



Operační program Životní prostředí Rekonstrukce veřejných budov a infrastruktury

PŘÍLOHA Č. 11 ENERGETICKÝ POSUDEK

MALÉ DIVADLO LIBEREC – HLAVNÍ BUDOVA

Název projektu	Energetické úspory s využitím metody EPC na objektech statutárního města Liberec
Žadatel	Statutární město Liberec, nám. Dr. E. Beneše 1/1, 460 59 Liberec 1
Předmět posouzení	Malé divadlo Liberec – hlavní budova, Zhořelecká 344/5, 460 01 Liberec
Zpracovatel	VŠB – Technická univerzita Ostrava Centrum energetických a environmentálních technologií (CEET) Výzkumné energetické centrum (VEC)
Statutární orgán	prof. RNDr. Václav Snášel, CSc. Na základě pověření ze dne 1.10.2020 statutárního zástupce podepisuje: Ing. Michal Žlebek
Osoba určená	Ing. Michal Žlebek
Spolupracovali	Ing. Pavel Němec a kolektiv
Datum vypracování	červenec 2023



OBSAH

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE ENERGETICKÉHO POSUDKU.....	3
2. ZÁMĚR VYPRACOVÁNÍ ENERGETICKÉHO POSUDKU S VYMEZENÍM KRITÉRIÍ PROGRAMU PODPORY	4
2.1. Název programu podpory	4
2.2. Konkretizace prioritní osy a věcné zaměření výzvy	4
2.3. Vymezení kritérií programu podpory ve vztahu k předmětu energetického posudku.....	4
3. HISTORIE SPOTŘEBY.....	6
3.1. Vstupní podklady	6
3.2. Historie spotřeby energií	6
4. ANALÝZA UŽITÍ ENERGIE PŘEDMĚTU ENERGETICKÉHO POSUDKU	8
4.1. Popis stávajícího stavu	8
4.2. Klimatické podmínky	9
4.3. Výchozí energetická bilance	10
5. POPIS A HODNOCENÍ NAVRHOVANÉHO STAVU.....	11
5.1. Stavební úpravy vedoucí ke zlepšení tepelně technických vlastností obvodových konstrukcí	11
5.2. Opatření zabráňující nadměrnému vzestupu vnitřní teploty	13
5.3. Instalace IRC ventilů	14
5.4. Rekonstrukce osvětlení.....	15
5.5. Instalace nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla	16
5.6. Systém měření a regulace	20
5.7. Zavedení energetického managementu.....	24
5.8. Celková energetická bilance v navrhovaném stavu.....	26
5.9. Analýza užití energie – bilance přínosů projektu	27
5.10. Návrh vhodného doplnění měření	27
6. EKOLOGICKÉ VYHODNOCENÍ.....	28
6.1. Zdroje znečištění	28
7. BILANCE PRIMÁRNÍ ENERGIE Z NEOBNOVITELNÝCH ZDROJŮ.....	29
8. SEZNAM TABULEK	30



1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE ENERGETICKÉHO POSUDKU

ŽADATEL / PROVOZOVATEL	
Název	statutární město Liberec
Adresa	nám. Dr. E. Beneše 1/1, 460 01 Liberec 1
IČ	00262978
Zástupce	Ing. Jaroslav Zámečník, CSc., primátor
Kontaktní osoba	Ing. Dana Vorlová e-mail: vorlova.dana@magistrat.liberec.cz
PŘEDMĚT	
Název předmětu	Energetické úspory s využitím metody EPC na objektech statutárního města Liberec – Malé divadlo Liberec – hlavní budova
Adresa	Zhořelecká 344/5, 460 01 Liberec
Katastrální území	Liberec [682039]
Číslo parcely	parcelní číslo 2034
Typ objektu	Jiná stavba – Divadlo
ZPRACOVATEL	
Název firmy	VŠB – Technická univerzita Ostrava, CEET, Výzkumné energetické centrum
Adresa	17. listopadu 15/2172, 708 00 Ostrava – Poruba
IČ	619 89 100
Statutární orgán	prof. RNDr. Václav Snášel, CSc. Na základě pověření statutárního zástupce ze dne 1.10.2020 podepisuje: Ing. Michal Žlebek
Zástupce	doc. Dr. Ing. Tadeáš Ochodek ředitel Výzkumného energetického centra
Energetický specialista	Ing. Michal Žlebek
Číslo oprávnění	1899
Spolupracovali	Ing. Pavel Němec a kolektiv



2. ZÁMĚR VYPRACOVÁNÍ ENERGETICKÉHO POSUDKU S VYMEZENÍM KRITÉRIÍ PROGRAMU PODPORY

Energetický posudek (dále jen EP) je vypracován dle § 9a odst. 1 písm. d) a § 9a odst. 2 písm. c) zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů.

2.1. Název programu podpory

EP je vypracován jako povinná příloha pro účel podání žádosti o podporu z dotačního titulu:

- **37. výzva** Ministerstva životního prostředí „Operační program Životní prostředí 2021-2027“

2.2. Konkretizace prioritní osy a věcné zaměření výzvy

Žádost o podporu v rámci Cíle politiky 2, Priority 1

- Specifický cíl 1.1 – Opatření v oblasti energetické účinnosti a snižování emisí skleníkových plynů
- Specifického cíle 1.2 – Obnovitelné zdroje energie

2.3. Vymezení kritérií programu podpory ve vztahu k předmětu energetického posudku

Vymezení kritérií	Plnění v rámci EP
Žádost je v souladu s aktuální výzvou OPŽP a textem těchto Pravidel.	ANO
Soulad údajů uvedených ve formuláři žádosti s relevantními doklady předkládanými jako přílohy k žádosti.	ANO
Nejsou podporována opatření realizovaná v bytových a rodinných domech.	IRELEVANTNÍ
Nejsou podporovány projekty realizované na území hl. města Prahy.	IRELEVANTNÍ
Nebudou podporována opatření realizovaná na novostavbách, přístavbách a nástavbách. Omezení se netýká změn dokončených budov, u kterých se zvětší energeticky vztahná plocha na nejvýše 1,4násobek původní energeticky vztahné plochy.	IRELEVANTNÍ
Po realizaci projektu musí budova plnit minimálně parametry energetické náročnosti definované § 6 odst. 2 vyhlášky č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov. Tento požadavek se netýká památkově chráněných budov v souladu s § 7 odst. 5 zákona č. 406/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů.	ANO
Realizaci projektu musí dojít k min. úspoře 30 % primární energie z neobnovitelných zdrojů oproti původnímu stavu.	ANO
Pokud je jedním z opatření projektu zlepšení tepelně technických vlastností obvodových konstrukcí budovy sloužící pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, musí být v rámci projektu navržen systém větrání v souladu s vyhláškou č.410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, ve znění pozdějších předpisů a v souladu s „Metodickým pokynem pro návrh větrání škol“.	IRELEVANTNÍ



