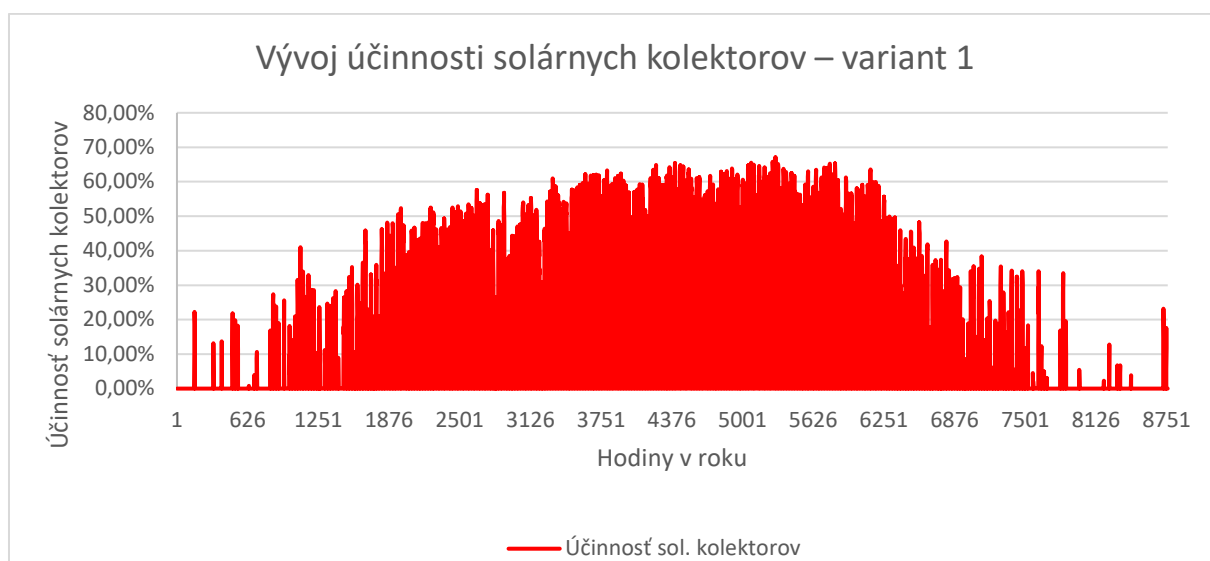
²⁰ Anglický termín – „pit thermal energy storage“

²¹ KALLESØE, A.J. a T. VANGKILDE-PEDERSEN. Underground Thermal Energy Storage (UTES): state-of-the-art, example cases and lessons learned. HEATSTORE project report, 2019, 130 s. + prílohy.

²² Pri štandardných testovacích podmienkach; Dopadajúce žiarenie = 1 000 Wh/m², Teplota článku = 25 °C, Spektrum AM = 1,5

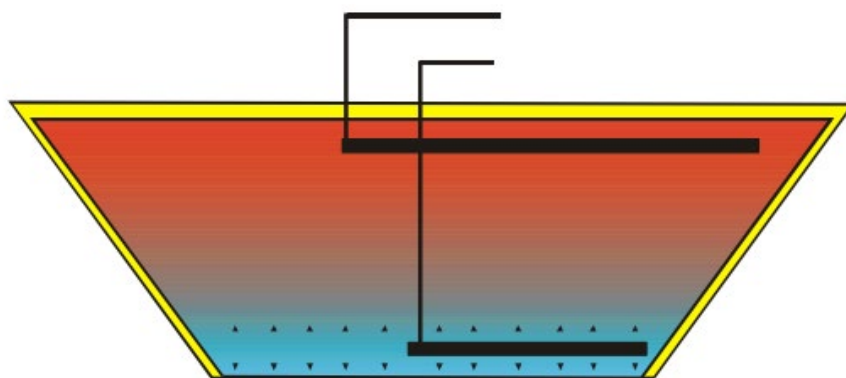
²³ Thermosolar TS 300

Obr. 5: Vývoj účinnosti solárnych kolektorov v priebehu roka pre variant 1



Jamový zásobník je konštruovaný so sklonom a geometriou v podobe skoseného kužela alebo pyramídy s umiestnením hore dnom. Ako akumulčná látka sa využíva predovšetkým voda s teplotným rozsahom akumulácie medzi 50 až 90 °C. Akumulácia využíva princíp stratifikácie, kedy sa teplejšie médium udržiava vo vrchných častiach a chladnejšia (hustejšia) voda ostáva v dolnej časti nádrže, čo zabezpečuje vyššiu účinnosť systému. Problémom pri realizácii môže byť vysoká úroveň hladiny podzemnej vody, ktorá by mohla do zásobníka presakovať a preto sa zvyčajne umiestňujú do hĺbky 15 metrov. Keďže technológia neumožňuje údržbu, predpokladaná životnosť zásobníka je 20 rokov.²⁴

Obr. 6: Ilustračné zobrazenie jamového zásobníka



Zdroj : *Applied Energy* ²⁵

²⁴ KALLESØE, A.J. a T. VANGKILDE-PEDERSEN. Underground Thermal Energy Storage (UTES): state-of-the-art, example cases and lessons learned. HEATSTORE project report, 2019, 130 s. + prílohy.

²⁵ DAHASH, Abdulrahman, Fabian OCHS, Michele BIANCHI JANETTI a Wolfgang STREICHER. Advances in seasonal thermal energy storage for solar district heating applications: A critical review on large-scale hot-water tank and pit thermal energy storage systems. *Applied Energy* [online]. April 2019, (239), 296–315 [cit. 2022–10–13]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261919301837?via%3Dihub>

Parametre jamového zásobníka:

- Priemerná účinnosť akumulácie tepla: 60%
- Objem zásobníka: 78 232 m³
- Max. nabitie zásobníka: 2 270,91 MWh²⁶
- Pomer objemu zásobníka a plochy kolektorov: 2,89 m³/m²

4.4.2 Geotermálna energia

Variant 1 kvôli chýbajúcej prepojenosti sústav predpokladá využitie geotermálnej energie **len v rozvodnej sieti Luhy**, pričom sa uvažuje s využitím vrtu FGTz-2 v intraviláne mesta, ktorý je v súčasnosti nevyužívaný²⁷. Parametre geotermálneho vrtu:²⁸

- Hĺbka vrtu: 998 m (otvorený úsek 401 – 970 m)
- Výdatnosť: 12,5 l.s
- Teplota vody na ústi zdroja: 33 °C
- Tepelný výkon: 0,94 MWt²⁹

Geotermálna voda z vrtu však nedosahuje dostatočnú teplotnú úroveň, aby mohla byť využitá v CZT, preto je nevyhnutné zvýšenie teplotnej úrovne pomocou tepelného čerpadla voda-voda. Výpočtový model predpokladal komerčne dostupné vysokoteplotné tepelné čerpadlo voda-voda s nasledujúcimi parametrami:

- Max. tepelný výkon vrtu s tepelným čerpadlom: 1,23 MWt
- Sezónne výkonové číslo: 4,2
- Výstupná teplota z tepelného čerpadla vo vykurovacom období: 75 °C
- Výstupná teplota z tepelného čerpadla mimo vykurovacieho obdobia: 65 °C

²⁶ Pri dosiahnutí strednej teploty v zásobníku 80°C a bez dochladzovania pomocou tepelného čerpadla

²⁷ Vyplyva aj z údajov SHMÚ – VODOHOSPODÁRSKA BILANCIA MNOŽSTVA PODZEMNEJ VODY ZA ROK 2020

²⁸ MARCIN, Daniel. HODNOTENIE STAVU GEOTERMÁLNYCH ÚTVAROV PODZEMNÝCH VÔD NA ÚZEMÍ SLOVENSKEJ REPUBLIKY: GEOLOGICKÁ ŠTÚDIA [online]. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2020 [cit. 2022–10–13]. Dostupné z: https://www.vuvh.sk/rsv2/download/02_Dokumenty/10_Podpone_dokumenty_metodiky/Marcin_etal_2020_Hodnotenie_stavu_geotermalnych_utvarov_podzemnych_vod.pdf

²⁹ Pri Tref= 15°C

4.4.3 Biomasové kotly

Biomasové kotly na drewnú štiepku boli **vo variante 1** uvažované podľa súčasného stavu **v rozvodnej sieti Šípok**.

Tab. 5: Parametre biomasových kotlov v rozvodnej sieti Šípok – variant 1

Označenie kotla :	K1	K2
Typ:	Teplovodný konvenčný	Teplovodný konvenčný
Výkon [MWt] :	6	3
Garantovaná účinnosť :	85 %	85 %
Rok výroby:	2008	2010

Celkový inštalovaný výkon biomasovej kotolne predstavuje **9 MW**.

4.4.4 Kotly na zemný plyn

V rámci variantu 1 sa uvažuje so zachovaním kotlov na zemný plyn v súčasnom stave **v rozvodnej sieti Luhy a v samostatných okrskových a domových kotolniach**. Údaje o plynových kotloch boli prevzaté z Koncepcie rozvoja mesta Partizánske v oblasti tepelnej energetiky.³⁰

Predpokladá sa však výmena kotlov v samostatných okrskových a domových kotolniach, ktorých rok výroby je starší než rok 2000. Ide o kotolňu PK07 a kotly K1 a K2; PK09 K2 a K3; PK12 K1 a K2; PK13 K1 a K2; PK14 K1 a K2; ALFA K1 a PKD K1 a K2. V týchto kotolniach sa nachádza viac kotlov, ktoré spĺňajú podmienku výmeny, avšak vzhľadom na ich predimenzovaný výkon nie je potrebné ich nahradiť všetky. Nové kotly sa uvažujú ako kondenzačné s rovnakým výkonom ako pôvodné kotly. Zoznam plynových kotlov je uvedený v Prílohe 7.2.

Celkový inštalovaný výkon plynových kotlov spolu je **31,41 MW**.

Lokalita	Počet kotlov	Inštalovaný výkon [MW]
Rozvodná sieť Luhy	20	26,78
Samostatné okrskové a domové kotolne	51	4,63
Spolu	71	31,41

³⁰ Aktualizácia koncepcie rozvoja mesta Partizánske V OBLASTI TEPELNEJ ENERGETIKY. Bratislava: NOVACO, 2020.

4.5 Hlavné výstupy riešenia

4.5.1 Vyhodnotenie dodávky tepla

Priebeh spotreby tepla v tepelnom systéme vychádzal z poskytnutých ročných údajov o spotrebe tepla a údajov vonkajších teplôt z rokov 2010 až 2020. Priebeh bol modelovaný v hodinovom kroku.

Logika výpočtového modelu spotreby tepla z SCZT podľa zdrojov bola nastavená v nasledovnom poradí (platí pre variant 1):

- **Rozvodná sieť – sídlisko Luhy:**

- 1) Priame využitie tepla zo solárneho poľa
- 2) Využitie tepla zo sezónneho zásobníka
- 3) Využitie tepla z geotermálneho vrtu s tepelným čerpadlom
- 4) Využitie tepla z plynových kotlov

- **Rozvodná sieť – sídlisko Luhy:**

- 1) Využitie tepla z biomasových kotlov

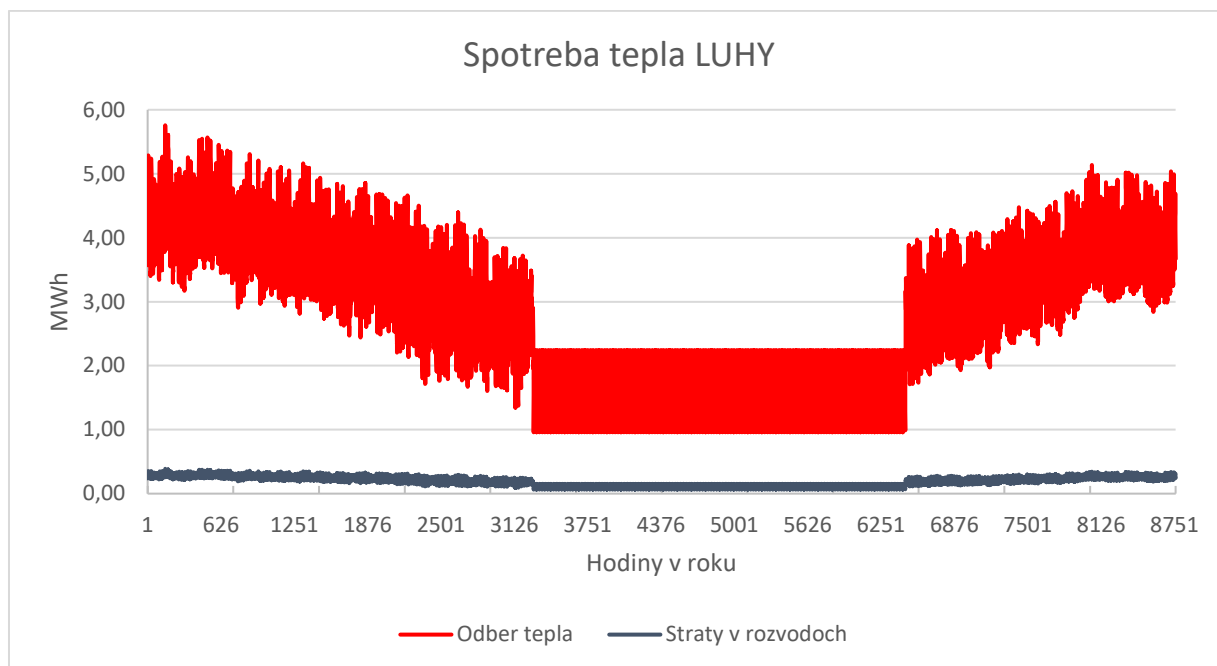
- **Samostatné okrskové a domové plynové kotolne:**

- 1) Využitie tepla z plynových kotlov

4.5.1.1 Rozvodná sieť – sídlisko Luhy

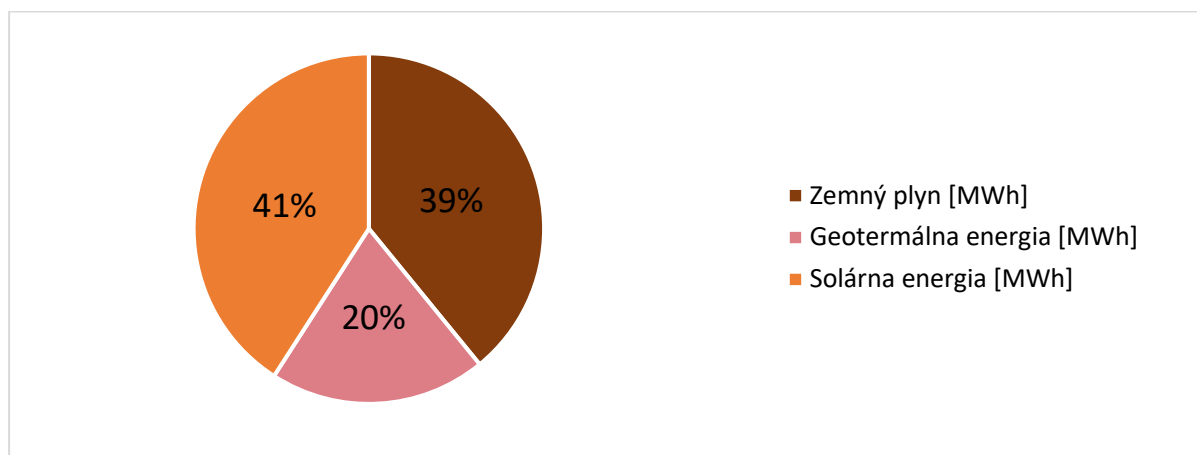
Modelovaná potreba tepla sídliska v priebehu roka je zobrazená v nasledujúcom grafe.

