

Posouzení / energetická koncepce přestavby sportovní haly Chrudim (etapa 1, 2, 3)



Zadavatel studie:

Město Chrudim
Resselovo náměstí 77
537 16 Chrudim
IČ: 00270211

Zpracovatel studie:

Amper Savings, a.s. (AS)
Vídeňská 102
619 00 Brno
IČ: 01428357

Zprávu vypracovali:

Ing. Pavel Řehák, technik – specialista
rehak@ampersavings.cz, 607 187 785

Ing. Martin Kudera, projektový manager
kudera@ampersavings.cz, 730 187 939

Brno

18.03.2021

Obsah

1. Úvod	3
2. Vstupní podklady obdržené od zadavatele pro zpracování předmětu zprávy	4
3. Základní popis stávajícího stavu energetického hospodářství sportovní haly	5
3.1. Sportovní hala Chrudim	5
3.2. Základní údaje o vstupech energií a vody	5
3.2.1 Elektrická energie	6
3.2.2 Zemní plyn	8
3.2.3 Voda	9
3.3 Základní údaje o energetických systémech	9
3.3.1 Vytápění a ohřev teplé vody	9
3.3.2 Chlazení	9
3.3.3 Systém měření a regulace	9
4 Posouzení stávajícího stavu na sportovní haly Chrudim	10
4.1 Posouzení stávajícího stavu – zdroje tepla	10
4.2 Posouzení stávajícího stavu – systém měření a regulace	10
5 Koncepce technického řešení energetického hospodářství sportovní haly Chrudim	11
5.1 Technický návrh opatření – tepelné hospodářství	13
5.2 Technický návrh opatření – posouzení zdroje tepla	15
5.3 Technický návrh opatření – kogenerační jednotka	17
5.4 Technický návrh opatření – Fototermické solární panely	21
5.5 Technický návrh opatření – fotovoltaická elektrárna	22
5.6 Technický návrh opatření – osvětlení a osvětlení sportovní haly	27
5.7 Technický návrh opatření – VZT jednotky pro sportovní halu a víceúčelový sál	28
5.8 Technický návrh opatření – využití srážkové vody	29
5.9 Technický návrh opatření – úsporné prvky na výtokových armaturách	32
5.10 Technický návrh opatření – využití odpadního tepla z šedých vod	33
5.11 Technický návrh opatření – systém měření a regulace	34
5.12 Technický návrh opatření – další možná opatření	35
5.13 Posouzení tepelně-technických vlastností nově navržených a upravovaných konstrukcí	35
6 Doporučení	36
7 Závěr	39

1. Úvod

Předmětem zprávy je posouzení energetického hospodářství Sportovní haly v městě Chrudim a návrh vhodného řešení jednotlivých technologických celků.

Posouzení vychází z aktuálního stavu energetického hospodářství a využívá všech dostupných podkladů v době zpracování, pro posouzení možností optimálního nastavení a řešení energetického hospodářství.

Mezi základní úkoly zpracovatele patřilo doporučení v oblasti zdroje vytápění při plánované rekonstrukci sportovní haly po na sebe navazujících etapách, větrání sportovní haly a nového víceúčelového sálu, posouzení obnovitelných zdrojů tepla a elektrické energie, využití dešťové vody, využití odpadního tepla z odpadních vod, koncepce měření a regulace a zhodnocení tepelně technických vlastností konstrukcí (průkaz energetické náročnosti budovy).

Nedílnou součástí posouzení je řešení centrálního dohledového systému měření a regulace (MaR), jehož cílem je umožnění místního i vzdáleného ovládání a monitoringu celého energetického hospodářství, jakožto důležitého nástroje pro vykonávání energetického managementu.

Řádná energetická úvaha nad řešením úsporných opatření následně vede k pevným základům pro vytvoření optimální koncepce řešení modernizace a dosahování úspor, resp. hospodárného nakládání s energiemi a vodou v oblasti energetického hospodářství. Celková vazba jednotlivých bodů od koncepce energetiky, přes projekci, realizaci až po reálný udržitelný a optimalizovaný provoz, je podstatná pro potvrzení vhodně vynaložených investičních a provozních prostředků.

2. Vstupní podklady obdržené od zadavatele pro zpracování předmětu zprávy

Ke zpracování posouzení byly použity následující podklady:

- Faktury za zemní plyn za roky 2018,2019
- Faktury za elektrickou energii za roky 2018,2019,2020
- Faktury za vodu za roky 2018,2019
- Odečty podružných měřidel za rok 2018
- Pasport – půdorysy a jiné výkresy sportovní haly – stávající i nový stav etapy I.
- Smlouvy o připojení a distribuci zemního plynu a elektrické energie
- Prohlídka areálu Sportovní haly Chrudim

3. Základní popis stávajícího stavu energetického hospodářství sportovní haly

3.1. Sportovní hala Chrudim

Objekt se skládá z hlavní sportovní haly, užívané primárně za účelem tréninků a zápasů sportovních týmů. V přilehlé budově se nachází šatny, sprchy a zázemí pro personál. Dále se zde nachází Sokolovna a Tyršův dům, který slouží jako ubytovna, byt a zázemí pro tréninky stolního tenisu a vestibul s bufetem, který spojuje dané objekty.



Obrázek 1: Sportovní hala Chrudim

Legenda:

1. Sportovní hala – hlavní
2. Víceúčelová hala, zrcadlový sál, sociální zázemí (stav po rekonstrukci etapy I)
3. Tyršův dům – centrální zdroj tepla (stav po rekonstrukci etapy I)
4. Sokolovna – tělocvična
5. Vestibul a bufet

3.2. Základní údaje o vstupech energií a vody

Sportovní hala Chrudim je zásobován těmito energiemi a médii:

- Elektrická energie
- Zemní plyn
- Voda

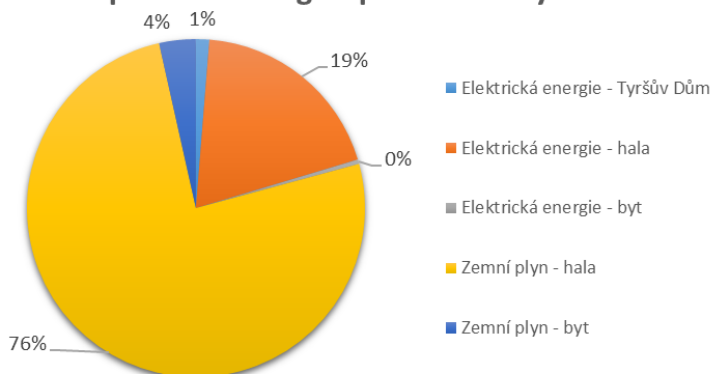
Níže jsou uvedeny základní spotřeby a náklady za energie a vodu a vyrobené množství elektrické energie za nejbližší ucelený rok, tedy rok 2019.

Tabulka 1: Spotřeby a náklady za energie – rok 2019

Měsíc	Vodné/stočné		Zemní plyn		Elektrická energie - hala		Elektrická energie – Tyršův dům	
	m3	Kč bez DPH	MWh	Kč bez DPH	MWh	Kč bez DPH	MWh	Kč bez DPH
leden	312	27 177	74,76	63 883	13,638	43 887	1,207	4 583
únor			30,42		11,487		1,080	
březen			63,99		11,536		1,121	
duben	321	28 074	47,92	31 953	9,253	32 861	0,607	2 369
květen			50,27		8,253		0,254	
červen	276	24 601	3,59	114 596	3,408	18 164	0,469	1 859
červenec			0,85		3,505		0,000	
srpen			2,66		5,708		0,203	
září			0,37		7,986		0,008	
říjen			22,96		9,884		0,38	
listopad	185	16 541	53,71	114 596	12,652	41 408	0,882	3 383
prosinec			77,98		10,984		1,003	
Celkem	1 094	96 393	429,47	392 985	108,294	387 444	7,214	28 167

Do spotřeb a energetické bilance dále vstupuje fakturační měření bytu – zemní plyn 19,9 MWh/rok při ceně 19 876 Kč bez DPH/rok a el. energie 2,374 MWh/rok při ceně 10 652 Kč bez DPH/rok.

Spotřeba energie sportovní haly



Graf 1: Poměrové rozdělení spotřeby zemního plynu a elektrické energie z celkové spotřebované energie

Je vidět, že potřeba na vytápění a přípravu TUV v technických jednotkách zaujme $\frac{3}{4}$ z celkových spotřeb. Ve finančním vyjádření je poměr mezi elektrickou energií a spotřebou zemního plynu velmi podobný.

3.2.1 Elektrická energie

Sportovní hala je napojena na regionální distribuční síť ČEZ Distribuce, a.s. na hladině nízkého napětí.

EAN 859182400700128290

HI. jističe: 3x200 A

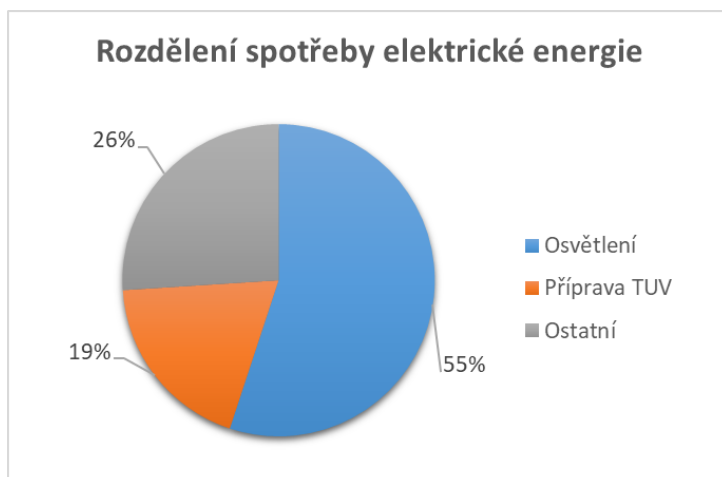
Hlavní elektrické spotřebiče ovlivňující spotřebu elektrické energie sportovní haly:

Tabulka 2: Základní elektrické spotřebiče

Typ	Příkon
-	kW
Osvětlení – sportovní hala	73,7
VZT – sportovní hala	5
Boiler – sportovní hala	3
Jiné – sportovní hala	20
Suma	101,7

Typ	Příkon
-	kW
Osvětlení – Ubytovna	5,8
Ohřivače – Ubytovna	23
Jiné – Ubytovna	10,75
Suma	39,5

Typ	Příkon
-	kW
Osvětlení – Tyršův dům	7,7
Ohřivače – Tyršův dům	4
Jiné – Tyršův dům	5,5
Suma	39,5



Graf 2: Odhad základního rozdělení spotřeby elektrické energie

Spotřeba el. energie je primárně spotřebována provozem osvětlení a dalších zařízení v době utkání a jiných akcí, při kterých jsou využívány zařízení jako je hudební aparatura či zařízení pro televizní přenos. Potenciál úspor je v rekonstrukci osvětlení do LED svítidel a v přechodu aktuálně připravované TUV v el. boilerech na přípravu TUV pomocí CZT.

3.2.2 Zemní plyn

Sportovní hala Chrudim je napojena na regionální distribuční síť Pražské plynárenské. K jednotlivým spotřebičům plynu je zemní plyn přiveden areálovým rozvodem, který má fakturační měření v přízemí Tyršova domu.

Velikostí odběru na úrovni 429,5 MWh/rok se řadí do odběrného místa kategorie malého odběru s měřením typu C.

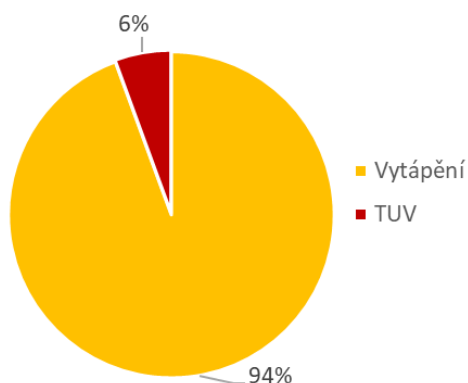
EIC kód OM: 27ZG500Z0065708H

Hlavními plynovými zdroji v objektech sportovní haly Chrudim jsou horkovzdušné jednotky pro vytápění sportovní haly a zázemí.

