

Posouzení vhodnosti objektu pro projekt EPC



Zimní stadion Velké Popovice

TJ Slavoj Velké Popovice, z.s.

Ringhofferova 336, 251 69 Velké Popovice

Zpracoval: Ing. David Pech, Míšek pod Brdy
náměstí F. X. Svobody č. p. 28, 252 10 Mníšek pod Brdy
IČ: 01313436

Datum: 30.11.2021

Obsah

1 Identifikace	4
1.1 Identifikační údaje o vlastníkovi objektu.....	4
1.2 Identifikační údaje o objektu.....	4
1.3 Identifikační údaje o zpracovateli analýzy.....	4
2 Popis energetického hospodářství	5
2.1 Charakteristika objektu.....	5
2.2 Vytápěcí systém a zdroje pro vytápění	7
2.3 Příprava teplé vody	7
2.4 Chladicí systém	9
2.5 Vzduchotechnika	9
2.6 Osvětlovací soustava	10
2.7 Údaje o hlavních rozvodech energie.....	11
2.7.1 Rozvody elektřiny	11
2.7.2 Rozvody tepla.....	13
2.8 Údaje o významných spotřebičích energie	14
2.9 Popis konstrukčního řešení budovy	16
2.9.1 Údaje o tepelně technických vlastnostech budovy	16
2.10 Situační plán.....	17
2.11 Údaje o energetických vstupech	19
2.11.1 Podrobnější údaje k zemnímu plynu	21
2.11.2 Podrobnější údaje k elektřině.....	22
2.11.3 Ceny zemního plynu a elektřiny	26
2.12 Korekce výchozí energetické bilance.....	27
2.12.1 Spotřeba paliva a energie systémové hranice projektu a korekce nákladů za energonositele	27
2.12.2 Vyhodnocení spotřeby tepla denostupňovou metodou.....	31
2.13 Výchozí roční energetická bilance	32
3 Přehled navrhovaných energeticky úsporných opatření	33
3.1 Rekonstrukce obálky budovy	33
3.1.1 Výměna původních otvorových konstrukcí	33
3.1.2 Zateplení svislého obvodového pláště šaten a administrativní části	33
3.1.3 Zateplení štítů svislého obvodového pláště haly	34
3.2 Modernizace soustavy osvětlení	35
3.3 Nucené větrání s rekuperací šaten	36
3.4 Fotovoltaický systém s trafostanicí (přechod z NN do VN).....	37
4 Odhad potenciálu úspor energie a upravená energetická bilance.....	47
4.1 Souhrn opatření.....	47
4.2 Upravená energetická bilance pro posuzovaný návrh	48
4.3 Hodnocení ekonomické proveditelnosti	49

5 Závěrečné doporučení a analýza EPC	51
5.1.1 Zhodnocení vhodnosti navržených úsporných opatření pro zařazení do programu podpory Úspory energie s EPC.....	52
6 Přílohová část.....	54
6.1 Příloha č. 1 Seznam tabulek	54
6.2 Příloha č. 2 Seznam obrázků	55
6.3 Příloha č. 3 Ekonomika návrhu úsporných opatření – varianta 1	56
6.4 Příloha č. 4 Ekonomika návrhu úsporných opatření – varianta 2	58
6.5 Příloha č. 5 Výstupy z modelu PVGIS.....	60

1 Identifikace

1.1 Identifikační údaje o vlastníkovi objektu

Název/jméno	TJ Slavoj Velké Popovice, z.s.		
Adresa	Ringhofferova 336, 251 69 Velké Popovice		
Statutární zástupce	Petr Kotráš, předseda hlavního výboru		
Telefon	323 665 226	mobil	602 314 309
IČ	00507687	DIČ	CZ00507687
E-mail	tj-slavoj@email.cz		

1.2 Identifikační údaje o objektu

Název	Snížení energetické náročnosti zimního stadionu Velké Popovice
Adresa stavby	Ringhofferova 336, 251 69 Velké Popovice
Typ objektu	Sportovní objekt
Stručný popis EP	Předmětem posudku je zateplení vybraných konstrukcí obálky budovy a výměna oken, rekonstrukce osvětlení, instalace nuceného větrání s rekuperací do prostor šaten a realizace fotovoltaické elektrárny na střechu stadionu s trafostanicí.

1.3 Identifikační údaje o zpracovateli analýzy

Jméno	Ing. David Pech
Identifikační číslo	01313436
Adresa	náměstí F. X. Svobody č. p. 28, 252 10 Mníšek pod Brdy
Kontakt email/telefon	david.pech@volny.cz/723203145

Ing. David Pech

2 Popis energetického hospodářství

Systémová hranice projektu

Energetické hospodářství objektu zimního stadionu Ringhofferova 336, Velké Popovice tvoří: administrativní část, šatny, tělocvična a vlastní hala s ledovou plochou včetně přístavby strojovny chlazení, tj. spotřeba zemního plynu a elektřiny.

Spotřeba zemního plynu naměřená na fakturačním plynoměru v kotelně pro vytápění a přípravu teplé vody (TV) přístavby šaten, tělocvičny a administrativní části je očištěná o spotřebu zemního plynu pro restauraci (vaření), pro vytápění a přípravu TV hotelu a wellness (vše měřeno podružnými plynoměry) a teplou vodu pro rolbu (stanoveno výpočtem, od roku 2020 není připravována v kotelně ze zemního plynu, nýbrž odpadním teplem z kompresorů chlazení ledové plochy).

Spotřeba elektřiny naměřená na 2 fakturačních elektroměrech včetně podružnými elektroměry naměřené a přefakturované spotřeby pro hotel a wellness. Spotřeba elektřiny v restauraci není do systémové hranice zahrnuta (samostatné odběrné místo s vlastním měřením).

2.1 Charakteristika objektu

Hlavní činností je celoroční provoz zimního stadionu, tj. ledové plochy včetně zázemí. Ekonomické činnosti dle klasifikace CZ-NACE:

- 931 Sportovní činnosti
- 471 Maloobchod v nespecializovaných prodejnách
- 55 Ubytování

Z hlediska technických zařízení je v budově prováděno vytápění, příprava teplé vody, osvětlení a další procesy související s provozem TZB – spotřeba elektřiny na technologické procesy.

Proběhlé rekonstrukce:

- cca 2003 – oprava hydroizolace střechy haly a zázemí
- 2008 – rekonstrukce plynové kotelny
- 2014 – instalace LED osvětlení nad ledovou plochu
- zateplení (80 mm) a výměna oken v 1. NP šaten
- 2016 – rekonstrukce střechy šaten a administrativní části včetně zateplení
- 2020 – celková rekonstrukce ledové plochy a systému chlazení
 - náhrada stávajícího odběru chladu z cizího zdroje vlastní kompresorovou stanicí
 - celková rekonstrukce ledové plochy včetně veškerých rozvodů chladiwa

Tabulka 1 Charakteristika objektu

Identifikace činnosti	
Druh činnosti	Zimní stadion s letním provozem
Provozní doba	7 dní v týdnu; 6:00 – 23:00 hod, 365 dní/rok
Počet vytápěných budov	1

Obrázek 1 Pohledy na objekt



Jihozápadní pohled; vlevo přístavba šaten a tělocvičny



Jihozápadní pohled; přístavba administrativy



Severozápadní pohled; štít haly; v popředí nová strojovna chlazení



Severovýchodní pohled; přístavba hotelu



Jihovýchodní pohled; štít haly



Jihovýchodní pohled; přístavba administrativy; v popředí restaurace

2.2 Vytápěcí systém a zdroje pro vytápění

Zdrojem tepla pro vytápění administrativní části a šaten je sestava tří kondenzačních plynových kotlů WESSEX Modul MAX 120/360, celkový tepelný výkon kotlové sestavy je 360 kW. Kotle jsou r.v. 2008, v témže roce byla provedena celková rekonstrukce kotelny včetně rozdělovače topné soustavy, příslušné regulace a systému ohřevu TV.

Obrázek 2 Zdroje tepla na vytápění



Zdrojem tepla je sestava kotlů na zemní plyn



Rozdělovač a sběrač otopné vody

Kotlový okruh předává tepelnou energii přes termohydraulický rozdělovač otopné vodě. Ta je na rozdělovači dělena celkem na 6 topných větví:

- Vzduchotechnika šatny
- Vestavba bufetu a wellness
- ÚT šatny přízemí, hosté, rozhodčí
- Administrativní budova + tělocvična
- Vzduchotechnika restaurace + kuchyně
- Ohřev TV

Oběh otopné vody zajišťují na všech větvích oběhová čerpadla odpovídajících výkonů. Topné větve pro ÚT jsou osazeny trojcestnou směšovací armaturou pro regulaci teploty otopné vody podle aktuální venkovní teploty. Systém je regulován podle přednastavené ekvitermní křivky.

2.3 Příprava teplé vody

Teplá voda je připravována v prostoru kotelny v nepřímo ohřívaném zásobníku o objemu 2 500 l pro sociální zařízení v šatnách, tělocvičně a administrativě. Dodávka teplé vody k místům spotřeby je zajištěna cirkulačním okruhem s cirkulačními čerpadly. Odbočkou z cirkulačního okruhu je zajištěna teplá voda také pro sociální zařízení a kuchyni v restauraci. Tato spotřeba je měřena podružným vodoměrem. Další odbočkou z cirkulace je teplá voda zavedena do přístavby rolbovny, jako záloha v případě nedostatku odpadního tepla z chlazení.

Dalším zdrojem pro přípravu teplé vody je elektrický boiler v prostoru rolbovny pro potřeby sociálek obsluhy zařízení.

Obrázek 3 Příprava teplé vody



Topná větev pro ohřev TV s oběhovým čerpadlem



Deskový výměník jako zdroj tepla pro ohřev teplé vody; vpravo dole nabíjecí čerpadlo



Nepřímoohřevný zásobník teplé vody o objemu 2 500 l v kotelně



Cirkulační čerpadla TV



Elektrický boiler v rolbovně – ohřev TV pro obsluhu



Záložní napouštěcí ventil teplé vody pro rolbu z cirkulačního rozvodu TV

2.4 Chladicí systém

Chlazení vnitřních prostor není v hodnoceném objektu instalováno.

2.5 Vzduchotechnika

Část prostor šaten a sociálního zařízení u šaten je nuceně větráno přetlakovým vzduchotechnickým systémem. Vzduch je nasáván, filtrován, ohříván a distribuován VZT rozvody do větraných místností. Instalováno je původní VZT zařízení Kovona Karviná. Zařízení je bez rekuperace tepla a značně za hranou životnosti.

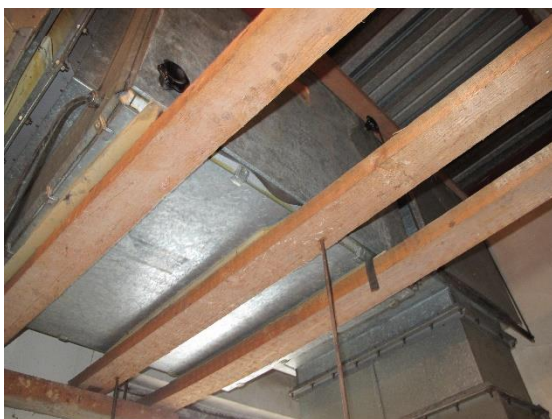
Obrázek 4 Vzduchotechnika



VZT jednotka pro ohřev přívodního vzduchu



VZT jednotka pro ohřev přívodního vzduchu



Podstropní VZT jednotka pro ohřev přívodního vzduchu



Podstropní VZT jednotka pro ohřev přívodního vzduchu



VZT jednotka pro restauraci a kuchyni



Rozvody teplého vzduchu



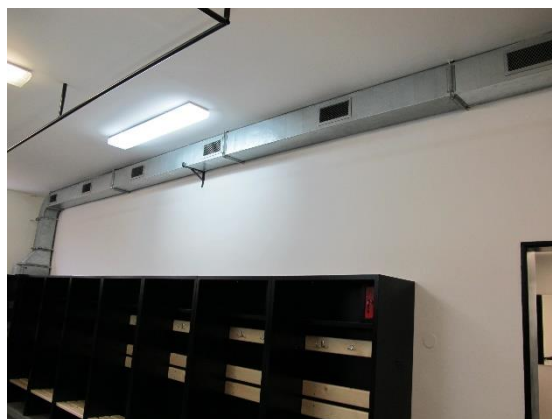
Rozvody teplého vzduchu



Rozvody teplého vzduchu



Rozvody teplého vzduchu



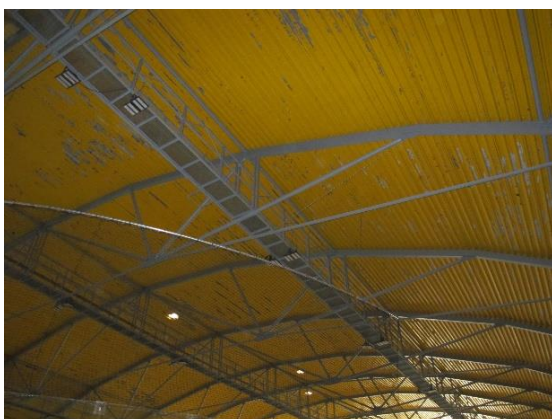
Rozvody teplého vzduchu

2.6 Osvětlovací soustava

Osvětlení v administrativních prostorech a v šatnách je převážně zářivkové, v prostorech s nižším časovým fondem svícení (např. soc. zařízení apod.) žárovkové. V případě zářivkových svítidel se zpravidla jedná o trubcová zářivková svítidla, rok instalace 1986.

Osvětlení haly s ledovou plochou prošlo v roce 2014 rekonstrukcí, kdy došlo k instalaci LED svítidel o celkovém příkonu 6,8 kW.

Obrázek 5 Osvětlovací systém



LED osvětlení ledové plochy



Zářivkové těleso v kanceláři

2.7 Údaje o hlavních rozvodech energie

2.7.1 Rozvody elektřiny

Elektřina je odebírána ze dvou odběrných míst v sazbách C02d – jednotarifový odběr VT slouží pro spotřebu elektřiny stadionu, zázemí a administrativy vyjma strojovny chlazení. Velikost jističe před elektroměrem je 80 A. Druhý odběr je realizován ve dvoutarifové sazbě C45d výhradně k odběru elektřiny pro strojovnu chlazení. Velikost hlavního jističe před elektroměrem je 315 A.

Přípojka NN je provedena ze sloupové trafostanice severozápadně od stadionu zemním vedením do rozvodny elektřiny. Objektové vedení začíná v hlavní domovní skříní s jištěním a následně odbočkami k elektroměrovým rozvodnicím s obchodním měřením a hlavními jističi. Rozváděč pro zdroj chladu je umístěn přímo v přístavbě strojovny chlazení na západní straně. Rozváděč pro ostatní spotřebu je umístěn v technické místnosti na severní straně stadionu.

Elektřina je k jednotlivým místům odběru rozváděna kabely AYKY a novější pak CYKY po stěnách na příchýtkách, v přístavbě administrativy a šaten pod omítkou. Technický stav elektrické instalace je dle předložených revizních zpráv vyhovující. Napěťová soustava je typu 3 PEN 50 Hz, 230/400 V/TN-C-S.

Obrázek 6 Rozvody elektřiny



Odbočka VN z nadzemního vedení distributora 22 kV



Stožárový transformátor 22/0,4 kv



Hlavní rozvodná skříň NN



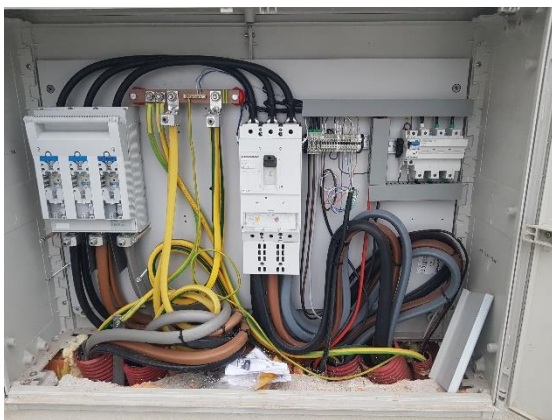
Hlavní jištění před fakturačními elektroměry



Fakturační elektroměry vlevo technologie chlazení, vpravo ostatní spotřeba



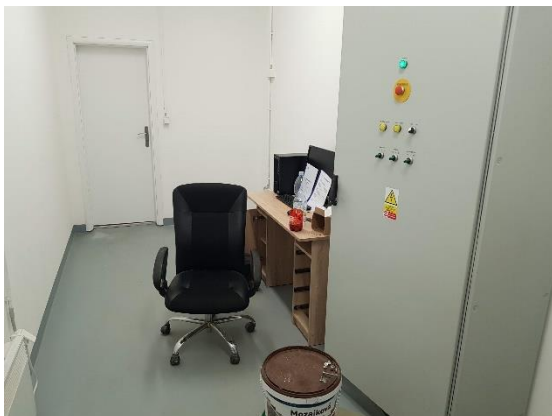
Rozváděč a podružné měření spotřeby elektřiny hotelu



Hlavní odpínač a jištění kompresoru



Rozváděč strojovny chlazení vč. regulátoru jalového výkonu, vpravo



Dispečerské řízení, hlavní ovládací panel

2.7.2 Rozvody tepla

Potrubí otopné vody ÚT je ocelové. V nevytápěných prostorech je opatřeno tepelnou izolací. Otopnými tělesy jsou převážně ocelová článková tělesa, v rekonstruovaných prostorech pak desková. Ve vybraných prostorech je osazena regulace v místě konečné spotřeby – termoregulační ventily.

Obrázek 7 Otopný systém



Otopné těleso článkové bez TRV



Otopné těleso článkové bez TRV



Otopné těleso článkové bez TRV



Otopné těleso deskové bez TRV

2.8 Údaje o významných spotřebičích energie

Hlavním významným spotřebičem energie kromě technických zařízení budovy je zdroj chladu pro chlazení ledové plochy.

Chlad pro provoz ledové plochy byl do roku 2020 odebírán z cizího zdroje – Pivovar Velké Popovice. V roce 2020 proběhla celková rekonstrukce ledové plochy a systému chlazení. V nové přístavbě strojovny chlazení je instalováno zařízení na bázi čpavkové technologie. Instalována je trojice šroubových kompresorů, každý o příkonu 75 kW. Součástí technologie je čpavkové hospodářství včetně zásobníku čpavku, oběhová čerpadla, systém využití odpadního tepla z chlazení pro ohřev teplé vody pro rolbu (úprava ledu) a rozmrazování ledu ve sněžné jámě. Zajištěno tak je nejen využití odpadního tepla, ale rovněž recirkulace vody pro výrobu ledu.

Zařízení je v ostrém provozu od 8. dubna 2021. Od tohoto data jsou k dispozici údaje o spotřebě elektřiny včetně ¼ hodinových maxim, viz dále. Technologie je provozována tak, že při běžném provozu je v chodu pouze 1 jednotka. Druhá jednotka je spouštěna při poptávce výkonu výroby ledu a v teplých měsících. Třetí jednotka je záložní s tím, že jednotky jsou v pravidelných cyklech prostřídávány, aby bylo zajištěno rovnoměrné zatížení.