V případě realizace systémů nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla musí být suchá účinnost zpětného získávání tepla (rekuperátoru) min. 65 % dle ČSN EN 308.	ANO
V případě realizace systémů nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla ve výukových a shromažďovacích prostorách budov sloužících pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, musí být systém regulován dle množství CO ₂ v místnostech prostřednictvím infračervených čidel, tzv. IR senzorů.	IRELEVANTNÍ
Pokud je jedním z opatření projektu zlepšení tepelně technických vlastností obvodových konstrukcí budovy, musí být na objektu proveden zoologický průzkum a na jeho základě zpracován odborný posudek k možnému výskytu synantropních zvláště chráněných druhů živočichů. Pokud je výskyt synantropních zvláště chráněných druhů živočichů prokázán, je nezbytné jejich sídla (hnízdíště, sezónní úkryty atp.) zachovat v původní nebo modifikované podobě, případně, pokud charakter stavebních úprav jejich zachování vylučuje, zajistit v odpovídajícím rozsahu jejich náhradu v souladu s ustanoveními zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů a obecně postupovat v souladu s „Metodikou posuzování staveb z hlediska výskytu obecně a zvláště chráněných synantropních druhů živočichů“.	ANO
Po realizaci projektu nesmí být v budově pro vytápění nebo přípravu teplé vody využívána tuhá fosilní paliva.	IRELEVANTNÍ
Nebude podporována výměna zdroje na vytápění, kterou by došlo k úplnému odpojení od soustavy zásobování dle zákona č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (dále také „SZTE“). V případě částečné náhrady dodávek energií ze SZTE, je možno projekt podpořit pouze se souhlasem vlastníka či provozovatele SZTE.	IRELEVANTNÍ
V rámci projektu musí být zajištěno vyregulování otopné soustavy, osazení měřicí techniky pro vyhodnocení úspory energie a zavedení energetického managementu, a to v souladu s „Metodickým návodem pro splnění požadavku na zavedení energetického managementu“	ANO



3. HISTORIE SPOTŘEBY

3.1. Vstupní podklady

Údaje uvedené v tomto energetickém posouzení byly získány z podkladů:

- Prohlídka objektu dne 06.10. 2022, fotodokumentace a informace správce,
- Faktury a účetní doklady evidující spotřebovanou energii dodávanou do objektu v posledních 3 letech,
- Projektová dokumentace navrhovaného stavu „Energetické úspory objektů Malého divadla F.X.Šaldy v Liberci, zpracovaný TRIGLYPH architektonická kancelář s.r.o. v roce 2021,
- Energetické posouzení objektu Malého divadla F.X.Šaldy pro dotační titul NPO, zpracovaný Energomex s.r.o. v roce 2022,
- Průkaz energetické náročnosti budovy, zpracovaný Ing. Jan Kárník v roce 2015,
- Provozní informace,
- Metodika výpočtu kritérií solárních fotovoltaických systémů pro veřejné budovy,
- Metodika zjednodušených metod vykazování nákladů s kategorizací položek rozpočtu OPŽP21+,
- Metodické pokyny dle „Operačního programu Životní prostředí 2021-2027“ nutné k vypracování posudku.

3.2. Historie spotřeby energií

- **Teplo**

Vytápění a ohřev teplé vody v hlavním objektu je zajištěn plynovou kotelnou umístěnou v 5.patře hospodářské budovy se čtyřmi plynovými kotli, každý o výkonu 120 kW. Provoz kotelny zajišťuje firma WARMNIS spol. s r.o., od které je nakupováno teplo. Teplo vyrobené plynovou kotelnou je určeno pro spotřebu v hlavní i hospodářské budově. Jelikož není spotřeba pro objekty podružně měřena, byla spotřeba tepla rozdělena na základě odborného odhadu v poměru 55 % hlavní budova a 45 % hospodářská budova. Spotřeba tepla na přípravu teplé vody není podružně měřena a byla rozdělena na základě odborného odhadu v poměru 85 % na vytápění a 15 % na přípravu TV.

- **Elektrická energie**

Objekt odebírá elektrickou energii v tarifu velkoodběr od společnosti Pražská plynárenská, a.s. pro spotřebu v objektu. Současně odebírá elektrickou energii od společnosti EP ENERGY TRADING, a.s. pro spotřebu bytových jednotek v části hlavní budovy. Jelikož spotřeba elektřiny není pro hlavní a hospodářskou budovu podružně měřena, byla spotřeba elektřiny rozdělena na základě odborného odhadu v poměru 50 % hlavní budova a 50 % hospodářská budova.



- Zemní plyn**

Zemní plyn slouží pro lokální systém vytápění a přípravy teplé vody plynovými kotli pro čtyři ubytovací jednotky v části hlavní budovy. Zemní plyn dodává společnost Pražská plynárenská, a.s. Spotřeby zemního plynu byly přepočteny k výhřevnosti paliva. Spotřeba zemního plynu na vytápění a přípravu teplé vody není podružně měřena a byla rozdělena na základě odborného odhadu v poměru 80 % na vytápění a 20 % na přípravu TV.