Tabulka 3: Instalované plynové spotřebiče

Instalované plynové zdroje tepla		Příkon v palivu [kW]
Tyršův dům	THERM 45 KD 200/11/11	45
byt	DAKON unical DUA	30
tělocvična	2x SAHARA TAG - a 16 kW	32
Bufet - 1.patro	2x Viadrus 1.3V - a 4kW	8
Hala 1	Viadrus 1.3V - 4kW	4
Hala 2	Viadrus 1.3V - 4kW	4
Hotel přízemí	DAKON 30 Turbo - 30,2 kW	30,2
Hotel přízemí	DAKON DUA 24 Turbo - 24kW	24
šatna	2x THERM DUO 50 - a 48 kW	96
Zázemí haly	Ohřívač vody QVANTUM Q7 - 100-260 - 380l; 97 kW	97
Vytápění haly	2x - tepl. Vzd. - WSP 100 C 12 - 97 kW	194
Celkem		758,2

Rozdělení spotřeby zemního plynu



Graf 3: Odhad základního rozdělení spotřeby zemního plynu

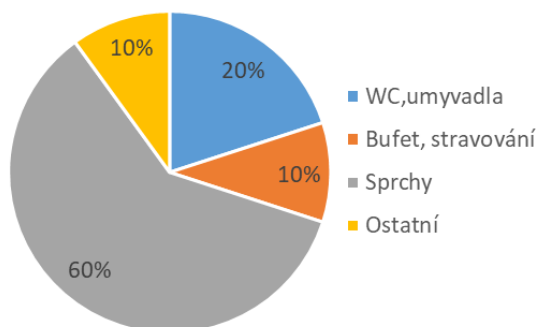
3.2.3 Voda

Areál Sportovní haly je napojen na vodovodní a kanalizační řád provozován Vodárenskou společností Chrudim, a.s.

Sportovní hala platí za vodné a stočné dle vodoměru.

Hlavní spotřeba vody v areálu je předpokládána na sociální zázemí a přípravu TUV. Dále je to spotřeba bufetu/restaurace.

Rozdělení spotřeby vody



Graf 4: Odhad základního rozdělení spotřeby vody

Velká část spotřeby vody je právě na sprchy, které zahrnují i přípravu TUV.

Předpokládaná bilance spotřeb energií a vody bude upřesněna na základě detailu navržených zařízení a řešení stavby a na základě zpracování průkazu energetické náročnosti budov (PENB).

3.3 Základní údaje o energetických systémech

3.3.1 Vytápění a ohřev teplé vody

Vytápění sportovní haly je zajištěno decentrálními jednotkami umístěnými v daných prostorech potřeby tepla. Jedná se zejména o teplovzdušné plynové VZT jednotky sloužící pro větrání a ohřev vzduchu ve velké sportovní hale, plynové sahy a wav jednotky pro vytápění sokolovny, malého gymnastického sálu, malého zrcadlového sálu a bufetu. V Tyršově domě, v ubytovně, v pronajímaném bytě a sociálním zázemí sportovní haly se nachází samostatné konvenční teplovodní soustavy pro vytápění připojené k teplovodním kotlům o výkonu do 50 kW.

Ohřev teplé vody je také řešen decentrálně dle místa spotřeby, a to plynovým ohřevem vody pro sociální zázemí sportovní haly a dalšími el. boilerly.

3.3.2 Chlazení

Ve stávajícím stavu není instalována žádná jednotka chlazení pro úpravu vnitřních podmínek tělocvičen.

3.3.3 Systém měření a regulace

Centrální systém MaR není ve stávajícím stavu instalován. Příprava TUV je ovládána na základě termostatu, VZT jednotky pro velkou halu mají vlastní regulaci, kde je možné nastavit čas zátopy. Malé plynové kotle jsou řízeny a ručně nastavovány dle požadavku vytápění/pouze TUV.

4 Posouzení stávajícího stavu na sportovní haly Chrudim

4.1 Posouzení stávajícího stavu – zdroje tepla

Po celém objektu je rozmístěno více zdrojů tepla. Všechny jsou využívány dle potřeby a ručního nastavení samotné jednotky/ kotle. Jedná se o zdroje tepla starší 20-ti let. Stáří jednotek způsobuje zhoršenou účinnost a významné tepelné ztráty odkouřením. Kromě zhoršené účinnosti zdrojů tepla je nutné ve stávajícím stavu uvažovat vyšší provozní náklady na údržbu a revize těchto zařízení.

4.2 Posouzení stávajícího stavu – systém měření a regulace

Tepelné hospodářství nedisponuje centrálním systémem měření a regulace.

Do kategorie opatření na zlepšení kvality vnitřního prostředí patří systém měření a regulace. Centrální dispečerský systém měření a regulace je základní nástroj pro hospodárné nakládání s energiemi umožňující dohled a optimalizaci provozu energetického hospodářství jako celku.

5 Koncepce technického řešení energetického hospodářství sportovní haly Chrudim

Mezi posuzované oblasti této energetické koncepce spadají opatření

Posouzení zdroje tepla

Cílem posouzení zdroje tepla je přechod z plynových zdrojů tepla umístěných v objektech na centrální zdroj tepla. Úkolem je ekonomické posouzení pořizovacích a provozních nákladů u varianty plynové kotelny a varianty výměňkové stanice s nákupem tepla na primáru z tepláren Opatovice.

Návrh rozdělovačů a sběračů topné vody a navazující otopná soustava

V rámci návrhu a posouzení zdroje tepla je doplněno zařízení podružných rozdělovačů a sběračů pro regulaci jednotlivých větví, díky kterým bude možné regulovat jednotlivé sekce objektů. Větve jednotlivých R/S budou osazeny čerpadly a směšovacími ventily, které budou sloužit k dílčí regulaci objektů. Veškeré R/S budou řízeny novým systémem MaR. Pro dosažení efektivity řízení mohou být dále doplněna prostorová teplotní čidla.

Systém měření a regulace, dispečink

Ústřední částí celé infrastruktury hospodaření s energiemi je centrální systém měření a regulace – nástroj pro komplexní dohled nad všemi provozovanými technologiemi a spotřebami energií a vody. Tento prostředek zajišťuje jednotné, centralizované zpracování dat a jejich snadnou dostupnost jak pro lokální obsluhu či centrální dohled tak případně vzdálený manažerský přístup. Díky systému měření a regulace (MaR) je možné sledovat, hlídat, nastavit a ovládat jednotlivé technologie, které spolu synergicky pracují.

Nucené větrání a chlazení

V rámci zařízení pro větrání a chlazení objektu zpracovatel navrhuje, které prostory je vhodné chladit, a u kterých instalovat nucené větrání. U chladících systémů je navržena skladba zdrojů (centrální/decentrální) a provedení (přímé chlazení, zdroje chladící vody). U VZT zařízení je uveden předpoklad potřebných úprav vzduchu daných prostor.

Kogenerační jednotka

Součástí energetického hospodářství je možné decentrálně vyrábět elektrickou a tepelnou energii s využitím kogenerační jednotky. Jedná se o podporovaný zdroj uvedeném energetickým regulačním úřadem. V rámci návrhu je posouzeno ekonomicko-technické řešení a vhodnost instalace jednotky.

Solární fototermitické panely

Za účelem výroby vlastního tepla na částečné pokrytí vlastní spotřeby teplé užitkové vody, a to převážně v letním období je posouzena instalace solárních fototermitických panelů. Zároveň se jedná o alternativu fotovoltaických panelů sloužících pro ohřev TUV.

Tepelná čerpadla

Variantou pro vytápění je i tepelné čerpadlo, které vyrobí více tepelné energie, než je spotřebováno elektrické energie na pohon samotného kompresoru tepelného čerpadla, zejména díky schopnosti využít teplotního potenciálu okolního prostředí.

Fotovoltaická elektrárna

Vlastní výrobu elektrické energie lze také docílit instalací fotovoltaické elektrárny a snížit tak množství nakupované elektrické energie z distribuční sítě. Vyrobena elektrická energie lze využít za účelem napájení elektrických spotřebičů, a nebo výroby tepelné energie.

Využití úsporných světelných zdrojů

Ve vybraných prostorách bude provedena výměna svítidel nebo zdrojů svítidel za nové s úspornými světelnými zdroji, případně náhrada zdroje za úspornější (zejména v etapě č.I). Prioritně budou nahrazována svítidla s nízkou účinností a vyšším stupněm využití – prostory sportovní haly, aby dosažená úspora elektrické energie byla co nejvyšší.

Úsporná opatření na vodě

Další důležitou komoditou s potenciálem úspor je voda. Součástí návrhu opatření je proto regulace teploty teplé užitkové vody a jejich časové řízení cirkulace a akumulace.

Návrhem sběru dešťové vody a její využití na splachování toalet je ověřen potenciál úspory spotřeby studené vody z vodovodního řádu.

Součástí posouzení úsporných opatření je instalace úsporných prvků, které umožní snížení odběru na straně spotřeby. Tím jsou myšleny běžně užívané prvky jako perlátory, dvoustupňové splachování či další úsporné prvky na konečných místech spotřeby.

Využití tepla z odpadních vod

Jednou z dalších možností, jak snížit potřebu teplé užitkové vody je instalace technologie pro využití tepla z odpadních vod na předehřev studené vody. Jedná se o opatření, které úzce souvisí se spotřebou vody na sprchování.

5.1 Technický návrh opatření – tepelné hospodářství

Centrální zdroj tepla bude sloužit pro celý souhrn budov (Sportovní hala, víceúčelová hala se sociální zázemím, vestibul a bufet, Sokolovna a Tyršův dům). I přes etapizaci projektu je nutné zdroj tepla navrhovat na celý souhrn budov a po jednotlivých etapách postupně dopojit dané budovy. V první etapě se jedná o sportovní halu a objektu s víceúčelovým sálem a sociálním zázemím.

V etapě č.I je zahrnuto:

- Vybudování nového zdroje tepla
- Vybudování hlavního rozdělovače a sběrače v prostoru zdroje tepla
- Vybudování podružného rozdělovače a sběrače s přípravou TUV pro prostory Sportovní hala, víceúčelový sál se sociálním zázemím
- Dopojení Sportovní haly a víceúčelového sálu se sociálním zázemím k novému centrálnímu zdroji tepla

V etapě č.II, a III bude zahrnuto:

- Vybudování podružného rozdělovače a sběrače s přípravou TUV pro Tyršův dům a samostatný byt
- Dopojení Tyršova domu k novému centrálnímu zdroji tepla
- Vybudování podružného rozdělovače a sběrače s přípravou TUV pro Sokolovnu, bufet a vestibul
- Dopojení Sokolovny, bufetu a vestibulu k novému centrálnímu zdroji tepla

Z hlediska distribuce tepla bude využito radiátorů a ohřevu vzduchu VZT jednotkami v prostorách sportovní haly a teplovodními sálavými panely v kombinaci s ohřevem vzduchu VZT jednotkami ve víceúčelové hale. Ostatní prostory (sociální zázemí) bude vybaveno podlahovým vytápěním.

Podružný rozdělovač sběrač pro sportovní a víceúčelovou halu (etapa č.I) bude členěn na větve:

- TUV
- Podlahové vytápění – zázemí
- UT radiátory – zázemí (se směřováním)
- VZT 1 – hala
- VZT 2 – víceúčelová hala
- UT radiátory hala (se směřováním)
- UT radiátory víceúčelová hala (se směřováním)

Členění je důležité z hlediska rozdílných požadavků na teplotní spád a časové vytížení daných prostor. Větev TUV a decentrální příprava TUV je navržena z hlediska možného vypínání přípravy TUV v nočních útlumech, kdy jiné prostory (např. Tyršův dům) bude nutné ohřívat a cirkulovat celý den i noc.