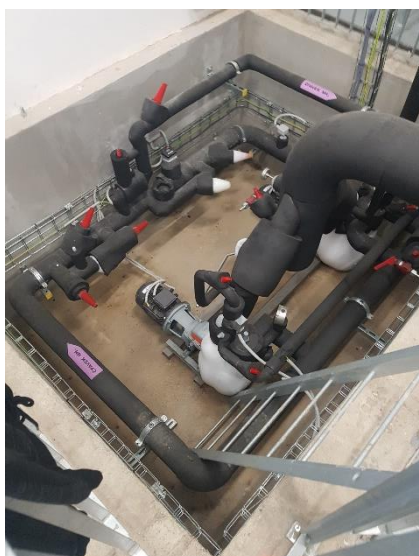
Obrázek 8 Technologie ledové plochy



Trojice šroubových kompresorů



Trojice šroubových kompresorů; v pozadí vlevo zásobník teplé vody pro rolbu



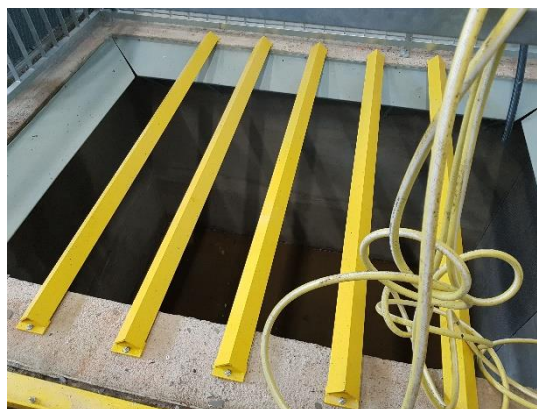
Čpavkové hospodářství s čerpadly



Zásobník chladiwa – čpavku



Dvojice trubkových výměníků; v popředí rozmrazování sněhu a ledu ve sněžné jámě, v pozadí ohřev recirkulované vody pro rolbu – úprava ledu



Sněžná jáma – voda z rozpuštěného sněhu (z rolby) jde přes filtrační systém zpět do technologie. Je ohřáta na požadovanou teplotu odpadním teplem z chlazení a napouštěna zpět do rolby.



Vzduchový chladič – kondenzátor na střeše strojovny pro odvod přebytečného tepla z chlazení



Vzduchový chladič – kondenzátor

2.9 Popis konstrukčního řešení budovy

Zimní stadion se skládá z několika částí (viz. situační plán dále). Střední se střechou uzavřené haly s ledovou plochou s tribunou. Hala má východní a západní štít (z venku VSŽ plech, Copilit a žaluzie).

Severní část je hotelová dvoupodlažní. Východní část je v 1.N.P. wellness a v 1.PP restaurace. (není předmětem tohoto dokumentu).

Jižní část se skládá z pravého objektu administrativní budovy 1. - 2. N.P., pod ní 1.P.P. technické zázemí (kotelna atd.), a z levého objektu šaten v 1. N.P. a tělocvičny ve 2. N.P.

Západní část v 1. N.P. z nové přístavby (rolbovna a technologie chlazení).

Obvodová konstrukce je provedena z ocelového skeletu hala (oba štíty) + přístavby (ocelový dvojtrakt), vše z výplňového zdiva – cihel CDM a vnitřní příčky jsou zděné. Fasáda je z břizolitu, na štítech je z venku VSŽ plech a ze dvou stran administrativy je proveden sokl keramickými obkladačkami v tmavě hnědé barvě. Okenní otvory jsou vyplněné v levé části plastovými okny ve 1. - 2. N.P. s bílým rámováním, ostatní jsou dřevěné či hliníkové původní v části administrativy 1. - 2. N.P., jak z venku, tak do haly a prostor jedné sociálky je prosvětlen luxferami.

Geometrické charakteristiky objektu, jeho vytápěné části, uvádí následující tabulka:

Tabulka 2 Geometrické parametry objektu-Přístavba šaten, tělocvičny a administrativy

Počet nadzemních podlaží	-	2
Počet podzemních podlaží	-	1
Zastavěná plocha objektu	m ²	648
Energeticky vztažná podlahová plocha	m ²	1 431
Celková plocha ochlazovaných konstrukcí	m ²	3 196
Objem vytápěné části budovy	m ³	6 214
Faktor tvaru budovy	m ² /m ³	0,51

2.9.1 Údaje o tepelně technických vlastnostech budovy

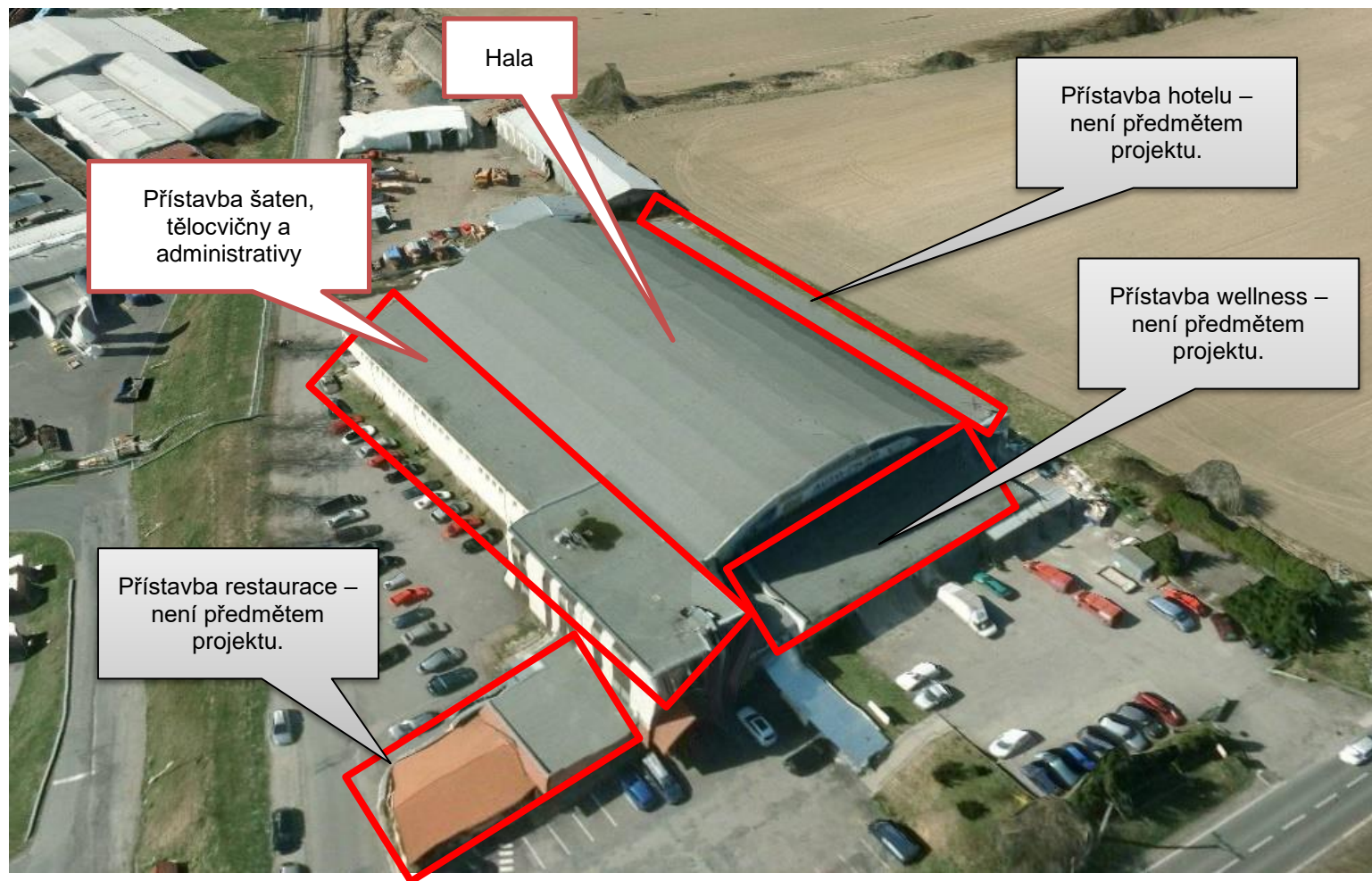
Tepelně technické vlastnosti budovy byly určeny na základě výpočtu součinitelů prostupu tepla jednotlivými konstrukcemi obálky budovy. Skladby konstrukcí byly převzaty z dostupné stavební projektové dokumentace. V případě konstrukcí, kde nebyla zřejmá skladba konstrukce nebo nebyla dostatečná dokumentace, bylo vycházeno se skladeb materiálů, které byly v minulosti používány a se zohledněním zkušeností zpracovatele. Veškerá zjednodušení a odhady jsou provedeny vždy na stranu bezpečnosti.

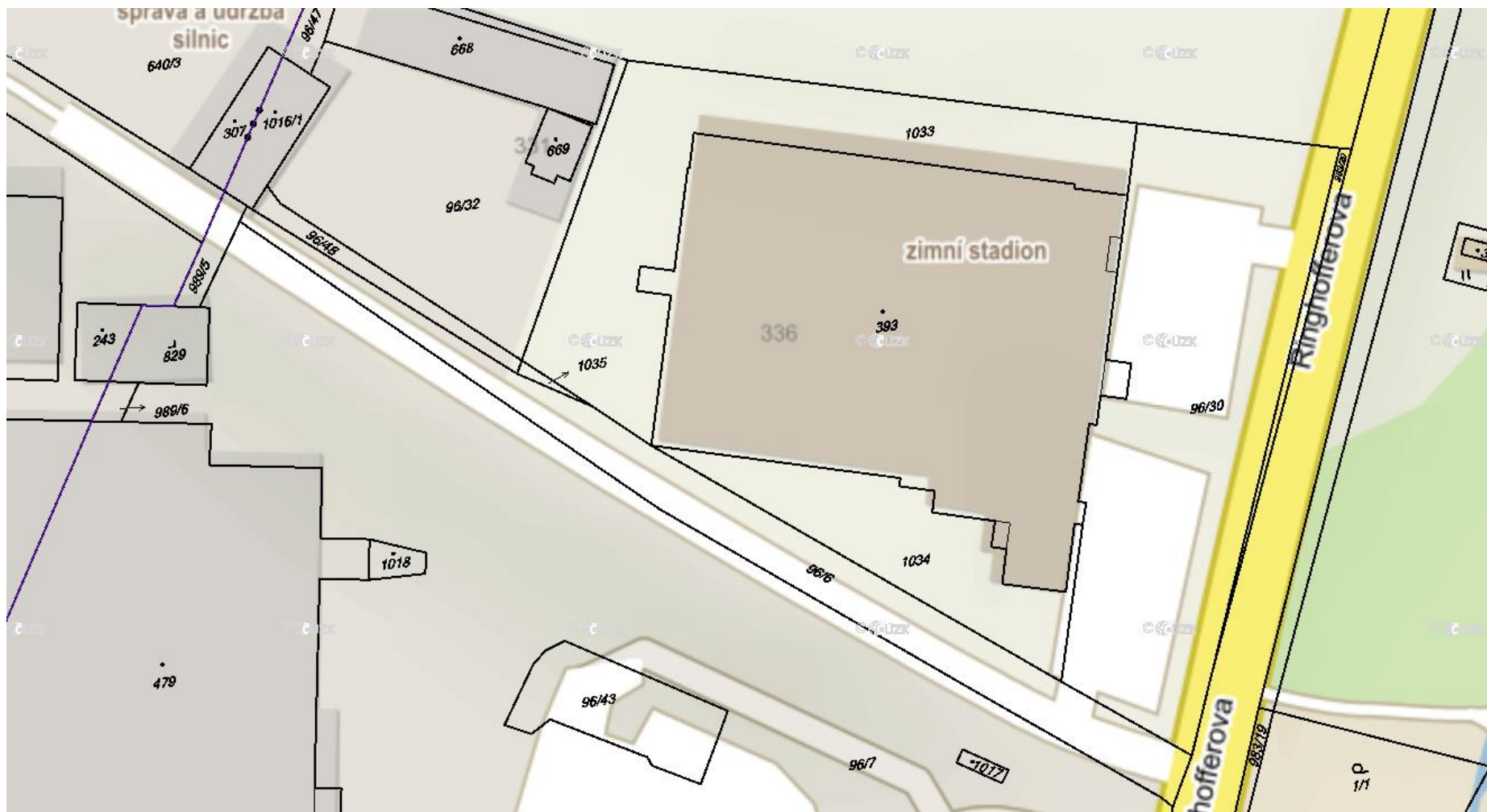
Nebyly provedeny žádné destruktivní zkoušky konstrukcí. Parametry technologických zařízení a skladby v zakrytých konstrukcích vč. vlivu tepelných vazeb byly odborně odhadnuty na základě zkušeností a stáří.

Lze konstatovat, že s výjimkou střechy, nových oken a vstupů jsou veškeré konstrukce obálky budovy na výrazně nevyhovující úrovni.

2.10 Situační plán

Obrázek 9 Letecký snímek





Zdroj: www.ikatastr.cz

2.11 Údaje o energetických vstupech

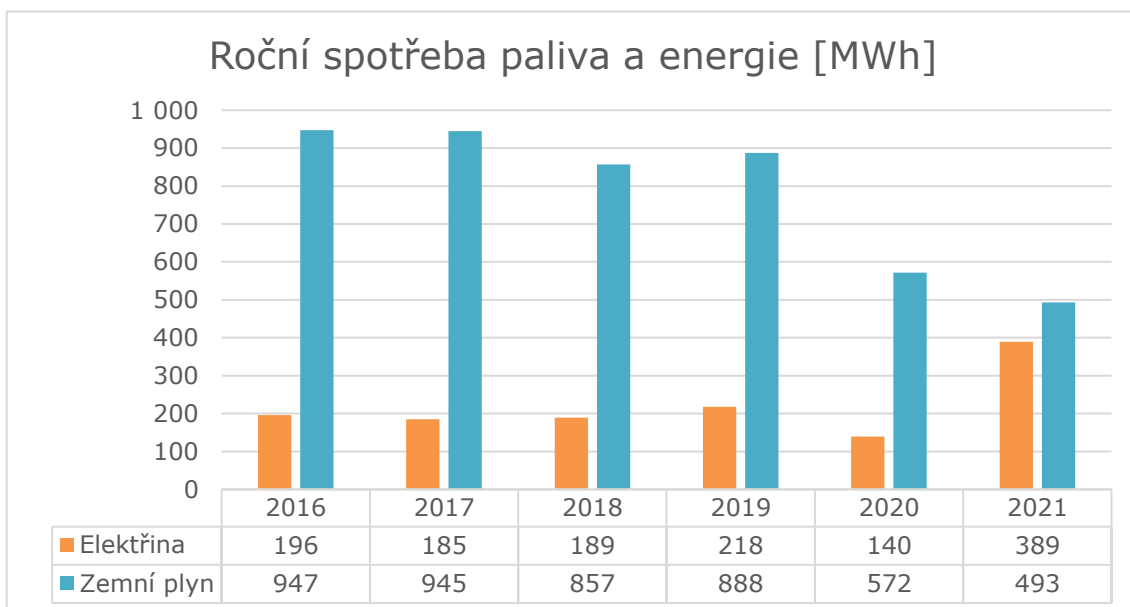
V následujících tabulkách jsou uvedeny hodnoty spotřeby energie – zemního plynu a elektřiny a hodnoty vynaložených nákladů v letech 2016 – 2021. Hodnoty spotřeby zemního plynu jsou přepočteny k výhřevnosti zemního plynu ($1 \text{ m}^3 = 0,03405 \text{ GJ}$), tj. z fakturované hodnoty v MWh ve spalném teple jsou přepočteny na spotřebu ZP odpovídající výhřevnosti na GJ a znovu na MWh.

Tabulka 3 Soupis základních údajů o energetických vstupech

Vstupy paliv a energie rok 2016	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotka	Přepočet na GJ	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
Elektřina C45d	MWh	196,2	3,60	706,3	196,2	474,7
Zemní plyn	MWh	947,1	3,24	3 068,6	852,4	848,4
Celkem vstupy paliv a energie				3 775,0	1 048,6	1 323,1
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0	0	0
Celkem spotřeba paliv a energie				3 775,0	1 048,6	1 323,1
Vstupy paliv a energie rok 2017	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotka	Přepočet na GJ	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
Elektřina C45d	MWh	184,7	3,60	665,0	184,7	427,6
Zemní plyn	MWh	945,0	3,24	3 061,7	850,5	680,0
Celkem vstupy paliv a energie				3 726,7	1 035,2	1 107,6
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0	0	0
Celkem spotřeba paliv a energie				3 726,7	1 035,2	1 107,6
Vstupy paliv a energie rok 2018	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotka	Přepočet na GJ	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
Elektřina C45d	MWh	189,2	3,60	681,2	189,2	492,8
Zemní plyn	MWh	856,7	3,24	2 775,8	771,1	663,3
Celkem vstupy paliv a energie				3 457,0	960,3	1 156,1
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0	0	0
Celkem spotřeba paliv a energie				3 457,0	960,3	1 156,1
Vstupy paliv a energie rok 2019	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotka	Přepočet na GJ	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
Elektřina C45d – VT	MWh	43,0	3,60	154,7	43,0	126,8
Elektřina C45d – NT	MWh	174,8	3,60	629,3	174,8	440,0
Zemní plyn	MWh	887,6	3,24	2 875,7	798,8	846,4
Celkem vstupy paliv a energie				3 659,7	1 016,6	1 413,2
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0	0	0
Celkem spotřeba paliv a energie				3 659,7	1 016,6	1 413,2

Vstupy paliv a energie rok 2020	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotka	Přepočet na GJ	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
Elektřina C45d – VT	MWh	28,7	3,60	103,2	28,7	92,7
Elektřina C45d – NT	MWh	111,1	3,60	399,8	111,1	315,4
Zemní plyn	MWh	572,1	3,24	1 853,7	514,9	581,9
Celkem vstupy paliv a energie				2 356,7	654,6	990,0
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0	0	0
Celkem spotřeba paliv a energie				2 356,7	654,6	990,0
Vstupy paliv a energie rok 2021	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotka	Přepočet na GJ	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
Elektřina C02d – VT	MWh	105,7	3,60	380,4	105,7	443,3
Elektřina C45d – VT	MWh	59,1	3,60	212,9	59,1	161,7
Elektřina C45d – NT	MWh	224,3	3,60	807,4	224,3	589,0
Zemní plyn	MWh	493,1	3,24	1 597,6	443,8	419,8
Celkem vstupy paliv a energie				2 617,9	727,2	1 170,4
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0	0	0
Celkem spotřeba paliv a energie				2 617,9	727,2	1 170,4

Obrázek 10 Vývoj spotřeby zemního plynu a elektřiny v letech 2016 až 2021



U obou energonositelů je v letech 2016 až 2019 patrná srovnatelná spotřeba. Snížení v roce 2020 je dáno uzavřením stadionu z důvodu rekonstrukce. To platí částečně také u zemního plynu v roce 2021 (stadion byl uveden do provozu na počátku dubna 2021). Dalšími důvody jsou pak absence spotřeby v posledních 2 měsících roku 2021 a snížení spotřeby plynu pro ohřev TV pro úpravu ledu. Poměrně výrazný nárůst spotřeby elektřiny v roce 2021 je dán spuštěním nového

kompresoru chlazení. Celková roční spotřeba elektřiny bude však vyšší při proběhu zařízení po celých 12 měsících (kompresor byl uveden do provozu 8.4.2021 a spotřeba za listopad a prosinec 2021 nebyla ještě k dispozici).