Obr. 7: Modelácia spotreby tepla sídlisko Luhy



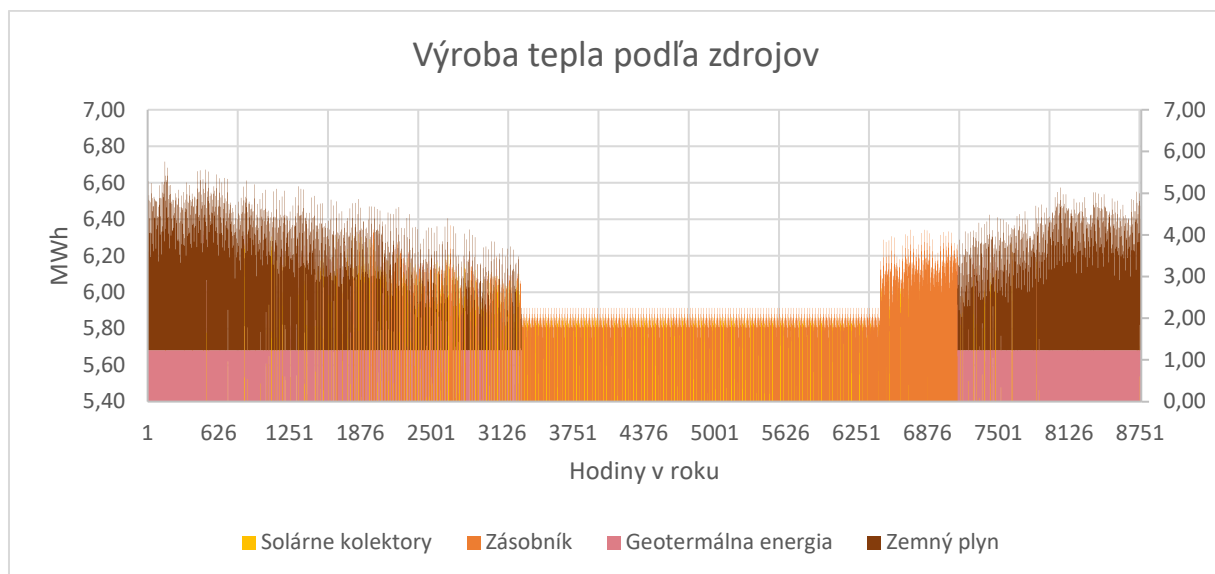
Dodávka tepla v sídlisku kumulovane za kalendárny rok predstavuje 24 633,44 MWh/rok. Špičkové zaťaženie vychádzalo v mesiaci január približne v prvom týždni roka s priemerným hodinovým výkonom 5,76 MW. Spotreba tepla v letnom období sa pohybuje v rozsahu priemerných hodinových výkonov 1,08 MW až 2,52 MW.

Obr. 8: Energetický mix dodávky tepla sídlisko Luhy



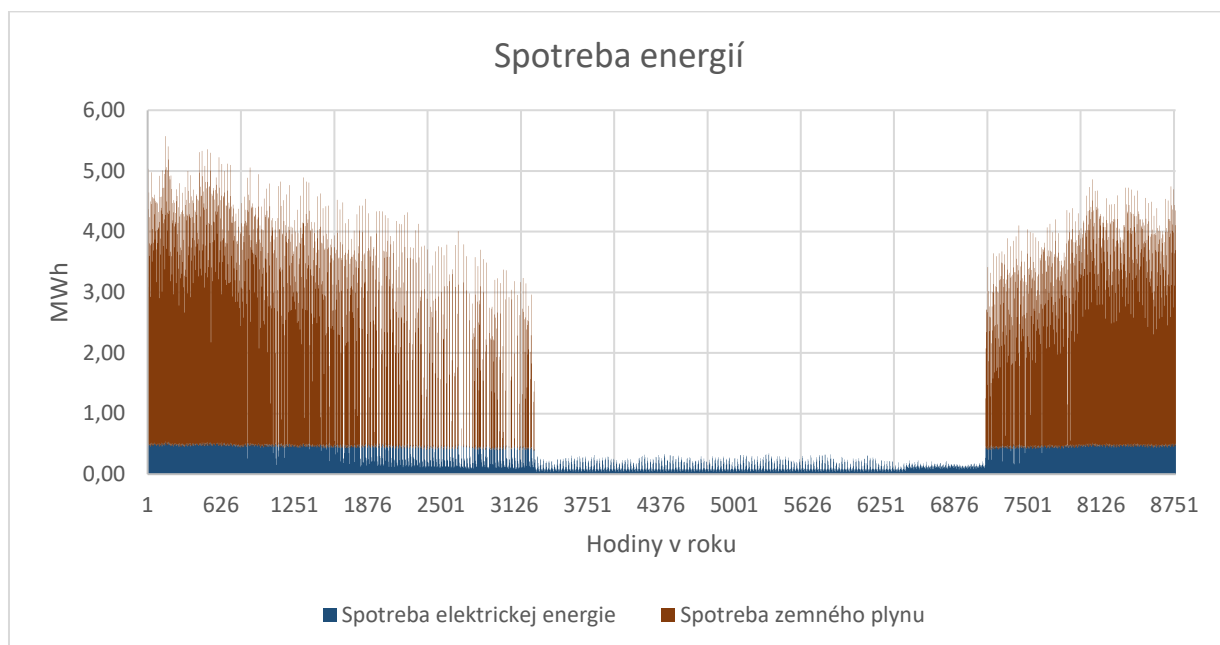
V sídlisku Luhy by dokázalo solárne pole so sezónnym zásobníkom zabezpečiť až 41 % ročnej dodávky tepla. Vykreslenie použitia zdrojov v priebehu roka je uvedené v nasledujúcom grafe.

Obr. 9: Priebeh výroby tepla podľa zdrojov v sídlisku LUHY



Z priebehu produkcie tepla podľa zdrojov je možné vidieť, že zemný plyn a geotermálna energia (s TČ) sú využívané len počas vykurovacieho obdobia, dokonca prvých približne 28 dní vykurovacieho obdobia dokáže plne pokryť sezónna akumulácia tepla. Mimo vykurovacieho obdobia je spotreba tepla plne zabezpečovaná systémom solárneho poľa so sezónnou akumuláciou a teda k produkcii tepla nie je v tomto období využívané palivo.

Obr. 10: Spotreba energií na výrobu a distribúciu tepla v sídlisku LUHY



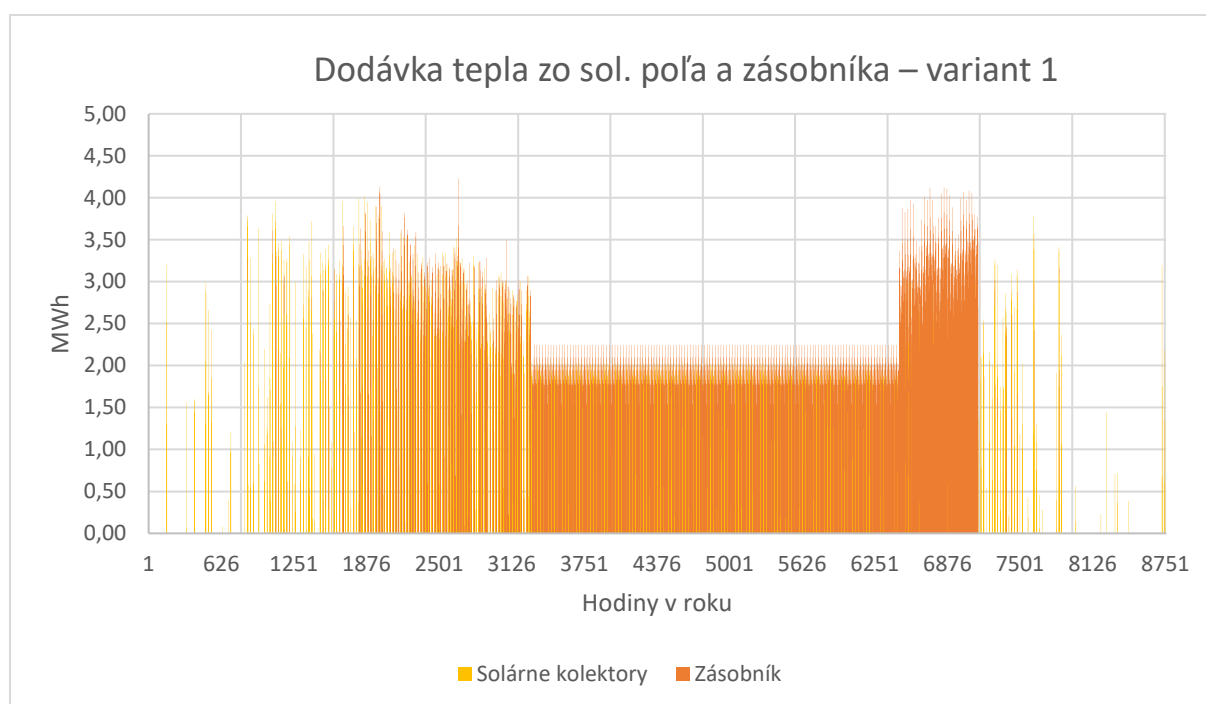
Zhrnutie údajov o dodávke tepla pre sídlisko Luhy:

- **Dodávka tepla celková:** 24 633,44 MWh
- **Dodávka tepla na základe primárnej energie/paliva:**
 - Zemný plyn 9 631,17 MWh
 - Geotermálna energia 4 928,43 MWh
 - Solárna energia 10 073,84 MWh
- **Spotreba paliva/primárnej energie:**
 - Zemný plyn 10 701,30 MWh
 - Elektrická energia 2 471,92 MWh

4.5.1.2 Solárne pole a sezónna akumulácia tepla v rozvodnej sieti Luhy

Obr. 11 znázorňuje priebeh dodávky tepla do tepelnej siete v sídlisku Luhy zo systému solárneho poľa so sezónnym zásobníkom tepla.

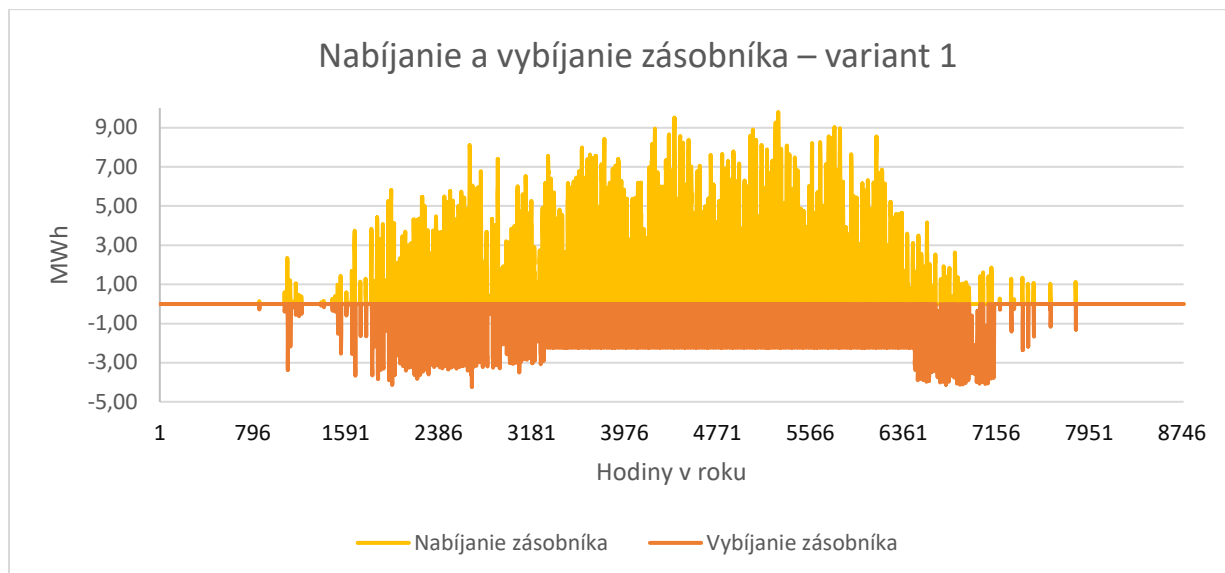
Obr. 11: Priebeh dodávky tepla zo systému solárneho poľa a sezónneho zásobníka v sídlisku LUHY



Solárne kolektory sú dimenzované tak, že najskôr zabezpečujú potreby tepla v tepelnej sieti a prebytky odovzdávajú do sezónneho zásobníka. Týmto systémom je možné mimo vykurovacieho obdobia plne zabezpečiť potrebu tepla aj vo večerných, nočných a ranných

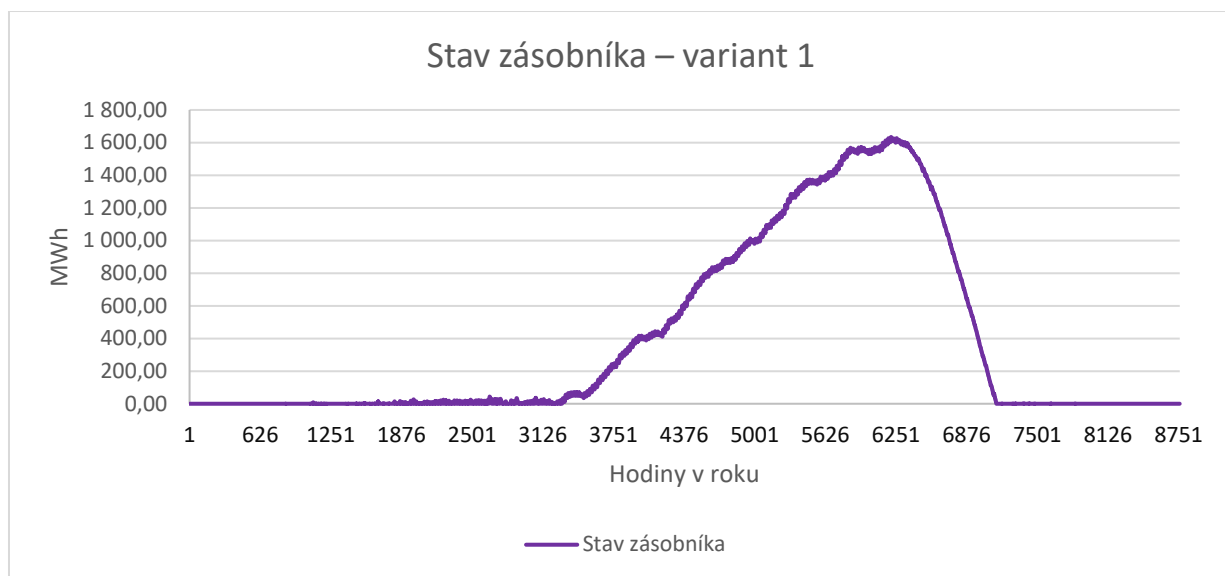
hodinách. Najvyššie hodinové výkony čerpané zo sezónnej akumulácie dosahujú úroveň 4 MW a sú využívané na začiatku vykurovacieho obdobia. Stav nabíjania a vybíjanie sezónneho zásobníka ukazuje Obr. 12.