V další etapě (č.II a č.III) by měla být myšlenka rozdělení topné vody po větvích zachována a podružný rozdělovač a sběrač pro Sokolovnu, bufet a vestibul by měl být rozdělen na větve:

- UT radiátory Sokolovna (se směřováním)
- VZT Sokolovna (bude-li instalována VZT)
- UT vestibul (se směřováním)
- UT bufet (se směřováním)
- TUV

Pro Tyršův dům není navržen podružný rozdělovač a sběrač a bude využit pro vytápění hlavní R/S umístěny v kotelně (součástí etapy č.I). Tento R/S bude osazen větvemi:

- Větev pro budovy etapy č.I (hala a víceúčelová hala)
- Příprava pro budovu Sokolovna, vestibul a bufet
- Příprava pro UT Tyršův dům Jih (nebo Západ, dle možností rekonstrukce otopné soustavy)
- Příprava pro UT Tyršův dům Sever (nebo Východ, dle možností rekonstrukce otopné soustavy)
- Příprava pro TUV Tyršův dům

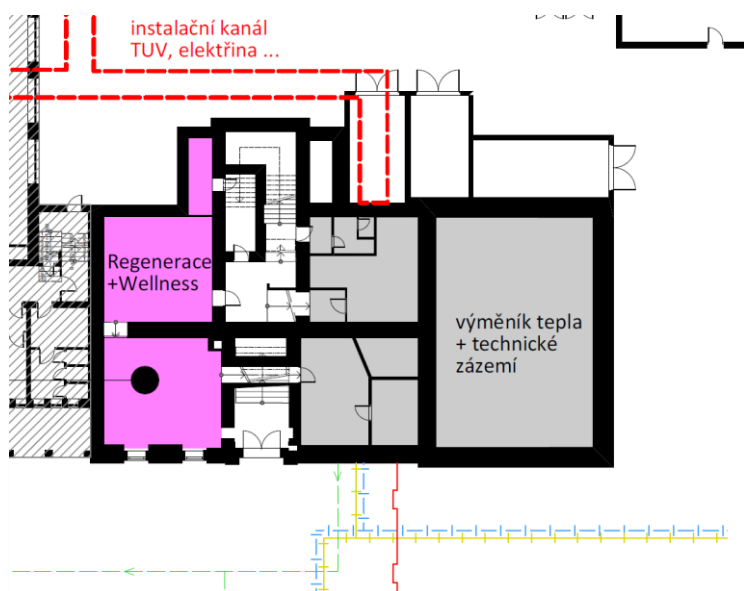
Tímto způsobem bude dosaženo optimálního hospodaření s tepelnou energií a bude možné vždy regulovat samostatné prostory dle aktuálních provozních podmínek.

5.2 Technický návrh opatření – posouzení zdroje tepla

Z hlediska koncepce centralizace zdroje tepla a vybudování nových teplovodních rozvodů a teplovodní soustavy se nabízí využití stávající plynové přípojky a vybudování plynové kotelny v zázemí Tyršova domu nebo využít připravenou přípojku CZT a vybudovat výměňkovou stanici s využitím tepla z místní teplárny Opatovice a to ve stejném prostoru, jako by byla navržena kotelna.

Přízemí Tyršova domu již dříve bylo využíváno jako kotelna se spalováním uhlí. V těchto prostorech je přípojka zemního plynu a je zde přivedena až na hranici objektu i přípojka k CZT.

Objekt dle stávajícího PENB a instalovaných spotřebičů má tepelnou ztrátu cca 500 kW a potřebu na přípravu TUV cca 50 kW. Vezmeme – li v potaz rekonstrukci sportovní haly (zateplení obálky budov a střechy) a výstavbu nového sociálního zázemí s víceúčelovou halou na místo stávající budovy přístupné z ulice Opletalovi lze předpokládat jako dostačující výkon výměňkové stanice či teplovodní kotelny o výkonu 400 kW (upřesněno dle finálního návrhu dílčích profesí PD) pro ÚT + 100 kW pro TV.



Obrázek 2: Prostory pro umístění VS či kotelny

Obrázek: Umístění výměňkové stanice v 1 PP Tyršova domu a předpokládané vyvedení tepelného výkonu do ostatních objektů. Přívod zemního plynu i CZT do vedlejší místnosti z Tyršova náměstí (ulice).

A) Technicko – ekonomické posouzení kotelny

Tabulka 4: Posouzení nového zdroje tepla - kotelna

Nový zdroj tepla		
Kotelna o výkonu 2x250 kW		
Množství spotřebovaného plynu	1 603	GJ/rok
Účinnost zdroje tepla	0,95	-
Množství vyrobeného tepla	1 524	GJ/rok
Náklad na provoz kotelny	30,5	tis. Kč vez DPH/rok
Cena jednotková	254	Kč bez DPH/GJ
Cena jednotková vč. provozních nákladů	273,2	Kč bez DPH/GJ
Náklad na vytápění za rok	438 129	Kč bez DPH
Požizovací investiční náklady	2 300	tis. Kč bez DPH

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že pořizovací náklady do instalace kotelny se pohybuje okolo 2,3 mil. Kč bez DPH při ceně za ZP 273,2 Kč bez DPH/GJ (v ceně rozpočítán náklad na provoz kotelny – revize, prohlídka, TNS, komín, servis kotlů, čištění, seřízení, opravy kotlů, kalibrace detektorů atp.). Do kalkulace není zohledněna častější kontrola zdroje tepla a vytváření deníku správcem objektu.

Cena zemního plynu byla stanovena dle faktur z r. 2019

B) Technicko – ekonomické posouzení výměňkové stanice

Tabulka 5: Posouzení nového zdroje tepla – výměňková stanice

Nový zdroj tepla		
Výměňková stanice 400 + 100 kW		
Množství nakoupeného tepla	1 524	GJ/rok
Účinnost zdroje tepla	1,00	-
Množství vyrobeného tepla	1 524	GJ/rok
Náklad na provoz VS	5	tis. Kč vez DPH/rok
Cena jednotková	338	Kč bez DPH/GJ
Cena jednotková vč. provozních nákladů	341,35	Kč bez DPH/GJ
Náklad na vytápění vč. provozních nákladů	520 063	Kč bez DPH
Pořizovací investiční náklady	990	tis. Kč bez DPH

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že pořizovací náklady do instalace VS se pohybují okolo 1 mil. Kč bez DPH, tedy ca. poloviční ve srovnání s instalací vlastní kotelny při ceně za teplo 341,3 Kč bez DPH/GJ (v ceně rozpočítán náklad na provoz VS – revize, prohlídka atp.).

Cena tepla byla stanovena dle aktuálního ceníku Tepláren Opatovice následně:

Cena dle „Primár – výstup z primáru“

Cena za odebrané množství: 204,3 Kč/GJ

Cena za sjednaný výkon: 84,919 Kč/kW/měsíc * 200 kW (sjednaný výkon)

tj. $204,3 * 1\,523 + 84,919 * 200 = 515\,063$ Kč bez DPH/rok, tedy 338 Kč/GJ ($515\,063 / 1\,524$)

Tabulka 6: Posouzení nového zdroje tepla – srovnání kotelny a výměňkové stanice

Srovnání navržených variant		
Kotelna o výkonu 2x250 kW a VS 400 + 100 kW		
Pořizovací cena kotelna	2 300	tis. Kč bez DPH/rok
Pořizovací cena VS	990	tis. Kč bez DPH/rok
Rozdíl v pořizovací ceně	1 310	tis. Kč bez DPH/rok
Cena za zemní plyn kotelna	438 129	Kč bez DPH/rok
Cena za teplo VS	520 063	Kč bez DPH/rok
Úspora na palivu v případě instalaci kotelny	81 934	Kč bez DPH/rok
Návratnost kotelny oproti VS za	15,99	let

Je tedy zřejmé, že při dvojnásobné pořizovací ceně za kotelnu a úsporou cca 82 tis. Kč/rok při využití plynové kotelny se pohybuje rentabilita až na hranici 10-let. V případě kotelny je potřeba počítat s častějšími zásahy servisní firmy a provozovatele objektu.

U výměňkové stanice je nutné počítat s velmi dobře odladěním řízením aktuálního výkonu pro dosažení co nejnižší ceny za tepelnou energii. Stávajících 200 kW je navrženo jako naprosto dostačující pro etapu č.I a v následném období (po realizaci etapy č.II a č.III) bude nutné velmi dobře nastavit vytápění jednotlivých objektů tak, aby jejich soudobost potřeby tepla byla co nejnižší.

Za těchto předpokladů navrhujeme instalaci výměňkové stanice, která vyžaduje důkladnější nastavení v systému měření a regulace (MaR) a naopak nevyžaduje takovou fyzickou údržbu jako to vyžaduje kotelná.

Instalovaný výkon výměňkové stanice a související výkonová kapacita, která tvoří značnou část ceny tepla úzce souvisí s návrhem VZT jednotek pro haly, u kterých bude jejich výkon upřesněn po dohodě se zástupci města Chrudim z telekonference ze dne 1.3.2021 projektanty. Po sdělení výkonových parametrů bude instalovaný výkon verifikován.

5.3 Technická návrh opatření – kogenerační jednotka

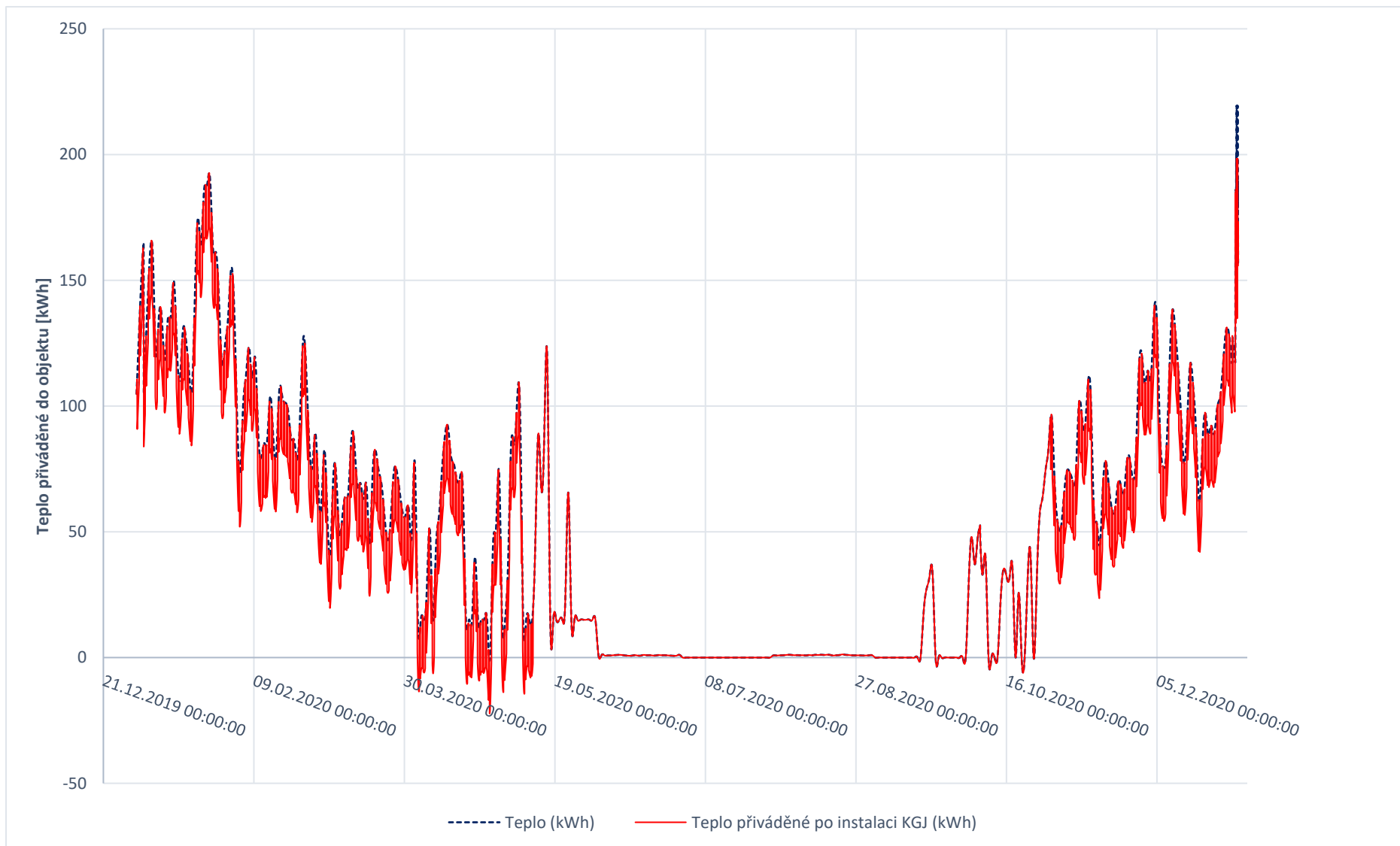
V rámci posouzení zdroje tepla byla posouzena instalace kogenerační jednotky (KGJ), jež by umožnila výrobu tepelné a elektrické energie přímo v rámci objektu. Standardní KGJ vychází z konceptu spalovacího motoru přizpůsobeného ke spalování zemního plynu, který je připojen na generátor. Generátor poté vyrábí elektrickou energii. Principiálně je tedy tento proces shodný s elektrárenským, avšak s rozdílem ve využití odpadního tepla, které se u KGJ využívá k vytápění objektu. Mikrokogenerační jednotky nízkých výkonů, tak lze využít i u menších objektů a vyznačují se vysokou účinností přeměny primární energie. Jejich využití má tedy pozitivní dopad, jak na spotřebu paliva, tak co se týče dopadů na životní prostředí.