2.11.1 Podrobnější údaje k zemnímu plynu

Zemní plyn je určen pro potřeby vytápění, ohřevu větracího vzduchu a přípravy teplé vody pro zázemí stadionu a administrativu. Příprava TV v kotelně je rovněž záložním systémem pro úpravu ledu (napouštění rolby), pokud by nebyl dostatek odpadního tepla z chlazení.

Teplem na vytápění a přípravu TV z plynové kotelny je zásobována rovněž restaurace a vytápěn pronajímaný prostor bufetu v hale. Část spotřeby zemního plynu je na základě podružných plynoměrů přefakturována provozovateli hotelu a wellness na vytápění a přípravu TV a stejnému provozovateli restaurace na vaření.

V současné době je uzavřena smlouva o sdružených dodávkách zemního plynu se společností TGC Energie s.r.o. s platností do 1. 1. 2023. Pevná fixní cena za zemní plyn (komoditu) je 580,- Kč/MWh. Distributorem je společnost GasNet, s.r.o. V objektu se nachází jedno odběrné místo.

Číslo odběrného místa: 3000022881

EIC kód odběrného místa: 27ZG200Z0236716G

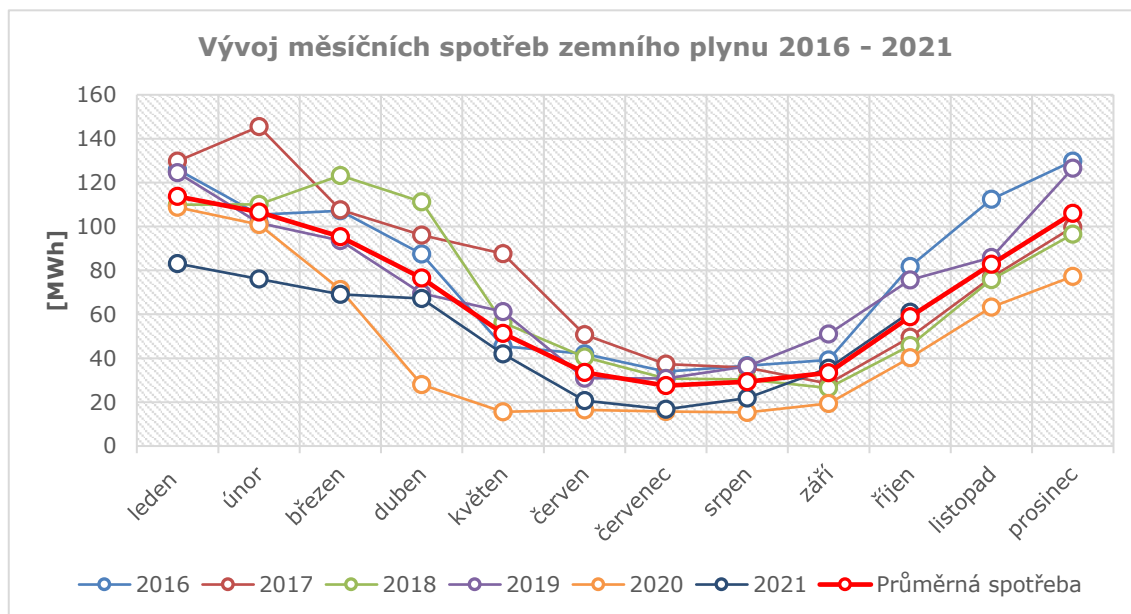
Fakturační plynoměr č.: 15081370

Měsíční spotřebu zemního plynu naměřenou na fakturačním plynoměru uvádí následující tabulka. Hodnoty jsou uvedeny ve fakturačních jednotkách MWh, tj. ve spalném teple. Spotřeba za měsíce listopad a prosinec 2021 nebyly v době zpracování analýzy k dispozici.

Tabulka 4 Měsíční spotřeby zemního plynu v letech 2016 až 2021

Období	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
leden	126	130	110	125	109	83
únor	105	146	110	102	101	76
březen	107	108	123	94	71	69
duben	88	96	111	70	28	67
květen	46	88	56	61	16	42
červen	42	51	40	31	16	21
červenec	34	37	31	31	16	17
srpen	37	36	30	36	15	22
září	39	28	26	51	19	35
říjen	82	50	46	76	40	61
listopad	112	77	76	86	63	n/a
prosinec	130	100	96	127	77	n/a
Celkem	947	945	857	888	572	493

Obrázek 11 Vývoj spotřeby zemního plynu v letech 2016 až 2021



Vzhledem k tomu, že zemní plyn je převážně spotřebováván na vytápění, jsou určujícím faktorem spotřeby plynu klimatické podmínky příslušného období. Červená tučná čára prezentuje průměrnou spotřebu zemního plynu. Žlutá čára (rok 2020) ukazuje výraznější propad spotřeby plynu od března do konce roku a na tuto skutečnost navazuje tm. modrá čára (rok 2021) v měsících leden až březen. Tento pokles je dán odstávkou provozu zimního stadionu a jeho rekonstrukcí. Od dubna 2021 je patrný návrat spotřeby k průměrným hodnotám. Nižší spotřeba plynu v letních měsících roku 2021 je způsoben spuštěním systému ohřevu teplé vody pro úpravu ledu odpadním teplem z chlazení. Původně byla tato voda ohřívána v kotelně zemním plynem.

2.11.2 Podrobnější údaje k elektřině

Elektřina je určena pro výrobu chladu – chlazení ledové plochy a ostatní spotřebu elektrických spotřebičů jak TZB, tak ostatních. Část elektřiny je přefakturována na základě podružného elektroměru provozovateli hotelu a wellness. Distributorem je společnost ČEZ Distribuce, a.s. V objektu se nachází dvě odběrná místa. U obou je odběr uskutečňován z napěťové hladiny nízkého napětí (VN část včetně transformátoru patří distributorovi).

Číslo odběrného místa: 3000020279

EAN kód odběrného místa: 859182400610178026

Fakturační elektroměr č.: 44567389

Sazba odběru: C 45d – Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 20 hodin

Velikost hlavního jističe: 3x315 A

V současné době je uzavřena smlouva o sdružených službách dodávky elektřiny ze sítí NN se společností TGC Energie s.r.o. s platností do 31. 12. 2022. Cena silové elektřiny je pro oba tarify VT i NT shodná ve výši 1 550,- Kč/MWh, stálý plat je 69,- Kč/měsíc.

Toto odběrné místo je určeno výhradně pro strojovnu chlazení.

Číslo odběrného místa: 3000140148
 EAN kód odběrného místa: 859182400610719939
 Fakturační elektroměr č.: 1025058335
 Sazba odběru: C 02d – Jednotarifová sazba (pro střední spotřebu)
 Velikost hlavního jističe: 3x80 A

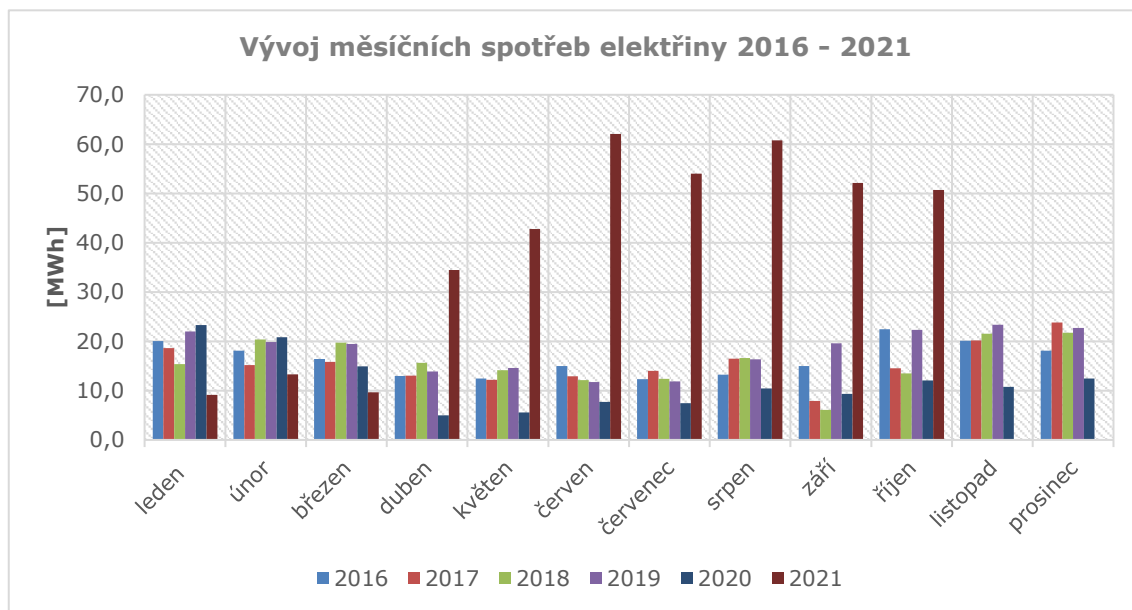
V současné době je uzavřena smlouva o sdružených službách dodávky elektřiny ze sítí NN se společností ARMEX ENERGY, a.s. s platností do 31. 12. 2022. Cena silové elektřiny je ve VT je 1 599,- Kč/MWh, stálý plat je 0,- Kč/měsíc.

Měsíční spotřeby elektřiny naměřené na fakturačních elektroměrech uvádí následující tabulka. Hodnoty jsou uvedeny ve fakturačních jednotkách MWh. Spotřeba za měsíce listopad a prosinec 2021 nebyly v době zpracování analýzy k dispozici.

Tabulka 5 Měsíční spotřeby elektřiny v letech 2016 až 2021

Období	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
leden	20,021	18,599	15,401	21,988	23,314	9,140
únor	18,105	15,183	20,397	19,867	20,829	13,315
březen	16,419	15,827	19,729	19,474	14,919	9,671
duben	12,969	13,050	15,638	13,886	4,978	34,476
květen	12,454	12,191	14,134	14,577	5,546	42,781
červen	14,992	12,913	12,129	11,736	7,711	62,033
červenec	12,325	14,031	12,356	11,838	7,423	54,001
srpen	13,228	16,480	16,598	16,363	10,458	60,791
září	14,976	7,938	6,058	19,592	9,306	52,141
říjen	22,479	14,533	13,500	22,344	12,075	50,728
listopad	20,127	20,154	21,553	23,375	10,734	n/a
prosinec	18,111	23,823	21,742	22,722	12,431	n/a
Celkem	196,2	184,7	189,2	217,8	139,7	389,1

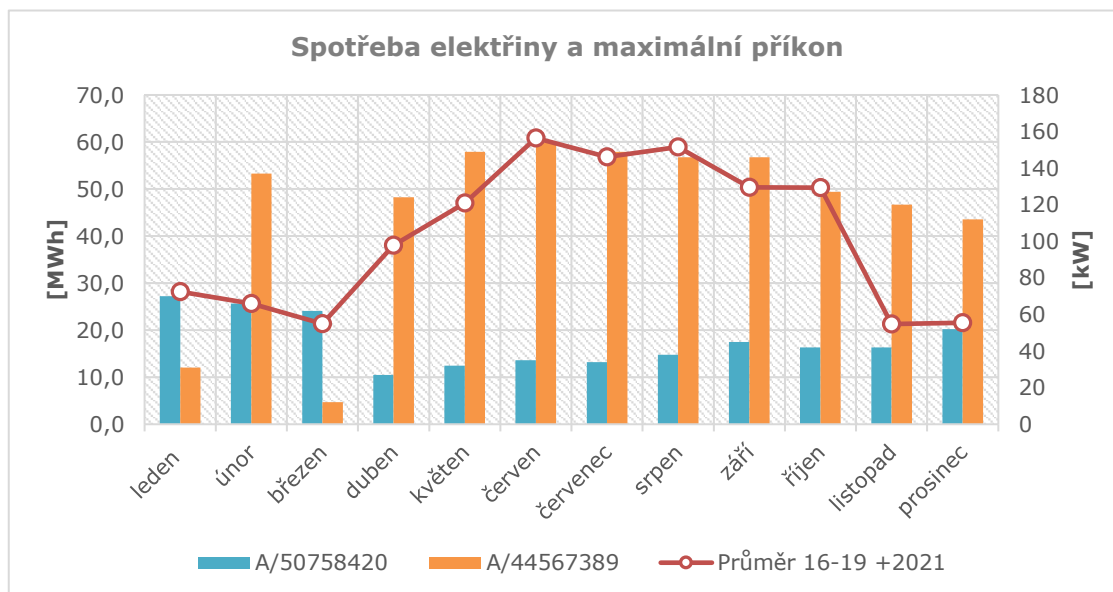
Obrázek 12 Vývoj spotřeby elektřiny v letech 2016 až 2021



Na grafu je snížení spotřeby v roce 2020 díky rekonstrukčním pracím patrné po měsících – tm. modré sloupce v lednu a únoru 2020 nejvyšší za poslední sledované roky, od března výrazně nízké, a to až do března 2021 (hnědé sloupce). Od dubna (8. 4. 2021) uvedení do provozu kompresoru chlazení. Spotřeby za listopad a prosinec 2021 nebyla ještě k dispozici.

Pro zpracování analýzy byl k dispozici ¼ hodinový průběh odběru elektřiny, a to u původního elektroměru A/50758420 za rok 2020, tedy v rozsahu původního provozu stadionu (hodnoty jsou částečně zkresleny díky probíhající rekonstrukci v tomto roce) a dále u nového elektroměru A/44567389 měřícího spotřebu kompresoru chlazení (i zde je zkreslení dané neúplnými daty). Červená křivka prezentuje průměrnou spotřebu stadion v letech 2016 až 2019 a spotřebu strojovny chlazení v roce 2021.

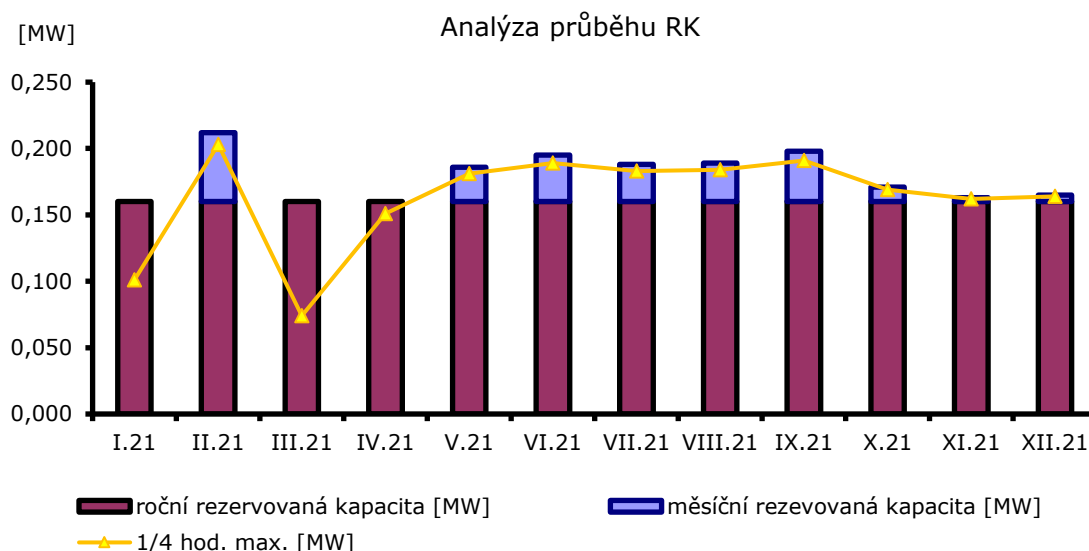
Obrázek 13 ¼ hodinová maxima a spotřeba elektřiny



Rezervovaná kapacita není na odběrných místech zřízena, jedná se o odběr z NN v sazbě C02d a C45d (od ledna 2021).

Určení ¼ hodinového maxima je klíčové pro nastavení plateb za rezervovanou kapacitu při přechodu na odběr z napěťové hladiny vysokého napětí VN (výstavba vlastní trafostanice), viz. jedno z navržených opatření. Teoretický průběh rezervované kapacity, sestavený na základě dostupných dat, prezentuje následující graf. Kombinace roční a měsíční rezervované kapacity je výsledkem optimalizačního výpočtu.

Obrázek 14 Analýza průběhu rezervované kapacity



Skutečný průběh maxim v běžném provozu bude odlišný. Zejména únorová nejvyšší hodnota je pravděpodobně způsobena zkušebním provozem a zkouškami kompresoru. Při stanovené rezervované kapacitě bude snaha o optimální provoz zařízení a odpínání zátěže v souběhových špičkách.

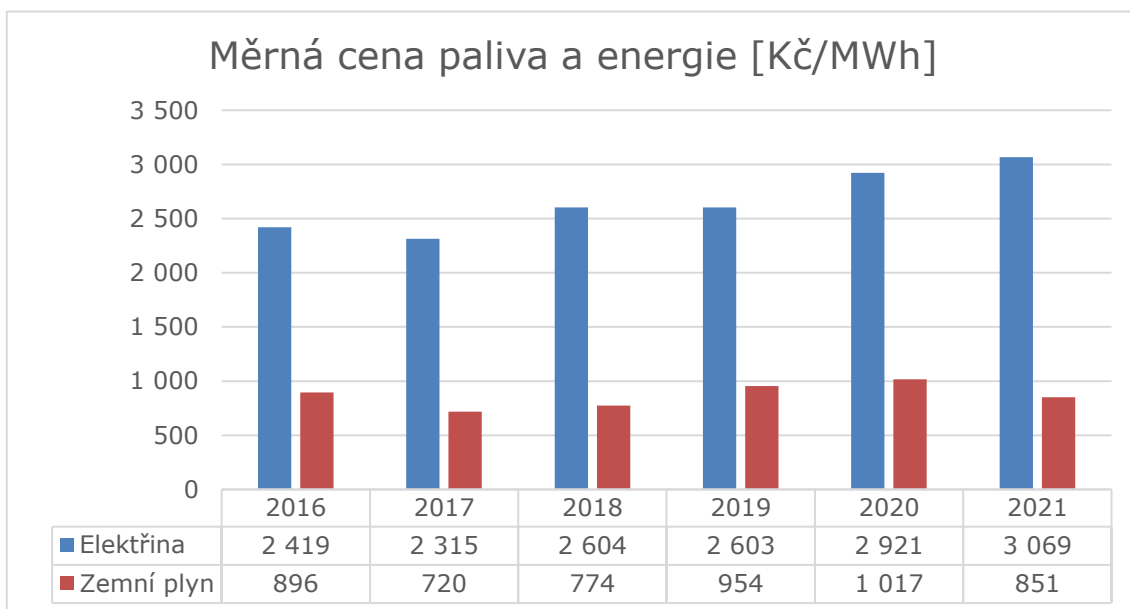
2.11.3 Ceny zemního plynu a elektřiny

V následující tabulce je dokumentována měrná cena vstupních energonositelů do objektu. Cenové údaje vychází z předložených podkladů (faktur) a jsou bez DPH. Jedná se o celkové průměrné měrné ceny za odebranou energii dohromady za variabilní a fixní části ceny, resp. za dodávku, distribuci a další komponenty ceny.