Obr. 12: Nabíjanie a vybíjanie sezónneho zásobníka vo variante 1



Stav nabitia zásobníka v roku je uvedený na Obr. 13. Na začiatku vykurovacieho obdobia dochádza k jeho prudkému vybíjaniu. Maximálne nabitie zásobníka predstavuje 1 634,62 MWh.

Obr. 13: Stav nabitia zásobníka variant 1



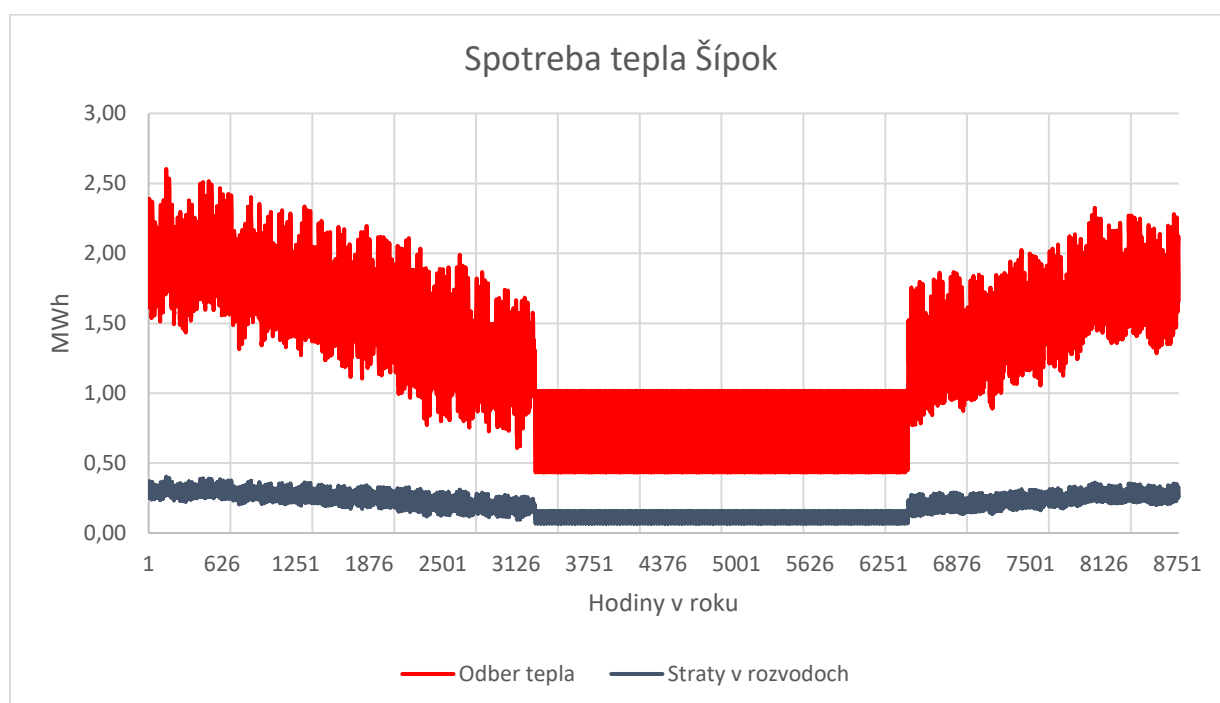
Zhrnutie údajov o dodávke tepla zo systému solárne pole so sezónnym zásobníkom vo variante 1:

• Dodávka tepla:	10 073,84 MWh
Priama dodávka zo solárneho poľa	4 250,95 MWh
Dodávka zo sezónneho zásobníka	5 822,88 MWh

4.5.1.3 Rozvodná sieť – sídlisko Šípok

Obr. 14 ukazuje modelovanú spotrebu tepla sídliska počas roka.

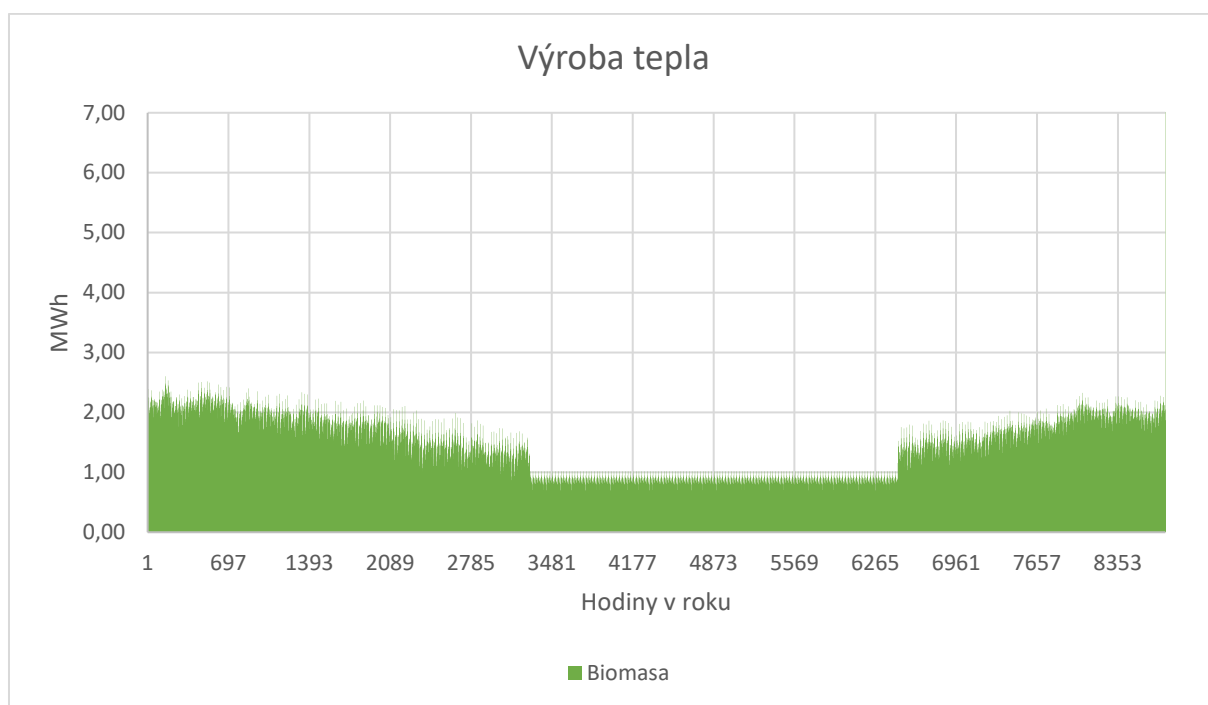
Obr. 14: Modelácia spotreby tepla sídlisko Šípok



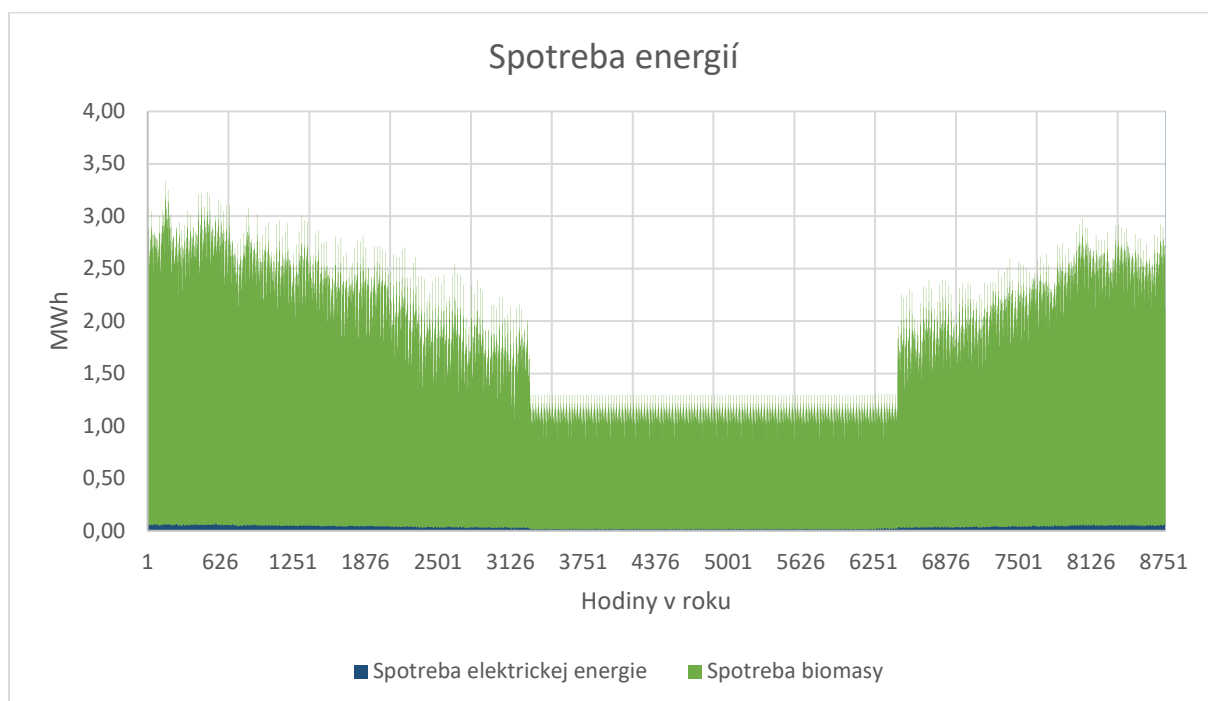
Dodávka tepla v sídlisku kumulovane za kalendárny rok predstavuje 11 139,20 MWh/rok. Špičkové zaťaženie podľa vonkajších teplôt z rokov 2010 až 2020 vychádzalo v mesiaci január približne v prvom týždni roka s priemerným hodinovým výkonom 2,6 MW. Spotreba tepla v letnom období sa pohybuje v rozsahu priemerných hodinových výkonov približne 0,45 MW až 1 MW.

Dodávka tepla pre sídlisko Šípok vo variante 1 sa zabezpečuje kompletne z drevnej štiepky. Elektrina sa využíva hlavne na pohon obehových čerpadiel.

Obr. 15: Priebeh výroby tepla podľa zdrojov v sídlisku Šípok



Obr. 16: Spotreba energií na výrobu a distribúciu tepla v sídlisku Šípok



Zhrnutie údajov o dodávke tepla pre sídlisko Šípok:

- **Dodávka tepla** 11 139,20 MWh
- **Dodávka tepla na základe primárnej energie/paliva:**
 - Biomasa 11 139,20 MWh
- **Spotreba paliva/primárnej energie:**
 - Biomasa 13 924,00 MWh
 - Elektrická energia 355,97 MWh

4.5.1.4 Samostatné okrskové a domové plynové kotolne

Zvyšné domové a okrskové plynové kotolne, s ktorými sa neuvažovalo v rozvodnej sieti Luhy (kapitola 4.3) boli dopočítané bilančne podľa poskytnutých informácií a dát z koncepcie³¹.

Zhrnutie údajov o dodávke tepla:

- **Dodávka tepla** 3 912,70 MWh
- **Dodávka tepla na základe primárnej energie/paliva:**
 - Zemný plyn 3 912,70 MWh
- **Spotreba paliva/primárnej energie:**
 - Zemný plyn 4 347,44 MWh
 - Elektrická energia 97,82 MWh

4.5.2 Vyhodnotenie spotreby palív

Vyhodnotenie spotreby palív a elektriny v rámci variantu 1 je zhrnuté v Tab. 6.

Tab. 6: Vyhodnotenie spotreby palív pre variant 1

Vymedzené územie	Zemný plyn [MWh]	Elektrická energia [MWh]	Biomasa [MWh]
Rozvodná sieť Luhy	10 701,30	2 471,92	0
Rozvodná sieť Šípok	0	355,97	13 924,00
Samostatné plynové kotolne	4 347,45	97,82	0
Spolu	15 048,75	2 925,71	13 924,00

³¹ Aktualizácia koncepcie rozvoja mesta Partizánske V OBLASTI TEPELNEJ ENERGETIKY. Bratislava: NOVACO, 2020.

Spotreba biomasy je rovnaká ako v súčasnosti. Spotreba elektriny vo variante 1 je približne 3-krát vyššia ako v súčasnosti. Nárast je spôsobený využívaním tepelnej energie z geotermálneho vrtu s použitím tepelného čerpadla a nárastom čerpacej práce spôsobenej výstavbou ďalších rozvodov tepla. Spotreba zemného plynu sa zníži o 53 % a celková spotreba energie sa oproti súčasnosti zníži o 32 %. Tento výsledok je dosiahnuteľný vďaka prepojeniu kotolní A, B, C, D, K11 a E a používaniu bezpalivových zdrojov (solárna energia a čiastočne aj geotermálne energia).

4.5.3 Cena tepla

Pre riešenie navrhované vo variante 1 boli vytvorené dva kapitálové rozpočty na základe využitia BS alebo KOST (kapitola 4.3.1).

Tab. 7: Rozpočet – variant 1a (inštalácia BS)

Kapitálové položky	Odhadované náklady ³² [eur]
Solárne kolektory	6 426 000
Sezónny zásobník tepla	3 930 000
Tepelné čerpadlo pre geotermálny vrt	400 000
Ponorné čerpadlo a prídavné zariadenia pre geotermálny vrt	180 000
Tepelný napájač od solárneho systému po geotermálny vrt	5 643 000
Tepelný napájač od geotermálneho vrtu po okruh kotolní B, A a C	1 541 838
Tepelný napájač od geotermálneho vrtu po okruh kotolní D, E a 11	568 750
Prepojenie okruhov kotolní D, E a 11	1 082 025
Rekonštrukcia rozvodov tepla pre kotolňu D	2 762 500
Súčasná pôžička ³³	1 500 000
Rekonštrukcie plynových kotolní – sumárne ³⁴	1 041 700
Bytové stanice tepla (približne 2 851 ks pre relevantné objekty na sídlisku Luhy)	14 255 000
Spolu	39 330 813

³² Kapitálové náklady boli vytvorené na základe voľne dostupných výpočtových vzorcov, cien zariadení z iných projektov s inflačnou prirážkou alebo nezáväzných cenových ponúk od rôznych dodávateľov.