Historie spotřeby energie								
Název energonositele:	Elektrická energie		Zemní plyn		Teplo		Celkem	
Odběrné místo č.:	85918240040661 9269		27ZG400Z03057 14C		2030570842			
Dodavatel:	EP Energy Trading, a.s.; Pražská plynárenská, a.s.		Pražská plynárenská, a.s.		Teplárna Liberec, a.s.		-	
Historie spotřeby energie	MWh/rok	tis.Kč/rok	MWh/rok	tis.Kč/rok	MWh/rok	tis.Kč/rok	MWh/rok	tis.Kč/rok
2020	59,2	266,3	23,7	25,2	402,0	471,8	485,0	763,2
2021	58,7	256,6	45,5	40,3	439,6	436,9	543,8	733,8
2022	72,0	296,6	43,2	37,7	371,1	1 141,2	486,3	1 475,5

Tabulka 1 – Historie spotřeby energie



4. ANALÝZA UŽITÍ ENERGIE PŘEDMĚTU ENERGETICKÉHO POSUDKU

V následujících podkapitolách jsou popsány stávající spotřeby energií, které vychází ze skutečného využití objektu. Tento stávající stav je následně převeden metodou normalizace na stav výchozí, který slouží jako základ pro porovnání energetické náročnosti před a po realizaci projektu. Za stávající stav je považován průměr z období let 2020, 2021, 2022.

4.1. Popis stávajícího stavu

Objekt

Řešený objekt se skládá z hlavní budovy B a hospodářské budovy A. Předmětem následujícího popisu je pouze objekt hlavní budovy B.

Jedná se o tři podlažní, částečně podsklepený objekt složitého půdorysného tvaru, zasazený do uliční zástavby, zastřešený sedlovou střechou. Obvodové zdi jsou v celém objektu nad terénem zděné z cihel plných pálených. V suterénu objektu je zdivo smíšené.

Střecha je provedena na ocelových příhradových vaznicích, opláštěných z horní strany VSŽ plechem a zatepleným tepelně akustickou izolací Thermofix. Hydroizolační funkci zde měly plnit původně asfaltové pásy, které byly následně ještě překryty speciálním hydroizolačním nátěrem. Prostor mezi vazníky je vyplněn vzduchem a ze spodní strany opatřen podhledem z palubek, případně z SDK, nebo akustických desek v prostoru divadelního sálu.

Okenní výplně jsou převážně původní dřevěné špaletové nebo zdvojené. Vstupní dveře jsou původní dřevěné nebo nové s tepelně izolačním zasklením.

Stávající stavební konstrukce tvořící obálku budovy divadla na systémové hranici jednotlivých zón s upravovaným vnitřním prostředím vystavené přilehlému prostředí v současné době nevyhovují požadavkům ČSN 73 0540-2:2011, ale vzhledem k tomu, že se jedná o historický objekt je zlepšení jejich tepelně technických vlastností finančně velmi nákladné s vysokou dobou návratnosti.

Vytápění a příprava TV

Vytápění objektu je řešeno plynovou kotelnou umístěnou v 5. NP hospodářské budovy A. Zde jsou osazeny celkem čtyři plynové kotle Viadrus G 100, každý o jmenovitém výkonu 120 kW. Kotle byly instalovány v roce 1994.

Primární okruh vytápění je veden z hlavní kotelny v 5. NP do suterénu staré budovy. Zde se nachází strojovna s rozdělovačem a sběračem topné vody. Odtud jsou napojeny jednotlivé topné větve staré budovy a napojení strojovny v suterénu hospodářské budovy.

V objektu je provedena teplovodní dvoutrubková otopná soustava s nuceným oběhem topné vody. Z rozdělovačů a sběračů jsou vedeny jednotlivé topné větve, pro VZT jednotky a zásobníkové ohříváče teplé vody. Potrubí topné vody je převážně ocelové. V rámci provozu divadla je regulace v konečném místě distribuce tepla zajištěna prostřednictvím termostatických ventilů s termohlavicemi či uzavíracími kohouty před otopnými tělesy. V objektu hlavní budovy jsou umístěna převážně článková litinová nebo ocelová desková otopná tělesa.

Čtyři ubytovací jednotky v části objektu B2 mají vlastní lokální zdroj tepla na zemní plyn. Jedná se o Plynové kotle a WAW topidla. Předpokládaný celkový výkon těchto zdrojů je 48 kW.

Teplá voda je v objektu ohřívána teplem z hlavní plynové kotelny v hospodářské budově v 5. NP. Ve strojovně v suterénu hlavní budovy je osazen původní zásobníkový ohříváč teplé vody nahříváný vlastní větví topné vody z rozdělovače tepla. Ve strojovně hospodářské budovy



je jedna topná větev pro ohřev teplé vody v novém zásobníkovém ohřivači o objemu 400 l. Rozvody teplé vody v budově jsou částečně původní ocelové a částečně z plastového potrubí. K jednotlivým odběrným místům je proveden přívod s cirkulací.

Vzduchotechnická zařízení

Větrání hlavní budovy malého divadla je zajištěno převážně okny, částečně nucené. V hlavní budově je instalována vzduchotechnická jednotka pro větrání jeviště. Větrací jednotka je vybavena teplovodním výměníkem pro ohřev vzduchu. Vzhledem k jejímu stáří (rok výroby 1988) je doporučena její výměna. V objektu je dále instalovaná tzv. malá vzduchotechnika – pouze odtah vzduchu z místností bez oken.

Osvětlení

Ve všech prostorech provozu jsou instalována převážně zářivková svítidla, v podružných prostorech jsou osazena svítidla žárovková. Osvětlení je ovládáno převážně manuálně pomocí nástěnných tlačítkových spínačů.

4.2. Klimatické podmínky

Při přepočtu spotřeby energie na vytápění na dlouhodobý klimatický průměr bylo vycházeno z klimatologických údajů pro oblast Liberec.

Parametry prostředí			
Lokalita	-	Liberec	
Venkovní výpočtová teplota	t_e	-18	°C
Průměrná venkovní teplota t_{es}	t_{es}	3,7	°C
Definovaná teplota pro zahájení vytápění	-	13	°C
Počet dnů otopného období	d	256	dní
Průměrná vnitřní teplota t_{is}	t_{is}	19,0	°C
Počet denostupňů	D°	3 921	°D

Tabulka 2 – Parametry prostředí



Přepočet spotřeby energie na vytápění na dlouhodobý klimatický průměr

Zhodnocení tepla pro vytápění					
Rok	Spotřeba tepla na vytápění	Skutečný počet denostupňů	Normový počet denostupňů	Přepočtená spotřeba tepla	
	GJ	Do	Do	GJ	MWh
2020	1 299	3 346	3 921	1 522	422,7
2021	1 476	3 758	3 921	1 540	427,8
2022	1 260	3 397	3 921	1 455	404,0
Průměr	1 345	3 500	3 921	1 507	418,5

Tabulka 3 – Přepočet spotřeby na dlouhodobý klimatický průměr

4.3. Výchozí energická bilance

Spotřeba tepla pro vytápění byla přepočtena pomocí denostupňů. Teplo je v objektu využíváno pro vytápění a přípravu teplé vody. Vzhledem k tomu, že neexistuje měření elektrické energie u jednotlivých odběrů (osvětlení atd.) je spotřeba energie stanovena na základě elektrického příkonu a přibližné doby provozu.