Tabulka 6 Měrná cena vstupních energií

Měrná cena vstupních energonositelů				
Období	Sazba odběru elektřiny		El. energie	Zemní plyn
			Kč/MWh	Kč/MWh
2016	C45d		2 419	896
2017	C45d		2 315	720
2018	C45d		2 604	774
2019	C45d	VT	2 951	954
		NT	2 517	
2020	C45d	VT	3 235	1 017
		NT	2 840	
2021	C02d	VT	4 195	851
	C45d	VT	2 715	
		NT	2 607	

Obrázek 15 Vývoj celkové ceny zemního plynu a elektřiny v letech 2016 až 2021



2.12 Korekce výchozí energetické bilance

V této kapitole je vymezena systémová hranice projektu s ohledem na účel a typ energeticky úsporných opatření a z hlediska určení vstupů do výchozí energetické bilance (uvažovaná spotřeba zemního plynu a elektřiny a náklady za tyto energonositele).

2.12.1 Spotřeba paliva a energie systémové hranice projektu a korekce nákladů za energonositele

U zemního plynu je do bilance uvažována průměrná spotřeba z let plného provozu, tj. 2016 až 2019 naměřená na fakturačním plynoměru v kotelně pro vytápění a přípravu TV přístavby šaten, tělocvičny a administrativní části, očištěná o spotřebu zemního plynu pro restauraci (vaření) a pro vytápění a přípravu TV hotelu a wellness – měřeno podružnými plynoměry a přefakturováno provozovateli restaurace a hotelu s wellness.

Hodnota je dále ponížena o spotřebu zemního plynu na ohřev teplé vody pro úpravu ledu (spotřeba rolby), která již není od roku 2020 tímto způsobem připravována (nově je voda ohřívána odpadním teplem z chlazení ledu). Množství bylo určeno výpočtem – z rozdílu průměrné letní spotřeby plynu v roce 2019 a 2020, kdy nebyla ledová plocha díky rekonstrukci využívána, tj. upravována rolbou. Měsíční hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 7 Vstupní spotřeba zemního plynu měsíční

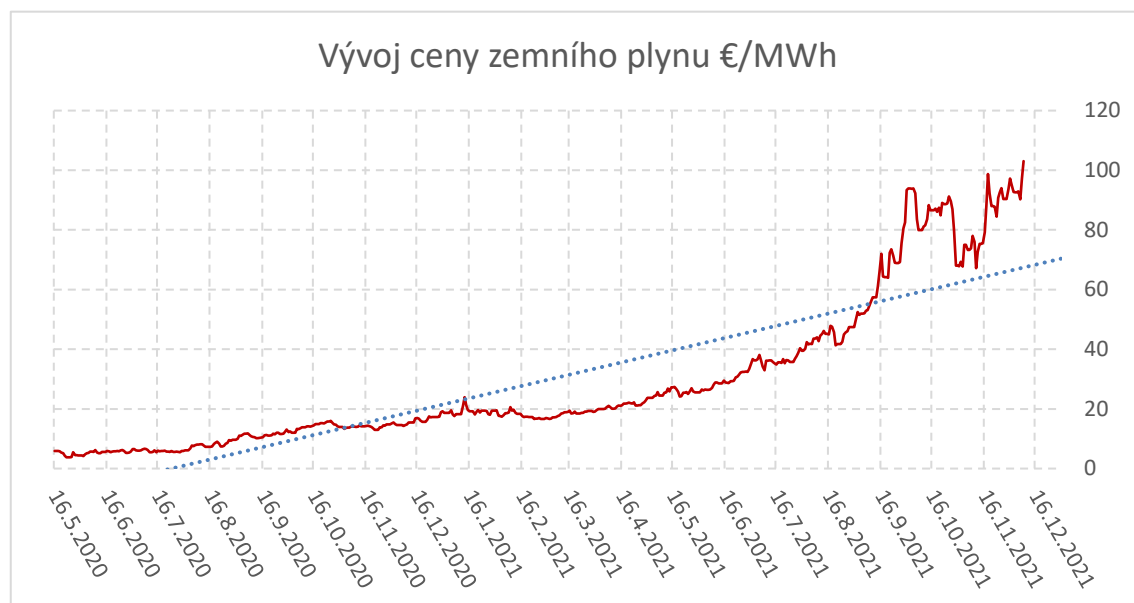
Období	Průměrná spotřeba ZP 2016–2019	Výchozí očištěná spotřeba ZP	NÁKLADY	Přefakturovaná spotřeba ZP			Výpočet
				Restaurace vaření	Hotel ÚT+TV	Wellness	Úprava ledu (rolba)
	MWh	MWh	Kč	MWh	MWh	MWh	MWh
leden	123	103	133 649	0,4	2,1	0,2	16,9
únor	116	97	126 650	0,4	1,6	0,2	16,9
březen	108	89	118 425	0,4	1,4	0,1	16,9
duben	91	73	100 418	0,4	0,8	0,2	16,9
květen	63	44	69 038	0,4	0,9	0,1	16,9
červen	41	23	45 661	0,4	0,5	0,1	16,9
červenec	33	15	37 168	0,4	0,4	0,1	16,9
srpen	35	17	38 811	0,4	0,5	0,1	16,9
září	36	18	39 788	0,4	1,1	0,2	16,9
říjen	63	44	68 939	0,4	1,5	0,2	16,9
listopad	88	69	95 878	0,4	1,6	0,2	16,9
prosinec	113	94	123 844	0,4	1,6	0,2	16,9
Celkem	909	686	998 268	4,8	14,0	1,9	202,2

Uvedená spotřeba plynu 686 MWh je dále přepočtena ze spalného tepla na výhřevnost a rozdělena na spotřebu na vytápění a na ohřev teplé vody na základě průměru spotřeby z měsíců, kdy neprobíhá vytápění. Tato hodnota je vynásobena 12-ti a odečtena od základu. Výsledkem je spotřeba zemního plynu jen na vytápění, který dále vstupuje do denostupňové metody, viz dále.

Vzhledem k současnému vývoji na energetických trzích byla provedena korekce nákladů za dodávku zemního plynu, tj. indikativní ceny dodávky (komodity) a ceny za služby distribuční soustavy a další regulované ceny.

U komodity byla cena určena s přihlédnutím k indikativní ceně plynu¹ jako průměr za posledních 12 měsíců na spotovém trhu. Vývoj ceny prezentuje následující graf. Výsledná cena komodity je 40,16 €/MWh, tj. 1 025,7 Kč/MWh (spalné teplo).

Obrázek 16 Vývoj ceny komodity – zemního plynu na spotovém trhu



Cena za regulovanou složku ceny zemního plynu byla převzata z Cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 7/2021 ze dne 30. listopadu 2021, o regulovaných cenách souvisejících s dodávkou plynu platné od 1. 1. 2022.

Výsledná celková měrná cena za MWh spalného tepla zemního plynu je 1 419,9 Kč, tj. 438 Kč/GJ (výhřevnosti). Tato hodnota byla použita pro výchozí energetickou bilanci.

V případě elektřiny byla výchozí spotřeba určena z průměrné spotřeby odběrného místa v sazbě C02d, jistič 80 A (dříve C45d, jistič 160 A) z let plného provozu (bez kompresoru chlazení), tj. 2016 až 2019 naměřená na fakturačním elektroměru a na druhém fakturačním elektroměru naměřené spotřeby odběrného místa v sazbě C45d, jistič 315 A (strojovna chlazení) v roce 2021. Vzhledem k tomu, že kompresor byl uveden do plného provozu až počátkem dubna 2021 a spotřeba za listopad a prosinec nebyla dosud k dispozici, je celková spotřeba vypočtena z průměru dostupných dat o spotřebě.

Část podružným elektroměrem naměřené a přefakturované elektřiny provozovateli hotelu a wellness je ve výchozí spotřebě ponechána z důvodu navrženého opatření fotovoltaické elektrárny. Důvodem je skutečnost, že pro provozovatele zimního stadionu je výhodnější spotřebovat vyrobenou elektřinu v místě, tj. např. pro hotel a wellness (tato spotřeba je 100 % přefakturována) nebo ji i dodat dalším odběrným místům v bezprostřední lokalitě (restaurace, pivovar a další).

¹ <https://www.eru.cz/cs/-/indikativni-cena-komodity-plyn>

Spotřeba elektřiny v restauraci není do systémové hranice zahrnuta (samostatné odběrné místo s vlastním měřením).

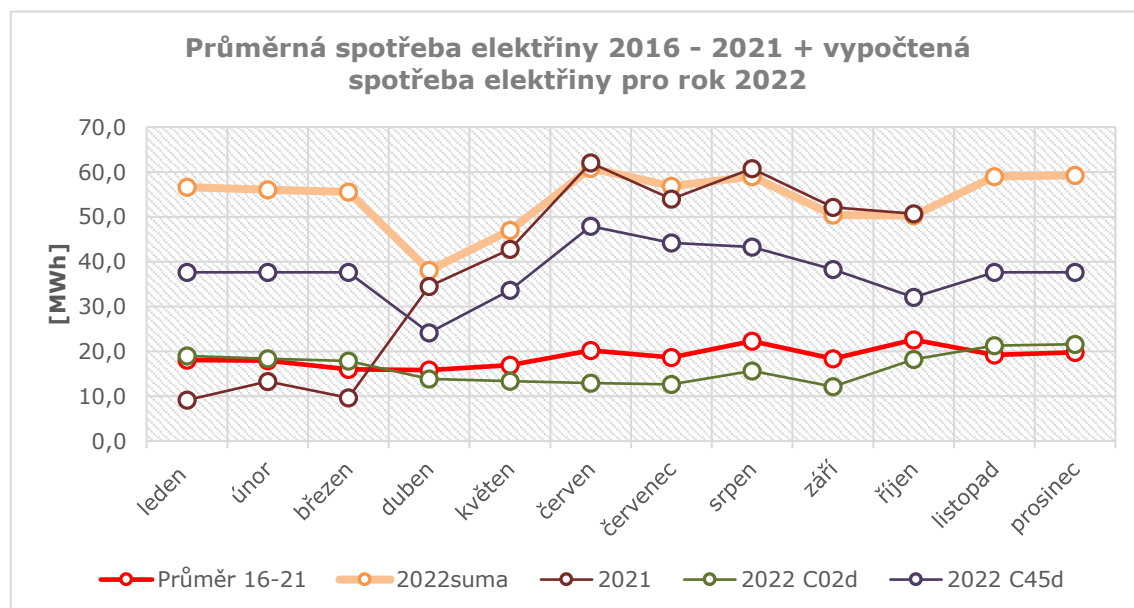
Měsíční průměrné a dopočtené hodnoty spotřeby elektřiny jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 8 Vstupní spotřeba elektřiny měsíční

Období	Průměrná spotřeba elektřiny (aktuální sazba C02d) 2016–2019	Spotřeba strojovny chlazení část roku 2021 + dopočet	Výchozí spotřeba celkem	NÁKLADY	Přefakturovaná spotřeba elektřiny	
					Hotel ÚT+TV	Wellness
	MWh	MWh	MWh	Kč	MWh	MWh
leden	19,002	37,650	56,652	200 726	2,94	0,57
únor	18,388	37,650	56,038	198 042	1,84	0,72
březen	17,862	37,650	55,512	195 745	1,74	0,69
duben	13,886	24,165	38,051	146 920	1,45	2,54
květen	13,339	33,663	47,002	166 443	2,46	1,37
červen	12,943	47,896	60,839	198 757	3,49	3,56
červenec	12,638	44,225	56,863	188 544	2,74	3,27
srpen	15,667	43,293	58,960	199 625	3,48	2,21
září	12,141	38,256	50,397	172 193	3,35	3,57
říjen	18,214	32,051	50,265	183 971	1,46	3,60
listopad	21,302	37,650	58,952	210 777	3,44	1,47
prosinec	21,600	37,650	59,249	212 076	2,78	1,91
Celkem	197,0	451,8	648,8	2 273 821	31,2	25,5

Grafické znázornění je uvedeno níže.

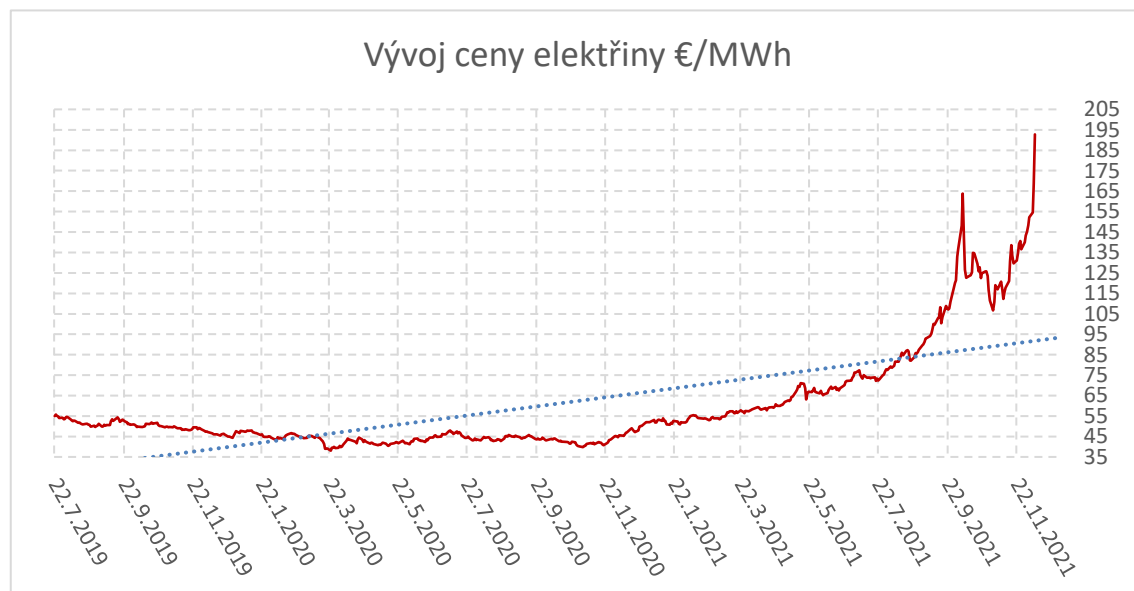
Obrázek 17 Vstupní spotřeba elektřiny měsíční



Rovněž u elektřiny byla provedena korekce nákladů za dodávku, tj. cena silové elektřiny, cena za služby distribuce a další regulované ceny.

Cena silové elektřiny byla stanovena jako průměr za posledních 12 měsíců na spotovém trhu. Vývoj ceny prezentuje následující graf. Výsledná cena je 80,48 €/MWh, tj. 2 055,7 Kč/MWh.

Obrázek 18 Vývoj ceny silové elektřiny na spotovém trhu



Cena za regulovanou složku ceny elektřiny byla převzata z Cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu u č. 9/2021 ze dne 30. listopadu 2021, kterým se stanovují ceny za související službu v elektroenergetice odběratelům ze sítí nízkého napětí a č. 8/2021 ze dne 30. listopadu 2021, kterým se stanovují ceny za související službu v elektroenergetice a ostatní regulované ceny platných od 1. 1. 2022.

Výsledná celková měrná cena za MWh elektřiny je 3 037 Kč v sazbě C045d (VT – 3 097 Kč/MWh; NT – 3 019 Kč/MWh) a 4 578 Kč v sazbě C02d. Celková průměrná cena v napěťové hladině NN je 3 505 Kč/MWh. V napěťové hladině VN pak 2 778 Kč/MWh. Tyto hodnoty byly použity pro výchozí a upravenou energetickou bilanci.

2.12.2 Vyhodnocení spotřeby tepla denostupňovou metodou

Pro zohlednění vlivů konkrétních klimatických podmínek v lokalitě je proveden přepoččet skutečné spotřeby tepla pro vytápění denostupňovou metodou a určena průměrná hodnota spotřeby tepla pro vytápění pro kontrolu a určení skutečné výše tepelné ztráty objektu.

Na základě provedeného propočtu je sestavena výchozí roční energetická bilance, která je dále použita při výpočtech úspor navržených opatření. Vzhledem k různým klimatickým podmínkám v jednotlivých letech jde o metodu, která sjednocuje spotřeby tepla na vytápění na stejnou bázi na dlouhodobý průměr denostupňů (cca 50-ti letý průměr).

Zdrojem dat je publikace „Klimatologická data do 12/2018“, Roman Šubrt a kolektiv, která byla zpracována za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie pro rok 2016 – Program EFEKT a dále údaje dostupné na webu ČHMÚ.

Tabulka 9 Přepoččet spotřeby tepla na vytápění na dlouhodobý průměr

Hodnocené období	2016	2017	2018	2019	Průměr / DDP 50
Roční spotřeba energie pro vytápění vycházející z účetních dokladů [GJ/rok]	1 635	1 628	1 342	1 442	1 512
Počet denostupňů °D pro průměrnou vnitřní teplotu	3 518	3 580	3 096	3 162	3 339
Podíl denostupňů k dlouhodobému klimatickému normálu	89 %	91 %	78 %	80 %	85 %
Roční spotřeba energie pro vytápění přepočtená na dlouhodobý klimatický průměr [GJ/rok]	1 833	1 794	1 710	1 799	1 784

Tabulka 10 Porovnání teoretické spotřeby tepla na vytápění se skutečnou spotřebou tepla na vytápění

Porovnání teoretické a skutečné spotřeby tepla na ÚT			
Přístavba šaten, tělocvičny a administrativy	Teoretická spotřeba tepla na ÚT	Skutečná spotřeba tepla na ÚT	Podíl teoretické ku skutečné spotřebě
	GJ/rok	GJ/rok	%
Zimní stadion	1 721,5	1 784,0	96,5

Skutečná spotřeba na vytápění upravená dle denostupňové metody je prakticky shodná s hodnotou určenou teoretickým výpočtem (rozdíl méně než 10 %), viz předchozí tabulka. Jako výchozí spotřeba tepla na vytápění do upravené vstupní bilance bude dále použita hodnota stanovená teoretickým výpočtem.