³³ Pre zjednodušenie ekonomického výpočtu bola do kapitálových nákladov zahrnutá aj súčasná pôžička TS s dohodnutými podmienkami a úrokovou mierou.

³⁴ Vysvetlené v kapitole 4.5.4.

Tab. 8: Rozpočet – variant 1b (inštalácia KOST)

Kapitálové položky	Odhadované náklady ³⁵ [eur]
Solárne kolektory	6 426 000
Sezónny zásobník tepla	3 930 000
Tepelné čerpadlo pre geotermálny vrt	400 000
Ponorné čerpadlo a prídavné zariadenia pre geotermálny vrt	180 000
Tepelný napájač od solárneho systému po geotermálny vrt	5 643 000
Tepelný napájač od geotermálneho vrtu po okruh kotolní B, A a C	1 541 838
Tepelný napájač od geotermálneho vrtu po okruh kotolní D, E a 11	568 750
Prepojenie okruhov kotolní D, E a 11	1 082 025
Rekonštrukcia rozvodov tepla pre kotolňu D	2 762 500
Súčasná pôžička ³⁶	1 500 000
Rekonštrukcie plynových kotolní – sumárne ³⁷	1 041 700
Kompaktné odovzdávacie stanice na päte objektov (približne 115 ks pre relevantné objekty na sídlisku Luhy)	1 725 000
Spolu	26 800 813

Celkové ročné prevádzkové náklady variantu 1 boli stanovené na **3 801 772 eur**. Odhadujeme, že variant 1 je realizovateľný do 5 rokov.

Cena tepla bola vypočítaná metódou LCH (kapitola 3.3). Pre účely porovnania bola metódou LCH vypočítaná cena tepla aj pre súčasný technický stav³⁸ pri uvažovaní budúcich ustálených cien palív a elektriny podľa kapitoly 3.3, a to na základe poskytnutých a dostupných dát a zverejnených súčasných variabilných a fixných zložiek ceny tepla³⁹.

Pre súčasný technický stav uvažujeme vo výpočte tepla okrem vyšších predikovaných cien palív a elektriny aj s nutnými rekonštrukciami a súčasnou pôžičkou. Ako minimálny revitalizačný úkon na súčasnom stave rozvodov tepla považujeme revitalizáciu rozvodov tepla na okruhu kotolne D, ktorých väčšia časť už prekročila hranicu 40 rokov. Uvažujeme aj s rekonštrukciou niektorých kotlov s rokom výroby pred rokom 2000 (kotolňa PK07 a kotly K1 a K2; PK09 K2 a K3; PK12 K1, K2 a K3; PK13 K1, K2 a K3; PK14 K1, K2 a K3; ALFA K1 a PKD K1, K2 a K3). Rekonštruovať sa musí viac kotlov jednotlivých kotolní na rozdiel od navrhovaného variantu 1, kde bolo pre rozvodnú sieť Luhy⁴⁰ zaistené teplo aj z iných zdrojov. Tieto rekonštrukcie sú realizovateľné do 5 rokov (rovnako ako v prípade variantu 1).

³⁵ Kapitálové náklady boli vytvorené na základe voľne dostupných výpočtových vzorcov, cien zariadení z iných projektov s inflačnou prirážkou alebo nezáväzných cenových ponúk od rôznych dodávateľov.

³⁶ Pre zjednodušenie ekonomického výpočtu bola do kapitálových nákladov zahrnutá aj súčasná pôžička TS s dohodnutými podmienkami a úrokovou mierou.

³⁷ Vysvetlené v kapitole 4.5.4.

³⁸ Súčasným technickým stavom je myslené zachovanie súčasnej palivovej základne a využívanie súčasných plynových kotlov a kotlov na palivovú štiepku.

³⁹ Pri výpočte budúcej ceny tepla súčasného technického stavu sme uvažovali pomer variabilnej a fixnej zložky v pomere 70:30.

⁴⁰ Definované v kapitole 4.4.1.

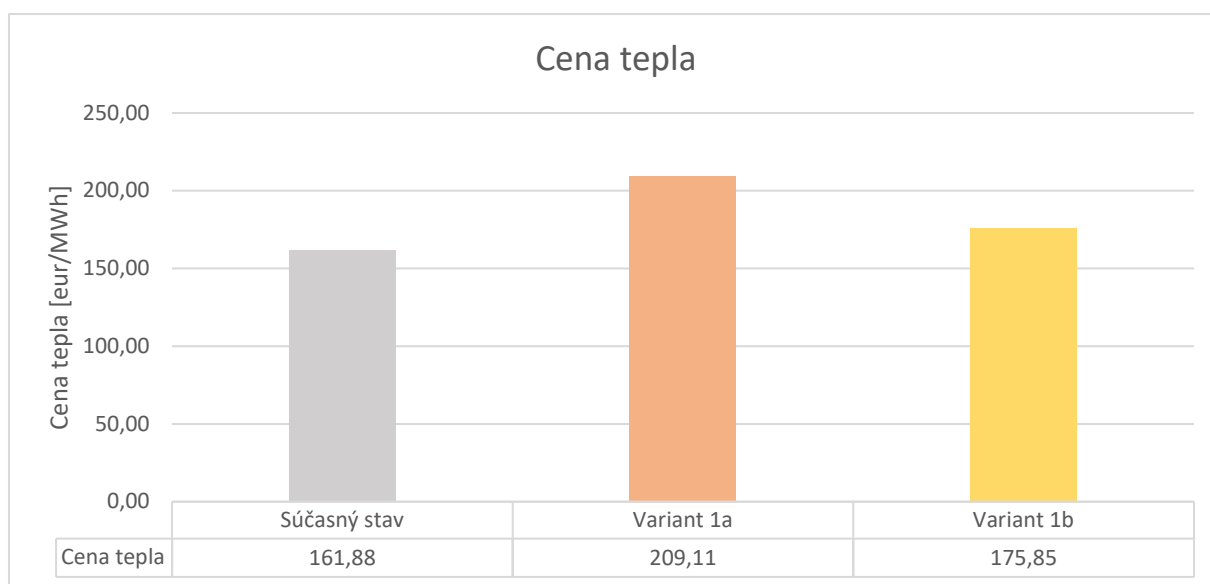
Tab. 9: Rozpočet uvažovaný pre súčasný technický stav

Kapitálové položky	Odhadované náklady ⁴¹ [eur]
Rekonštrukcia rozvodov tepla pre kotolňu D	2 762 500
Súčasná pôžička ⁴²	1 500 000
Rekonštrukcie plynových kotolní – sumárne	1 513 000
Spolu	5 320 016

Celkové ročné prevádzkové náklady rekonštruovaného súčasného technického stavu s predikovanými cenami palív a elektriny boli stanovené na **5 320 016 eur**.

Na obr. 17 je porovnanie ceny tepla variantu 1a (s BS), variantu 1b (s KOST) a súčasného technického riešenia.

Obr. 17: Cena tepla – variant 1 a súčasné technické riešenie s predikovanými cenami palív a elektriny



Cena tepla v rámci súčasného technického riešenia s predikovanými cenami palív a elektriny bola najnižšia, avšak pre variant 1 sa môže uvažovať aj s dotačnou podporou, keďže využívajú OZE. V nasledujúcej tabuľke sú vyhodnotené NFP pre variant 1a a variant 1b, ktoré by zabezpečili, že cena tepla týchto riešení bude konkurencieschopná voči súčasnému technickému stavu.

⁴¹ Kapitálové náklady boli vytvorené na základe voľne dostupných výpočtových vzorcov, cien zariadení iných projektov s inflačnou prirážkou alebo nezáväzných cenových ponúk od rôznych dodávateľov).

⁴² Pre zjednodušenie ekonomického výpočtu bola do kapitálových nákladov zahrnutá aj súčasná pôžička TS s dohodnutými podmienkami a úrokovou mierou.

Tab. 10: Potrebné NFP pre variant 1a a 1b na zaistenie ceny tepla súčasného technického riešenia (157,86 eur/MWh)

Riešenie	Cena tepla [eur/MWh]	Potrebné NFP	
		[%]	[eur]
Súčasné technické riešenie	161,88	–	–
Riešenie variantu 1a		45,25	17 797 193
Riešenie variantu 1b		19,65	4 224 660

4.5.4 Redukcia emisií

Redukcia emisií bola vypočítaná použitím emisných obsahov znečisťujúcich látok a CO₂ (ZL) v jednej megawatthodine podľa energonosičov. Obsah ZL elektriny bol určený podľa energetického mixu výroby elektriny a podľa platných vyhlášok.⁴³ Obsahy ZL zemného plynu a biomasy boli stanovené na základe údajov z Monitorovacieho systému energetickej efektívnosti prevádzkovaného Slovenskou inovačnou a energetickou agentúrou (SIEA).

Tab. 11: Obsah emisií v 1 MWh

Množstvo znečisťujúcich látok a CO ₂ v 1 MWh	Zemný plyn	Elektrická energia	Biomasa
CO ₂ [t]	0,198	0,167	0,020
TZL [kg]	0,008	0,043	0,163
NO _x [kg]	0,177	0,131	0,382
SO ₂ [kg]	0,001	0,3865	0,000
CO [kg]	0,063	0,04	0,882

Tab. 12: Porovnanie úspor emisií v riešených variantoch

Celkové emisie znečisťujúcich látok a CO ₂	Súčasný stav	Variant 1	Úspora emisií
CO ₂ [t/rok]	6 734,37	2 849,70	3 884,66
TZL [t/rok]	2,57	2,48	0,09
NO _x [t/rok]	11,07	7,57	3,51
SO ₂ [t/rok]	0,44	1,10	–0,67
CO [t/rok]	14,32	13,06	1,26

Variant 1 predstavuje voči súčasnému stavu úsporu **3 884,66 ton CO₂ ročne**, čo znamená ročnú **redukciu emisií CO₂ približne o 58 %**.

⁴³ Jednotkové množstvá znečisťujúcich látok v 1 kWh el. energie boli prevzaté z rôznych legislatívnych a štatistických dokumentov. Emisie ekvivalentu CO₂ boli počítané podľa vyhlášky 364/2012 Z.z. Obsah PM₁₀ v TZL je počítaný podľa usmernenia od SIEA (Inštrukcie k prepočtu PM₁₀) a to podľa odporúčaných hodnôt z EMEP/EEA Air pollutant emission inventory guidebook. Obsah TZL a ich podmnožiny PM₁₀ pre elektrinu je prepočítaný pre slovenský energetický mix z dát z ročenky z roku 2019 (https://www.rocenka.sk/wp-content/uploads/2021/08/Energie-Europy_Energy-in-Europe-2020.pdf).

5 Variant 2

5.1 Základné návrhové parametre riešenia

Variant 2 sa oproti variantu 1 líši v tom, že dôjde k prepojeniu systémov Luhy a Šípok, ktoré boli vo variante 1 oddelené. Zároveň dôjde k napojeniu menších domových a okrskových kotolní na sídlisku Luhy a v okolí.

V hlavnej rozvodnej sieti sa neuvažuje s pripojením troch kotolní (PK Veľké Bielice, PK 9 a PK 24) do spoločnej rozvodnej siete, a to kvôli ich nevýhodnej polohe. Bilančne však tieto kotolne boli do výpočtu zahrnuté a uvažujeme pri nich s rekonštrukciou ich súčasných kotlov (kapitola 5.3).

Vo variante 2 uvažujeme s miernym znížením teploty distribučnej vody, keďže predpokladáme obnovu objektov pripojených do sústavy (kapitola 5.2). Vďaka zníženej teplote obehovej vody sa zvýši účinnosť využitia navrhnutých OZE. Predpokladané teploty prívodu a spiatočky distribučnej vody v primárnom rozvode boli zvolené konzervatívne a je možné, že po bližšom preskúmaní bude možné teploty ešte viac znížiť⁴⁴.

Tab. 13: Teploty distribučnej vody v riešení variantu 2

Vymedzené územie	Obdobie	Teplota prívodu/spiatočky [°C]
Spoločná rozvodná sieť Luhy a Šípok	Zima	70/50
	Leto	65/50
Kotolne Veľké Bielice, PK9 a PK24	Zima	ako v súčasnom stave
	Leto	ako v súčasnom stave

Odhadujeme, že variant 2 je realizovateľný do 20 rokov. Na základe tohto predpokladu pristupujeme aj k voľbe zariadení a rozvodov tepla vhodných na revitalizáciu (na základe ich veku za 20 rokov).

5.2 Potreba tepla objektov

Súčasná potreba tepla objektov, ktorá bola určená na základe poskytnutých dát spotrieb tepla na vykurovanie a prípravu teplej úžitkovej vody od manažmentu mesta Partizánske, bola znížená na základe vytvorenej metodiky (Príloha v časti 7.3).

Pre variant 2 bolo uvažované s úsporou tepla na vykurovanie 35,58 % a tepla na prípravu TV 27,31 %. Celková dosiahnuteľná úspora je na úrovni 32,59 %.

⁴⁴ Pri nižších teplotách distribučnej vody v sústave by mala byť zaistená teplota TV na výtok podľa vyhlášky 152/2005 Z. z. Nutné bude preskúmať aj kompatibilitu vykurovacích telies pripojených objektov s nižšou vykurovacou vodou a to tak, aby bola zaistená tepelná pohoda užívateľov.

Celková potreba tepla objektov pripojených k sústave CZT je daná súčtom potreby tepla na vykurovanie a potreby tepla na prípravu TV a predstavuje **24 472 MWh/rok**.

Tab. 14: Uvažované potreby tepla objektov v riešení variantu 2

Vymedzené územie	Potreba tepla objektov [MWh/rok]
Spoločná rozvodná sieť Luhy a Šípok	22 980
Kotolne Veľké Bielice, PK9 a PK24	3 912,7
Spolu	24 472,23

Uvažovaná obnova pripojených objektov umožní znížiť teplotu distribučnej vody v rozvodoch tepla, čím sa zlepší využitie navrhovaných OZE.

5.3 Rozvody tepla

Variant 2 pozostáva z hlavného rozvodného systému Luhy a Šípok a z troch samostatných okruhov kotolní (dve okrskové a jedna domová). Hlavnú rozvodnú sieť Luhy a Šípok znázorňuje obr. 18.

Obr. 18: Spoločná rozvodná sieť Luhy a Šípok



Celkové tepelné straty rozvodov tepla vo variante 2 predstavujú **3 462,6 MWh/rok**. Mierne zvýšenie tepelných strát oproti variantu 1, napriek výstavbe ďalších rozvodov tepla (hlavne tepelných napájačov Luhy – Šípok a Šípok – Luhy), je zapríčinené menším odberom tepla

pripojených objektov, keďže sa uvažovalo s ich obnovou (kapitola 5.2). Uvedené tepelné straty v rozvodoch tepla vo variante 2 predstavovali 12,4 % z celkového množstva vyrobeného tepla.