Analýza užití energie - předmět energetického posudku					
Struktura spotřeby energie		Spotřeba energie			
		Stávající stav		Výchozí stav	
		MWh/rok	tis. Kč /rok	MWh/rok	tis. Kč /rok
Celkem		505,0	990,8	549,9	1 667,1
Analýza podle energonositelů					
Elektrická energie		63,3	273,1	63,3	260,8
Teplo		404,2	683,3	445,7	1370,6
Zemní plyn		37,5	34,4	41,0	35,7
Analýza podle způsobu užití energie/spotřebičů					
1	Elektrická energie	---	---	---	---
	1.1 Osvětlení	26,5	114,4	26,5	109,3
	1.2 VZT	3,9	16,7	3,9	15,9
	1.3 Chlazení	3,1	13,4	3,1	12,8
	1.4 Ostatní	29,8	128,7	29,8	122,9
2	Teplo	---	---	---	---
	2.1 Vytápění	343,6	580,8	385,0	1 184,1
	2.2 Ohřev TV	60,6	102,5	60,6	186,5
3	Zemní plyn	---	---	---	---
	3.1 Vytápění	30,0	27,5	33,5	29,2
	3.2 Ohřev TV	7,5	6,9	7,5	6,5

Tabulka 4 – Analýza užití energie – předmět energetického posudku



5. POPIS A HODNOCENÍ NAVRHOVANÉHO STAVU

Na základě analýzy stávajícího stavu byla navržena a posouzena následující energeticky úsporná opatření. Investiční náklady u jednotlivých opatření byly stanoveny dle přílohy č. 03 Pravidel pro žadatele a příjemce podpory OPŽP 2021–2027, Metodika zjednodušených metod vykazování nákladů s kategorizací položek rozpočtu OPŽP21+, případně byly navýšeny o náklady s pojezdem s realizací daného opatření.

- **NO1 – Opatření ve stavební části – zateplení obvodových stěn, střech, konstrukcí k nevytápěným prostorům a výměna výplní otvorů**
- **NO2 – Opatření zabráňující nadměrnému vzestupu vnitřní teploty**
- **NO3 – Instalace IRC**
- **NO4 – Rekonstrukce osvětlení**
- **NO5 – Instalace vzduchotechnických jednotek s rekuperací tepla**
- **NO6 – Systém měření a regulace**

5.1. Stavební úpravy vedoucí ke zlepšení tepelně technických vlastností obvodových konstrukcí

- **Zateplení obvodových stěn**

Stávající obvodové stěny budou zatepleny kontaktním zateplovacím systémem ETICS s tepelnou izolací z minerálního vlákna tloušťky 220 mm s povrchovou úpravou armovanou tenkovrstvou omítkou, případně obkladem soklu u terénu. V místech soklu a pod terénem budou obvodové stěny zatepleny deskami z extrudovaného polystyrénu XPS tl. 220 mm ($\lambda_D \leq 0,033 \text{ W/mK}$). U vchodu ze Zeyerovy ulice bude nově provedena šambrána zvýrazňující vstup do objektu. Sokl objektu bude proveden z mozaikové omítky z drobného kameniva v tmavě šedém odstínu. Fasáda objektu B směrem do Zhořelecké ulice bude nově provedena dle původních historických fotek tak, aby co nejlépe imitovala původní fasádu hotelu. Tato fasáda bude provedena v kombinaci bílé omítky a tmavě vínové mozaiky.

Tepelná izolace – fasádní desky z minerálního vlákna MW

Deklarovaná hodnota $\lambda_D = 0,036 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$; návrhová hodnota $\lambda_u = 0,039 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Tepelná izolace – desky z extrudovaného polystyrénu XPS

Deklarovaná hodnota $\lambda_D = 0,033 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$; návrhová hodnota $\lambda_u = 0,033 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů u ETICSu je $\Delta U_{tb} = 0,020 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

- **Zateplení podhledů/stropů**

Stropy nad nevytápěným suterénem ve staré budově budou zatepleny kontaktním zateplovacím systémem s tepelným izolantem z minerální vlny ($\lambda_D \leq 0,036 \text{ W/mK}$) o tl. 120 mm.

Tepelná izolace – desky z minerálního vlákna MW

Deklarovaná hodnota $\lambda_D = 0,036 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$; návrhová hodnota $\lambda_u = 0,039 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.



Korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů u ETICSu je
 $\Delta U_{tb} = 0,020 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}.$

Vzhledem k podezření na degradaci nosných prvků stropu pod střechou v části budovy B2, vlivem zatékajících srážek v minulosti bylo stavebně technickým průzkumem, doporučeno rozkrytí dřevěného záklopu stropu a provedení revize stávajících dřevěných nosníků. Po provedení stavebně technického průzkumu nosníků a mykologického průzkumu bude rozhodnuto, zda mohou stávající dřevěné nosníky v konstrukci zůstat, či musí být vyměněny za nové nosníky o stejných dimenzích a roztečích, následně bude proveden nový záklop z OSB desek, na který bude provedeno zateplení pomocí desek z minerální izolace tl. 260 mm, $\lambda_d = 0,035 \text{ W/mK}$. Na toto zateplení budou provedeny pouze lokální pochozí lávky z fošen, uložených na roznášecích prknech.

• Zateplení střechy

Stávající střešní vrstvy ploché střechy budou odstraněny až na nosnou konstrukci. Následně budou realizovány nové střešní vrstvy ve skladbě: Plech VSŽ, asfaltový pás, tepelná izolace ve spádu 2 % s minimální tloušťkou 340 mm, separační textilie a nová hydroizolační folie z měkčeného PVC.