Po důkladné analýze odběrového diagramu elektrické energie byla v rámci konkrétního návrhu KGJ pro Sportovní halu v Chrudimi navržena jednotka s jmenovitým výkonem 8,5 kWe a 21 kWt. V rámci jejího provozu bylo uvažováno s harmonogramem využití haly samotné, tj. cca od 6 do 21 hodin ve všední dny přes topnou sezónu. V tomto režimu by byla teoreticky jednotka v provozu 3000 hodin ročně. Souhrnné údaje a technicko-ekonomické zhodnocení jejího provozu jsou uvedené v následující tabulce:

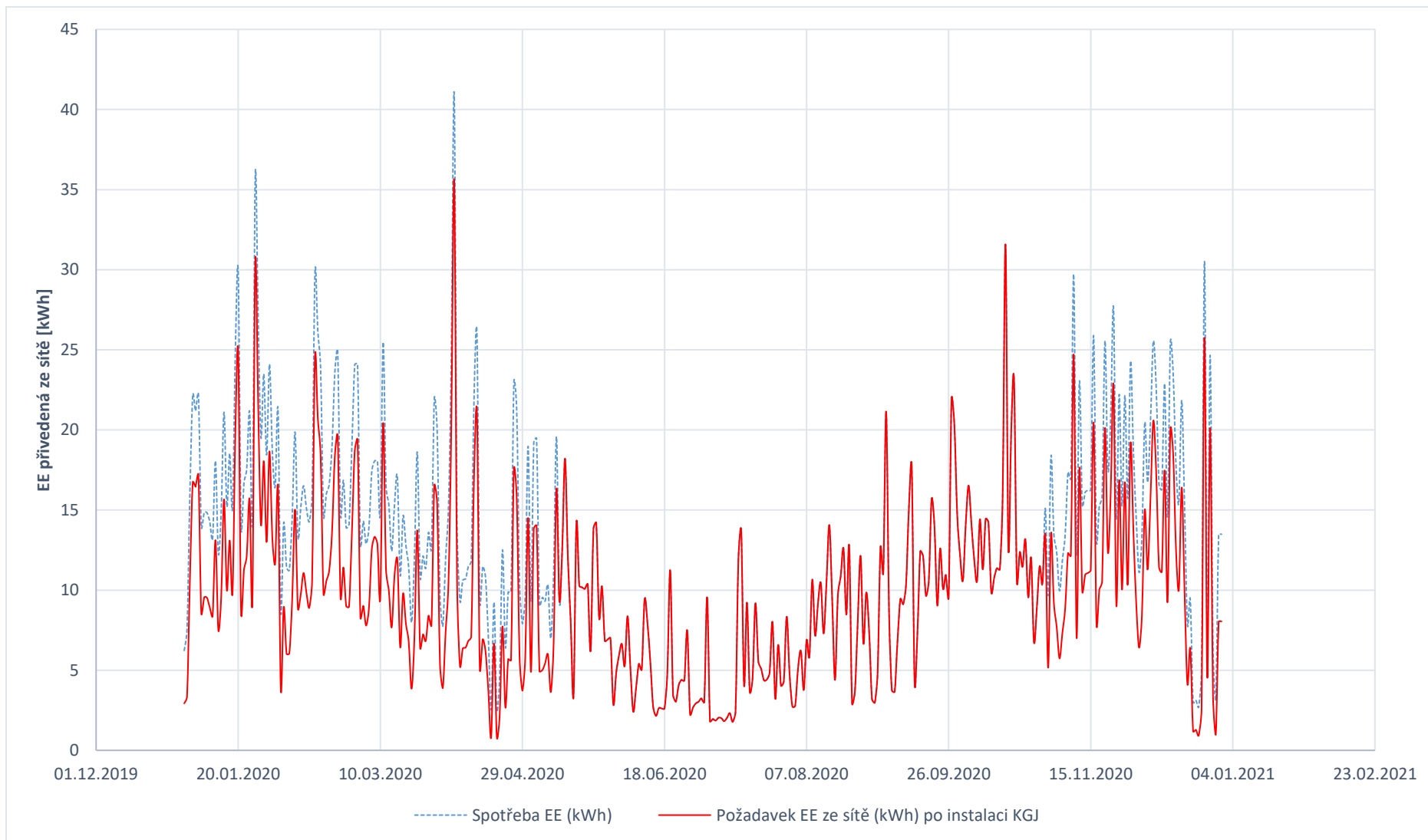
Tabulka 7: Posouzení kogenerační jednotky

Návrh kogenerační jednotky		
KGJ – instalovaný výkon	8,5	kWe
Výroba elektrické energie z KGJ	24 098	kWh/rok
Výroba tepla z KGJ	227	GJ/rok
Jednotková cena elektrické energie	2,42	Jednotková cena Kč bez DPH/kWh
Jednotková cena tepla.	338,1	Jednotková cena Kč bez DPH/GJ
Zelený bonus	35 592	Kč bez DPH/rok
Servisní náklady	30 000	Kč bez DPH/rok
Spotřeba zemního plynu	88 412	Kč bez DPH/rok
Výnos z vlastní dodávky el.energie	58 323	Kč bez DPH/rok
Investice	1 378 000	Kč bez DPH
Úspora	52 177	Kč bez DPH
Návratnost	26,35	let

V rámci hodnoceného objektu je zřejmé, že návratnost investice přesahuje životnost instalovaných zařízení. To je způsobeno několika faktory, kdy nejvýznamnějším je nízká spotřeba tepla v rámci vytápěného areálu. Návratnost investice je výrazně lepší u kogeneračních jednotek vyšších výkonů, a to především díky faktu, že vysoká počáteční investice je částečně kompenzována dotovanou cenou elektřiny díky zeleným bonusům. V následujících grafech jsou znázorněny dopady opatření na spotřebu jak tepelné, tak elektrické energie.



Graf 5: Srovnání spotřeby tepelné energie před a po instalaci KGJ



Graf 6: Srovnání spotřeby elektrické energie před a po instalaci KGJ

5.4 Technický návrh opatření – Fototermické solární panely

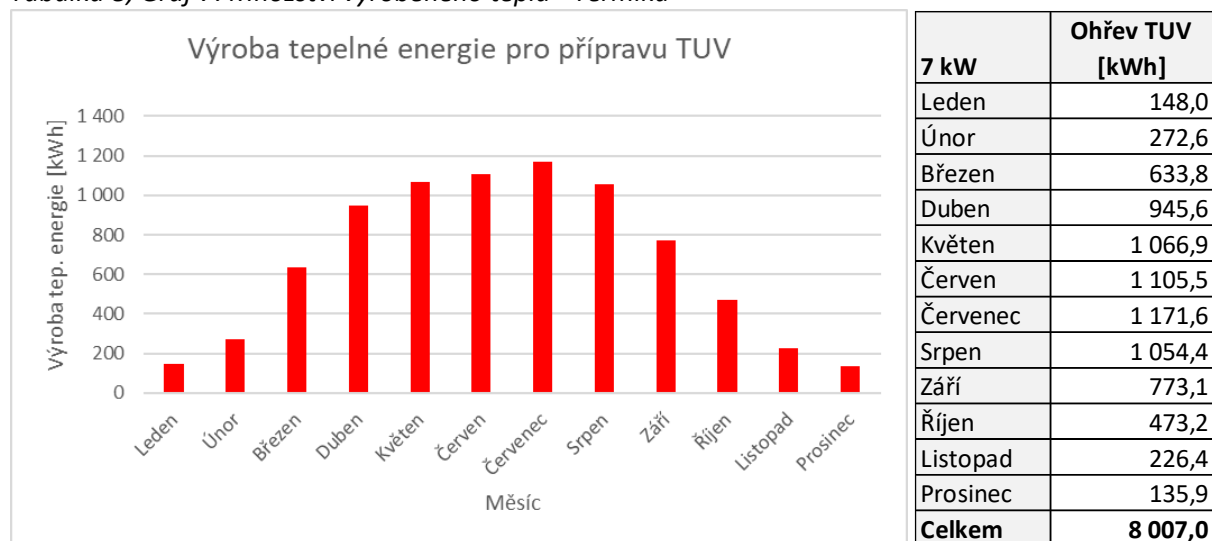
Jednou z variant pro přípravu TUV z obnovitelných zdrojů je instalace fototermických solárních panelů (Termika). Výroba tepelné energie z termiky je přímo závislá na slunečním svitu a okolní teplotě vzduchu. Je tedy zřejmé, že se jedná zejména o sezónní (letní) výrobu tepelné energie, a tedy přípravě teplé užitkové vody.

Dle měsíčních spotřeb ZP je v letním sníženém provozu spotřeba na TUV cca 0,8 – 1 MWh zemního plynu. Jelikož se zde nachází i el. boilers, je možné předpokládat, že skutečná spotřeba energie na přípravu TUV bude o pár procent vyšší, než je spotřeba v ZP.

Cena tepla je stanovena dle aktuální ceny za CZT

Dle vstupních parametrů je navrženo 5 solárních kolektorů a celkovém tepelném výkonu ca. 7 kW.

Tabulka 8, Graf 7: Množství vyrobeného tepla - Termika



7 kW	Ohřev TUV [kWh]
Leden	148,0
Únor	272,6
Březen	633,8
Duben	945,6
Květen	1 066,9
Červen	1 105,5
Červenec	1 171,6
Srpen	1 054,4
Září	773,1
Říjen	473,2
Listopad	226,4
Prosinec	135,9
Celkem	8 007,0

Tabulka 9: Posouzení fototermických panelů

Návrh Fototermických solárních panelů		
Termika – instalovaný výkon	7	kW
Výroba tep. en.	8 007	kWh/rok výroba
J. cena tep. en	1,22	j cena Kč bez DPH/kWh
Úspora	9 745	Kč bez DPH/rok
Investice	220	tis. Kč bez DPH
Návratnost	22,6	let

Je patrné že při ceně tepla z místního CZT, odhadované investici a úspory necelých 10 tis. Kč bez DPH/rok je prostá návratnost za hranicí samotné životnosti solárních kolektorů (20 let).

5.5 Technický návrh opatření – fotovoltaická elektrárna

Součástí projektu a rekonstrukce střech se nabízí instalace fotovoltaické elektrárny.

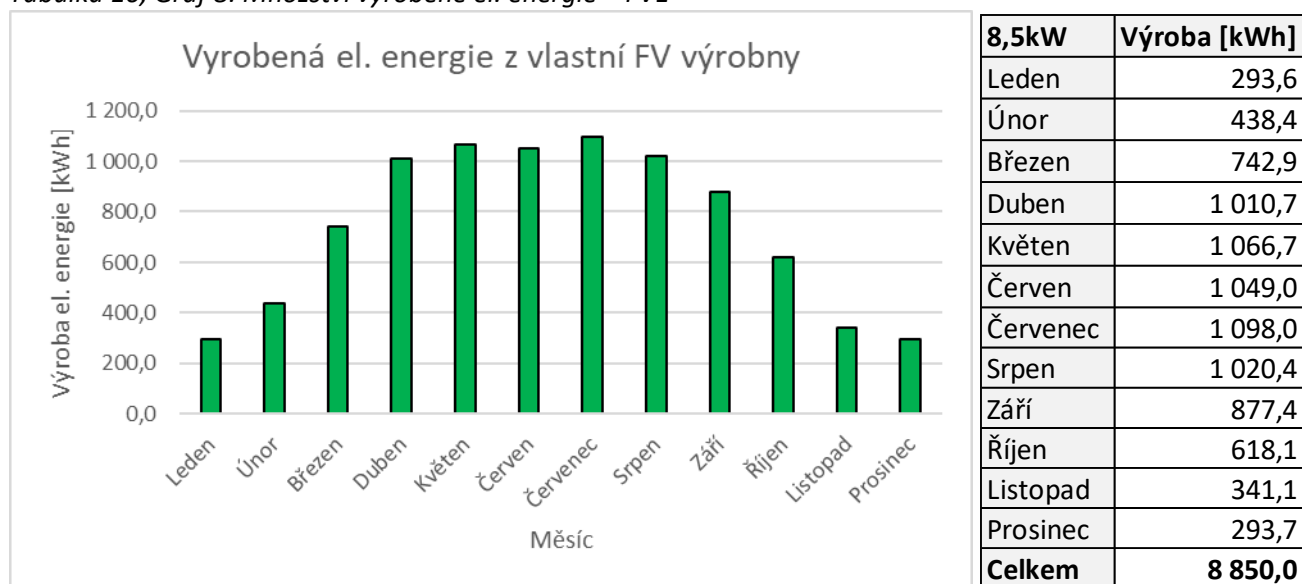
A) Využití fotovoltaické elektrárny primárně na spotřebu elektrických spotřebičů

Na základě odběrového diagramu elektrické energie a průměrné využitelnosti slunečního záření byla stanovena fotovoltaická výroba elektrické energie o výkonu 8,5 kW.