5.3.1 Tepelné napájače Luhy-Šípok a Šípok-Luhy

Variant 2 prepája sústavy rozvodnej siete Luhy a rozvodnej siete Šípok (kapitola 4.3), ktoré spoločne s ďalšími okrskovými a domovými kotolňami na a pri sídlisku Luhy vytvorili rozvodnú sieť Luhy a Šípok.

Prepojenie rozvodnej siete Luhy a rozvodnej siete Šípok navrhujeme uskutočniť pomocou dvoch protismerných tepelných napájačov (názov písaný v smere prúdenia dodávaného tepla):

- Tepelný napájač Luhy-Šípok: rozvod tepla bude slúžiť na dodávku tepla produkovaného v solárnom systéme, prípadne tepla z geotermálneho vrtu (hlavne v letnom období). Bude vedený od uzla pri geotermálnom vrte až k biomasovej kotolni na sídlisku Šípok (predpokladaná dĺžka 2,9 km).
- Tepelný napájač Šípok-Luhy: rozvod tepla bude slúžiť na dodávku tepla produkovaného v kotolni na štiepku (hlavne vo vykurovacej sezóne). Bude vedený od kotolne Šípok až k uzlu pri geotermálnom vrte (predpokladaná dĺžka 2,9 km).

5.3.2 Doplnenie ďalších objektov okrskových a domových kotolní do spoločnej rozvodnej siete

V rámci výstavby nových rozvodov tepla je nutné uvažovať ešte s odbočkou zo spomínaných tepelných napájačov k objektom okrskových a domových kotolní, s ktorými sa neuvažovalo v rozvodnej sieti Luhy vo variante 1. Odbočka bude riešená vo forme dvoch vyvedení z oboch tepelných napájačov, ktoré sa zlúčia v zmiešavacom uzle (čím sa zabezpečí dodávka tepla zo solárneho systému a geotermálneho vrtu ako aj tepla zo spaľovania štiepky).

Odbočka by napájala objekty, ktoré v súčasnosti patria ku kotolňam PK16, PK15, PK22, PK19, PK18, PK17, PK13, PK14, PK12, PK6 a PK7. Pre rekonštrukciu rozvodov tepla okrskových kotolní platia rovnaké odporúčania ako v prípade variantu 1: odporúča sa pretvorenie štvortrubkového systému rozvodov tepla na dvojtrubkový s maximálnym využitím súčasných rozvodov tepla. Pre väčšinu potrubných úsekov by mali stačiť na dodávku celkového tepla súčasné rozvody slúžiace na dodávku tepla na vykurovanie (súčasný rozvod na dodávku tepla na prípravu TV by sa nevyužívali). V prípadoch, kde sa budú vyskytovať úzke miesta, je možné dočasne zväčšiť prietokový prierez využitím rozvodov na dodávku tepla na prípravu TV (kapitola 4.3.1).

K vetve od geotermálneho uzla, ktorá vo variante 1 napájala okruh kotolní D, 11 a E, by sa ešte pridali objekty domových kotolní PK21 a PK20. Aj pre ne uvažujeme s pretvorením štvortrubkového systému na dvojtrubkový.

5.3.3 Rekonštrukcia rozvodov tepla a výmenníkových staníc

Vo variante 2 (sodhadovanou realizovateľnosťou do 20 rokov) bude nutné rekonštruovať viac rozvodov tepla, ktorých životnosť v tomto období prekročí hranicu 40 rokov. Konkrétne sa to týka rozvodov tepla, ktoré v súčasnosti patria k okruhom kotolní PK7, K22, PKE, PK11 a aj celej rozvodnej siete Šípok. Rozvody tepla, ktoré patria k okruhu kotolne D, boli rekonštruované už vo variante 1.

Podobne ako vo variante 1 sa aj vo variante 2 uvažuje s dvomi prístupmi k určeniu polohy OM. Vo variante 2a uvažujeme buď s pokračovaním inštalácie BS (okrem OM, kde BS boli inštalované už vo variante 1a) alebo s pokračovaním zavádzania KOST (okrem OM, kde KOST už boli inštalované vo variante 1b a okrem rozvodnej siete Šípok, kde sú inštalované už v súčasnosti). Dôvody vytvorenia dvoch verzií variantu 2 sú vysvetlené v kapitole 4.3.1.

5.3.4 Samostatné kotolne

V opisovanej rozvodnej sieti Luhy a Šípok neuvažujeme s pripojením troch kotolní (PK Veľké Bielice, PK 9 a PK 24) kvôli ich nevýhodnej polohe. Pre tieto kotolne uvažujeme s rekonštrukciou ich rozvodov tepla⁴⁵ a revitalizáciou súčasných plynových kotlov (kapitola 5.4). V prípade, že by dodávateľ tepla podnikol kroky k získaniu viacerých odberateľov tepla v blízkom okolí týchto kotolní a zvýšil by tak plošnú hustotu odberu tepla, by bolo možné uvažovať s pripojením aj týchto kotolní do spoločnej rozvodnej siete Luhy a Šípok.

5.4 Zdroje tepla

5.4.1 Solárne pole a jamový zásobník tepla

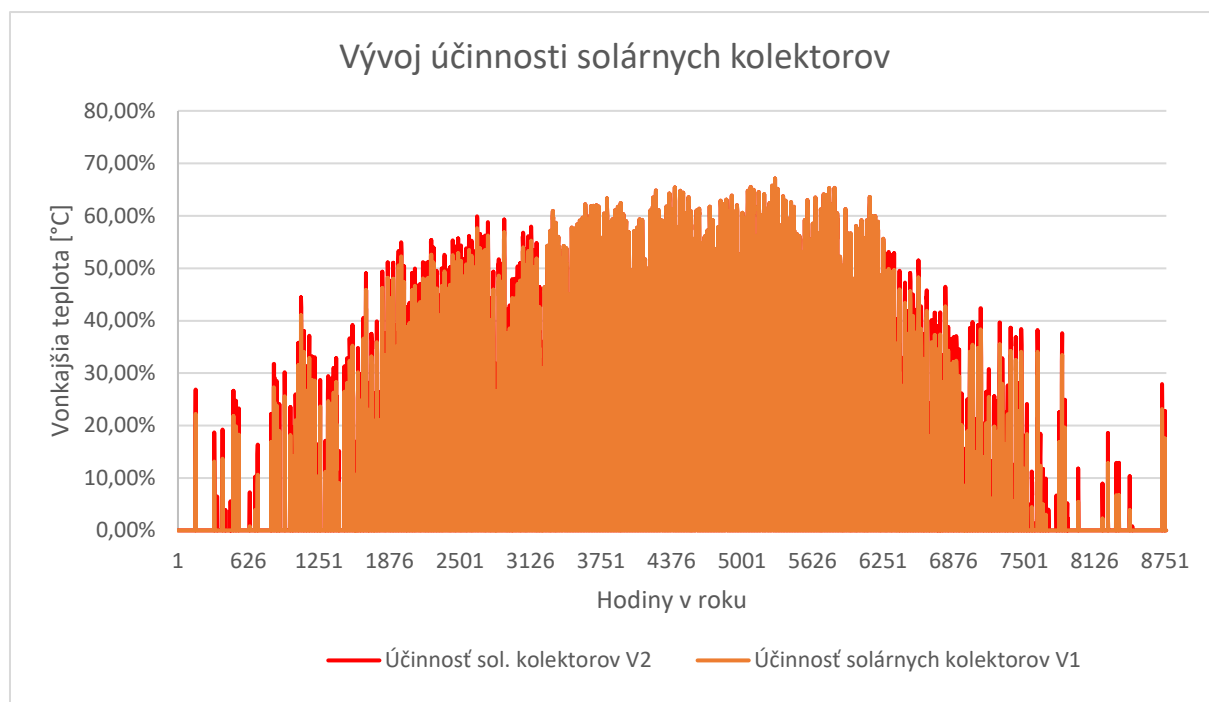
Vo variante 2 sa vďaka prepojeniu sústav predpokladá využitie solárneho poľa a jamového zásobníka **pre rozvodnú sieť Luhy a Šípok**. Parametre solárneho poľa a okrajové podmienky modelácie produkcie solárneho poľa sú totožné s variantom 1 a sú bližšie opísané v kapitole 4.4.1.

Oproti variantu 1 však bude mierne odlišná účinnosť solárnych kolektorov vo vykurovacom období, keďže v tepelnej sústave predpokladáme nižšiu teplotu distribučnej vody o približne 5 °C⁴⁶. To sa prejaví v zvýšení množstva tepla dodaného do tepelnej siete zo systému solárne pole a jamový zásobník.

⁴⁵ Okrem kotolne Veľké Bielice, ktorá je domová a OM tvorí plynový kotol.

⁴⁶ Zníženie teploty vody v zimnom období zo 75°C na 70°C. Teplota distribučnej vody sa mohla znížiť vďaka uvažovanej obnove pripojených objektov.

Obr. 19: Vývoj účinnosti solárnych kolektorov v priebehu roka



Parametre jamového zásobníka sú tiež totožné s variantom 1 a sú opísané v kapitole 4.4.1.

5.4.2 Geotermálna energia

Vo variante 2 sa uvažuje s využitím geotermálnej energie **pre rozvodnú sieť Luhy a Šípok**. Predpokladáme využitie vrtu FGTz-2 s rovnakými parametrami ako v prípade variantu 1 (kapitola 4.4.2). Vplyv zníženia teploty v sústave zlepší parametre prevádzky tepelného čerpadla a preto vo variante 2 uvažujeme so sezónnym výkonovým číslom 4,5⁴⁷, čím sa ušetrí približne 100 MWh elektrickej energie.

5.4.3 Biomasové kotly

Vo variante 2 bolo uvažované s výmenou súčasných biomasových kotlov za nové a ich využitie **pre rozvodnú sieť Luhy a Šípok**.

Potrebný inštalovaný výkon kotolne vo variante 2 predstavuje minimálne 7,5 MW. Súčasný kotly na štiepku budú v období prípadnej realizácie variantu 2 už na hranici životnosti a preto uvažujeme s ich výmenou. Pre zaistenie potrebnej výkonovej rezervy odporúčame ponechať súčasný **inštalovaný výkon kotolne** na úrovni **9 MW** (kotly 6 MW a 3 MW), keďže

⁴⁷ Vo variante 1 je SPF 4,2.

vo variante 2 budú kotly na biomasu zaistiť pokrytie špičkového odberu celej rozvodnej siete Luhy a Šípok.

5.4.4 Kotly na zemný plyn

S kotlami na zemný plyn sa **vo variante 2** uvažuje len **v samostatných okrskových a domových kotolniach**.

Niektoré novšie kotly kotolní, ktoré boli zlúčené do rozvodnej siete Luhy a Šípok a ktoré majú vhodnú polohu v rámci konkrétnej časti rozvodnej siete, odporúčame ponechať ako zálohu aspoň v prvých rokoch prevádzky nového systému (zoznam kotlov je v Prílohe 7.2). Po odskúšaní prevádzky je možné začať zálohové plynové kotly postupne vyradovať a ušetriť tak na poplatkoch za aktívnu plynovú prípojku.

Vymedzené územie	Počet kotlov	Inštalovaný výkon [MW]
Rozvodná sieť Luhy a Šípok (záloha)	19	10,22
Samostatné okrskové a domové kotolne	8	0,752
Spolu so zálohou	27	10,972
Spolu bez zálohy	8	0,752

5.5 Hlavné výstupy riešenia

5.5.1 Vyhodnotenie dodávky tepla

Priebeh potreby tepla vychádzal zo zníženej potreby tepla objektov za kalendárny rok, zohľadňujúci tepelno-technickú obnovu budov (kapitola 5.2). Priebeh bol modelovaný v hodinovom kroku z údajov znížených potrieb tepla objektov a údajov vonkajších teplôt z rokov 2010 až 2020.

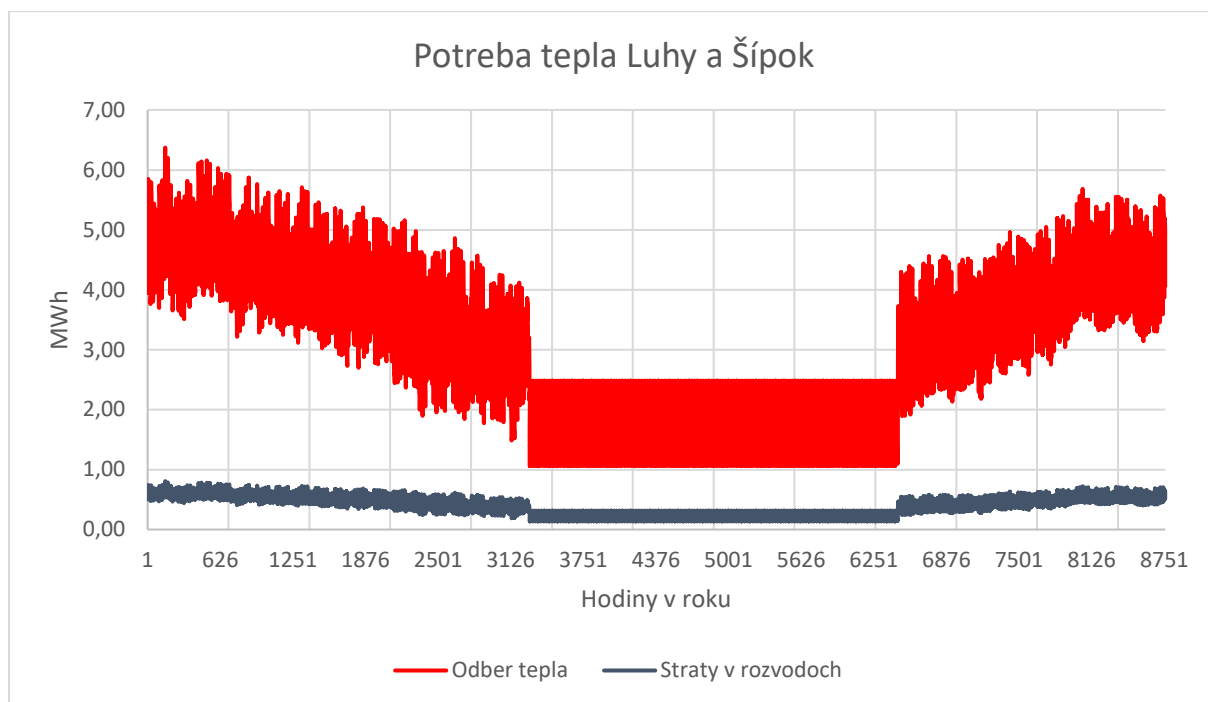
Logika výpočtového modelu spotreby tepla v CZT podľa zdrojov v rámci variantu 2 bola nastavená v nasledovnom poradí:

- **Rozvodná sieť – sídlisko Luhy a Šípok:**
 - 1) Priame využitie tepla zo solárneho poľa
 - 2) Využitie tepla zo sezónneho zásobníka
 - 3) Využitie tepla z geotermálneho vrtu s tepelným čerpadlom
 - 4) Využitie tepla z biomasových kotlov
 - 5) Využitie tepla z plynových kotlov (záloha)
- **Samostatné okrskové a domové plynové kotolne:**
 - 1) Využitie tepla z plynových kotlov