Tepelná izolace ze stabilizovaného polystyrénu EPS 100 S

Deklarovaná hodnota $\lambda_D = 0,036 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$; návrhová hodnota $\lambda_u = 0,039 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$.

Korekce součinitele prostupu tepla na vliv systematických tepelných mostů u kotvení je
 $\Delta U_{tb} = 0,020 \text{ W/m}^2 \text{K}.$

• Výměna výplní otvorů

Po demontáži stávajících otvorových výplní budou osazeny nové výplně s izolačním trojsklem se součinitelem prostupu tepla celé výplně $U_w \leq 0,90 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ o obdobném členění jako měla původní dřevěná okna, barva rámu bude dle pohledů a tabulky oken, na historické fasádě budou okna tmavě hnědá s bílými křídly a na zbytku objektu budou bílá.

Po demontáži stávajících otvorových výplní – vrat a dveří budou osazeny nové výplně, plné nebo částečně prosklené s izolačním trojsklem, se součinitelem prostupu tepla celé výplně $U_D \leq 1,2 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ ve stejném členění jako původní výplně, není-li v PD dáno jinak.

V rámci zateplení obálky budovy musí být provedeno vyregulování otopné soustavy.

Poznámka: V rámci zpracování projektové dokumentace doporučujeme provést sondy do plochých střech, a dle zjištěných skutečností upravit tepelně technické výpočty konstrukcí a návrhy tloušťek tepelných izolací, případně změnit navržené technologie. Nové návrhy zateplení stěn a střech musí respektovat součinitele prostupu tepla $U_{\text{vypočtené}} [\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}]$ jednotlivých konstrukcí uvedených v PENB, a to z důvodu splnění dotačních podmínek a následných úspor energie. Stávající stavební poruchy, které by následně znehodnotily realizované zateplením musí být odstraněny před realizací výše uvedených opatření (zateplení fasády a střechy).

V následující tabulce je vyčíslena úspora energie na vytápění po provedení výše uvedených opatření. Úspora energie plyne ze snížení potřeby tepla pro vytápění objektu.



Úspora energie a nákladů – po realizaci příležitosti		
Ukazatel	Jednotka	Hodnota
Spotřeba energie – stávající stav	MWh/rok	418,5
Spotřeba energie – navrhovaný stav	MWh/rok	268,4
Úspora energie	MWh/rok	150,1
	GJ/rok	540,4
Náklady – stávající stav	tis. Kč/rok	1 287,1
Náklady – navrhovaný stav	tis. Kč/rok	825,4
Cena tepla	Kč/MWh	3 075,4
Úspora nákladů po realizaci opatření	tis. Kč/rok	461,7

Tabulka 5 – Úspora energie a nákladů

Maximální způsobilé výdaje			
Konstrukce	Plocha	Jednotk. cena	Celková cena
	m ²	Kč/m ²	tis. Kč
Obvodové stěny	1 699,1	4 200	7 136,2
Střecha	1 238,8	3 200	3 964,2
Konstrukce k nevytápěným prostorům	613,2	1 200	735,8
Výplně otvorů	261,3	8 900	2 325,6
Celkem odhadované investiční náklady	3 812,4	-	14 161,8

Tabulka 6 – Maximální způsobilé výdaje

Nejvyšší podíl hodnoty součinitele prostupu tepla měněných stavebních prvků vyjma oken, na něž se vztahuje podpora, vůči příslušné požadované hodnotě součinitele prostupu tepla pro danou konstrukci – 63 %.

Nejvyšší podíl hodnoty součinitele prostupu tepla měněných oken, na něž se vztahuje podpora, vůči příslušné požadované hodnotě součinitele prostupu tepla pro danou konstrukci – 60 %.

5.2. Opatření zabraňující nadměrnému vzestupu vnitřní teploty

V rámci realizace zlepšení kvality vnitřního prostředí budou nově instalovány stínící prvky – vnější okenní žaluzie na fasádě objektu.

Po instalaci vnějších žaluzií, budou místnosti splňovat požadavky dle čl. 8.2 ČSN 730540-2:2011 na tepelnou stabilitu místností v letním období, tj. nejvýše přípustná denní teplota vzduchu v místnosti v letním období nebude překročena.

Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období dle ČSN 730540-2			
Místnost	$\theta_{ai,max}$ Teplota vnitřního vzduchu kritické místnosti	$\theta_{ai,max,N}$ Nejvýše přípustná denní teplota vzduchu v místnosti v letním období	$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N}$ Požadavek ČSN 73 0540-2
	°C	°C	
Místnost 2.3, 2.NP	26,11	27,00	Splňuje

Tabulka 7 – Nejvyšší denní teplota vzduchu v letním období

Výpočet z programu Simulace 2018 je uveden v Příloze – Protokol výpočtu tepelné stability v letním období dle ČSN 73 0540-2(2011) – viz samostatný dokument Přílohy k PENB.

Maximální způsobilé výdaje		
Ukazatel	Jednotka	Hodnota
Jednotková cena – instalace venkovních žaluzií	Kč/m ²	3 700
Stíněné plochy výplní otvorů	m ²	139
Celkem	tis. Kč	514,3

Tabulka 8 – Maximální způsobilé výdaje

5.3. Instalace IRC ventilů

Instalace tzv. programové regulace teploty (IRC – Individual Room Control) jednotlivých místností je v současné době jedním z nejmodernějších způsobů, jak dosáhnout požadované kvality vnitřního prostředí při dosažení co největších úspor tepla. Na jednotlivých otopných tělesech jsou v tomto případě osazeny ventily se servopohony ovládající plynule průtok topného média škrcením radiátorového ventilu. Systém je centrálně řízen počítačem podle nastaveného programu, a na základě porovnání vnitřní teploty v daném místě otopného tělesa a přednastavené hodnoty je regulován průtok topné vody do těles. Výhodou je přesné docílení požadovaných teplot v interiéru, režim tlumeného provozu v určitých prostorech, pokud nejsou využívány a dále automatické okamžité, ale i dlouhodobé vyhodnocování spotřeb energie.

V budově je instalováno celkem 135 kusů otopných těles. Většina otopných těles je vybavena uzavíratelným kohoutem, termostatickým ventilem s termoregulační hlavicí či úplně bez regulace. V rámci úsporného opatření se předpokládá instalovat IRC na všechna otopná tělesa.