2.13 Výchozí roční energetická bilance

Tabulka 11 Výchozí roční energetická bilance

ř.	ukazatel	Energie		Náklady
		(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)
1	Vstupy paliv a energie	4 831	1 342	3 368
	<i>z toho elektřina včetně přeúčtování</i>	2 336	649	2 274
	<i>z toho zemní plyn pouze zimní stadion</i>	2 496	693	1 094
2	Změna zásob paliv	0	0	0
3	Spotřeba paliv a energie	4 831	1 342	3 368
4	Prodej energie cizím	0	0	0
5	Konečná spotřeba paliv a energie	4 831	1 342	3 368
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech energie	618	172	277
	<i>z toho ÚT</i>	214	60	96
	<i>z toho TV</i>	404	112	181
7	Spotřeba energie na vytápění	1 570	436	688
8	Spotřeba energie na chlazení	0	0	0
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody	308	86	128
10	Spotřeba energie na větrání	0	0	0
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti	0	0	0
12	Spotřeba energie na osvětlení	164	46	209
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	2 172	603	2 065

Pozn.: Chlazení ledové plochy je zahrnuto v rámci technologické spotřeby. Případné rozdíly v součtech jsou v toleranci +/-1 vlivem zaokrouhlování.

Pozn. Spotřeba zemního plynu na záložní ohřev TV pro rolbu je zanedbána (spotřeba není měřena a nelze ji určit výpočtem; je však velice nízká)

Pozn.: Pro převod mezi GJ/rok a MWh/rok je použito $1 \text{ MWh} = 3,6 \text{ GJ}$. U zemního plynu se tak jedná o výhřevnost. Vzhledem k zastaralému otopnému systému nelze očekávat provoz zdroje v kondenzačním režimu.

3 Přehled navrhovaných energeticky úsporných opatření

3.1 Rekonstrukce obálky budovy

3.1.1 Výměna původních otvorových konstrukcí

- původní dřevěná okna do exteriéru
- původní dřevěná okna do haly
- původní kovové vstupy do haly

V případě oken budou vyměněny všechny tyto konstrukce, kromě již vyměněných plastových oken s izolačními dvojskly. Nová okna budou mít výplně se zasklením izolačním trojsklem s výsledným celkovým součinitelem prostupu tepla $U_w \leq 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$.

V případě vstupů budou vyměněny všechny původní vstupy do prostoru haly. Nové vstupy budou s výsledným celkovým součinitelem prostupu tepla $U_D \leq 1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tabulka 12 Výměna výplní otvorů

Výměna výplní otvorů	plocha	U_w
	m ²	W/m ² K
Okna	77,2	0,90
Vstupní konstrukce	3,8	1,50
Celkem	81,0	

3.1.2 Zateplení svislého obvodového pláště šaten a administrativní části

- nezateplený obvodový plášť do exteriéru
- nezateplený obvodový plášť do haly
- dozateplení již zatepleného obvodového pláště ve 2. NP prostoru šaten
- podhled nad exteriérem
- podhledy do prostoru haly a průjezdu

Pro obvodový plášť je navrženo zateplení vnějším kontaktním zateplovacím systémem ETICS s použitím tepelného izolantu v tl. 160 mm ($\lambda \leq 0,04 \text{ W/m.K}$).

U již zatepleného obvodového pláště ve 2. N.P. jižní a západní fasády v prostoru šaten (zatepleno pomocí 80 mm EPS) je navrženo "dozateplení" stávající konstrukce pomocí tepelného izolantu v tl. 80 mm ($\lambda \leq 0,04 \text{ W/m.K}$) kotveného přes stávající zateplení.

U konstrukcí podhledů je navrženo zateplení vnějším kontaktním zateplovacím systémem ETICS s použitím tepelného izolantu v tl. 200 mm ($\lambda \leq 0,04 \text{ W/m.K}$).

Z podstaty zateplování je nutno, z důvodu omezení možných tepelných mostů, výsledného architektonického výrazu objektu apod., zateplit i konstrukce nad rámec ochlazované obálky budovy dle ČSN 73 0540 (tzv. přidružené konstrukce). Jako přidružené konstrukce jsou uvažovány předsazené stěny, sokl, atika, a ostění oken.

Součástí zateplení je rovněž nutná hydroizolace spodní stavby a provedení nových vnějších okapových svodů a hromosvodů.

Tabulka 13 Zateplení obvodového pláště

Zateplení obvodového pláště	plocha	přidruž. ke	zateplení	U po zateplení
	m ²	m ²	mm	W/m ² K
Obvodová stěna	1 207,31	100,0	160	0,230
Obvodová stěna "dozateplení"	259,71		80	0,230
Podhledy + stropy	135,05		200	0,160
Celkem	1 602,1	100,0	-	-
	1 702,1		-	

3.1.3 Zateplení štítů svislého obvodového pláště haly

V rámci opatření je navrženo zateplení štítových stěn svislého obvodového pláště haly. Tyto konstrukce jsou v současné době tvořeny pouze jednoduchým trapézovým plechem, a především v letním období mají přímý vliv na kvalitu vnitřního prostředí v hale a rovněž na kvalitu a spotřebu chladu na chlazení ledové plochy.

Realizací opatření dojde k zabránění přehřívání vnitřních prostor haly a úspoře el. energie pro výrobu chladu na chlazení ledové plochy.

U obou štítů je navrženo vyzdění výplňovým zdivem mezi sloupy a mezi nové železobetonové věnce s vodorovnou výztuží přivařenou k těmto nosným sloupům haly – tím bude vytvořen rám, ve kterém bude výplň z Porotherm 19 Aku na MC působit jako pole. Vyzdění pole bude zatepleno pomocí ETICS EPS tl. 50 mm, $U \leq 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Nahoře mezi VZT – žaluziemi či nad Copiletem je navrženo použití výplně (např. Knauf AQUAPANEL OUTDOOR 12,5 mm), izolant minerální vata 100 mm + ETICS EPS tl. 50 mm, $U \leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tabulka 14 Zateplení čelních štítů svislého obvodového pláště haly

Zateplení štítů svislého obvodového pláště haly	plocha	přidruž. ke	U po zateplení
	m ²	m ²	W/m ² K
Porotherm 19 Aku + EPS 50 mm	480,0	-	0,50
Výplň + MW 100 mm + EPS 50 mm	50,0	-	0,25
Celkem	530,0	-	
	530,0		



Tabulka 15 Vyhodnocení opatření rekonstrukce obálky budovy

Rekonstrukce obálky budovy – úspora tepla na vytápění		
Spotřeba tepla na vytápění stávající stav	1 721,5	GJ/rok
Spotřeba tepla na vytápění návrhový stav	862,7	GJ/rok
Úspora	858,8	GJ/rok

Pozn.: Výpočet spotřeby tepla na vytápění pro stávající i pro návrhový stav byl proveden pomocí Svoboda software – Energie 2020.

Úspora elektrické energie na výrobu chladu – zateplení štítů haly		
Spotřeba el. energie nového kompresorového zdroje chladu	451,8	MWh/rok
	1 626,5	GJ/rok
Předpokládaná úspora	8	%
Úspora	130,1	GJ/rok

3.2 Modernizace soustavy osvětlení

Navržena je výměna všech původních osvětlovacích těles v prostoru šaten a administrativní části za moderní LED moduly. Součástí opatření je provedení přidružené elektroinstalace včetně ovládání a regulace. Soustava bude navržena s ohledem na hygienické požadavky na osvětlenost.

Tabulka 16 Návrh nové osvětlovací soustavy

Návrh nové osvětlovací soustavy				
Svítilidlo		počet	příkon/ks	příkon celkem
		ks	W	W
LH1	VML 120 AM	4	20,3	81
LH2	VML 120 LK	27	20,0	540
LH3	VML 130 PP	5	30,0	150
LH4	VML 320 PT	7	20,0	140
LH5	VML 330 AM	50	30,4	1 520
LH6	VML 340 PT	35	40,0	1 400
LN7	VML 60 ZM A	7	60,0	420
Celkem				4 251

Výpočet energetické úspory opatření vychází z celkového elektrického příkonu stávající a navržené soustavy a uvažovaného počtu hodin osvětlení. Výpočet byl proveden pomocí Svoboda software – Energie 2020, výsledná úspora je uvedena v následující tabulce.

Tabulka 17 Výpočet úspory osvětlovací soustavy

Úspora elektrické energie na osvětlení		
Příkon osvětlení stávající stav	9,80	kW
Příkon osvětlení návrhový stav	4,25	kW
Úspora	22,4	GJ

3.3 Nucené větrání s rekuperací šaten

Pozn.: V případě realizace opatření zahrnující větrací jednotky musí být plněny požadavky dle Nařízení Komise (EU) 1253/2014 týkající se požadavků na ekodesign větracích jednotek.

- Osazení centrálního nuceného větrání s rekuperací pro prostory šaten

Nově budou instalovány jednotky s rekuperačním výměníkem. Rekuperační jednotky budou ve složení filtry, rekuperační deskový výměník, chladič s přímým výparem, vodní dohříváč a ventilátory. Rekuperační jednotka bude upravovat přiváděný vzduch dle požadavků na přívodní teplotu $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

Spínání zařízení bude ovlivněno požadovaným provozem, je uvažován provoz 24 h denně s možností útlumu větrání až na 10 % výkonu. Je požadováno hlídání teploty přívodního vzduchu v letním období na min. teplotu 19°C z důvodu kondenzace na povrchu potrubí.

Parametry jednotlivých jednotek jsou uvedeny v tabulce níže.

Tabulka 18 Parametry VZT systému

Parametry VZT systému						
Objekt	počet jedn.	Vzduchový výkon		Celkový příkon EC	Celková účinnost ZZT	Suchá účinnost ZZT
		přívod	odvod			
	ks	m ³ /h	m ³ /h	kW	%	%
Větrání kabin 1, 2, 3, 4	1	1 160	1 260	12,50	73,0	65,0
Větrání kabin 5, 6	1	800	900		73,0	65,0
Větrání šaten domácí 1, 2, 3, 4, 5, 6	1	2 150	2 150		73,0	65,0
Celkem		4 110	4 310	12,50	73,0	65,0

Vlivem osazení VZT jednotek s rekuperací tepla lze očekávat úsporu tepla na ohřev větracího vzduchu (úspora zemního plynu), zároveň lze očekávat navýšení spotřeby el. energie pro pohony ventilátorů a MaR VZT systému.

Účinnost zpětného získávání tepla byla stanovena v souladu ČSN EN 308. Obsazenost a provozní režim řešených prostor po realizaci nuceného větrání je uvažována shodná jako v současném stavu.

Tabulka 19 Stanovení celkové úspory opatření – VZT systém

Stanovení celkové úspory opatření		
Úspora tepla na vytápění	209,5	GJ/rok
Navýšení spotřeby el. energie na pohony ventilátorů	7,0	GJ/rok
Úspora energie celkem	202,6	GJ/rok

Pozn.: Výpočet dosažitelné úspory je proveden za předpokladu předchozího provedení rekonstrukce obálky budovy.

3.4 Fotovoltaický systém s trafostanicí (přechod z NN do VN)

Metodika analýzy

Profit z realizace opatření vzniká náhradou nakupované elektřiny z veřejné distribuční sítě za vyrobenou na fotovoltaickém zdroji a přímým využitím v objektu. Dodatečný profit vzniká prodejem přebytečné elektřiny do DS. **Vzhledem k tomu, že největší spotřebu elektřiny představuje chladicí technologie ledové plochy, a to v průběhu letních měsíců, kdy je zároveň nejvyšší objem výroby, je ve výpočtu uvažováno s přetoky do distribuční sítě max. ve výši 14,2 %, viz dále. Není uvažováno s použitím bateriové akumulace.** Součástí opatření bude výstavba vlastní trafostanice 500 kVA 22/0,4 kV a dispečerské řízení.

Navrženy jsou dva modulární systémy po 80 kW s dvojicí inverterů 2 x 80 kW. Fotovoltaické moduly jsou koncipovány jako fixní instalace na část obloukové střechy stadionu. Systém bude ve standardním on-gridovém provedení s maximální spotřebou vyrobené elektřiny v objektu s napojením na vnitřní rozvodnou síť NN (400 VAC). Elektrárna bude tvořena fotovoltaickým generátorem na střeše objektu a technologií (měniče, rozváděč) uvnitř objektu. Vyvedení výkonu bude provedeno do hlavního rozváděče a trafostanice. Vzájemná výměna energie mezi výrobnou a stadionem bude zajištěna přes vnitřní síť NN, přebytky přes vlastní trafostanici do VN.

Fotovoltaické moduly

Moduly budou umístěny na obloukovou střechu s orientací na jih, tzn. směrem k pivovaru Velké Popovice, odchylka od jihu (azimut orientace) cca 10° k západu. Moduly budou upevněny k podélným hliníkovým nosníkům, které budou kotveny k nosné ocelové konstrukci střechy. Umístění tak bude přímo na plášť střechy bez dodatečné konstrukce pro náklon. Sklon bude dán vlastním sklonem střechy. Úhel sklonu je pak od 25° do 10° (průměrná hodnota 17,5°). Vzhledem k potřebě elektřiny na chlazení je nízký úhel sklonu žádoucí (v letním období je vyšší potřeba chladu – vyšší spotřeba elektřiny a zároveň vyšší podíl výroby elektřiny – slunce vysoko nad obzorem).

Moduly budou skládány horizontálně (naležato) na těсно k sobě s nutnými dilatačními mezerami po 20 m blocích. Disponibilní plocha odpovídá s rezervou 17 řadám po 30 kusech modulů tedy až 510 ks. **Celkový navržený počet panelů je 500 ks.**

Navržená výrobná bude sestavená z typizovaných monokrystalických panelů o jednotkovém výkonu 320 Wp. Konstrukce 72 buněk á 156x156mm. Garantovaný lineární pokles výkonu cca 0,8 % ročně. Moduly budou sestaveny do sériově-paralelních kombinací podle vstupních parametrů použitého měniče.

Pozn. Umístění solárních panelů, jejich nominální výkon, velikost a účinnost nejsou závazné. Konečné umístění bude záviset na statických podmínkách střešního pláště, připojovacích podmínkách z hlediska hlavního odběru, umístění rozváděčů a elektroinstalačních podmínkách. Alternativní konstrukcí pro umístění modulů jsou ploché střechy tělocvičny a administrativy. Veškerý uvedený výkon bude realizován v rámci předemětného areálu, jednoho odběrného místa a na střechách objektů.

Umístění panelů a celková situace (zastínění apod.) jsou patrné z následujícího obrázku.

Obrázek 19 Předpokládané umístění fotovoltaické elektrárny



Pozn.: Měřítko panelů je pouze ilustrační

Parametry systému:

FTV moduly, typ	mono-křemíkový křemík, dle výběrového řízení
Rozměry	1,956 x 0,992 m
Maximální výkon STC ²	min.320 W/panel
Účinnost modulu	min. 17,0 %
Ztráty systému	12,0 %
Ztráta měničů	2,0 %
Celkové ztráty systému	24,2 %
Počet modulů	500 ks
Plocha modulů	970,2 m ²
Výkon elektrárny	160 kWp
Roční výroba elektřiny	155 811 kWh
Roční využití instalovaného výkonu	973,8 hodin
Investiční výdaje projektu	5 696 000 Kč
z toho FVE	4 017 000 Kč
z toho trafostanice	1 679 000 Kč

² Za standardních testovacích podmínek (Standard Test Conditions STC), záření 1000 W/m², teplota 25 °C.

Hodnota předpokládané měrné výroby elektřiny E_m z fotovoltaického zdroje byla stanovena na základě modelu JRC PVGIS a databáze PVGIS-SARAH pro danou lokalitu, orientaci a sklon panelů a použitou technologii. Predikce zohledňuje stárnutí modulů a pokles jejich výkonu na 80 % jmenovité hodnoty po 25 letech provozu.

Umístění modulů je navrženo na tyto objekty:

- Hala zimního stadionu; jižní část střechy; plocha 60,0 x 18,0 m; 500 ks; parc. č. st. 393

Technologie invertorů, měničů proudů AC/DC a jejich max. výkon je navržen v rozložení kapacity invertorů 2x MAX 80 KTL3 LV.

Celý systém funguje plně samostatně a automaticky s připojením k dálkovému ovládání a servisu, včetně dálkového sdílení dat.

Vyvedení výkonu do distribuční soustavy se předpokládá z bezpečnostních důvodů a pro období nenadálých odstávek chladicího zařízení. Vzhledem k vysoké spotřebě elektřiny v období největších solárních zisků a nepřetržitému provozu zimního stadionu **se přetoky do distribuční soustavy předpokládají ve výši 14,2 %.**

Výpočet byl proveden pomocí webového nástroje <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>.

Trafostanice

Součástí opatření bude výstavba vlastní trafostanice a změna napěťové hladiny odběru elektřiny z nízkého napětí (NN) na vysoké napětí (VN). Důvodem je velikost instalovaného výkonu elektrárny nad 100 kWp a výrazná úspora plateb za odebíranou elektřinu (regulovaná část ceny – distribuce).

Zimní stadion v současné době odebírá elektřinu ze dvou odběrných míst:

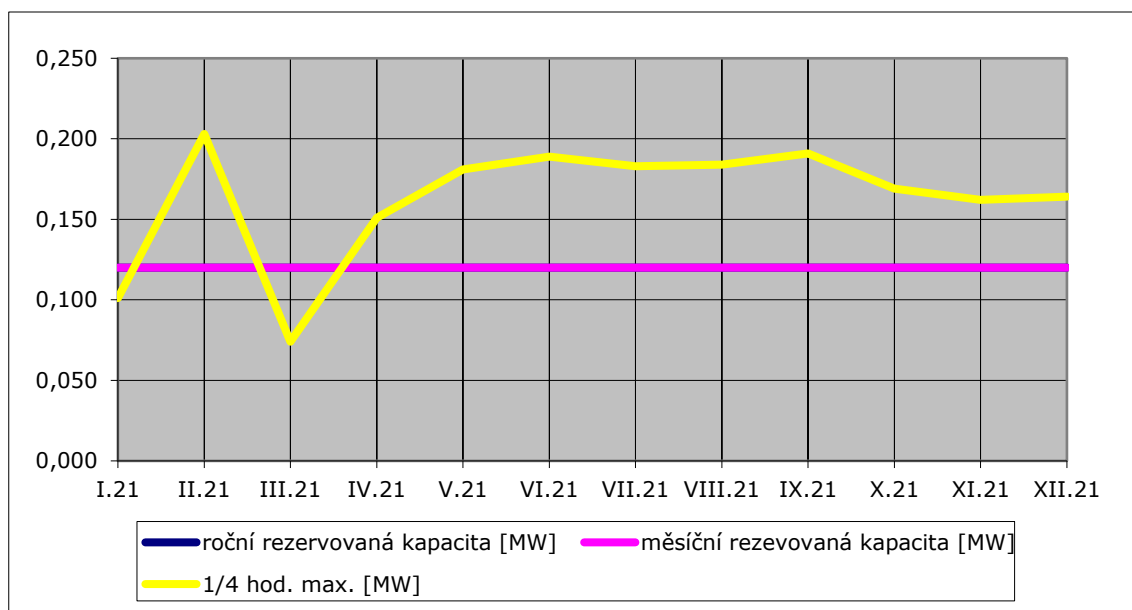
- OM zimní stadion (původní odběr); velikost jističe 80 A; tarif C02d
- OM strojovna chlazení; velikost jističe 315 A; tarif C45d; od ledna 2021

Úspora celkové měrné ceny elektřiny vychází z rozdílu ceny elektřiny odebírané z NN a ceny elektřiny z VN. Přičemž se vychází z dostupných faktur roku 2021 – odběr z NN a Cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 8/2021 ze dne 30. listopadu 2021, kterým se stanovují ceny za související službu v elektroenergetice a ostatní regulované ceny – odběr z VN pro stanovení plateb za použití sítí, systémové služby, OZE, OTE, rezervovanou kapacitu měsíční a roční, překročení kapacity, příkonu, výkonu, dodávky jalové energie a nedodržení účinníku. Cena silové elektřiny (komodity) byla uvažována shodná pro oba odběry ve výši současných 1 550 resp. navržených 2 056 Kč/MWh.