5.5.1.1 Rozvodná sieť sídlisko Luhy a sídlisko Šípok

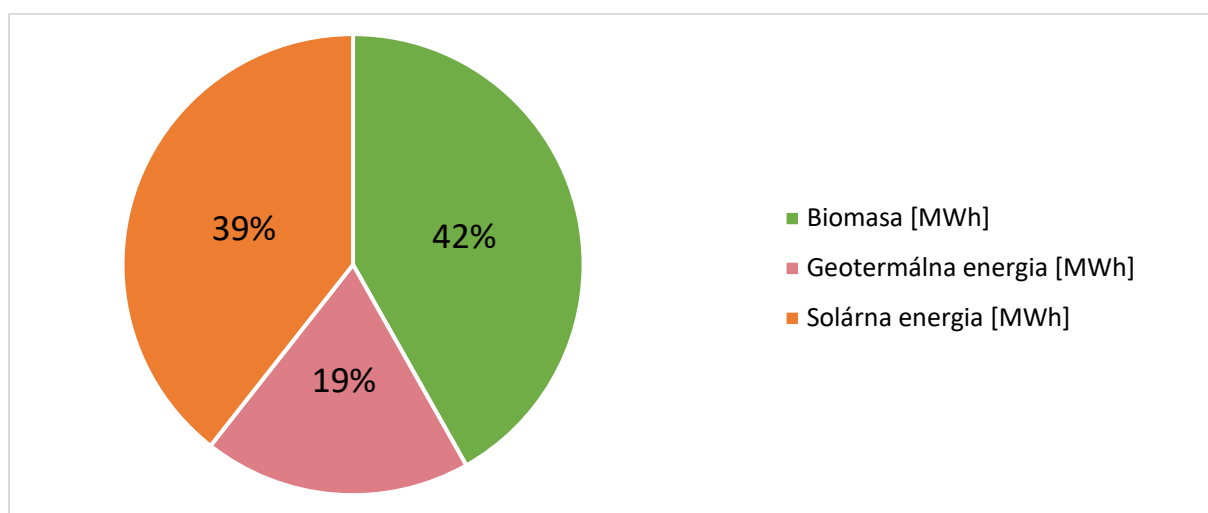
Modelovaná potreba tepla v prepojenom tepelnom systéme sídlisk v priebehu roka je zobrazená na obr. 20.

Obr. 20: Modelácia spotreby tepla sídlisko Luhy a sídlisko Šípok



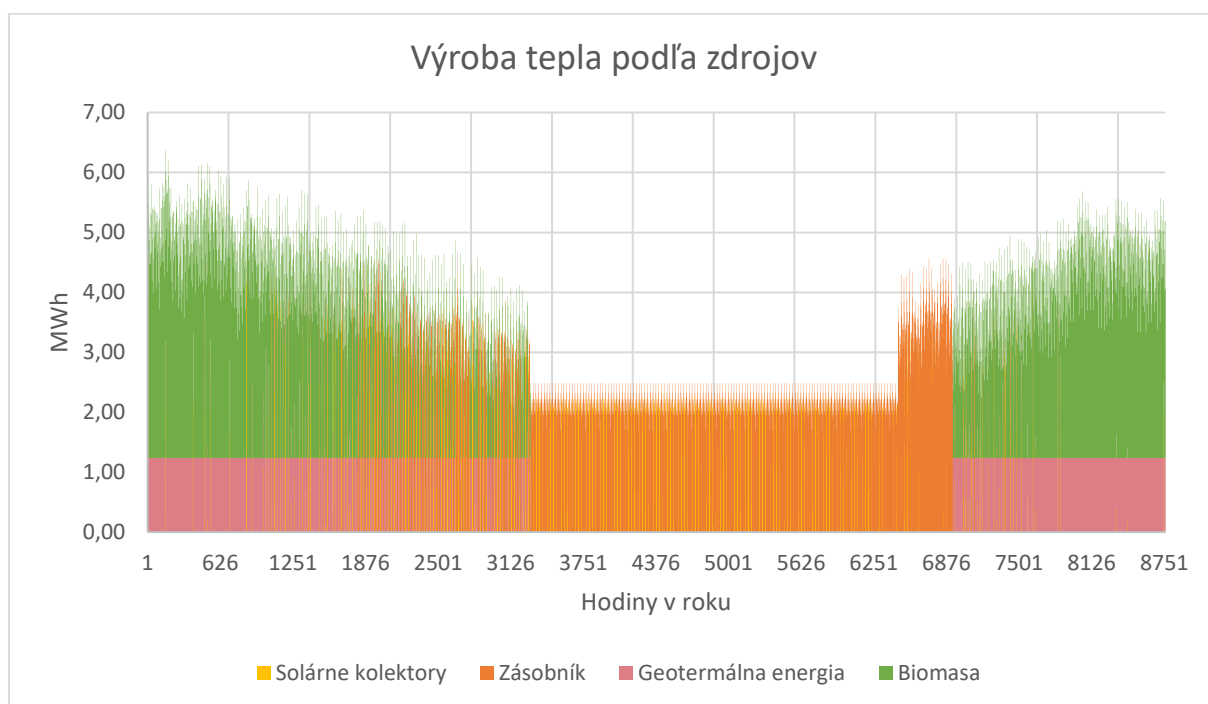
Dodávka tepla do objektov rozvodnej siete Luhy a Šípok predstavuje kumulovane za kalendárny rok 23 798 MWh/rok. Maximálne špičkové zaťaženie sa predpokladá v januári približne v prvom týždni roka s priemerným hodinovým výkonom 6,37 MW. Spotreba tepla v letnom období sa pohybuje v rozsahu priemerných hodinových výkonov 1,06 MW až 2,5 MW.

Obr. 21: Energetický MIX dodávky tepla sídlisk Luhy a Šípok



Po tepelno-technickej obnove budov a prepojení rozvodných sietí Luhy a Šípok by solárne pole so sezónnym zásobníkom dokázalo zabezpečiť až 39 % ročnej dodávky tepla, zvyšných 61 % dodávky tepla by bolo zabezpečené geotermálnou energiou a biomasou. Použitie zdrojov počas roka je vykreslené na obr. 22.

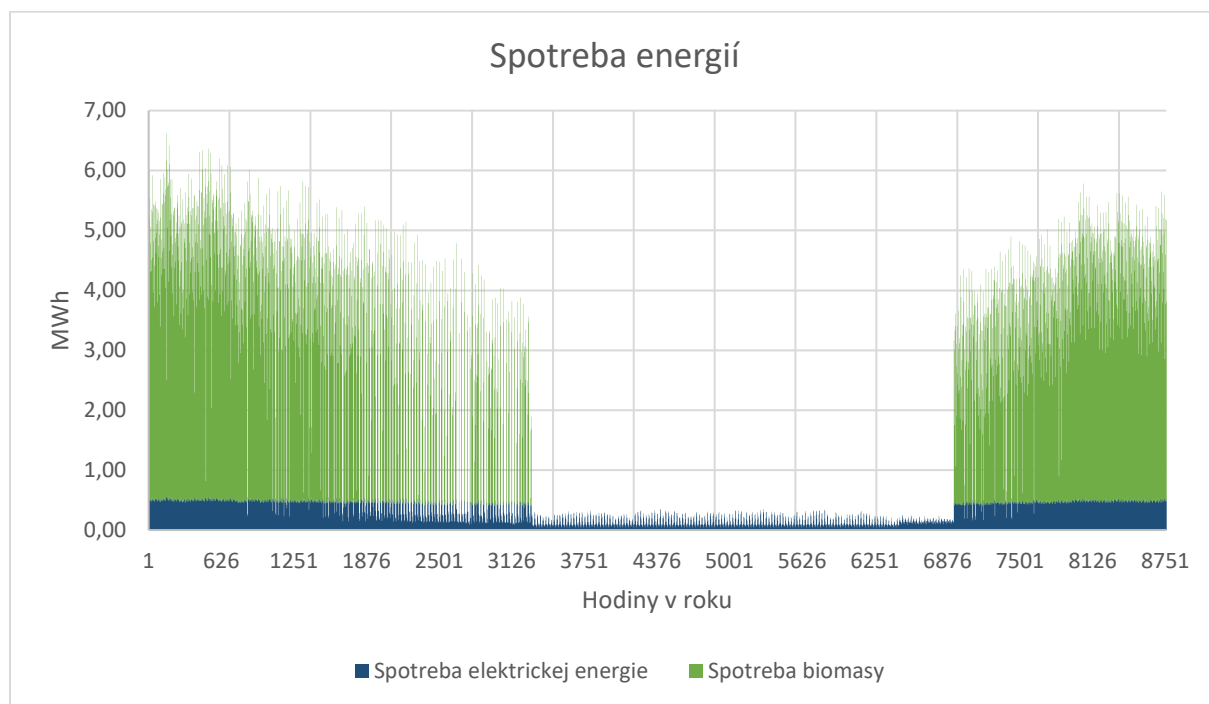
Obr. 22: Priebeh výroby tepla podľa zdrojov v sídliskách LUHY a ŠÍPOK



Z priebehu produkcie tepla podľa zdrojov je možné vidieť, že biomasa a geotermálna energia (s tepelným čerpadlom) sú využívané len počas vykurovacieho obdobia. Približne prvé

3 týždne vykurovacieho obdobia by plne pokryla sezónna akumulácia tepla. Mimo vykurovacieho obdobia je spotreba tepla plne zabezpečovaná systémom solárneho poľa so sezónnou akumuláciou. Kapacitu sezónneho zásobníka by bolo možné ešte zvýšiť použitím tepelného čerpadla a dochladzovaním na teplotu približne 15 °C, avšak s takýmto riešením v tejto štúdii neuvažujeme.

Obr. 23: Spotreba energií na výrobu a distribúciu tepla v sídliskách LUHY a ŠÍPOK



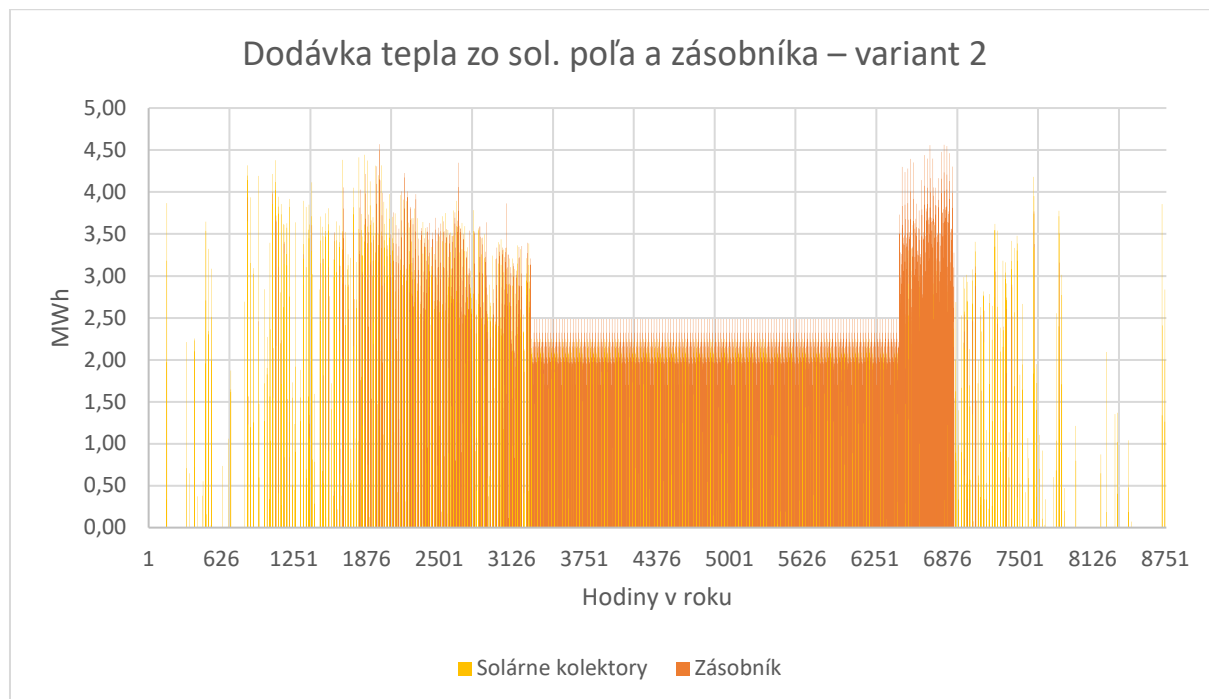
Zhrnutie údajov o dodávke tepla pre sídlisko Luhy a Šípok:

- **Dodávka tepla celková:** 27 260,68 MWh
- **Dodávka tepla na základe primárnej energie/paliva:**
 - Biomasa 11 400,73 MWh
 - Geotermálna energia 5 122,80 MWh
 - Solárna energia 10 737,16 MWh
- **Spotreba paliva/primárnej energie:**
 - Biomasa 13 412,62 MWh
 - Elektrická energia 2 637,33 MWh

5.5.1.2 Solárne pole a sezónna akumulácia tepla v rozvodnej sieti Luhy a Šípok

Dodávka do prepojenej tepelnej siete v sídliskách Luhy a Šípok zo systému solárneho poľa so sezónnym zásobníkom tepla vyzerá nasledovne.