Jedná se o variantu s minimálním přetokem vyrobené el. energie do distribuční sítě a využitím primárně na el. spotřebiče jako je osvětlení, spotřeba serveroven a dalších zařízení.

Průměrná dosažená výroba instalací FVE o výkonu 8,5 kW

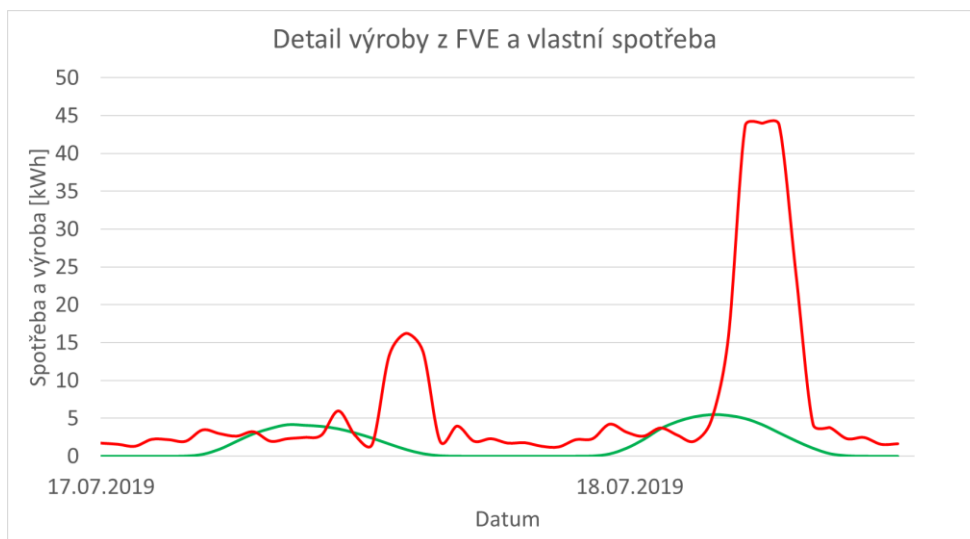
Tabulka 10, Graf 8: Množství vyrobené el. energie – FVE



Tabulka 11: Posouzení fotovoltaické elektrárny

Návrh fotovoltaické elektrárny s využitím na el. spotřebičích		
FVE – instalovaný výkon	8,5	kW
Výroba FVE	8 850	kWh/rok výroba
J. cena el. energie	2,42	j cena Kč bez DPH/kWh
Úspora	21 419	Kč bez DPH/rok
Investice	238 000	Kč bez DPH
Návratnost	11,11	let

Při ceně za el. energii dle roku 2019 a investičních nákladech ca. 28 000 Kč/kWinst. je návratnost 11,11 let. Životnost systému se pohybuje na úrovni více jak 20 let.

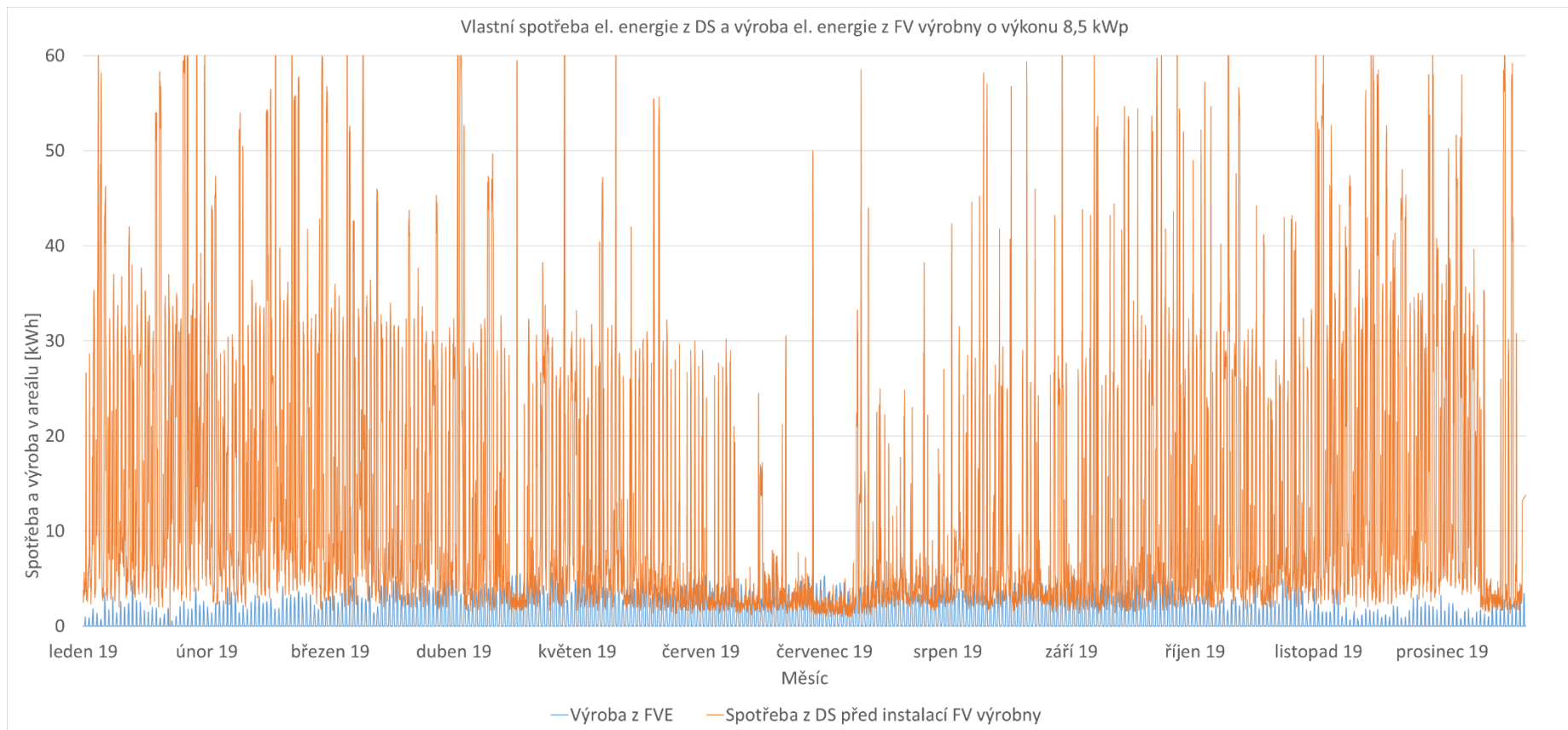


Graf 9: Detail vlastní spotřeby a vyrobené el. energie z FVE.

Z diagramu je patrné, že spotřeba v hale v létě úzce souvisí s pozdějšími hodinami a západem slunce – zapnutí osvětlení. Z toho důvodu FVE vychází na takto nízký instalovaný výkon. Při instalaci větší FVE by docházelo již ke značným přetokům do DS.

Výroba z FVE vyrábí el. energii proti spotřebě na chlazení a nabízí se otázka využití FVE na pokrytí právě spotřeby na chlazení. Sportovní hala je však v době největší výroby z FVE ve sníženém provozu a zdroj chladu bude využíván primárně nárazově, při větších akcích a utkáních. Takto nárazový provoz již nekoresponduje s myšlenkou instalace větší FVE za účelem pokrytí spotřeby na chlazení.

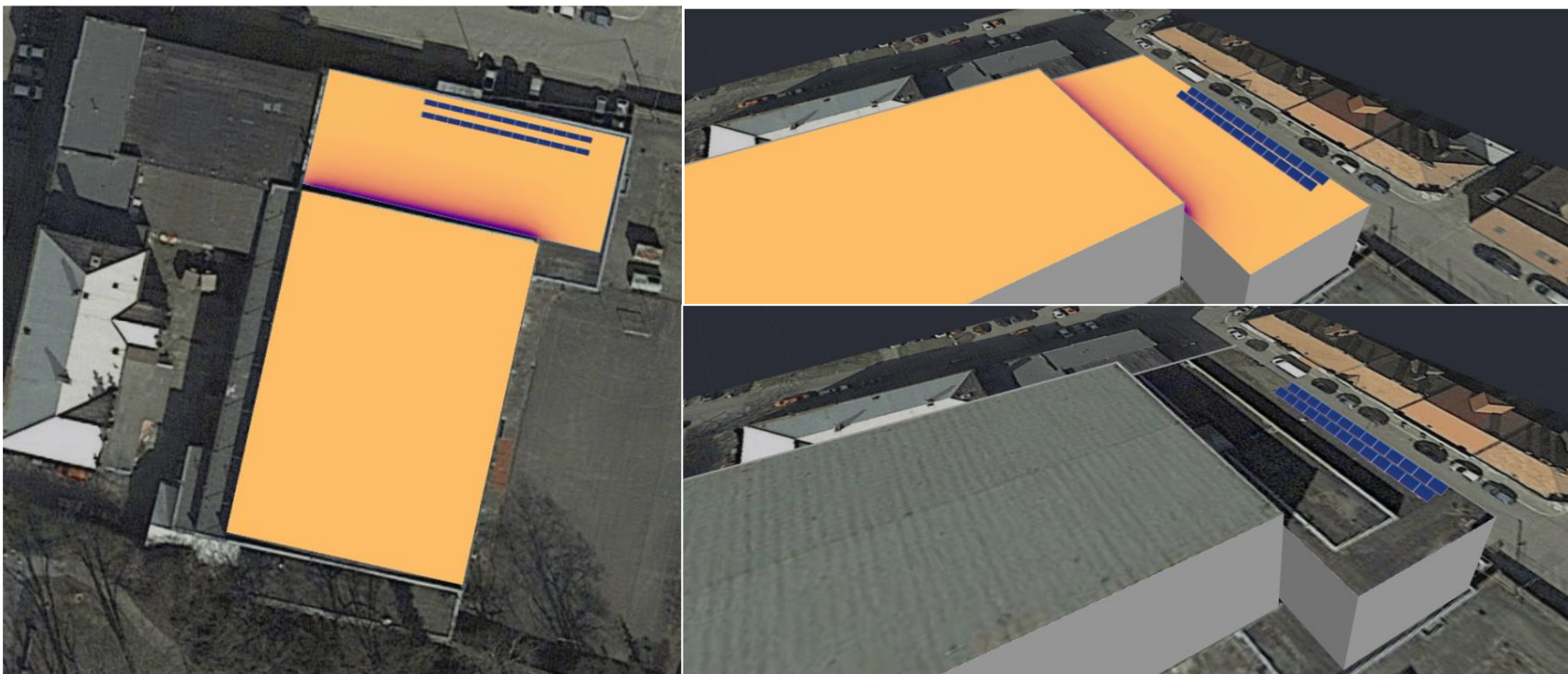
Doporučujeme instalaci FVE o navrženém výkonu 8,5 kW pro pokrytí bazální spotřeby objektů sportovní haly Chrudim.



Graf 10: Vlastní spotřeba el. energie z DS a vyrobená el. energie z FV elektrárny

Nejvíce limitující pro FVE je letní období, kdy hala není naplno využívána, a naopak FVE vyrábí velké množství el. energie.