Úspora tepla a provozních nákladů na vytápění		
Ukazatel	Jednotka	Hodnota
Spotřeba tepla – stávající stav	MWh/rok	268,4
Spotřeba tepla – navrhovaný stav	MWh/rok	250,9
Úspora tepla na vytápění	GJ/rok	62,8
	MWh/rok	17,4
Náklady na vytápění – stávající	tis. Kč/rok	825,4
Náklady na vytápění – návrh	tis. Kč/rok	771,7
Cena tepla	Kč/MWh	3 075,4
Úspora provozních nákladů	tis. Kč/rok	53,7

Tabulka 9 – Úspora energie a nákladů

Maximální způsobilé výdaje		
Ukazatel	Jednotka	Hodnota
Úspora energie	MWh/rok	17,4
Maximální způsobilé výdaje	tis.Kč/MWh	36,1
Celkem	tis. Kč	629,8

Tabulka 10 – Maximální způsobilé výdaje

5.4.Rekonstrukce osvětlení

V rámci rekonstrukce vnitřního osvětlení se předpokládá výměna stávajícího žárovkového a zářivkového osvětlení za výkonově odpovídající úsporné LED svítidla. Osvětlení v historických svítidlech zůstane zachováno. Spotřeba elektrické energie osvětlením byla vypočtena energetickým specialistou na základě předpokládané doby svícení a příkonu svítidel a představuje zhruba 40 % z celkové spotřeby elektřiny. Předpokládá se, že nově instalované osvětlení splňuje hygienické a legislativní podmínky platné v ČR. Počty kusů svítidel byly stanoveny na základě odhadovaného příkonu jednoho kusu svítidla a roční doby svícení. Základní parametry osvětlení stávajícího stavu je uveden v následující tabulce.

Úspora elektrické energie na osvětlení		
Ukazatel	Jednotka	Hodnota
Spotřeba el. energie osvětlením – stávající	MWh/rok	26,5
Spotřeba el. energie osvětlením – návrh	MWh/rok	15,7
Úspora elektrické energie	GJ/rok	39
	MWh/rok	10,9
Cena elektrické energie	Kč/MWh	4 119,8
Úspora provozních nákladů	tis. Kč/rok	44,8

Tabulka 11 – Úspora energie a nákladů

Maximální způsobilé výdaje		
Ukazatel	Jednotka	Hodnota
Intenzita osvětlení nižší než 200 lux/m ²	m ²	1 356,7
Intenzita osvětlení vyšší než 200 lux/m ²	m ²	1 504,3
Jednotkový náklad	Kč/m ²	2 000,0
Maximální způsobilé náklady	tis. Kč	5 722,0

Tabulka 12 – Maximální způsobilé výdaje



5.5. Instalace nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla

V tomto opatření je navržena instalace větracích jednotek s rekuperací tepla do prostor hlavní budovy Malého divadla. Jedná se celkem o 3 VZT jednotky:

- Zařízení č. 1 – Zkušebna sboru
- Zařízení č. 2 – Divadelní sál, jeviště, foyer, salónek, část baru a zvukařské a nahrávací studio
- Zařízení č. 3 – Kanceláře + dílny 1NP

Zařízení č. 1 – Zkušebna sboru

Pro větrání zkušebny sboru umístěné ve staré budově je navržena přívodní a odvodní VZT jednotka s rekuperací tepla ve vnitřním hygienickém provedení, která je umístěna ve strojovně VZT v 5.NP hospodářské budovy. VZT jednotka je v sestavě:

- přívod – klapka, filtr F7, rotační ZZT (min účinnost 75%), vodní ohřívač, přímý výparník (chladiivo R410a), ventilátor.
- odvod – filtr M5, ventilátor, rotační ZZT, klapka.

Vzduch je nasáván sací žaluzií se sítí umístěnou na fasádě strojovny VZT v 5.NP. Před a za jednotkou jsou umístěny tlumiče hluku o minimální délce 2m tak, aby byl zajištěn dostatečný útlum hluku pro splnění hygienických limitů ve větraném prostoru.

Venkovní vzduch je v jednotce předehříván pomocí zpětného zisku tepla, a dále je dohříván v přechodném období (když $t_e > 8^\circ\text{C}$) přímým výparníkem resp. v zimním období (když $t_e < 8^\circ\text{C}$) vodním ohřívačem na požadovanou teplotu $t_p=22^\circ\text{C}$. V letním období je přiváděný vzduch chlazen pomocí přímého výparníku na požadovanou teplotu 26°C .

Přívodní vzduch je dále veden po střeše do 3.NP staré budovy, kde je distribuován pomocí anemostatů. Z místnosti je vzduch odváděn anemostaty a pozinkovaným potrubím veden přes tlumič hluku do VZT jednotky, kde je vzduch běžně filtrován a případně předá teplo přívodnímu vzduchu přes zpětný zisk tepla. Za ventilátorem je vzduch veden přes tlumič hluku a vyfukován přes protidešťovou žaluzii na fasádě strojovny VZT v 5.NP.

Zařízení je navrženo s EC motory pro optimální nastavení požadovaného vzduchového výkonu. Vodní ohřívač je vybaven směšovacím uzlem, montáž směšovacích uzlů zajišťuje profese vytápění. Zařízení je navrženo jako rovnotlaké.

Pro výrobu chladu do chladiče VZT jednotky je navržena venkovní kondenzační jednotka, která je zavěšená v 5.NP na SV fasádě.

VZT jednotka slouží pro větrání řešených prostorů a nepokrývá tepelné ztráty (řeší profese ÚT) ani tepelné zisky (řeší profese CHL) v místnostech.

Výměnu vzduchu na osobu	50 m ³ /h
Přívod vzduchu celkem	1.500 m³/h
Odvod vzduchu celkem	1.500 m³/h
Vodní ohřívač 60/40°C	5,0kW
Přímý chladič jednookruhový	7,5kW
Přívodní ventilátor	0,5kW; 6,0A; 230V/50Hz
Odvodní ventilátor	0,5kW; 6,0A; 230V/50Hz
Kondenzační jednotka CHL1	3,5kW; 16,0A; 400V/50Hz



Zařízení č. 2 - Divadelní sál, jeviště, foyer, salónek, část baru a zvukařské a nahrávací studio

Pro větrání jeviště, hlediště, prostorů pro zvukaře a přilehlých foyer je navržena přívodní a odvodní VZT jednotka s rekuperací tepla ve vnitřním hygienickém provedení, která je umístěna ve strojovně VZT v 2.NP. Jednotka je v sestavě:

- přívod – klapka, filtr M5, rotační ZZT (min účinnost 75%), vodní ohříváč, přímý výparník (chladiivo R410a), ventilátor, filtr F7.
- odvod – filtr M5, ventilátor, rotační ZZT, klapka.