Velikost rezervovaného příkonu a roční rezervovaná kapacita byly odhadnuty na základě předpokládaného provozu stadionu při výrobě elektřiny. Očekávaný max. příkon odběru C02d v zimním období je 50 kW (současná velikost jističe je 80 A, což odpovídá cca 55 kVA), v letním pak 30 kW. Max. příkon odběru C45d lze očekávat 75 kW v zimním a max. 150 kW v letním období, přičemž provoz strojovny chlazení, jakož i celého objektu bude upravován podle aktuálního výkonu elektrárny. Systém bude osazen automatickou regulací s prediktivním řízením výkonu a spotřeby vč. pro odpojování zbytné spotřeby při překročení špičkové zátěže. Podle aktuální výroby elektřiny bude rovněž upravován harmonogram využití ledové plochy.

Předpokládaný rezervovaný příkon bude 190 kW, roční rezervovaná kapacita 120 kW, měsíční nebude zřizována. Rezervovaný výkon se předpokládá 160 kW. Průběh rezervované kapacity prezentuje následující graf.

Obrázek 20 Nový průběhu rezervované kapacity



Stávající odběrná místa z NN budou zrušena. Nově bude elektřina odebírána z jednoho odběrného místa z VN přes vlastní trafostanici. **Vypočtená celková měrná cena elektřiny při současném způsobu odběru a celoročním provozu nového chladicího zařízení a původní spotřeby elektřiny je 3 503,6 Kč/MWh, při navrhovaném způsobu odběru z VN pak 2 778,3 Kč/MWh (při ceně komodity 2 056 Kč/MWh).** Úspora nákladu prostým přechodem z NN na VN bez realizace FVE a ostatních opatření je 470 537 Kč/rok.

Podrobný výpočet složených cen za odběr elektřiny prezentuje následující tabulka.

Tabulka 20 Výpočet složených cen elektřiny při přechodu z NN na VN

RDS		ČEZ Distribuce		RDS		ČEZ Distribuce		RDS		ČEZ Distribuce	
LDS		LDS		LDS		LDS		LDS		LDS	
Napěťová hladina		Napěťová hladina		Napěťová hladina		Napěťová hladina		Napěťová hladina		VN >1 kV	
Kategorie		Kategorie		Kategorie		Kategorie		Kategorie		B	
Sazba		Sazba		Sazba		Sazba		Sazba			
C02d				C45d							
Kč/rok	Kč/MJ	Kč/rok	Kč/MJ	MJ	PLATBY	MJ	Kč/MJ	Kč/rok			
404 927	2 056	193 576	2 056	MWh	Dodávka VT / Dodávka	MWh	2 056	1 333 671			
-	-	735 168	2 056	MWh	Dodávka NT	MWh	-	-			
0	0	960	80	měsíc	OPM	měsíc	-	-			
427 932	2 172,45	23 728	251,98	MWh	Distribuce VT / Použití sítí	MWh	83,12	53 927			
-	-	62 221	173,98	MWh	Distribuce NT	MWh	-	-			
6 768	564	157 286	41,61	A/měsíc	Jistič	měsíc	-	-			
22 363	113,53	51 293	113,53	MWh	Systémové služby	MWh	113,53	73 656			
34 099	11,84	134 266	11,84	A/měsíc		MW/měsíc	51 464	74 108			
	(173)		(297)	MWh	OZE, KVET, DZ	MWh	(114)				
	495		495	MWh		MWh	495				
22	1,81	22	1,81	měsíc	OTE	měsíc	1,81	22			
29	2,39	29	2,39	měsíc	ERÚ	měsíc	2,39	29			
				-	RK-R	MW.měsíc	172 735	248 738			
				-	RK-M	MW.měsíc	198 281	0			
				-	Překročení RK	kW.měsíc	297	0			
				-	Překročení RP	kW.měsíc	-	0			
				-	Překročení RV	kW.měsíc	793	0			
				-	Dodávka jalové energie	MVArh	440	0			
				-	Nedodržení účinníku	kVArh/kWh	-	0			
5 575	28,3	12 786	28,3	MWh	Daň z elektřiny	MWh	28,3	18 360			
	4 370		2 449	MWh	Měrná cena VT / Měrná cena	MWh	2 281				
-	-		2 371	MWh	Měrná cena NT	MWh	-				
-	-		60 978	rok	Stálý roční plat VT	rok	-				
-	-		231 584	rok	Stálý roční plat NT	rok	-				
40 918			292 562	rok	Stálý roční plat / Roční platba	rok	322 897				
901 714	4 578	1 371 334	3 035	MWh	CENA CELKEM	MWh	2 778	1 802 511			
-	-		3 097	MWh	Cena VT	MWh	-				
-	-		3 019	MWh	Cena NT	MWh	-				

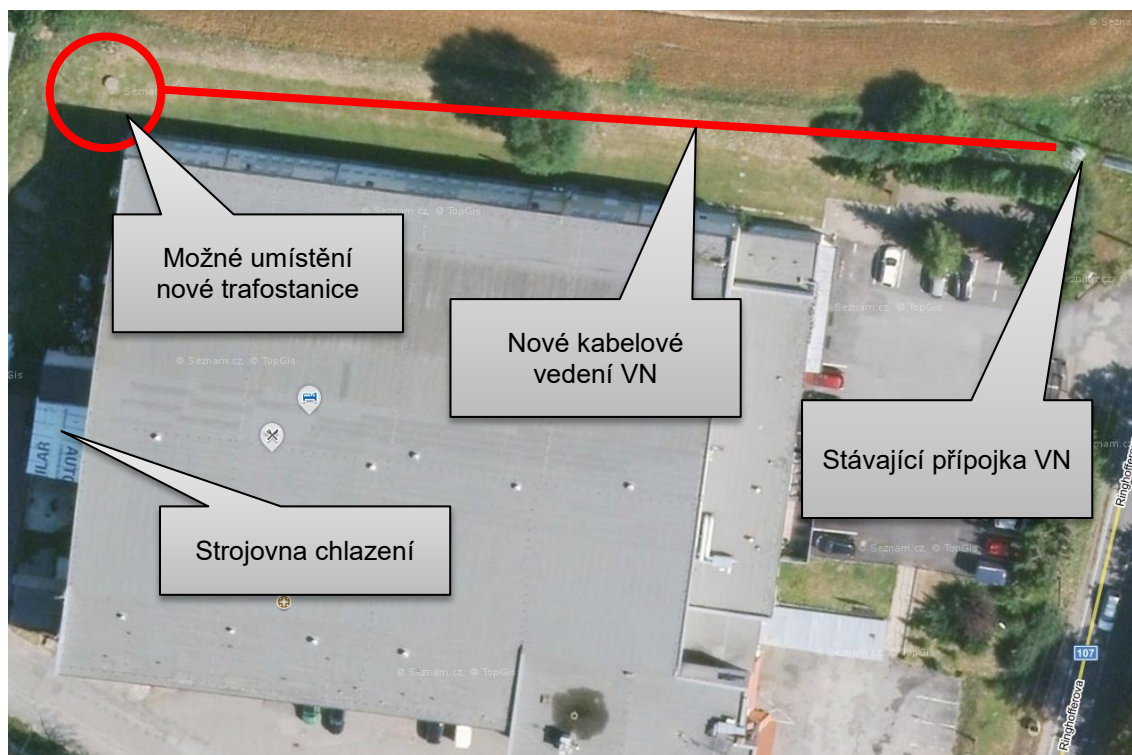
Výpočet konečné ceny elektřiny při odběru z VN při realizaci všech navržených energeticky úsporných opatření je uveden níže.

Tabulka 21 Výpočet ceny elektřiny po realizaci všech opatření

	RDS	ČEZ Distribuce	
	LDS		
	Napěťová hladina	VN >1 kV	
	Kategorie	B	
PLATBY	MJ	Kč/MJ	Kč/rok
Dodávka VT / Dodávka	MWh	2 056	985 657
Dodávka NT	MWh	-	
OPM	měsíc	-	
Distribuce VT / Použití sítí	MWh	83,12	39 855
Distribuce NT	MWh	-	
Jistič	měsíc	-	
Systémové služby	MWh	113,53	54 436
OZE, KVET, DZ	MW/měsíc	51 464	74 108
	MWh	(155)	
	MWh	495	
OTE	měsíc	1,81	22
ERÚ	měsíc	2,39	29
RK-R	MW.měsíc	172 735	248 738
RK-M	MW.měsíc	198 281	0
Překročení RK	kW.měsíc	297	0
Překročení RP	kW.měsíc		0
Překročení RV	kW.měsíc	793	0
Dodávka jalové energie	MVarh	440	0
Nedodržení účinníku	kVarh/kWh		0
Daň z elektřiny	MWh	28,3	13 569
Měrná cena VT / Měrná cena	MWh	2 281	
Měrná cena NT	MWh	-	
Stálý roční plat VT	rok	-	
Stálý roční plat NT	rok	-	
Stálý roční plat / Roční platba	rok	322 897	
CENA CELKEM	MWh	2 954	1 416 414
Cena VT	MWh	-	
Cena NT	MWh	-	

Velikost trafostanice je navržena na výkon 500 kVA, 22/0,4 kV s ohledem na optimální provoz při 50 % zatížení. Ztráta transformací cca 1 %. Součástí dodávky je nové kabelové vedení VN, vystrojení trafostanice, stavební část, rozvody NN, nový rozváděč atd. Situace je uvedena na následujícím obrázku.

Obrázek 21 Situace nového odběru elektřiny

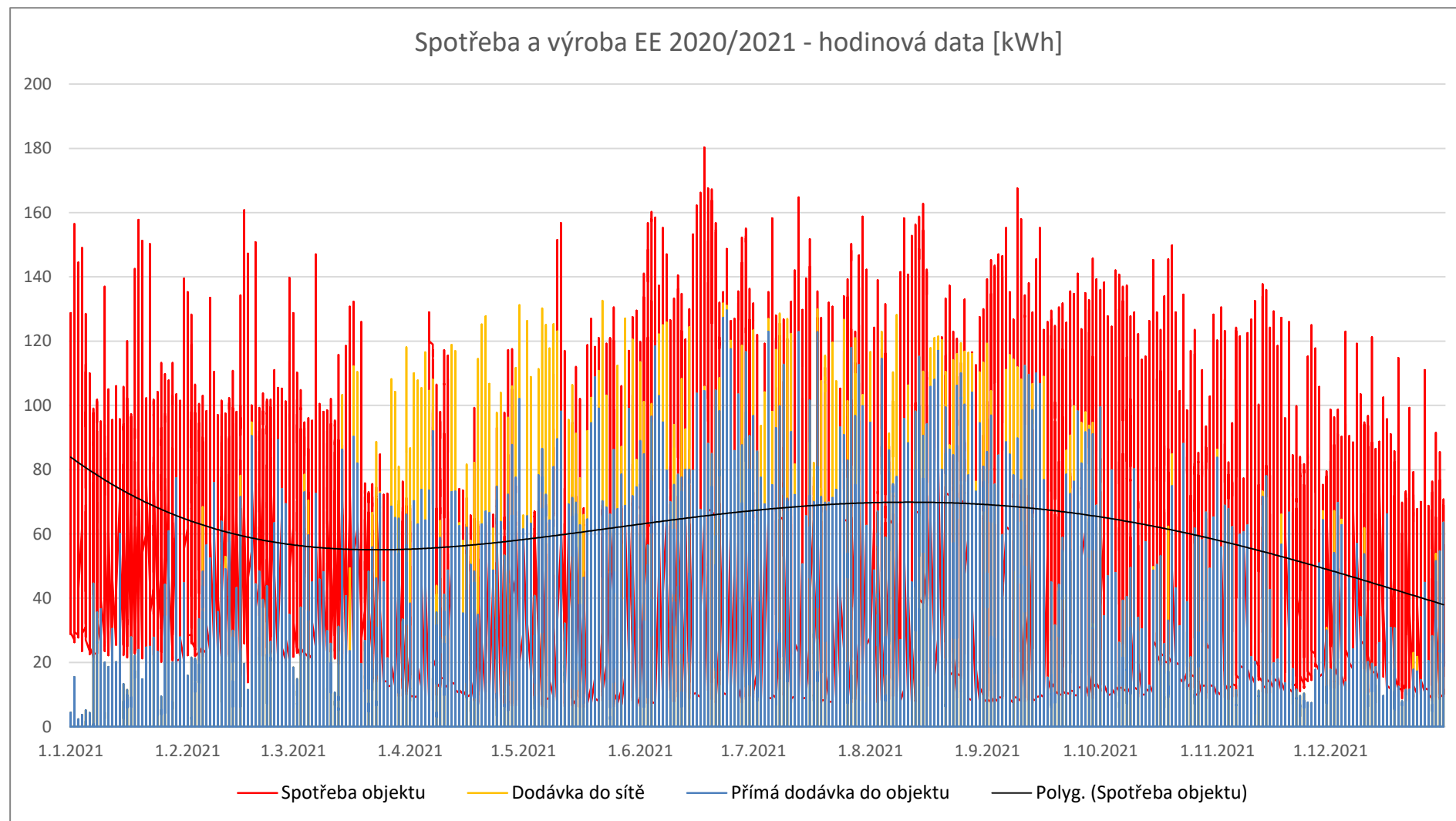


Navržená velikost elektrárny vychází z optimalizačního výpočtu podle těchto kritérií:

- disponibilní plocha střešních konstrukcí z hlediska statické únosnosti, umístění TZB a stavebních prvků (světlíky, chladicí jednotky, odtah VZT apod.), zastínění a předpokladu stavebního povolení, blízkosti trafostanice (viz. předchozí obrázek),
- množství dopadajícího slunečního záření na m^2 plochy v daném sklonu a oblasti,
- hodinových spotřeb elektřiny objektu z odběrného místa v průběhu pracovního týdne.

Průběh skutečných a dopočtených denních hodinových odběrů a předpokládaných hodinových výkonů výroby elektřiny prezentuje následující graf – model. Na základě tohoto modelu byl vypočten poměr mezi vyrobenou v objektu spotřebovanou a do sítě dodanou elektřinou, který je klíčový pro ekonomiku projektu.

Obrázek 22 Průběh spotřeby, výroby a dodávky elektřiny – hodinová data 2021



Energetická bilance

Spotřeba a struktura odběru elektřiny včetně hodinových maxim byla určena z podkladů provozovatele energetického hospodářství. Výchozí stav energetické náročnosti vstupující do výpočtu ekonomiky opatření je stanovený skutečnými fakturovaných spotřebami elektřiny a časovým průběhem v měsíčním kroku. Jedná se o průměr měsíčních spotřeb elektřiny z let 2016 až 2019 a v případě chlazení z dopočteného roku 2021.

Pozn. Vzhledem k tomu, že hodinová data odběru elektřiny byla k dispozici pouze za rok 2020 a v roce 2021 pouze částečně, jsou průměrné měsíční údaje o spotřebě mírně odlišné. Rovněž hodinová data výroby elektřiny definovaná modelem PV GIS se mírně odlišují od vypočtených agregovaných měsíčních hodnot výroby elektřiny díky užití průměrných hodnot účinnosti a ztrát systému.

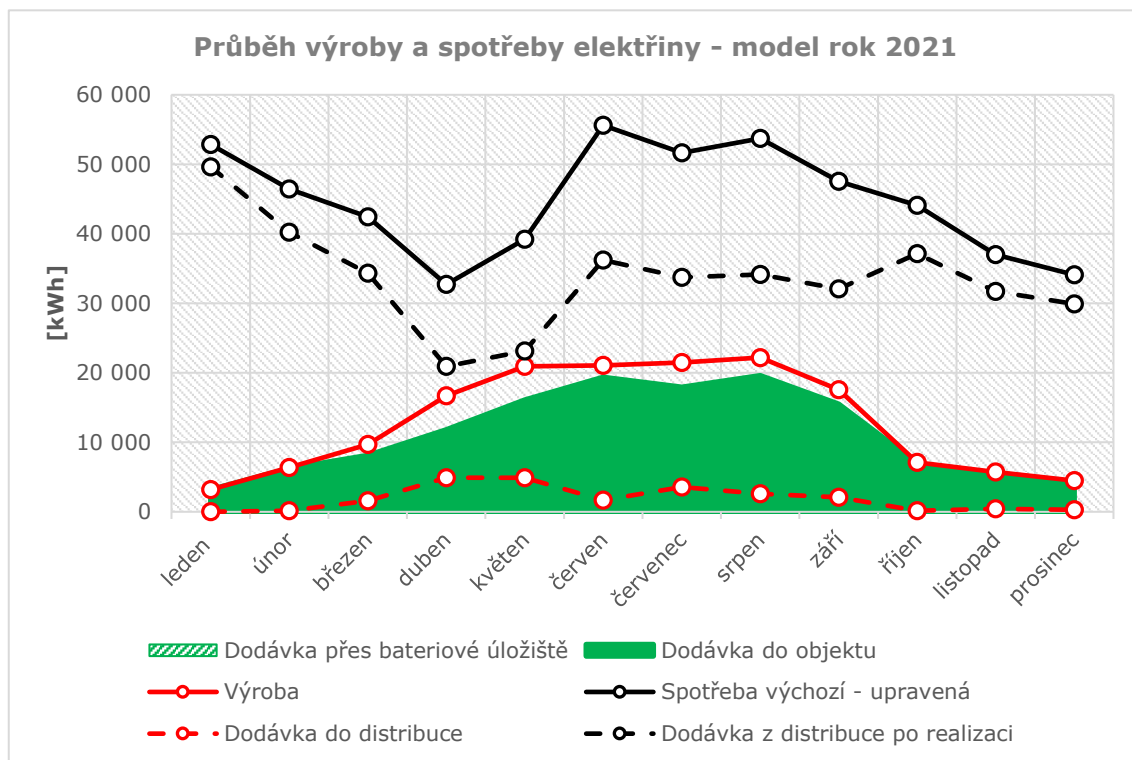
Roční průběh spotřeby elektřiny, vypočtené měsíční údaje o výrobě a dodávce elektřiny, včetně struktury dodávek a odběr elektřiny ze sítě po realizaci opatření prezentuje následující tabulka a graf.