Vizualizace přepokládané instalace na nové, víceúčelové hale



Obrázek 3,4,5: Vizualizace umístění FV elektrárny

B) Využití fotovoltaické elektrárny na spotřebu elektrických spotřebičů a pokrytí letní spotřeby TUV

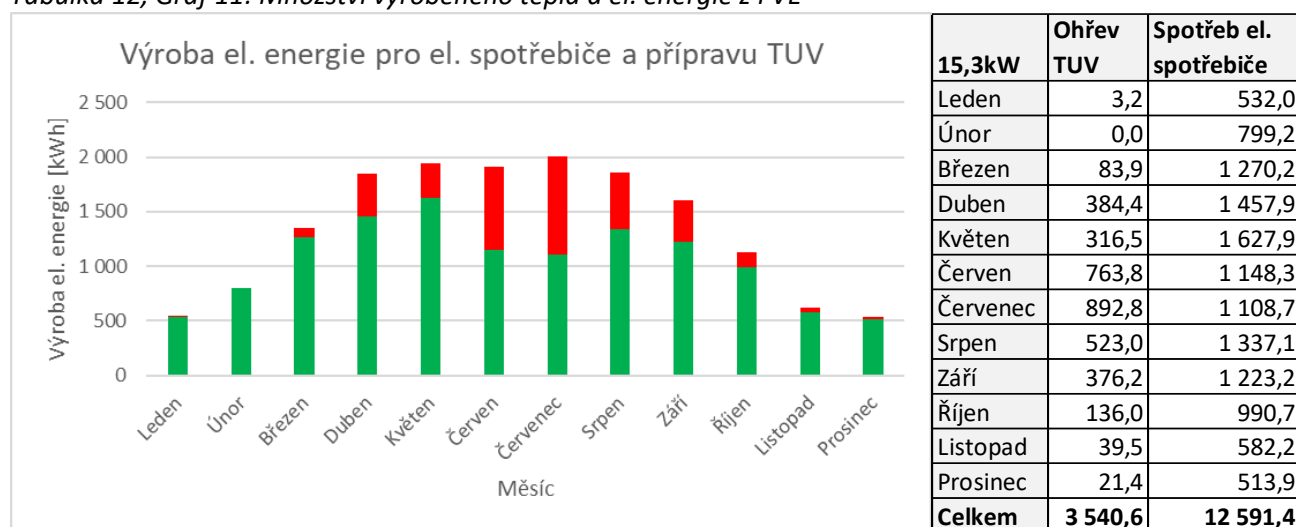
Jelikož v letním období je nízké využití haly na spotřebu el. energie, bylo by možné navrhnout FVE o vyšším výkonu, který by v létě byl schopen pokrýt spotřebu TUV a v ostatních měsících pokrýt vyšší spotřebu el. energie. Do této varianty již vstupuje i cena tepla, za kterou by běžně byla ohřívána TUV.

Dle měsíčních spotřeb ZP je v letním sníženém provozu spotřeba na TUV cca 0,8 – 1 MWh zemního plynu. Jelikož se zde nachází i el. boilers, je možné předpokládat, že skutečná spotřeba energie na přípravu TUV bude o pár procent vyšší, než je spotřeba v ZP. Tím nám vzniká rezerva pro případnou akumulaci většího množství tepla a zabránění přetoků do DS.

Vstupní parametry do výpočtu:

- Odběrový diagram el. energie
- Spotřeba TUV v letních měsících při sníženém provozu vnitřních prostor 1 MWh/měsíc

Tabulka 12, Graf 11: Množství vyrobeného tepla a el. energie z FVE



Tabulka 13: Posouzení fotovoltaické elektrárny

Návrh fotovoltaické elektrárny s využitím na přípravu TUV a el. spotřebiče		
FVE – instalovaný výkon	15,3	kW
Výroba FVE el. en.	9 051	kWh/rok výroba
Výroba FVE tep. en.	3 541	kWh/rok výroba
J. cena el. energie	2,42	j cena Kč bez DPH/kWh
J.cena tep. en.	1,22	j cena Kč bez DPH/kWh
Úspora	26 212	Kč bez DPH/rok
Investice	428 400	Kč bez DPH
Návratnost	16,34	let

Při ceně za el. energii dle roku 2019, ceny tepla dle ceníku tepláren Opatovice pro rok 2021 a investičních nákladech ca. 28 000 Kč/kWinst. je návratnost 16,3 let. Životnost systému se pohybuje na úrovni více jak 20 let.

Možnost naprostého odstavení centrálního zdroje tepla není proveditelné, jelikož není možné předpokládat ideální počasí, resp. stejné počasí každý den a tedy i optimální výrobu tepla pro TUV. Proto do výpočtu nevstupuje snížení spotřeby tepelné energie na ztráty v potrubí od CZT k samotné akumulaci TUV, které by ekonomice výrazně nepomohli z důvodu, že rozvody budou nové a zaizolované dle norem.

Z ekonomického hlediska je na místě instalovat menší navrženou FVE (bod A) , která bude sloužit primárně k pokrytí spotřeby el. spotřebičů.

5.6 Technický návrh opatření – osvětlení a osvětlení sportovní haly

Osvětlení sportovních hal tvoří značnou část spotřeby el. energie. Je tak vhodné instalovat úsporná LED osvětlení, který oproti stávajícím výbojkovým a zářivkovým svítidlům mají spotřebu energie nižší i více jak o polovinu. Moderní osvětlení navíc disponuje regulací intenzity svícení a je tak možné nastavit nižší intenzitu na tréninky a vyšší na soutěže a zápasy. Pro rozsah etapy č.I navrhujeme instalaci nového LED osvětlení v dotčených prostorách. V prostoru hl. sportovní haly a víceúčelové haly doporučujeme instalaci systému osvětlení s plynulou regulací osvětlenosti např. formou DALI regulace.

Tabulka 14: Posouzení rekonstrukce osvětlení ve sportovní hale

Výměna zdrojů světla/svítidel	Počet zdrojů	Počet svítidel	Příkon zdroje W	Celkový příkon W	Provozní doba hod/rok	Spotřeba kWh/rok stávající	Spotřeba kWh/rok nová	Úspora kWh/rok	Úspora Kč/rok	Investice tis. Kč bez DPH	Návratnost roky
Sportovní hala											
Stávající svítidla typ											
T1 výbojka	112	28	400	44 800	1000	44 800	-				
Zářivky	120	30	83	9 936	600	5 962	-				
Nové zdroje/svítidla											
LED svítidla – 100 % výkonu	112	28	200	22 400	250	5 600	8 400	30 800	109 638	896	8,2
LED svítidla – 50 % výkonu					750						
LED svítidla	120	30	36	4 320	600	2 592		3 370	11 995	72	6,0
								34 170	121 633	968	8,0

V návazných etapách č. II a III doporučujeme obdobný koncept instalace LED osvětlení. Systém řízení osvětlenosti pro etapu č.II a III navrhujeme v prostorách sportovní haly (Sokolovny).

Svítidla navrhujeme tak, aby bylo možné jejich řízení a ovládání z centrálního dispečerského systému měření a regulace. Tedy v časovém programu nastavit jejich režim a vypnutí a sledovat aktuální výkon svítidel.

V nově vybudované víceúčelové hale již budou součástí výstavby instalovány nová LED svítidla. Nejedná se tak o náhradu stávajících výbojkových a zářivkových svítidel.



Obrázek 6,7: Vizualizace ovládání osvětlení

5.7 Technický návrh opatření – Vzduchotechnika a chlazení

Nucené větrání

V rámci přestavby objektu sportovní haly – Etapa I navrhujeme instalovat systém nuceného větrání pro prostory velké sportovní haly (zařízení 1), nové víceúčelové haly a nového zrcadlového sálu (zařízení 2), pro hygienické zázemí a šatny (zařízení 3) a pro prostor horolezecké stěny (zařízení 4)

VZT zařízení 1 a VZT zařízení 2 by mělo zajišťovat přívod čerstvého venkovního vzduchu s možností cirkulačního režimu prostřednictvím směšování, které zajistí hospodárné zátopy a chlazení prostor. VZT jednotky by měly být vybavené účinnou rekuperací tepla případně rekuperací tepla a vlhkosti. Předpokládáme, že jednotky budou upravovat vzduch ohřevem prostřednictvím topné vody z otopné soustavy a chlazení prostřednictvím přímého chlazení. VZT 1 a VZT 2 budou mít zásadní vliv na celkovou energetickou náročnost a náklady na energie objektu. Z toho důvodu doporučujeme možnosti řízení např. na základě koncentrace CO₂, které zajistí minimální potřebné množství přiváděného čerstvého vzduchu. Umístění VZT 1 a VZT 2 předpokládáme ve venkovním prostředí např. na střeše nové nástavby vstupního objektu.

VZT zařízení 3 a VZT zařízení 4 budou jednotky s nižším výkonem oproti zařízením 1 a 2. Předpokládáme vybavení rekuperací tepla, případně ohřevem vzduchu prostřednictvím otopné soustavy. U těchto jednotek nedoporučujeme z hlediska hospodárnosti provozu instalovat chlazení. VZT zařízení 3 a 4 mohou být umístěna např.

Všechna VZT zařízení doporučujeme zařadit do centrálního systému měření a regulace pro jejich účinné a hospodárné řízení a také pro dosažení požadovaných parametrů a kvality vnitřního prostředí. Ostatní prostory objektu doporučujeme větrat přirozeně.

Chlazení

Vzhledem k požadavkům na vnitřní prostředí doporučujeme instalaci chlazení pro VZT zařízení 1 a 2 pro zajištění chlazení prostor velké sportovní haly, víceúčelové haly a zrcadlového sálu. Do jiných prostor instalaci chladících systémů nenavrhujeme.

Vzduchotechnické jednotky 1 a 2 doporučujeme chladit chladivovým systémem bez užití chladicí vody samostatnými kompresorovými jednotkami pro jednotlivé zařízení. Řízení zdrojů chladu by mělo být zaneseno v centrálním systému měření a regulace. Pro hospodárný provoz doporučujeme využívat volné chlazení venkovním vzduchem např. v nočních hodinách, kdy je ve venkovním prostředí nižší teplota.

Potřebný příkon objektu úzce souvisí s velikostí instalovaných VZT jednotek a chlazení, které budou upřesněny projektanty VZT. Předpokládá se však obdobný výsledný příkon objektu, jako je ve stávajícím stavu, vzhledem k výraznému snížení příkonu na osvětlení a naopak navýšení příkonu na VZT jednotkách.

5.8 Technický návrh opatření – využití srážkové vody

Součástí úporných opatření se nabízí i úspora na vodě, resp. na vodném. Jednou z variant je využití dešťové vody z části střeh v komplexu objektů sportovní haly Chrudim.

Dle doložených faktur (2018, 2019) je patrné, že za běžného provozu je v komplexu budov spotřebováno celkem ca. 1 100 m³/rok. Spotřeba vody je zejména na Sprchy, Bufet, WC, umyvadla aj.

Odhadovaná spotřeba vody za rok pouze na toalety je ca. 131 m³ vody za rok, tj. 12 m³ vody za měsíc při provozu 11 měsíců ročně.

Dobrym předpokladem je využít střechy, které budou rekonstruovány (sportovní hala a nová víceúčelová hala) ke svodu dešťové vody do jednoho akumulačního místa. Tím může být stávající odpadní jímka, které již nadále nebude využívána a může tak posloužit k umístění akumulační nádrže na dešťovou vodu. Vnitřní rozměry jímky jsou ca 4 800 x 1 800 x 2 900 mm (d x š x h) tj. objem max 25 m³. Její umístění je v nádvoří komplexu objektů, viz. obrázek níže.



Obrázek 8: Umístění odpadní jímky

Dle plochy střechy a průměrných srážek po měsících (z portálu CHMI) je patrné, že k naplnění jímky a pokrytí průměrné měsíční spotřeby vody na toalety je dostačující část plochy sportovní haly nebo celá plocha střechy nové víceúčelové haly.