Vzduch je nasáván sacím kusem se sítím umístěným na střeše strojovny VZT v 2.NP. Před a za jednotkou jsou umístěny tlumiče hluku o délce 2-3m tak, aby byl zajištěn dostatečný útlum hluku pro splnění hygienických limitů ve větraném a venkovním prostoru.

Venkovní vzduch je v jednotce předehříván pomocí zpětného zisku tepla, a dále je dohříván v přechodném období (když $t_e > 8^\circ\text{C}$) přímým výparníkem resp. v zimním období (když $t_e < 8^\circ\text{C}$) vodním ohříváčem na požadovanou teplotu $t_p=22^\circ\text{C}$. V letním období je přiváděný vzduch chlazen pomocí přímého výparníku na požadovanou teplotu 26°C .

Potrubí je rozděleno do několika větví. Jednotlivé větve jsou regulovány pomocí regulátorů variabilního průtoku (ovládání pomocí čidel CO_2 , čidel teploty a časového programu). Předpokládá se větrání jeviště a hlediště po dobu představení, v přestávkách bude téměř polovina vzduchu provětrávat přilehlá foyer, dle koncentrace CO_2 .

Do prostoru jeviště a hlediště je upravený vzduch přiváděn textilními vyústkami, které eliminují pocit průvanu. Do přilehlých místností budou osazeny obdélníkové vyústky s regulací. Odvod vzduchu ze všech prostor je řešen obdélníkovými vyústkami s regulací.

Potrubí vedené přes jeviště a hlediště vč. izolací, veškerých komponentů, kotvícího a spojovacího materiálu budou v černé barvě! Izolace může být buď černá kaučuková, případně s oplechováním v černé barvě matné. Odváděný vzduch je veden přes tlumiče hluku do VZT jednotky, kde je vzduch běžně filtrován a případně předá teplo přívodnímu vzduchu přes zpětný zisk tepla. Za ventilátorem je vzduch veden přes tlumiče hluku a přes výfukový kus na střeše strojovny VZT je vyfukován do exteriéru.

Zařízení bude vybaveno EC motory nebo frekvenčními měniči pro optimální nastavení požadovaného vzduchového výkonu. Vodní ohříváč je vybaven směšovací uzlem, montáž směšovacích uzlů zajišťuje profese vytápění. Zařízení je navrženo jako rovnotlaké.

Pro výrobu chladu do chladiče VZT jednotky jsou navrženy 3 venkovní kondenzační jednotky, které jsou zavěšeny v 5.NP hospodářské budovy na SV fasádě. VZT jednotka slouží pro větrání řešených prostorů a částečné pokrytí tepelných zisků. VZT nepokrývá tepelné ztráty (řeší profese ÚT).

Výměnu vzduchu na osobu	50 m ³ /h
Přívod vzduchu celkem	13.250 m³/h
Odvod vzduchu celkem	13.250 m³/h
Vodní ohříváč 60/40°C	48,9kW
Přímý chladič tříokruhový	63,9kW
Přívodní ventilátor	5,0kW; 16,0A; 400V/50Hz
Odvodní ventilátor	5,0kW; 16,0A; 400V/50Hz
Kondenzační jednotka CHL1	5,7kW; 25,0A; 400V/50Hz
Kondenzační jednotka CHL2	5,7kW; 25,0A; 400V/50Hz
Kondenzační jednotka CHL3	5,7kW; 25,0A; 400V/50Hz



Zařízení č. 3 – Kanceláře + dílny v 1NP

Pro větrání kanceláří v 1.NP staré budovy je navržena přívodní a odvodní VZT jednotka s rekuperací tepla ve vnitřním parapetním provedení, která je umístěna na chodbě m.č.1.8 a je v sestavě:

- přívod – filtr F7, deskový ZZT (min účinnost 75%), ventilátor.
- odvod – filtr M5, deskový ZZT, ventilátor.

Vzduch je nasáván přes sací žaluzii se sítím. Jelikož není možné dodržet dostatečný odstup od oken, bude za sací žaluzií instalováno kouřové čidlo (dodávka MaR).

Na potrubí sání a výfuku budou osazeny uzavírací klapky. Napojení na jednotku bude pro všechny trasy přes hluk tlumící ohebné potrubí v min délce 1,5-2m tak, aby byl zajištěn dostatečný útlum hluku pro splnění hygienických limitů ve větraném prostoru.

Vzduch do místnosti je přiváděn a následně nasáván pomocí výustek s regulací resp. Talířových ventilů. A je vyfukován přes protidešťovou žaluzii na fasádě 1.NP hospodářské budovy.

Přechod mezi starou a hospodářskou budovou (dilatační spára) bude ošetřen pružnou manžetou. Z jedné strany bude potrubí zazděno na pevně, ze strany druhé bude prostup vyplněn měkkou vatou a ošetřen požární ucpávkou. Zařízení je navrženo s EC motory pro optimální nastavení požadovaného vzduchového výkonu.

Vodní ohřívač je vybaven směšovacím uzlem, montáž směšovacích uzlů zajišťuje profese vytápění. Zařízení je navrženo jako rovnotlaké.

VZT jednotka slouží pro větrání řešených prostorů a nepokrývá tepelné ztráty (řeší profese ÚT) ani tepelné zisky (řeší profese CHL) v místnostech.