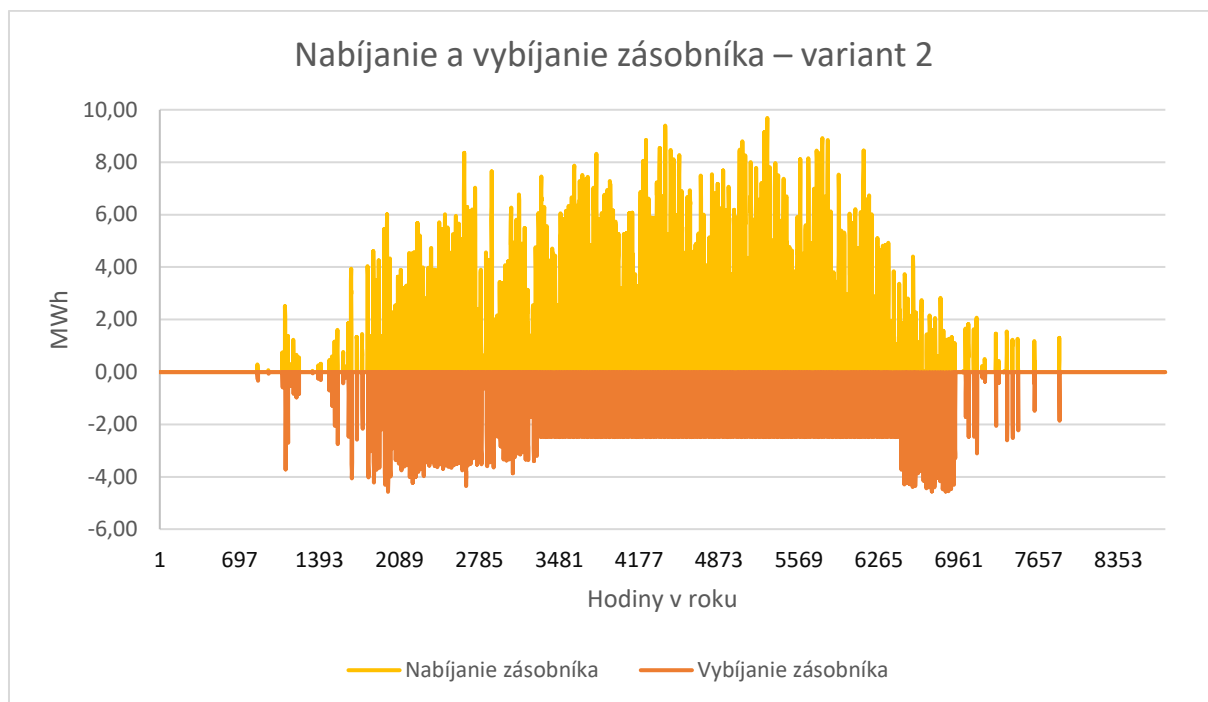
Obr. 24: Priebeh dodávky tepla zo systému solárneho poľa a sezónneho zásobníka v sídliskách LUHY a ŠÍPOK



Systém solárneho poľa so sezónnym zásobníkom plne zabezpečí potrebu tepla mimo vykurovacieho obdobia a približne prvé 3 týždne vykurovacieho obdobia. Najvyššie hodinové výkony čerpané zo sezónnej akumulácie dosiahnu úroveň 4,57 MW a sú využívané na začiatku vykurovacieho obdobia.

V letnom období je solárne pole vzhľadom na potrebu tepla v tepelnej sieti predimenzované a okamžité prebytky sú akumulované v zásobníku. Prebytky sú využívané v ranných, večerných a nočných hodinách a na začiatku vykurovacieho obdobia. Stav nabíjania a vybíjania sezónneho zásobníka ukazuje obr. 25.

Obr. 25: Nabíjanie a vybíjanie sezónneho zásobníka vo variante 2



Stav nabitia zásobníka ukazuje obr. 26. Pri začatí vykurovacieho obdobia dochádza k jeho prudkému vybíjaniu. Maximálne nabitie zásobníka predstavuje 1 195,98 MWh.

Obr. 26: Stav nabitia zásobníka vo variante 2



Zhrnutie údajov o dodávke tepla zo systému solárne pole so sezónnym zásobníkom vo variante 2:

- **Dodávka tepla:** 10 737,16 MWh
 - Priama dodávka zo solárneho poľa 4 914,31 MWh
 - Dodávka so sezónneho zásobníka 5 822,85 MWh

Znížením teploty v tepelnej sieti sa zvýši účinnosť solárneho poľa vo variante 2, čo sa prejaví aj vo vyššej dodávke tepla z tohto systému o približne 700 MWh ročne (kap. 4.5.1.2).

5.5.1.3 Samostatné okrskové a domové plynové kotolne

Zhrnutie údajov o dodávke tepla:

- **Dodávka tepla** 674,19 MWh
- **Dodávka tepla na základe primárnej energie/paliva:**
 - Zemný plyn 674,19 MWh
- **Spotreba paliva**
 - Zemný plyn 709,68 MWh
 - Elektrická energia 16,85 MWh

Pre samostatné okrskové a domové kotolne je možné znížiť spotrebu plynu okrem tepelnej ochrany budov aj podporou vykurovania zo solárnych systémov umiestnených na strechách budov. Toto riešenie však v tejto štúdii neanalyzujeme.

5.5.2 Vyhodnotenie spotreby palív

Celkové vyhodnotenie spotreby palív a elektriny vo variante 2 ukazuje Tab. 14.

Tab. 15: Vyhodnotenie spotreby palív pre variant 2

Vymedzené územie	Zemný plyn [MWh]	Elektrická energia [MWh]	Biomasa [MWh]
Rozvodná sieť Luhy a Šípok	0,00	2 637,33	13 412,62
Samostatné plynové kotolne	709,67	16,85	0,00
Spolu	709,67	2 654,18	13 412,62

Spotreba biomasy je podobná ako v súčasnom riešení a vo variante 1 (dokonca mierne nižšia). Spotreba elektriny je vo variante 2 približne 2,5-krát vyššia ako v súčasnosti a mierne

vyššia ako vo variante 1. Nárast je spôsobený využívaním tepelnej energie z geotermálneho vrta s použitím tepelného čerpadla. Zvýšenie spotreby elektriny spôsobuje čiastočne aj nižšia teplota vody v systéme a s tým spojená vyššia čerpacia práca. Zemný plyn je využívaný len v samostatných okrkových a domových kotolniach a oproti súčasnému stavu dôjde až k 98 % zníženiu jeho spotreby. Vo výsledku sa spotrebuje o 64 % menej energie z palív oproti súčasnému stavu.

5.5.3 Cena tepla

Pre variant 2 boli vytvorené dva kapitálové rozpočty, a to na základe využitia BS alebo KOST, teda podobne v prípade variantu 1 (kap. 4.3.1).

Tab. 16: Rozpočet – variant 2a (inštalácia BS)

Kapitálové položky	Odhadované náklady ⁴⁸ [eur]
Sezónny zásobník tepla – revitalizácia	2 358 000
Kotly na štiepku	8 307 000
Tepelný napájač od uzla pri geotermálnom vrte k CTZ Šípok	4 545 750
Tepelný napájač od CTZ Šípok k uzlu pri geotermálnom vrte	9 600 813
Rekonštrukcia rozvodov PK7, PK22, PKE, PK11 a CTZ Šípok	11 522 182
Nadpojenie vetvy od PKE ku K21 a K20	313 125
Odbočka z tepelných napájačov k okruhom kotolní PK16 a PK17	1 768 500
Rekonštrukcia rozvodov PK9 a PK24	171 563
Rekonštrukcie plynových kotolní PK24 a Veľké Bielice	51 450
Bytové stanice tepla (približne 1 710 ks pre objekty na sídlisku Šípok a Luhy ⁴⁹)	8 550 000
Spolu	47 188 383

⁴⁸ Kapitálové náklady boli vytvorené na základe voľne dostupných výpočtových vzorcov, cien zariadení iných projektov s inflačnou prirážkou alebo nezáväzných cenových ponúk od rôznych dodávateľov).

⁴⁹ BS pre objekty kotolní, ktoré neboli pripojené v rozvodnej sieti Luhy vo variante 1.

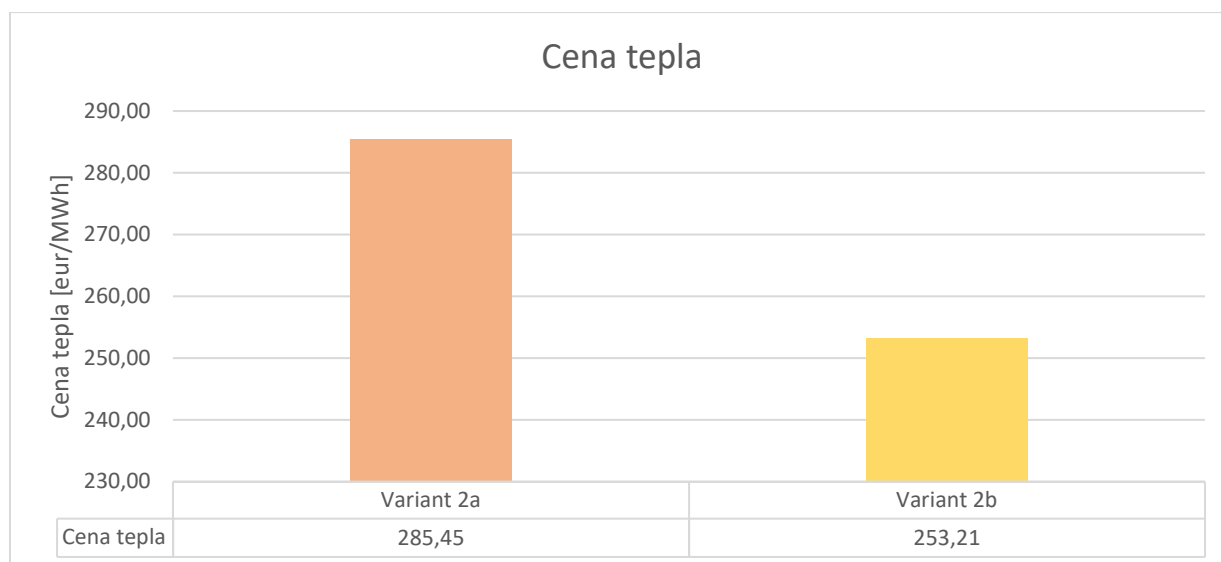
Tab. 17: Rozpočet – variant 2b (inštalácia KOST)

Kapitálové položky	Odhadované kapitálové náklady ⁵⁰ [eur]
Sezónny zásobník tepla – revitalizácia	2 358 000
Kotly na štiepku	8 307 000
Tepelný napájač od uzla pri geotermálnom vrte k CTZ Šípok	4 545 750
Tepelný napájač od CTZ Šípok k uzlu pri geotermálnom vrte	9 600 813
Rekonštrukcia rozvodov PK7, PK22, PKE, PK11 a CTZ Šípok	11 522 182
Nadpojenie vetvy od PKE ku K21 a K20	313 125
Odbočka z tepelných napájačov k okruhom kotolní PK16 a PK17	1 768 500
Rekonštrukcia rozvodov PK9 a PK24	171 563
Rekonštrukcie plynových kotolní PK24 a Veľké Bielice	51 450
Kompaktné odovzdávacie stanice na päte objektov (približne 24 ks pre objekty na sídlisku Luhy ⁵¹)	360 000
Spolu	38 998 383

Celkové ročné prevádzkové náklady variantu 2 predstavujú **2 439 227 eur**.

Cena tepla bola vypočítaná metódou LCH (kap. 3.3). Výsledné ceny tepla vo variante 2a a 2b ukazuje obr. 27.

Obr. 27: Cena tepla – variant 2



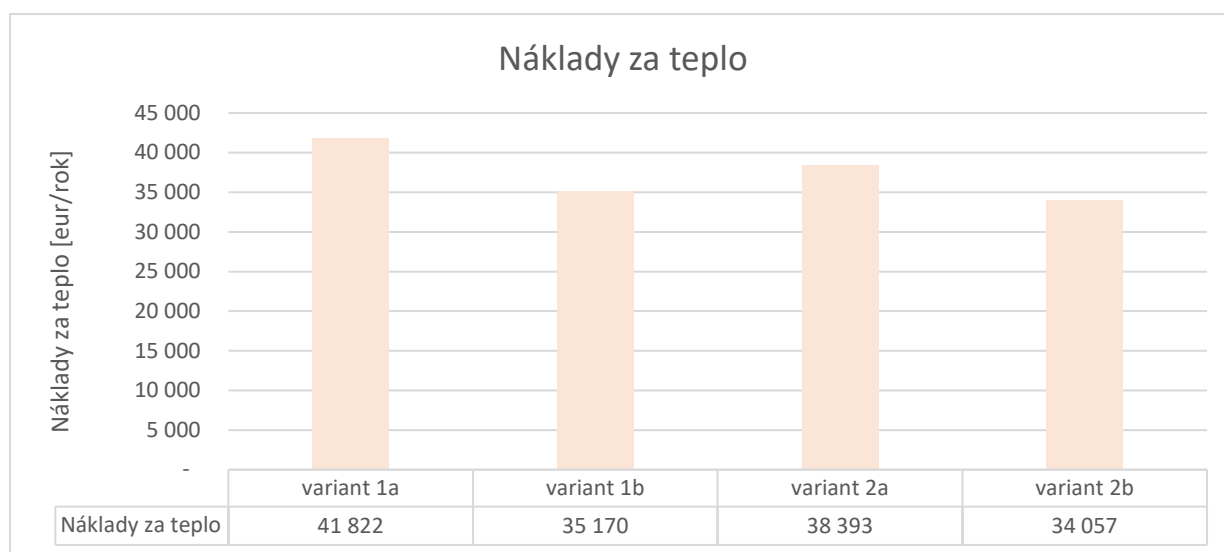
⁵⁰ Kapitálové náklady boli vytvorené na základe voľne dostupných výpočtových vzorcov, cien zariadení iných projektov s inflačnou prirážkou alebo nezáväzných cenových ponúk od rôznych dodávateľov).

⁵¹ Nezahŕňa KOST inštalované pre relevantné objekty na sídlisku Luhy vo variante 1b a objekty CTZ Šípok, ktoré už majú inštalované KOST v súčasnosti.

Jednotková cena tepla vo variante 2 výrazne vzrástla oproti variantu 1. Je to spôsobené hlavne zníženým odberom tepla vplyvom obnovy budov. V prípade zachovania súčasného technického riešenia založeného na spaľovaní zemného plynu a biomasy a vykonaní všetkých potrebných rekonštrukčných prác (viac kotlov a rozvodných úsekov bude treba revitalizovať) je však možné predpokladať, že po obnove budov by cena tepla takéhoto riešenia bola ešte vyššia než vo variante 2.

Obr. 28 znázorňuje porovnanie nákladov na teplo neobnoveného objektu s priemernou ročnou spotrebou tepla na vykurovanie a prípravu TV z variantu 1 (približne 200 MWh/rok⁵²) a obnoveného objektu s priemernou spotrebou z variantu 2 (približne 134,5 MWh/rok⁵³).

Obr. 28: Porovnanie nákladov za teplo priemerného objektu vo variante 1 a vo variante 2



V prípade získania NFP na podporu realizácie variantu 2 by výsledné ceny tepla boli ešte nižšie.

5.5.4 Redukcia emisií

Zníženie znečisťujúcich látok bolo vypočítané vynásobením redukcie spotreby paliva (energonosiča) a jednotkovým obsahom emisie podľa Tab. 18. Obsah ZL elektriny bol určený podľa energetického mixu výroby elektriny a podľa platných vyhlášok.⁵⁴ Obsahy ZL zemného plynu a biomasy boli stanovené na základe údajov z Monitorovacieho systému energetickej efektívnosti prevádzkovaného Slovenskou inovačnou a energetickou agentúrou (SIEA).

⁵² Priemerná hodnota spotreby tepla na vykurovanie a prípravu TV pripojeného objektu vo variante 1.

⁵³ Priemerná hodnota spotreby tepla na vykurovanie a prípravu TV pripojeného objektu vo variante 2.