Plocha střechy sportovní haly: 1 485 m²

Plocha střechy víceúčelové haly: 615 m²

Tabulka 15: Srážky v Pardubickém kraji za dané období

Srážky	2020	2019	2018	2017	Průměr
Pardubický kraj	mm	mm	mm	mm	mm
Leden	19	76	42	30	42
Únor	96	31	16	24	42
Březen	39	53	30	36	40
Duben	17	23	21	83	36
Květen	67	109	50	53	70
Červen	216	51	62	82	103
Červenec	63	44	28	115	63
Srpen	128	81	28	48	71
Září	89	63	57	75	71
Říjen	108	46	34	100	72
Listopad	28	44	20	43	34
Prosinec	26	37	71	33	42
Celkem	896	658	459	722	684

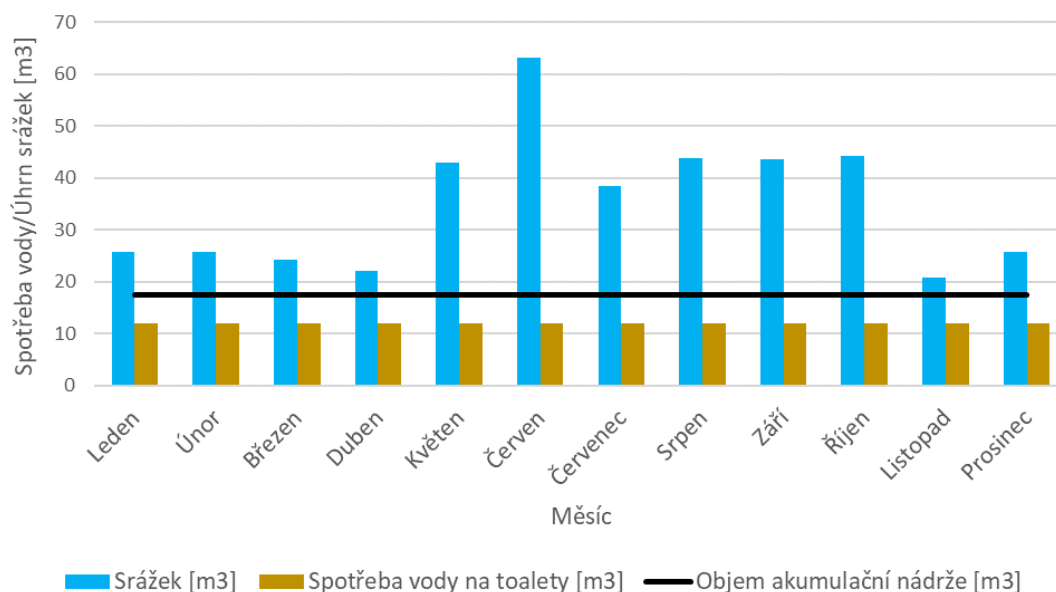
Tabulka 16: Srážky v Pardubickém kraji za dané období – kumul dle plochy vybraných střeš

	Hlavní hala	Nová hala
Pardubický kraj	m3 srážek	m3 srážek
Leden	62	26
Únor	62	26
Březen	59	24
Duben	53	22
Květen	104	43
Červen	153	63
Červenec	93	38
Srpen	106	44
Září	105	44
Říjen	107	44
Listopad	50	21
Prosinec	62	26
Celkem	1015	421

Ze souhrnných čísel je patrné, že plocha střechy nové víceúčelové haly je dostačující pro pokrytí a naplnění akumulární nádrže, která by mohla být umístěna ve stávající odpadní jímce s obsahem cca 17 – 20 m³ za předpokladu, že nádrž bude válcovitého tvaru a nebude možné využít 100 % objemu jímky.

Z výše uvedené spotřeby vody na toalety (12 m³/měsíc) a maximálního objemu akumulární nádrže na dešťovou vodu 17 – 20 m³ vyplývá, že plocha střechy víceúčelové haly nebo ca. 2/5 střechy sportovní haly jsou dostačující pro pokrytí jak spotřeby vody na toalety, tak k naplnění akumulární nádrže.

Přehled spotřeby vody na toalety a úhrn srážek



Graf 12: Srovnání vlastní spotřeby vody na toalety a množství akumulované dešťové vody

Za předpokladu, že veškerá voda pro toalety může být nahrazena vodou dešťovou, jak plyne z výše uvedeného je úspora:

Tabulka 17: Posouzení sběru dešťové vody

Návrh sběru a využití dešťové vody		
Spotřeba vody na toalety	131,28	m3/rok
J. cena vodného	41,08	Kč bez DPH/m3
J. cena stočného	40,24	Kč bez DPH/m3
J. cena srážky	41,03	Kč bez DPH/m3
Úspora	5 497	Kč bez DPH/rok
Úspora za 10 let	54 970	Kč bez DPH/rok

Jednotkové ceny jsou uvedeny dle ceníku VSChrudim platného od 1.1.2021. Úspora je stanovena jako snížení ceny za vodné, snížení ceny za srážky a nárůst ceny na stočném, tedy: $131,28 \cdot (41,08 - 40,24 + 41,03)$.

Předpoklad je, že systém na využití dešťové vody bude výrazně dražší než 100 tis. Kč bez DPH a tedy s návratností výrazně delší jak 20 let.

Doporučujeme připravit pouze oddělené potrubí pro toalety, na které bude v budoucnu možné případné napojení využití dešťové vody. Další zásahy jako je příprava a vyvedení potrubních tras k jímkce nedoporučujeme z důvodu nevyhovující ekonomiky samotného opatření.

Jímku je možné beznákladově využít jako akumulaci a svod vody alespoň z části střechy sportovní haly pro potřeby samosprávy města (čištění silnic, zavlažování, hasičské potřeby). Toto opatření nepřinese žádné úspory sportovní haly na sníženém množství srážkové vody odvedené do kanalizace. Pro případ úspory by musela být instalována technologie měření využití srážkové vody samosprávou města, která by však nebyla návratná ve srovnání s množstvím využívané vody.

5.9 Technický návrh opatření – úsporné prvky na výtokových armaturách

Doporučujeme osazení úsporných prvků na výtokové armatury – baterie umyvadel, sprchové hlavice, dvojitý splachování toalet je možné docílit značné úspory na vodě. Níže uvedené bilance vychází z údajů o instalovaném počtu výtokových armatur souhrnně na objektech etap č.I - III a předpokládané spotřeby vody.

Úsporná opatření na výtokových armaturách – sprchové hlavice

Tabulka 18: Posouzení instalace úsporných výtokových armatur – sprchy

Návrh úsporných prvků na výtokových armaturách – sprchy		
Počet sprch	32	ks
Spotřeba vody na sprchy	656	m3/rok
Úspora instalací úsporných sprchových hlavice	164	m3/rok
Úspora instalací úsporných sprchových hlavice	13 345	Kč bez DPH/rok
Investice do úsporných sprchových hlavice	96 000	Kč bez DPH
Návratnost investice do úsporných sprchových hlavice	7	let

Úsporná opatření na výtokových armaturách – dvojitě splachování

Tabulka 19: Posouzení instalace dvojitě splachování – toalety

Návrh úsporných prvků na výtokových armaturách – toalety		
Počet toalet	40	ks
Spotřeba vody na toalety	131	m3/rok
Úspora instalací úsporného splachování	66	m3/rok
Úspora instalací úsporného splachování	5 338	Kč bez DPH/rok
Investice do úsporného splachování	80 000	Kč bez DPH
Návratnost investice do úsporného splachování	15	let

Úsporná opatření na výtokových armaturách – perlátory

Tabulka 20: Posouzení instalace úsporných výtokových armatur – umyvadla

Návrh úsporných prvků na výtokových armaturách – umyvadla		
Počet umyvadel	58	ks
Spotřeba vody na umyvadla	88	m3/rok
Úspora instalací úsporných perlátorů	22	m3/rok
Úspora instalací úsporných perlátorů	1 779	Kč bez DPH/rok
Investice do instalace úsporných perlátorů	29 000	Kč bez DPH
Návratnost investice do instalace úsporných perlátorů	16	let

I přes odhadovanou investici a delší návratností než 10 let se jedná o opatření, které budou v rámci modernizace sociálního zázemí pro sportovce (etapy č. I) a sociálního zázemí sokolovny a Tyršova domu (etapa č.II a III) instalovány a dojde tak k úspoře ca 252 m3 vody za rok tj. 20 tis. Kč bez DPH.

5.10 Technický návrh opatření – využití odpadního tepla z šedých vod

Využití odpadního tepla z šedých vod je nejefektivnější přímo u zdroje teplé odpadní vody, tj. u sprch, kde voda na sprchování má ca 38 st.C a odtéká do kanalizace s teplotou ca. 36 st.C. Toto teplo je možné pomocí výměníků v jednotlivých sprchách zachytit a využít na předehřev vstupující studené vody zpět do sprchy.

Tabulka 21: Posouzení využití odpadního tepla ze sprch

Návrh využití odpadního tepla ze sprch		
Počet sprch	32	ks
Spotřeba vody na sprchy	656,4	m3/rok
Odpadní teplo ze sprch	17 508	kWh/rok
Úspora instalací výměníků pro zpětné získávání tepla z vod	11 380	kWh/rok
J.cena tepla	1,229	Kč bez DPH/kWh
Úspora instalací výměníků pro ZZT	14 762	Kč bez DPH/rok
Investice do úsporných sprchových hlavíc	400	tis. Kč bez DPH
Návratnost investice do výměníků pro ZZT	28,6	let

Opatření s návratností skoro 30-ti let nedoporučujeme instalovat. Jedná se o výměníky, které vyžadují zvýšenou pozornost při údržbě (zanášení teplotnosných ploch plakem a nečistoty jako jsou vlasy). Životnost výměníků odhadujeme na 10 – 15 let.

Jiné řešení, jako je získávání tepla z černých vod v kanalizaci je investičně velmi náročné a dimenzováno zejména ve velké průtoky černých vod o teplotě pohybující se mezi 10 – 20 st.C.

5.11 Technický návrh opatření – systém měření a regulace

Centrální systém měření a regulace je základní nástroj pro efektivní a řádný provoz objektů a instalovaných technologií umožňující dohled a optimalizaci provozu energetického hospodářství jako celku. Zároveň umožňuje ukládání dat pro zpětné vyhodnocování a možnost optimalizačních úprav.

Centrální systém MaR by měl zahrnovat:

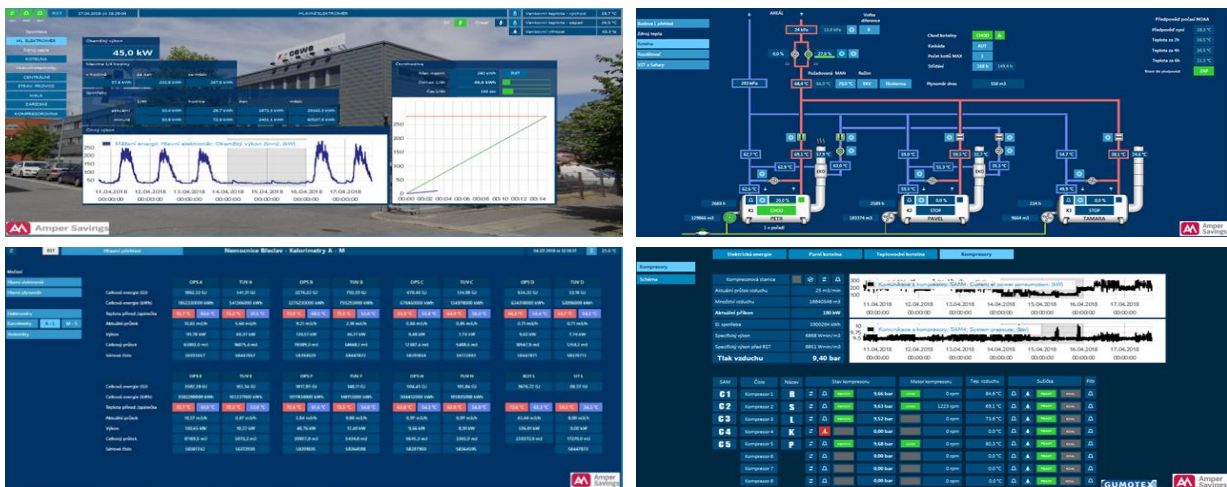
- Monitoring a řízení vstupních komodit (elektřina, voda, teplo/zemní plyn)
- Implementace hlavních technologických a provozních celků napříč jednotlivými profesemi (zdroj tepla, strojovny vytápění a chlazení, VZT jednotky, soustavy řízeného osvětlení, atd.)
- Efektivní nástroj pro provozní posádku (porucha – signalizace – náprava)
- Přístup pro provozní posádku a další navazující složky (EM) z libovolných zařízení (PC, mobilní telefon)

Možné rozšiřující funkce systému MaR pro efektivní provoz:

- Řízení otopné soustavy s korekcí dle vnitřních prostor
- Prediktivní řízení dle předpovědi počasí aj.

Systém doporučujeme založit na otevřených komunikačních protokolech tak, aby umožňoval návazné úpravy a doplnění především ve vztahu k plánovaným etapám č. II a III.

Dalšími možnými funkcemi je např. řízení ¼ hodinového výkonu odběru tepelné energie z CZT, regulace vytápění dle predikce počasí a vnitřních teplotních čidel. Řízení ¼ hodinového výkonu odběru tepelné energie doporučujeme současně regulací výměníků i nastavení sekundární otopné soustavy a spotřebičů tepla (časovost jednotlivých okruhů vytápění a přípravy TUV).



Obrázek 9: Příklad komplexního centrálního systému MaR

Náklady na provoz energetického hospodářství bez efektivního řízení jsou běžně vyšší o cca 15 – 20 %. Bez řádné regulace a ovládání není možné dosledovat a dohlížet správný chod systému vytápění, ohřevu teplé vody ani využití sníženého rezervovaného výkonu na teple. Jedná se o nezbytnou součást celého navrženého systému.

5.12 Technický návrh opatření – další možná opatření

Termostatické ventily a hlavice, případné IRC

Prohlídka sportovní haly nebyla zaměřena na otopná tělesa – zejména z důvodu celkové rekonstrukce sportovní haly, ve které budou navržena i nová otopná tělesa.