Tabulka 22 Údaje o měsíční spotřebě, výrobě a dodávce elektřiny

Elektrická energie 2021 [kWh]	Spotřeba výchozí – upravená	Výroba	Dodávka do objektu	Dodávka přes bateriové úložiště	Dodávka do distribuce	Dodávka z distribuce po realizaci
leden	52 836	3 201	3 195	0	6	49 641
únor	46 427	6 362	6 217	0	144	40 210
březen	42 433	9 709	8 112	0	1 597	34 321
duben	32 715	16 700	11 791	0	4 909	20 925
květen	39 196	20 949	16 072	0	4 877	23 125
červen	55 612	21 057	19 380	0	1 677	36 231
červenec	51 664	21 485	17 916	0	3 568	33 747
srpen	53 733	22 192	19 596	0	2 596	34 137
září	47 568	17 542	15 477	0	2 065	32 090
říjen	44 108	7 130	6 972	0	158	37 136
listopad	37 009	5 724	5 314	0	410	31 695
prosinec	34 077	4 469	4 177	0	291	29 900
TOTAL	537 377	156 520	134 221	0	22 299	403 156

Uvedené množství elektřiny vyvedené do DS (22,3 MWh = 14,2 % z celkové výroby) je výpočtový předpoklad při uvažovaném průběhu provozu objektu. Vlastní technologická spotřeba je zahrnuta. Prioritou provozovatele bude vyrobenou elektřinu spotřebovat přímo v objektu.

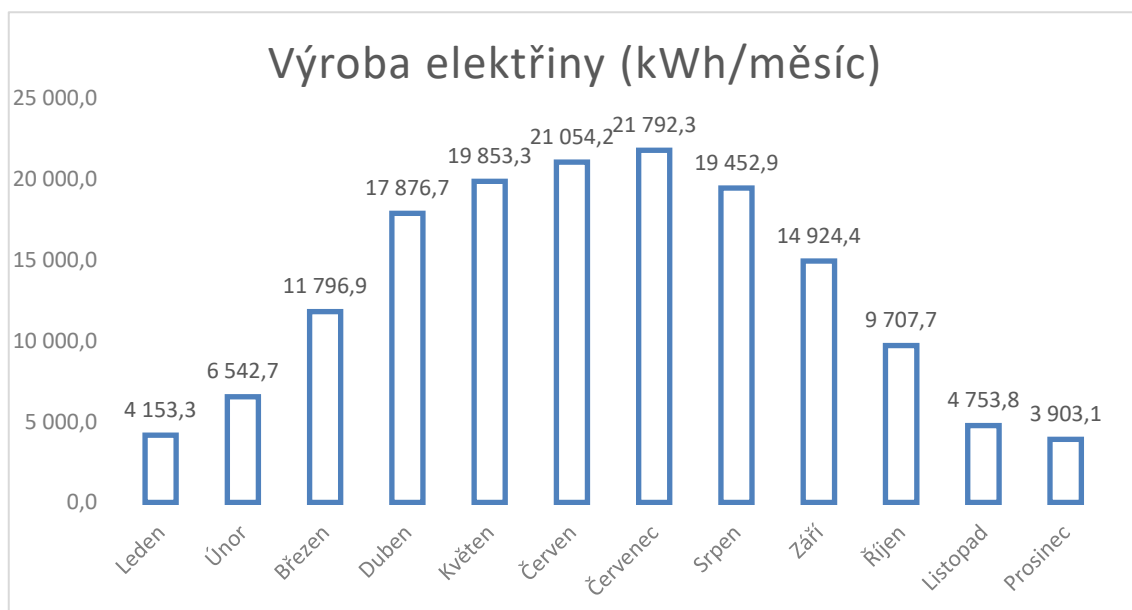
Obrázek 23 Porovnání měsíční spotřeby a výroby elektřiny FVE



S ohledem na celoroční provoz zimního stadionu, včetně teplých letních měsíců – víkendů i svátků, kopíruje křivka výkonu fotovoltaického systému potřebu elektřiny na chlazení. To znamená, že v době největších solárních zisků je zároveň největší poptávka po chladu, a tím elektřiny. Uvažována je cca 86 % spotřeba vyrobené elektřiny přímo v objektu. Vyvedení výkonu do distribuční soustavy se předpokládá cca 14 % a dále z bezpečnostních důvodů a pro období nenadálých odstávek chladicího zařízení.

Předpokládané objemy měsíční výroby elektřiny prezentuje následující obrázek.

Obrázek 24 Měsíční výroba elektřiny FTV systémem



Výchozím vstupem je roční předpokládaný průběh odběru elektřiny objektu a predikovaný měrný výnos z FVE. Důležitým parametrem je následný odhad pokrytí potřeby produkcí z FVE. Pro potřeby analýzy byla stanovena míra absorpce objektu na konzervativní hodnotu 24 %. To znamená, že maximálně 24 % celkového odběru objektu bude pokryt elektřinou z FVE. **Reálně lze předpokládat míru absorpce více než 30 %.**

Pozn. Před realizací fotovoltaické elektrárny na střechy objektů bude nezbytné zpracovat podrobný osazovací model zohledňující další technologie umístěné na střeše, vzduchotechniku, chlazení atd. a provést aktualizaci výpočtu, resp. nadimenzování výkonu. Před případnou realizací bude rovněž nutné provést statické posouzení nosnosti střešních konstrukcí.

Pozn. Výstupy z modelu PVGIS jsou uvedeny v příloze č. 5.

Tabulka 23 Stanovení celkové úspory opatření (FVE + trafostanice)

Stanovení celkové úspory opatření (FTV + trafostanice)		
Roční výroba elektřiny	155,811	MWh/rok
Ztráta provozu trafostanice z celkového odběru EE ze sítě v návrhovém stavu	1,0	%
	5,15	MWh/rok
Celkový přínos opatření	150,661	MWh/rok

4 Odhad potenciálu úspor energie a upravená energetická bilance

4.1 Souhrn opatření

- Rekonstrukce obálky budovy
- Modernizace soustavy osvětlení
- Nucené větrání s rekuperací šaten
- Instalace FVE a nové trafostanice vč. přechodu z NN na VN

Roční úsporu energie, průměrné roční provozní náklady a další parametry v případě realizace posuzovaného návrhu uvádí následující tabulka.

Tabulka 24 Ekonomické a energetické vyhodnocení opatření

Posuzovaný návrh		
Investiční výdaje projektu	tis. Kč	23 137
Úspora energií	GJ/rok	1 678
	MWh/rok	466
Přínosy projektu celkem	tis. Kč/rok	1 227
Změna nákladů na energie	tis. Kč/rok	-1 211
Změna ostatních provozních nákladů	tis. Kč/rok	
změna osobních nákladů (mzdy, pojistné...)	tis. Kč/rok	0
změna ostatních provozních nákladů (údržba, opravy...)	tis. Kč/rok	6
změna nákladů na znečištění a odpady	tis. Kč/rok	0
Změna tržeb (za teplo, el. energii...)	tis. Kč/rok	22
Původní spotřeba energie	MWh/rok	1 342
Nová spotřeba energie	MWh/rok	876
Úspora energií	%	34,7
Původní provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	3 367
Nové provozní náklady na energie	tis. Kč/rok	2 156
Úspora provozních nákladů na energie	%	36,0

Pozn.: Investiční výdaje projektu jsou uvažovány včetně nákladů na přípravu projektu.

4.2 Upravená energetická bilance pro posuzovaný návrh

Tabulka 25 Upravená roční energetická bilance

Posuzovaný návrh		Před realizací projektu			Po realizaci projektu		
		Energie		Náklady	Energie		Náklady
		(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)	(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)
1	Vstupy paliv a energie z distribuce (nákup)	4 831	1 342	3 367	3 153	876	2 156
1a	Vstupy paliv a energie (bilančně)	4 831	1 342	3 368	3 714	1 032	2 156
	z toho elektrická energie z distribuce	2 336	649	2 274	1 726	479	1 416
	z toho zemní plyn	2 496	693	1 094	1 427	396	740
	z toho elektrická energie výroba na FTV	0	0	0	561	156	0
2	Změna zásob paliv	0	0	0	0	0	0
3	Spotřeba paliv a energie	4 831	1 342	3 367	3 714	1 032	2 156
4	Prodej energie cizím	0	0	0	80	22	22
5	Konečná spotřeba paliv a energie	4 831	1 342	3 367	3 634	1 010	2 134
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech energie	618	172	277	507	141	268
	z toho ÚT	214	60	96	86	24	45
	z toho TV	404	112	181	404	112	209
	z toho elektřina	0	0	0	17	5	14
7	Spotřeba energie na vytápění	1 570	436	688	630	175	326
8	Spotřeba energie na chlazení	0	0	0	0	0	0
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody	308	86	128	308	86	160
10	Spotřeba energie na větrání	0	0	0	7	2	4
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti	0	0	0	0	0	0
12	Spotřeba energie na osvětlení	164	46	209	142	39	89
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	2 172	603	2 065	2 041	567	1 286

Pozn.: Chlazení ledové plochy je zahrnuto v rámci technologické spotřeby. Případné rozdíly v součtech jsou v toleranci +/-1 vlivem zaokrouhlování.

Pozn.: Pro převod mezi GJ/rok a MWh/rok je použito $1 \text{ MWh} = 3,6 \text{ GJ}$. U zemního plynu se tak jedná o výhřevnost.

4.3 Hodnocení ekonomické proveditelnosti

Ekonomický výpočet je stanoven z hlediska projektu, bez vlivu daní a financování s uvažovaným nárůstem ceny energie. Peněžní toky projektu jsou posuzovány s předpokládanou podporou.

Ve výpočtech bylo uvažováno:

- diskontní sazba 3 %
- roční růst ceny energie 2 %
- hodnocení je provedeno bez DPH
- hodnocení je provedeno s 50 % dotací ze způsobilých nákladů

Tabulka 26 Výsledky ekonomického hodnocení

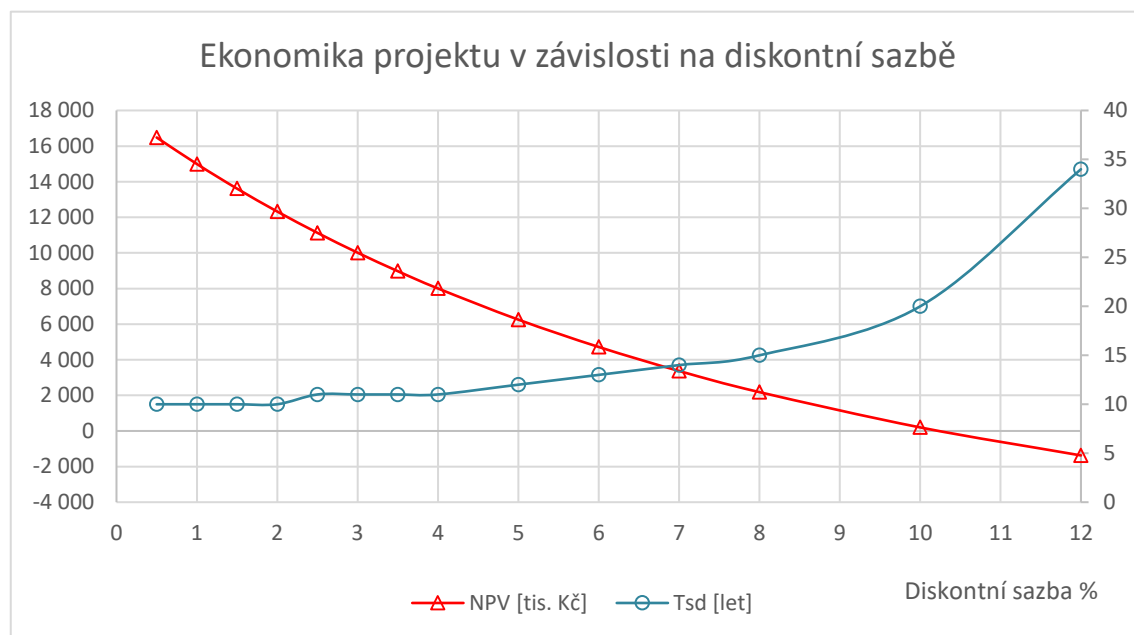
Parametr	Jednotka	Výchozí stav	Varianta 1	Varianta 2
Přínosy projektu celkem	Kč	-	1 226 815	1 226 815
z toho tržby za teplo a elektřinu	Kč	-	22 200	22 200
Investiční výdaje projektu celkem	Kč	-	23 136 605	23 136 605
z toho:				
náklady na přípravu projektu způsobilé	Kč	-	752 500	752 500
náklady na technologická zařízení a stavbu způsobilé	Kč	-	21 736 151	21 736 151
náklady na přípojky způsobilé	Kč	-	250 000	250 000
náklady na přípravu projektu nezpůsobilé	Kč	-	325 000	325 000
náklady na technologická zařízení a stavbu nezpůsobilé	Kč	-	72 954	72 954
Provozní náklady celkem	Kč/rok	3 440 472	2 235 857	2 235 857
z toho:				
náklady na energii	Kč/rok	3 367 472	2 156 453	2 156 453
náklady na opravu a údržbu	Kč/rok	65 000	64 404	64 404
osobní náklady (mzdy, pojistné)	Kč/rok	0	0	0
ostatní provozní náklady	Kč/rok	8 000	15 000	15 000
náklady na znečištění a odpady	Kč/rok	-	-	-
Doba hodnocení	roky	-	20	20
Diskontní činitel	%	-	3,0	3,0
Roční růst cen energie	%	-	2,0	2,0
NPV – čistá současná hodnota	tis. Kč	-	6 060,1	10 013,7
T_{sd} – reálná doby návratnosti	roky	-	13	11
T_s – prostá doby návratnosti	roky	-	11,7	9,6
IRR – vnitřní výnosové procento	%	-	7,6	10,2

Projekt je hodnocen ve dvou variantách – Varianta 1 ceny zemního plynu (komodity) a silové elektřiny jsou uvažovány na současné úrovni dle smlouvy s platností do konce roku 2022,

Varianta 2 ceny navýšené s ohledem na vývoj na trzích. Projekt je součástí dotačního projektu OPPIK – Úspory s EPC. V současné době prošla žádost formální kontrolou a lze očekávat podporu ve výši 50 % způsobilých nákladů. Z toho důvodu je v rámci ekonomiky kalkulováno s investiční dotací.

Prioritní variantou je varianta 2. U této varianty byla provedena analýza závislosti ekonomiky projektu (NPV a reálná doba návratnosti) na riziku projektu (diskontní sazba).

Obrázek 25 Závislost ekonomických parametrů projektu na diskontní sazbě



5 Závěrečné doporučení a analýza EPC

Výše úspory je vyčíslena z upravené energetické bilance, která byla stanovena na základě fakturovaných spotřeb energie a paliva s korekcí, dopočtené spotřeby chladicího zařízení a upravena denostupňovou metodou. Úspory energie mohou s ohledem na klimatické podmínky v jednotlivých letech kolísat. Výpočet úspor také předpokládá dodržení vnitřního návrhového režimu vytápění, počtu osob, normových vnitřních teplot, způsobu využití prostor apod., pokud toto nemění samotná opatření navržená v energetickém posudku a doporučená k realizaci.

Ve výpočtu hodnoty úspory bylo uvažováno s „energetickou disciplinovaností“ uživatelů budovy a správným užíváním regulačních prvků. Jde tedy o hodnotu maximální dosažitelné úspory. Její dosažení závisí ve velké míře na chování uživatelů objektu.

Investiční náklady byly stanoveny na základě položkového rozpočtu projektanta a předběžné nabídky dodavatele a konzultací s investorem. Veškeré cenové údaje, investice, náklady apod. jsou bez DPH, pokud není uvedeno jinak.

Další technické podmínky projektu:

Před realizací jednotlivých opatření je třeba provést podrobný stavebně technický průzkum dotčených konstrukcí, resp. podrobné tepelně technické hodnocení konstrukcí s důrazem na vlhkostní bilanci konstrukce. Doporučujeme také provést statické posouzení nosných konstrukcí od přetížení vlivem realizace zateplení.

Po realizaci výměny otvorových konstrukcí a zateplení dojde k výraznému omezení spárové infiltrace, proto bude nutné zajistit pravidelné větrání. Pokud nebudou prostory dostatečně větrány, může dojít i při správném provedení výměny oken k tvorbě plísní apod.

Před realizací záměru je třeba provést podrobný stavebně technický průzkum střešních konstrukcí, vč. provedení statického posouzení nosných konstrukcí od přetížení – instalace fotovoltaického systému.

Po realizaci stavebních opatření je provozovatel objektu povinen kvalitativně hydraulicky vyvážit otopnou soustavu.

V opačném případě bude hrozit neefektivní provoz soustav, může např. dojít k nedotápění nebo k přetápění některých prostor, k vyšším oběhovým rychlostem otopné vody v některých místnostech apod. Výpočet úspory energie rovněž předpokládá vyregulování otopné soustavy.

Z důvodu snížení spotřeby tepla na vytápění bude dále nutné provést optimální nastavení ekvitermní topné křivky.

5.1.1 Zhodnocení vhodnosti navržených úsporných opatření pro zařazení do programu podpory Úspory energie s EPC

Opatření navržené energetickým posudkem		Investice ¹⁾	Úspora ²⁾			Je součástí projektu EPC
			Energie	Nákladů	Původní spotřeby	
č.	Název opatření	Kč bez DPH	MWh/rok	Kč bez DPH/rok	%	ANO/NE
1.	Stavební opatření šatny a administrativa	11 535 091	239	445,8	17,8	ANO
2.	Zateplení štítových stěn haly	1 200 000	36	106,8	2,7	ANO
3.	Výměna osvětlení (šatny + administrativa)	1 163 900	6	18,4	0,5	ANO
4.	Nucené větrání s rekuperací odpadního tepla	2 464 010	56	166,3	4,2	ANO
5.	Instalace fotovoltaického systému s trafostanicí	5 696 104	129	489,50	9,6	ANO
6.	Příprava projektu	1 077 500	-	-	-	-
CELKEM ZA SOUBOR OPATŘENÍ		23 136 605	466,0	466	1 227	34,7
z toho:						
Soubor opatření na obálce budovy		12 735 091	275	337	20,47%	
Soubor opatření zahrnutých do projektu EPC		23 136 605	466	1 226,80	34,70%	
Soubor ostatních opatření						
1 spotřeba energie před realizací navržených opatření					1 342,0	MWh/rok
2 spotřeba energie po realizaci opatření na obálce budovy					1 067	MWh/rok
3 spotřeba energie po realizaci opatření na obálce budovy a EPC projektu					876,0	MWh/rok
4 spotřeba energie po realizaci všech navržených opatření					-	MWh/rok
5 úspora projektu EPC po realizaci opatření na obálce budovy ((2)-(3))/(2)*100					20,6	% (min.15 %)
6 prostá doba návratnosti souboru opatření zahrnutých do projektu EPC					9,6	let (max.10)
7 roční úspora nákladů souboru opatření zahrnutých do projektu EPC					1 226,8	tis. Kč bez DPH
8 roční náklady na energie objektu před realizací projektu					3 367,5	tis. Kč bez DPH

¹⁾ bez dotace; ekonomika projektu kalkulována s dotací (dotační projekt OPPIK – Úspory s EPC)

²⁾ úspora připadající na dané opatření při realizaci celého navrženého souboru opatření, v případě opatření č.5 zahrnuta jen úspora v objektu bez prodeje do DS a ztrát trafostanice

ZÁVĚR VHODNOSTI APLIKACE EPC:		
1.	úspora souboru opatření zahrnutých do projektu EPC je minimálně 15 % ze spotřeby dosažené po realizaci opatření na obálce budovy (tj. (5)>15,0 %)	ANO
2.	prostá doba návratnosti souboru opatření zahrnutých do projektu EPC je rovna nebo nižší než 12,0 let (tj. (6) <10,0)	ANO
3.	roční úspora souboru opatření zahrnutých do projektu EPC je minimálně 500 tis. Kč/rok (tj. (7)>500), nebo roční náklady na energie objektu před realizací projektu jsou vyšší než 2 mil. Kč/rok (tj. (8)> 2 000)	ANO
4.	V souboru opatření navržených energetickým posudkem lze nalézt takový soubor opatření, který lze realizovat metodou EPC (ANO, pokud jsou splněny podmínky 1, 2 a 3)	ANO
5.	V souboru opatření navržených energetickým posudkem lze nalézt takový soubor opatření, který lze realizovat metodou EPC, pouze však pokud bude objekt zařazen do souboru objektů, které v součtu splní podmínku č. 3 (ANO, pokud objekt samostatně splní podmínky 1, 2 a nesplní podmínku 3)	IRELEVANTNÍ

Z provedené analýzy vyplývá vhodnost aplikace finančního nástroje EPC.