⁵⁴ Jednotkové množstvá znečisťujúcich látok v 1 kWh el. energie boli prevzaté z rôznych legislatívnych a štatistických dokumentov. Emisie ekvivalentu CO₂ boli počítané podľa vyhlášky 364/2012 Z.z. Obsah PM₁₀ v TZL je počítaný podľa usmernenia od SIEA (Inštrukcie k prepočtu PM₁₀) a to podľa odporúčaných hodnôt z EMEP/EEA Air pollutant emission inventory guidebook. Obsah TZL a ich podmnožiny PM₁₀ pre elektrinu je prepočítaný pre slovenský energetický mix z dát z ročenky z roku 2019 (https://www.rocenka.sk/wp-content/uploads/2021/08/Energie-Europy_Energy-in-Europe-2020.pdf).

Tab. 18: Obsah emisií v 1 MWh

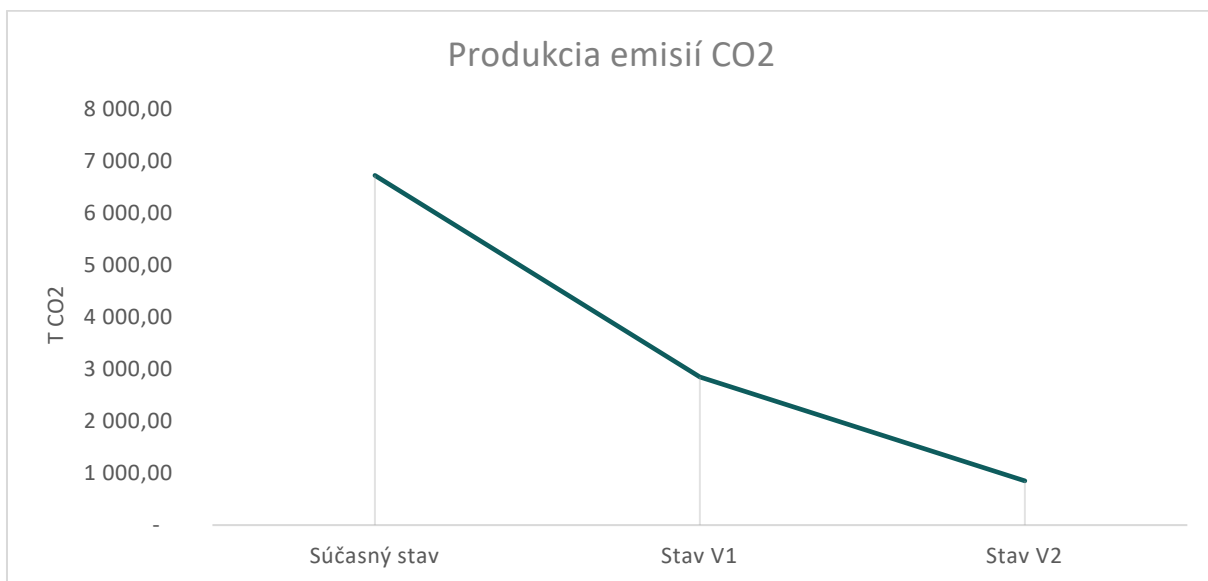
Množstvo znečisťujúcich látok a CO ₂ v 1 MWh	Zemný plyn	Elektrická energia	Biomasa
CO ₂ [t]	0,198	0,167	0,020
TZL [kg]	0,008	0,043	0,163
NO _x [kg]	0,177	0,131	0,382
SO ₂ [kg]	0,001	0,3865	0,000
CO [kg]	0,063	0,04	0,882

Tab. 19: Porovnanie úspor emisií v riešených variantoch

Celkové emisie znečisťujúcich látok a CO ₂	Súčasný stav	Variant 1	Variant 2	Úspora emisií
CO ₂ [t/rok]	6 734,37	2 849,70	852,02	5 882,35
TZL [t/rok]	2,57	2,48	2,31	0,26
NO _x [t/rok]	11,07	7,57	5,60	5,47
SO ₂ [t/rok]	0,44	1,10	1,03	-0,59
CO [t/rok]	14,32	13,06	11,98	2,34

Variant 2 predstavuje oproti súčasnému stavu úsporu **5 882,35 ton CO₂ ročne**, čo znamená ročnú **redukciu CO₂ o približne 87 %**.

Obr. 29: Redukcia emisií CO₂ realizáciou variantu 1 a 2



6 Záverečné zhodnotenie

Vo variante 1 sa solárne pole, jamový zásobník a geotermálny vrt uvažuje len pre rozvodnú sieť Luhy. Rozvodná sieť Šípok s biomasovou kotolňou ostáva v pôvodnom (súčasnom) stave. Kotly na zemný plyn v rozvodnej sieti Luhy a v samostatných okrskových a domových kotolniach tiež ostávajú zachované v súčasnom stave.

Vďaka prepojeniu kotolní A, B, C, D, K11 a E a používaním bezpalivových zdrojov (solárna energia a čiastočne aj geotermálne energia) je možné **znižiť spotrebu energie z palív o 32 % a znížiť spotrebu zemného plynu o 53 %** oproti súčasnému stavu. Realizáciou variantu 1 je možné dosiahnuť **redukciu ročných emisií CO₂ približne o 58 %**.

Cena tepla bez primeraného zisku a dotačnej podpory by sa pohybovala na úrovni **209 eur/MWh** pre variant 1a (s BS) a **176 eur/MWh** pre variant 1b (s KOST). Aby bolo riešenie variantu cenovo konkurencieschopné so súčasným technickým riešením⁵⁵ (cena tepla bez primeraného zisku – 162 eur/MWh), bolo by potrebné toto riešenie podporiť NFP vo výške približne 45 % investičných nákladov v prípade variantu 1a, resp. približne 20 % investičných nákladov v prípade variantu 1b.

Prepojenie sústav **vo variante 2** umožňuje využiť kombináciu solárneho poľa, jamového zásobníka, geotermálneho vrtu a biomasových kotlov **pre rozvodnú sieť Luhy a Šípok**. Vo variante 2 teplota prívodu v sústave vo vykurovacom období zníži na 70 °C, čo zvýši účinnosť solárnych kolektorov a zníži prevádzkové náklady tepelného čerpadla geotermálneho vrtu.

Zvýšením tepelnej ochrany budov, používaním bezpalivových zdrojov (solárna energia a čiastočne aj geotermálne energia) a miernym znížením teploty v sústave je možné **znižiť spotrebu energie z palív o 64 % a znížiť spotrebu zemného plynu o 98 %** oproti súčasnému stavu. Realizáciou variantu 2 by sa dosiahla ročná **redukcia emisií CO₂ približne o 87 %**.

Cena tepla bez primeraného zisku a dotačnej podpory pohybovala na úrovni **285 eur/MWh** pre variant 2a (s BS) a **253 eur/MWh** pre variant 2b (s KOST). Nárast jednotkovej ceny tepla je spôsobený hlavne zníženým odberom tepla vplyvom obnovy budov, ktorá je východiskovým predpokladom vo variante 2. Vyššia merná cena tepla neznamena vyššie náklady. Objekt s priemernou spotrebou tepla by v prípade variantu 2 ročne platil menej oproti variantu 1 (Obr. 28).

Vo variantoch 1 aj 2 **nedôjde k rastu spotreby biomasy oproti súčasnému stavu. Dôjde však k nárastu spotreby elektrickej energie** oproti súčasnému stavu, a to približne 3-násobne v prípade variantu 1 a približne 2-násobne v prípade variantu 2. **Zabezpečenie aspoň**

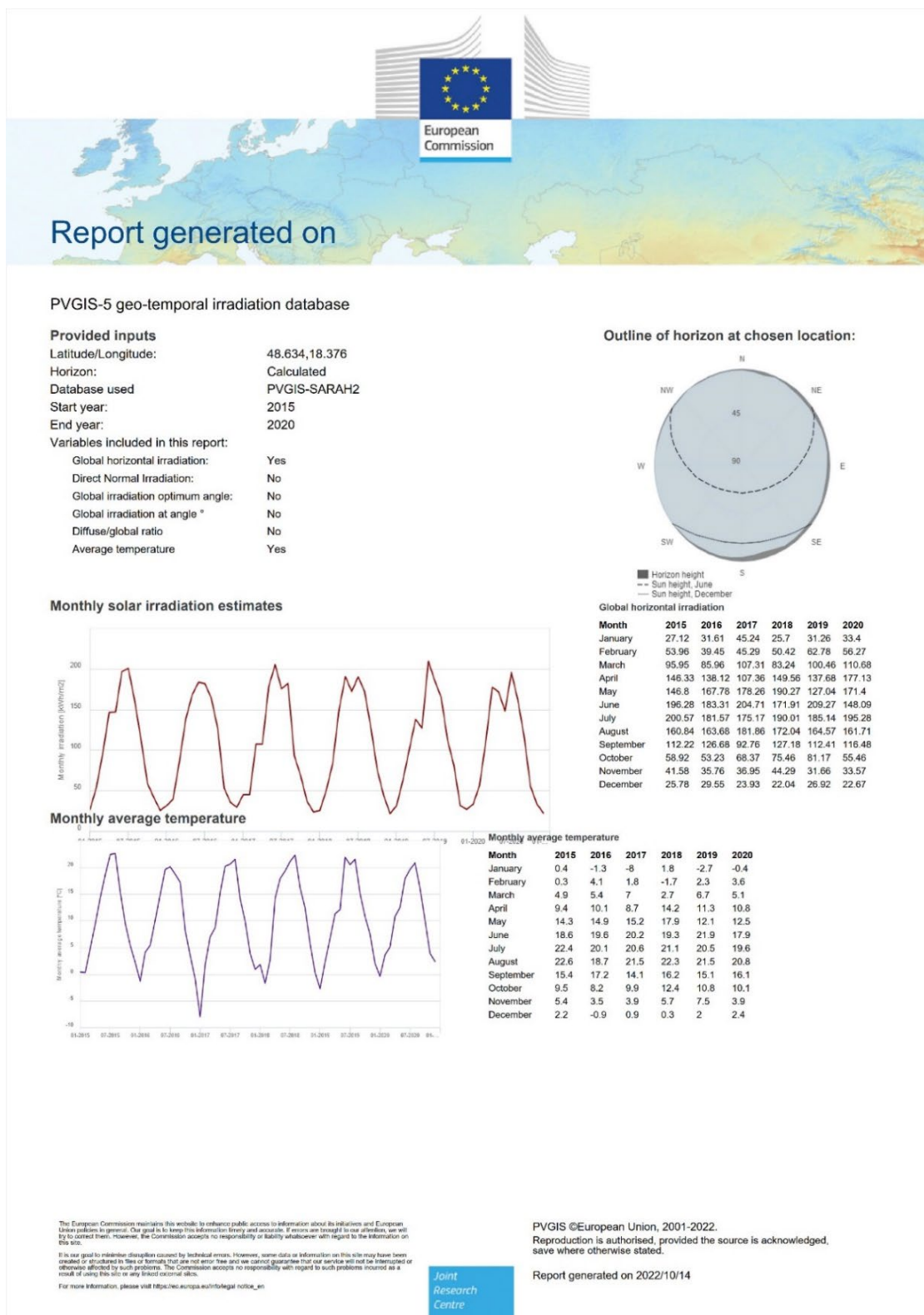
⁵⁵ Pod pojmom „súčasný technický riešenie“ je myslené riešenie využívajúce súčasnú palivovú základňu avšak s vyššími predikovanými cenami palív a elektriny a ktoré prešlo nevyhnutnými rekonštrukciami zariadení, ktoré už boli na hranici životnosti.

čiasť čiasťnej sebestačnosti dodávky elektrickej energie by ekonomickú bilanciu variantu 2 mohlo ešte výrazne zlepšiť.

Príspevky systému solárneho poľa so zásobníkom do tepelnej sústavy, ako aj zníženie teploty vody v sústave sú hlavnými činiteľmi zníženia spotreby palív. **Vo variante 1** zabezpečí systém solárneho poľa so zásobníkom **približne 25 %** a vo **variante 2 približne 38 % celkovej ročnej dodávky tepla**.

7 Prílohy

7.1 Dáta globálneho žiarenia a vonkajšej teploty v lokalite



7.2 Zoznam plynových kotlov

[illegible]

7.3 Metodika na kvantifikáciu potenciálu úspor tepla objektov pripojených na CZT

Potreba tepla na vykurovanie:

- 1) Pomocou poskytnutých hodnôt spotreby tepla na vykurovanie, celkovej podlahovej plochy a kategórie jednotlivých budov sa stanovila merná potreba tepla na vykurovanie [kWh/m²].
- 2) Na základe stanovených merných potrieb tepla na vykurovanie boli budovy zaradené do energetických tried pre miesto spotreby vykurovanie⁵⁶.
- 3) Za cieľový stav bola zvolená horná hranica energetickej triedy A pre miesto spotreby vykurovanie (pre bytové domy – majoritnú kategóriu pripojených objektov – to predstavovalo 27 kWh/m²).
- 4) Merná úspora tepla na vykurovanie je daná rozdielom súčasnej a cieľovej mernej potreby tepla na vykurovanie. Pre budovy, ktoré boli v súčasnom stave zaradené do energetickej triedy A alebo B pre miesto spotreby vykurovanie, nebolo uvažované s úsporou tepla na vykurovanie a súčasná merná potreba tepla na vykurovanie sa rovnala cieľovej mernej potrebe tepla na vykurovanie.
- 5) Celková potreba tepla na vykurovanie všetkých objektov pre návrhový variant 2 sa vypočítala ako súčet súčinov cieľových merných potrieb tepla na vykurovanie a celkovej podlahovej plochy jednotlivých objektov.

Potreba tepla na prípravu TV:

- 1) Pomocou poskytnutých hodnôt spotreby tepla na prípravu TV a celkovej podlahovej plochy a kategórie jednotlivých budov sa stanovila merná potreba tepla na prípravu TV [kWh/m²].
- 2) Na základe stanovených merných potrieb tepla na prípravu TV boli budovy zaradené do energetických tried pre miesto spotreby príprava TV⁵⁷.
- 3) Za cieľový stav bola zvolená horná hranica energetickej triedy A pre miesto spotreby príprava TV (pre bytové domy – majoritnú kategóriu pripojených objektov – to predstavovalo 26 kWh/m²).
- 4) Merná úspora tepla na prípravu TV je daná rozdielom súčasnej a cieľovej mernej potreby tepla na prípravu TV. Pre budovy, ktoré boli v súčasnom stave zaradené do energetickej triedy A alebo B pre miesto spotreby príprava TV, nebolo uvažované s úsporou tepla na prípravu TV a súčasná merná potreba tepla na prípravu TV sa rovnala cieľovej mernej potrebe tepla na prípravu TV.

⁵⁶ Na základe Prílohy č. 3 vyhlášky 364/2012 Z. z.

⁵⁷ Na základe Prílohy č. 3 vyhlášky 364/2012 Z. z.

- 5) Celková potreba tepla na prípravu TV vo všetkých objektoch pre návrhový variant 2 sa vypočítala ako súčet súčinov cieľových merných potrieb tepla na prípravu TV a celkovej podlahovej plochy jednotlivých objektov.