IRC regulace slouží k regulaci jednotlivých radiátorů pomocí dálkového dohledu – systém MaR. IRC regulace není doporučena a vyžadována z důvodu již navržených nových rozdělovačů a sběračů topné vody dle prostorů a jejich využití. Taková regulace na patách větvích je pro sportovní halu optimální.

Vrt pro čerpání spodní vody

Opatření čerpání spodní vody je závislé na zkušebním vrtu, který určí hloubku vrtu a možné množství čerpané vody. Umístění sportovní haly je však na kopci a investice do takového vrtu ve srovnání s množstvím využitelné spodní vody pro sportovní halu je příliš vysoká, aby opatření bylo rentabilní

Instalace tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo umí využít okolní teplo pro zvýšení potenciálu výroby tepla. Je tak možné vyrobit teplo o tři až čtyři čtvrtiny úsporněji oproti klasické konvekční výrobě tepla pomocí el. energie nebo zemního plynu. I přes tuto výhodu je ne-ekonomické ohřívat vodu elektrickou energií s využitím tepelného čerpadla ve srovnání s ohřevem vody zemním plynem, případně teplem z CZT. Jednotková cena el. energie je 3,56 Kč/kWh, s využitím tepelného čerpadla je možné vyrábět teplou vodu za cenu el. energie 1,19 Kč/kWh. Tato jednotková cena el. energie je o 0,03 Kč/kWh tepelné energie nižší, než cena zemního plynu (příp. ceny tepla z CZT). Takto definovaná úspora na jednu vyrobenou kWh tepelné energie je příliš nízká, až zanedbatelná, aby byla investice tepelného čerpadla za podmínek jeho využití (primárně v topné sezóně) návratná alespoň do 10-ti let. V souvislosti s tepelným čerpadlem je nutné také počítat se servisními zásahy kompresoru.

Zařízení za těchto podmínek není návratné.

5.13 Posouzení tepelně-technických vlastností nově navržených a upravovaných konstrukcí

Nově navržené konstrukce budov etypa č.I byly navrženy projektanty dle aktuálních norem. Jejich tepelně – technické vlastnosti, skladba a popis je uveden v průřezu energetické náročnosti (PENB), který je navazujícím dokumentem na tuto energetickou koncepci a projektovou dokumentaci o stavebně technických změnách.

6 Doporučení

Z výše uvedeného popisu a návrhu technických opatření doporučujeme níže popsané

Tabulka 22: Doporučená opatření

Oblast	Doporučujeme	Nedoporučujeme
Tepelné hospodářství	Instalace výměňkové stanice ve vlastnictví města využívající primární teplo z CZT – tepláren Opatovice (etapa č.I) (nenáročný provoz, nízká pořizovací cena ve srovnání s kotelnou)	Vlastní plynová kotelná spalující zemní plyn – nevyhovující provozní a investiční náklady v porovnání s výměňkovou stanicí
	Instalace podružných rozdělovačů a sběračů za účelem hospodárného rozvodu topné vody po jednotlivých budovách dle etap č.I,II,III (optimální rozdělení potřeby tepla po daných místnostech/halách a zařízeních)	Kogenerační jednotka – nevyhovující ekonomicko technická bilance (návrstnost až za hranicí životnosti jednotky)
		Tepelné čerpadlo – nevyhovující ekonomicko technická bilance (návrstnost až za hranicí životnosti jednotky)
		IRC regulace – optimální rozdělení a řízení vytápění dostatečně řešeno již na podružných rozdělovačích a sběračích
VZT a chlazení	Instalace VZT jednotek pro větrání, vytápění a chlazení sportovní haly, víceúčelové haly a dalších prostor (etapa č.I) (součástí návrhu rekonstrukce, zvýšení komfortu obměnou vzduchu dle hygienických norem, zamezení přehřívání),	
Osvětlení	Instalace úsporných LED svítidel v halách a zázemí dle etap č.I,II,III (výrazné snížení el. příkonu, snížení spotřeby el. energie, možnost řízení doby provozu a intenzity osvětlení)	
Elektroinstalace	Sloučení odběrných míst elektrické energie sportovní haly a Tyršova domu za účelem vyšší využitelnosti produkce FVE a snížení nákladů na el. energii (bude potvrzeno dle příkonu instalovaných technologií - VZT)	
Měření a regulace	Centrální systém měření a regulace pro optimální provoz celého energetického hospodářství a zařízení (etapa č.I) zahrnující dohled nad instalovanými technologiemi (vytápění, VZT, chlazení, výroba el.energie, provozu osvětlení, řízení vytápění, odběru tep. výkonu, alarmy poruch, sledování spotřeb atp.)	
Voda	Instalace úsporných prvků na výtokových armaturách dle etap č.I, II, III (výrazné snížení spotřeby vody – již součástí rekonstrukce sociálního zázemí)	Akumulace dešťové vody za účelem využití na splachování toalet – nevyhovující ekonomicko technická bilance (návrstnost až za hranicí životnosti technologie)
		Využití odpadního tepla z odpadní vody - nevyhovující ekonomicko technická bilance (návrstnost až za hranicí životnosti technologie)
		Využití spodní vody – vrt - nevyhovující ekonomicko technická řešení
Obnovitelné zdroje	Instalace fotovoltaické elektrárny o opt. výkonu 8,5 kW pro částečné pokrytí spotřeby el. zařízení a vlastní výrobu (etapa č.I). (Vyhovující doba návratnosti, vlastní výroba el.energie, snížení spotřeby el. energie z DS)	Fototermické solární panely – nevyhovující ekonomicko technická bilance (návrstnost až za hranicí životnosti technologie)
		Fotovoltaická elektrárna pro pokrytí spotřeby TUV v letních měsících – nevyhovující ekonomicko technická bilance (návrstnost zhoršená nízkou cenou tepla, avšak stále v době životnosti systému)

V závislosti na navržených opatření bylo uvažováno i s možností realizace projektu formou EPC a podporou OPŽP.

Metoda EPC:

Energetické služby se zárukou (z angl. Energy Performance Contracting, také EPC) představují velmi efektivní nástroj realizace úsporných opatření. Metodu EPC lze charakterizovat jako zaručení předpokládaného snížení spotřeby energie, které se projeví v úsporách provozních nákladů, použitých na splácení původní investice.

Financování projektu při uplatnění "čisté" podoby metody EPC probíhá tak, že investice jsou po přijatelnou dobu spláceny pouze z uspořené náklady. Součástí projektu řešeného metodou EPC přitom může být financování třetí stranou. Způsob financování lze zvolit nezávisle.

Sportovní hala Chrudim je specifická v celkové rekonstrukci a modernizaci vnitřních prostor a obálky budov, které jsou investičně nákladné. Dále bude sportovní hala rozšířena o novou víceúčelovou halu, která s sebou nese vyšší tepelné i elektrické zatížení oproti stávajícímu stavu a větrání hal, které také zvýší elektrické zatížení budovy. I přes úspory, které vzniknou navrženými opatřeními (zateplení, změna tepelného zdroje, osvětlení atp.) není předpokládána s dostavbami a změnami výrazná úspora tak, aby bylo možné splácet projekt z dosahovaných úspor. Z tohoto důvodu není realizace rekonstrukce sportovní haly Chrudim vhodná pro EPC projekt.

Dotace OPŽP:

Formou podpory z Operačního programu Životní prostředí je možné čerpat finance dle předchozí výzvy na projekty s energetickými úsporami. Dle dosahované úspory stanovené v energetickém posudku tak bylo možné docílit podpory 35 – 50 % z hmotné, užitelné investice.

Aktuálně není výzva OPŽP pro úspory energie otevřena a další výzva bude uvedena ve 4Q/2021. Na základě této výzvy bude možné uvažovat o případné dotaci.

Podporu dle poslední (již neplatné) výzvy bylo možné získat na zateplení obvodových stěn, výměnu otvorových výplní, osvětlení, obnovitelné zdroje, systém měření a regulace a další opatření, s prokazatelnou úsporou energií (kWh, GJ)

Tabulka 23: Dotace poskytována v poslední výzvě Úspory energie OPŽP, část 1.

Výše podpory	%	35 ¹⁾⁴⁾	40 ¹⁾⁴⁾	50 ¹⁾⁴⁾
Sledovaný parametr	Jednotka			
Úspora celkové energie	%	≥ 20	≥ 40	≥ 60
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	U_{em} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	-	≤ 0,9× $U_{em,R}$	≤ 0,80× $U_{em,R}$
Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí objektu, na něž je žádána podpora (bez dveří, střešních oken a světlíků)	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	≤ 0,85× U_{rec}	dle ČSN 730540-2:2011 a vyhlášky č.78/2013 Sb.	
Součinitel prostupu tepla oken, na něž je žádána podpora	U_w [W.m ⁻² .K ⁻¹]	≤ 0,80× $U_{rec}^{2)}$		
Součinitel prostupu tepla dveří, střešních oken a světlíků, na něž je žádána podpora	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	≤ $U_{rec}^{2)}$	dle ČSN 730540-2:2011 a vyhlášky č.78/2013 Sb.	

V poslední výzvě bylo také možné variantně získat i vyšší podporu na jednotlivé technologie – samostatná kotelna, FVE, VZT atp.

Tabulka 24: Dotace poskytována v poslední výzvě Úspory energie OPŽP, část 2.

Typ projektu	Výše podpory (%)
Samostatná opatření výměny zdroje tepla s výkonem nižším než 5 MW využívajícího fosilní paliva nebo elektrickou energii pro vytápění nebo přípravu teplé vody za kondenzační kotle na zemní plyn nebo zařízení pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla využívající obnovitelné zdroje nebo zemní plyn	40
Samostatná opatření výměny zdroje tepla s výkonem nižším než 5 MW využívajícího fosilní paliva nebo elektrickou energii pro vytápění nebo přípravu teplé vody za účinné zdroje využívající biomasu, tepelná čerpadla, instalace solárně-termických kolektorů a fotovoltaického systému	60
Instalace fotovoltaického systému, realizovaná současně se systémem nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla ^{98,99}	70
Instalace systémů nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla ⁹⁹	70

Dotace MŠMT:

V rámci sportovních zařízení existují také dotace podporovány Ministerstvem školství. Jedná se zejména o rozšiřování a zkvalitňování kapacit sportovních zařízení, a to formou technického zhodnocení a obnovou stávajícího zařízení nebo výstavbou nového. Podpora v této dotaci, která byla ukončena ve 4Q/2020 byla do výše 50 %.

7 Závěr

Koncepce energetického hospodářství na objektech sportovní haly Chrudim se zabývá posouzením a návrhem vhodného řešení jednotlivých technologických celků v oblasti tepelného hospodářství, elektrické energie a vody pro dosažení optimálních provozních nákladů nově zrekonstruovaného objektu a nízkou náročností údržby a provozu. Dále je posouzeno a navrženo využití možných obnovitelných a alternativních zdrojů energie.

V rámci tepelného hospodářství je jako zdroj tepla navržena centrální výměňková stanice, která bude sloužit pro všechny objekty sportovní haly. V etapě č.I dojde k vybudování VS, která bude sloužit pro objekty, které projdou rekonstrukcí (sportovní hala, zázemí, víceúčelová hala). V dalších etapách budou k VS dopojeny i zbylé objekty (Tyršův dům a Sokolovna s bufetem a zázemím). Pro tuto součinnost s dalšími etapami je navržen i hlavní rozdělovač a sběrač topné vody, který pro etapu č.I bude mít zaslepené rezervy právě pro objekty etap č. II a III. Dále jsou v energetické koncepci posouzeny vhodná řešení dalších technologických celků v oblasti elektrické energie a vody, na základě kterých je doporučen návrh VZT zařízení, chlazení, osvětlení, instalace FVE výroby a instalace úsporných prvků na výtokových armaturách vody. V rámci energetické koncepce je pro objekt sportovní haly navržen komplexní systém měření a regulace, který bude zajišťovat efektivní provoz instalovaných zařízení a bude umožňovat další rozšíření pro navazující etapy přestavby II a III.

V rámci koncepce je posouzena možnost získání dotací z fondu OPŽP, které je možné získat za plnění podmínek specifikovaných v nové výzvě, která bude vydána ve 4. kvartálu 2021. Dále byla posouzena vhodnost užití metodiky EPC. Projekt rekonstrukce sportovní haly Chrudim primárně nesnižuje spotřebu objektů, jak vyžaduje projekt EPC, ale dochází i k navýšení spotřeby na daných zařízeních. Výsledný poměr úspor a hmotné investice tak není pro projekt EPC vhodný.