6 Přílohová část

6.1 Příloha č. 1 Seznam tabulek

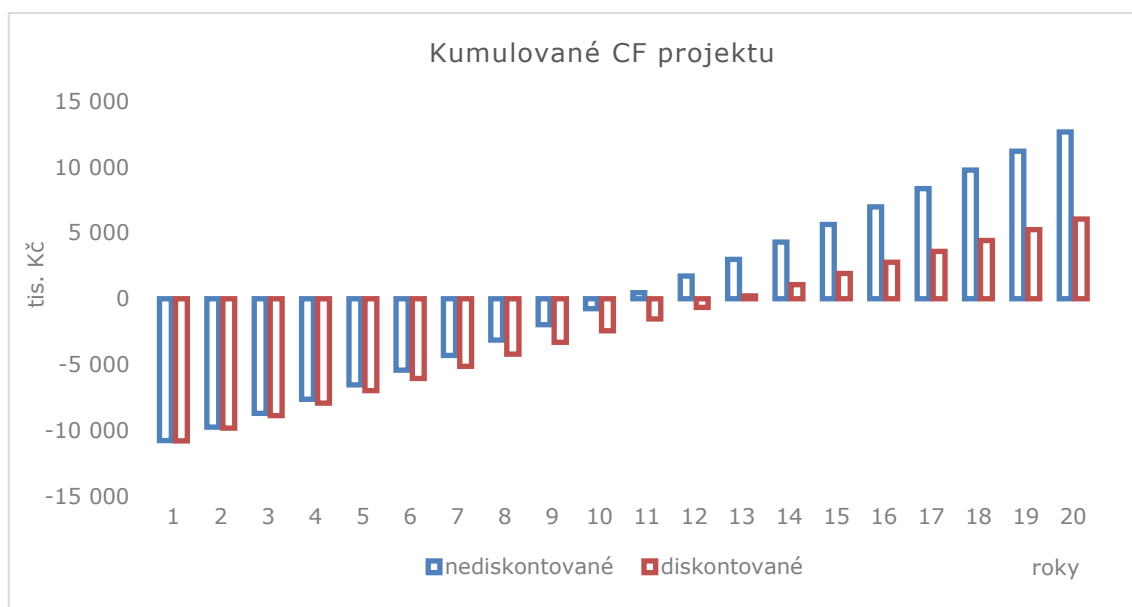
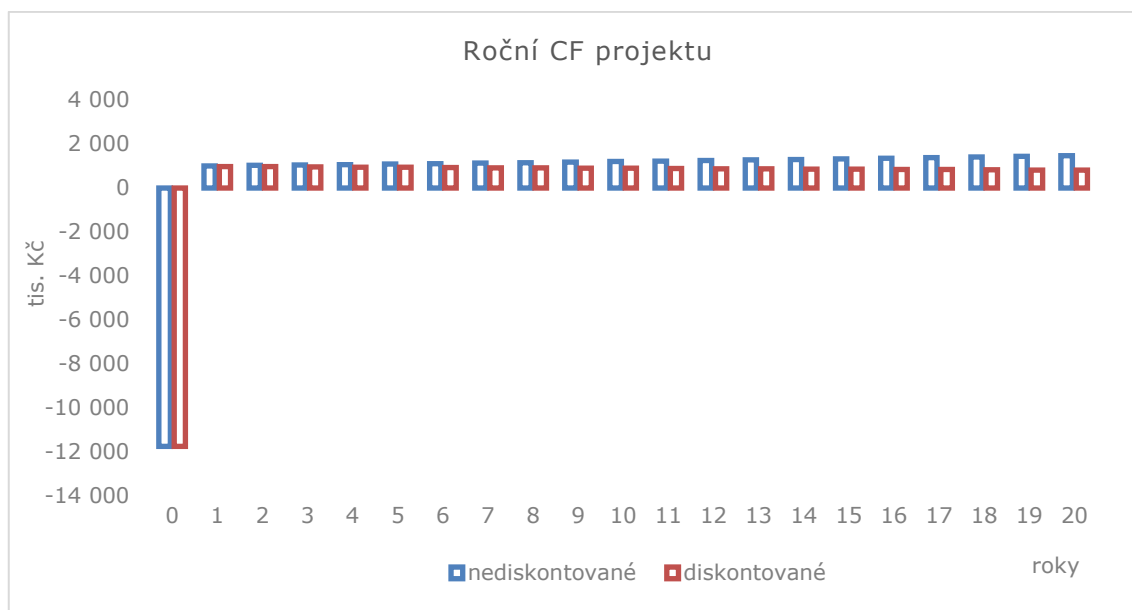
Tabulka 1 Charakteristika objektu.....	5
Tabulka 2 Geometrické parametry objektu-Přístavba šaten, tělocvičny a administrativy.....	16
Tabulka 3 Soupis základních údajů o energetických vstupech	19
Tabulka 4 Měsíční spotřeby zemního plynu v letech 2016 až 2021	21
Tabulka 5 Měsíční spotřeby elektřiny v letech 2016 až 2021	23
Tabulka 6 Měrná cena vstupních energií	26
Tabulka 7 Vstupní spotřeba zemního plynu měsíční	27
Tabulka 8 Vstupní spotřeba elektřiny měsíční	29
Tabulka 9 Přepočet spotřeby tepla na vytápění na dlouhodobý průměr	31
Tabulka 10 Porovnání teoretické spotřeby tepla na vytápění se skutečnou spotřebou tepla na vytápění	31
Tabulka 11 Výchozí roční energetická bilance	32
Tabulka 12 Výměna výplní otvorů.....	33
Tabulka 13 Zateplení obvodového pláště	34
Tabulka 14 Zateplení čelních štítů svislého obvodového pláště haly	34
Tabulka 15 Vyhodnocení opatření rekonstrukce obálky budovy	35
Tabulka 16 Návrh nové osvětlovací soustavy.....	35
Tabulka 17 Výpočet úspory osvětlovací soustavy	35
Tabulka 18 Parametry VZT systému.....	36
Tabulka 19 Stanovení celkové úspory opatření – VZT systém	36
Tabulka 20 Výpočet složených cen elektřiny při přechodu z NN na VN.....	40
Tabulka 21 Výpočet ceny elektřiny po realizaci všech opatření	41
Tabulka 22 Údaje o měsíční spotřebě, výrobě a dodávce elektřiny	44
Tabulka 23 Stanovení celkové úspory opatření (FVE + trafostanice).....	46
Tabulka 24 Ekonomické a energetické vyhodnocení opatření	47
Tabulka 25 Upravená roční energetická bilance.....	48
Tabulka 26 Výsledky ekonomického hodnocení	49

6.2 Příloha č. 2 Seznam obrázků

Obrázek 1 Pohledy na objekt	6
Obrázek 2 Zdroje tepla na vytápění	7
Obrázek 3 Příprava teplé vody	8
Obrázek 4 Vzduchotechnika	9
Obrázek 5 Osvětlovací systém	10
Obrázek 6 Rozvody elektřiny	11
Obrázek 7 Otopný systém	13
Obrázek 8 Technologie ledové plochy	14
Obrázek 9 Letecký snímek	17
Obrázek 10 Vývoj spotřeby zemního plynu a elektřiny v letech 2016 až 2021	20
Obrázek 11 Vývoj spotřeby zemního plynu v letech 2016 až 2021	22
Obrázek 12 Vývoj spotřeby elektřiny v letech 2016 až 2021	24
Obrázek 13 ¼ hodinová maxima a spotřeba elektřiny	24
Obrázek 14 Analýza průběhu rezervované kapacity	25
Obrázek 15 Vývoj celkové ceny zemního plynu a elektřiny v letech 2016 až 2021	26
Obrázek 16 Vývoj ceny komodity – zemního plynu na spotovém trhu	28
Obrázek 17 Vstupní spotřeba elektřiny měsíční	29
Obrázek 18 Vývoj ceny silové elektřiny na spotovém trhu	30
Obrázek 19 Předpokládané umístění fotovoltaické elektrárny	38
Obrázek 20 Nový průběh rezervované kapacity	40
Obrázek 21 Situace nového odběru elektřiny	42
Obrázek 22 Průběh spotřeby, výroby a dodávky elektřiny – hodinová data 2021	43
Obrázek 23 Porovnání měsíční spotřeby a výroby elektřiny FVE	45
Obrázek 24 Měsíční výroba elektřiny FTV systémem	45
Obrázek 25 Závislost ekonomických parametrů projektu na diskontní sazbě	50

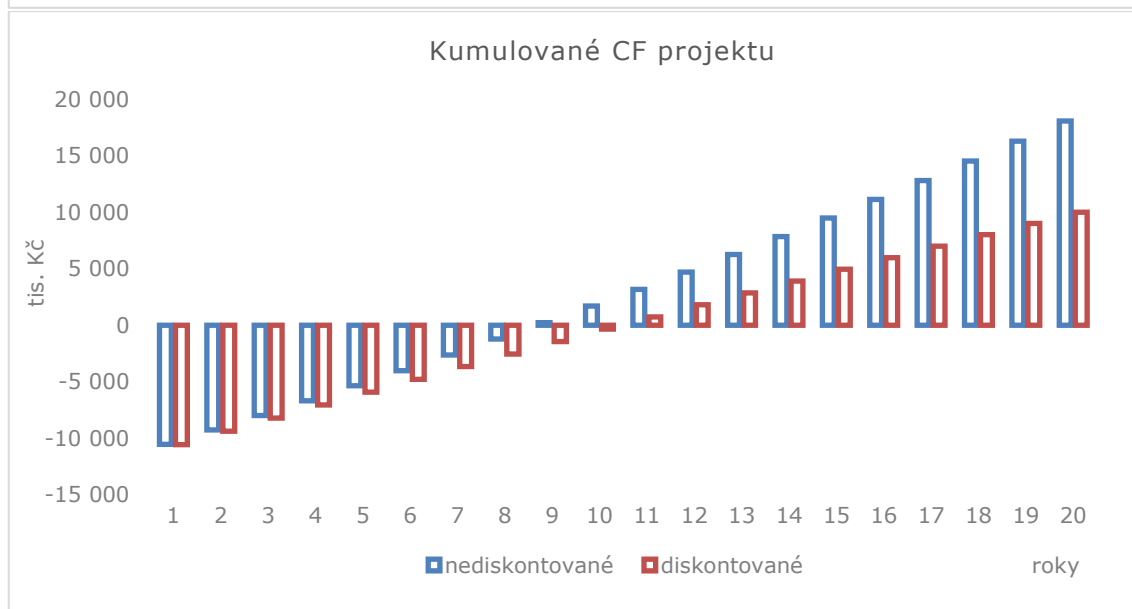
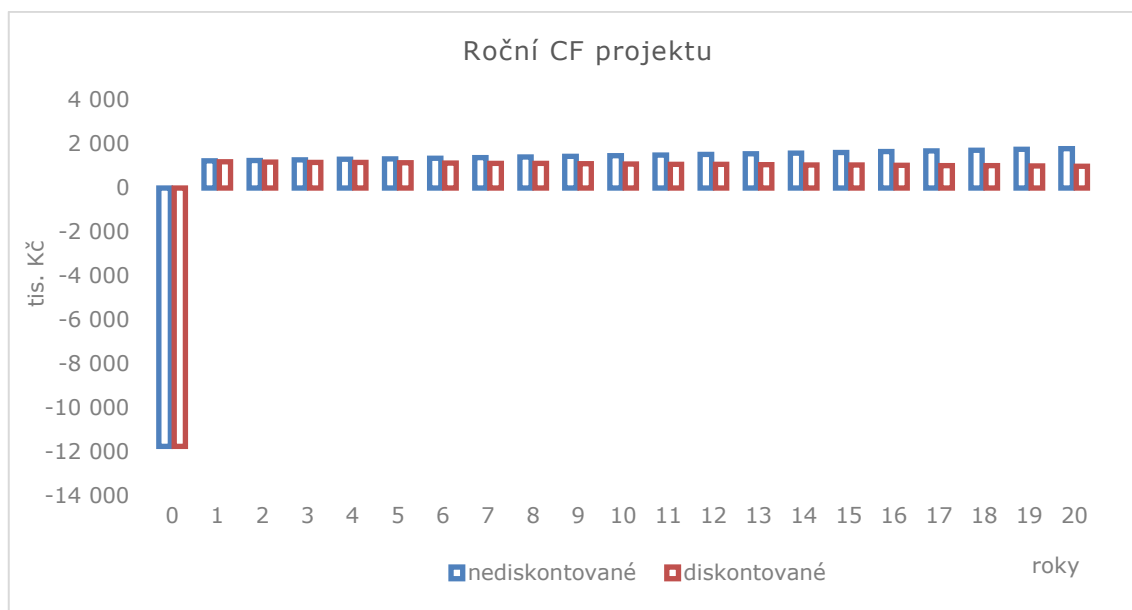
6.3 Příloha č. 3 Ekonomika návrhu úsporných opatření – varianta 1

Diskontní sazba		3 %			Roční nárůst cen paliv			2 %	
Rok		Náklady		Investice	Roční toky nekumul.		Roční toky kumul.		Návratnost
		pův.	nov.		nediskont.	diskont.	nediskont.	diskont.	
		tis. Kč	tis. Kč		tis. Kč	tis. Kč	tis. Kč	tis. Kč	
0	2022			11 767	-11 767		-11 767	-11 767	0
1	2023	2 706	1 700	0	1 006	976	-10 762	-10 791	0
2	2024	2 760	1 734	0	1 026	967	-9 736	-9 824	0
3	2025	2 815	1 769	0	1 046	958	-8 689	-8 866	0
4	2026	2 871	1 804	0	1 067	948	-7 622	-7 918	0
5	2027	2 929	1 840	0	1 089	939	-6 534	-6 979	0
6	2028	2 987	1 877	0	1 110	930	-5 423	-6 049	0
7	2029	3 047	1 914	0	1 133	921	-4 291	-5 128	0
8	2030	3 108	1 953	0	1 155	912	-3 136	-4 217	0
9	2031	3 170	1 992	0	1 178	903	-1 957	-3 313	0
10	2032	3 234	2 032	0	1 202	894	-755	-2 419	0
11	2033	3 298	2 072	0	1 226	886	471	-1 533	0
12	2034	3 364	2 114	0	1 250	877	1 721	-656	13
13	2035	3 431	2 156	0	1 275	869	2 996	212	0
14	2036	3 500	2 199	0	1 301	860	4 297	1 072	0
15	2037	3 570	2 243	0	1 327	852	5 624	1 924	0
16	2038	3 641	2 288	0	1 354	843	6 978	2 767	0
17	2039	3 714	2 334	0	1 381	835	8 358	3 603	0
18	2040	3 789	2 380	0	1 408	827	9 767	4 430	0
19	2041	3 864	2 428	0	1 436	819	11 203	5 249	0
20	2042	3 942	2 477	0	1 465	811	12 668	6 060	0
Čistá současná hodnota							NPV	6 060	tis. Kč
Vnitřní výnosové procento							IRR	7,6	%
Prostá doba návratnosti							T _s	11,7	roky (let)
Reálná doba návratnosti							T _{sd}	13,0	roky (let)



6.4 Příloha č. 4 Ekonomika návrhu úsporných opatření – varianta 2

Diskontní sazba		3 %			Roční nárůst cen paliv				2 %
Rok		Náklady		Investice	Roční toky nekumul.		Roční toky kumul.		Návratnost
		pův.	nov.		nediskont.	diskont.	nediskont.	diskont.	
		tis. Kč	tis. Kč	tis. Kč	tis. Kč	tis. Kč	tis. Kč	tis. Kč	let
0	2022			11 767	-11 767		-11 767	-11 767	0
1	2023	3 367	2 139	0	1 229	1 193	-10 539	-10 574	0
2	2024	3 435	2 182	0	1 253	1 181	-9 285	-9 393	0
3	2025	3 504	2 225	0	1 278	1 170	-8 007	-8 223	0
4	2026	3 574	2 270	0	1 304	1 159	-6 703	-7 065	0
5	2027	3 645	2 315	0	1 330	1 147	-5 373	-5 917	0
6	2028	3 718	2 361	0	1 357	1 136	-4 016	-4 781	0
7	2029	3 792	2 409	0	1 384	1 125	-2 633	-3 656	0
8	2030	3 868	2 457	0	1 411	1 114	-1 221	-2 542	0
9	2031	3 946	2 506	0	1 440	1 103	218	-1 439	0
10	2032	4 024	2 556	0	1 468	1 093	1 687	-346	11
11	2033	4 105	2 607	0	1 498	1 082	3 185	736	0
12	2034	4 187	2 659	0	1 528	1 072	4 712	1 808	0
13	2035	4 271	2 712	0	1 558	1 061	6 271	2 869	0
14	2036	4 356	2 767	0	1 589	1 051	7 860	3 920	0
15	2037	4 443	2 822	0	1 621	1 041	9 481	4 960	0
16	2038	4 532	2 878	0	1 654	1 031	11 135	5 991	0
17	2039	4 623	2 936	0	1 687	1 021	12 822	7 011	0
18	2040	4 715	2 995	0	1 720	1 011	14 542	8 022	0
19	2041	4 810	3 055	0	1 755	1 001	16 297	9 023	0
20	2042	4 906	3 116	0	1 790	991	18 087	10 014	0
Čistá současná hodnota							NPV	10 014	tis. Kč
Vnitřní výnosové procento							IRR	10,2	%
Prostá doba návratnosti							T _s	9,6	roky (let)
Reálná doba návratnosti							T _{sd}	11,0	roky (let)



6.5 Příloha č. 5 Výstupy z modelu PVGIS