Výměnu vzduchu na osobu 50 m³/h
Přívod vzduchu celkem 450 m³/h
Odvod vzduchu celkem 450 m³/h
 Přívodní ventilátor 0,15kW; 0,5A; 230V/50Hz
 Odvodní ventilátor 0,15kW; 0,5A; 230V/50Hz

Výpis nových VZT jednotek				
Objekt	Místnost	Vzduchový výkon		Účinnost rekuperace
		Přívod	Odvod	
	Ozn.	m ³ /h	m ³ /h	%
Hlavní budova	Zkušebna sboru	1 500	1 500	75
	Divadelní sál, jeviště, foyer, salónek, část baru a zvukařské a nahrávací studio	13 250	13 250	75
	Kanceláře + dílny v 1NP	450	450	75
Celkem		15 200	15 200	

Tabulka 13 - Výpis nových VZT jednotek

Úspora energie a nákladů

Při realizaci dochází díky vysoké účinnosti zpětného získávání tepla k úspoře tepla na vytápění, ale dojde i k navýšení spotřeby elektrické energie pro pohon ventilátorů. V úsporném opatření je zohledněn vliv synergického efektu po zateplení objektu a dalších úsporných opatření na teple.

Úspora energie a nákladu po realizaci opatření		
Parametr	Jednotka	Hodnota
Celková spotřeba tepla na vytápění – stávající stav	MWh/rok	250,9
Celková spotřeba tepla na vytápění – navrhovaný stav	MWh/rok	197,0
Celková úspora tepla	GJ/rok	194
	MWh/rok	53,9
Cena tepla	Kč/MWh	3 075,4
Celková úspora nákladů	tis.Kč/rok	165,8

Tabulka 14 – Úspora energie a nákladu po realizaci opatření

Při stanovení energetických přínosů instalací větracího systému je nutné zohlednit rovněž spotřebu elektrické energie potřebnou pro pohon ventilátorů, klapky a oběhového čerpadla atd. a energii potřebnou pro chlazení jednotek. V následující tabulce je tato spotřeba a náklady za elektrickou energii uvedena.

Spotřeba EE a náklady na provoz VZT		
Parametr	Jednotka	Hodnota
Spotřeba EE na provoz VZT	MWh/rok	10,9
Cena EE	Kč/MWh	4 119,8
Náklady na provoz VZT	tis.Kč/rok	45,0

Tabulka 15 – Spotřeba EE a náklady na provoz VZT

Spotřeba a náklady chlazení		
Parametr	Jednotka	Hodnota
Spotřeba EE na chlazení	MWh/rok	14,3
Cena EE	Kč/MWh	4 119,8
Náklady EE na chlazení	tis. Kč/rok	58,8

Tabulka 16 – Spotřeba a náklady na chlazení

Maximální způsobilé výdaje		
Parametr	Jednotka	Hodnota
Celkový návrhový vzduchový výkon	m ³ /hod	15 200,0
Jednotkový náklad	m ³ /hod	390,0
Maximální způsobilé výdaje	tis. Kč	5 928,0

Tabulka 17 – Maximální způsobilé výdaje



5.6. Systém měření a regulace

Opatření zahrnuje instalaci systému měření a regulace k hlavní i hospodářské budově Malého divadla. Vzhledem ke komplexnosti a provázanosti mezi systémy měření a regulace je úspora opatření zahrnuta pouze u hlavní budovy.

Rozvaděč RA0.1

V místnosti č. 0.8 v 1.PP se bude nacházet rozvaděč MaR-RA0.1. Pro řízení a regulaci je navržen volně programovatelný digitální regulátor, který bude spojen s ovládacím dotykovým LCD panelem. Ten umožňuje zobrazit veškeré stavy a poruchy na zařízení, veškeré měřené a požadované teploty atd. Současně splňuje podmínku jednoduché rozšiřitelnosti pro další zamýšlená technologická zařízení. Řídicí systém bude připojen na ethernetovou síť objektu – na dispečerské pracoviště. Na koncovém zařízení budou vytvořena grafická schémata technologií. Obsluha bude mít pomocí dispečerského pracoviště dálkový přístup ke kontrole a ovládání technologií.

Celé zařízení je navrženo tak, aby technologie mohla být provozována bez trvalé obsluhy s občasnou pochůzkovou kontrolou. Systém bude také vybaven GSM modulem pro hlášení poruch pomocí SMS zpráv.

Z tohoto rozvaděče je ovládána a (nebo) monitorována následující technologie:

- Větrání kotelny
- Kotelna B1

Rozvaděč RA0.2

V místnosti č. 0.5 v 1.PP se bude nacházet rozvaděč MaR-RA0.2.

Návrh řídicího systému = dtto rozvaděč RA0.1.

Z tohoto rozvaděče je ovládána a (nebo) monitorována následující technologie:

- Větrání hygienického zázemí – požární klapky a stěnové uzávěry
- Kotelna A

Rozvaděč RA0.3

V místnosti č. 0.19 v 1.PP budovy B2 se bude nacházet rozvaděč MaR-RA0.3.

Návrh řídicího systému = dtto rozvaděč RA0.1.

Z tohoto rozvaděče je ovládána a (nebo) monitorována následující technologie:

- Kotelna B2
- Měření spotřeb (teplo + studená a teplá voda)

Rozvaděč RA1.1

V místnosti č. 1.8 v 1.NP se bude nacházet rozvaděč MaR-RA1.1.

Návrh řídicího systému = dtto rozvaděč RA0.1. Systém bude mít základní textový LCD panel a bude bez GSM modulu.

Z tohoto rozvaděče je ovládána a (nebo) monitorována následující technologie:

- VZT6 - Větrání kanceláří + dílen v 1.NP - budova B
- Regulace teploty v místnostech (1.NP)



Rozvaděč RA2.1

V místnosti č. 2.13 ve 2.NP se bude nacházet rozvaděč MaR-RA2.1.

Návrh řídicího systému = dtto rozvaděč RA0.1. Systém bude bez GSM modulu.

Z tohoto rozvaděče je ovládána a (nebo) monitorována následující technologie:

- VZT5 - Větrání divadelního sálu, jeviště, foyeru a ost. prostor
- Měření spotřeb (teplo + studená a teplá voda)

Rozvaděč RA5.1

V místnosti č. 5.4 v 5.NP se bude nacházet rozvaděč MaR-RA5.1.

Návrh řídicího systému = dtto rozvaděč RA0.1. Z tohoto rozvaděče je ovládána a (nebo) monitorována následující technologie:

- VZT1 – Větrání kancelářských místností a místností s trvalým větráním
- VZT2 – Větrání zkušebních prostor
- VZT3 – Větrání šaten ve 4.NP
- VZT4 – Větrání zkušebny sboru – budova B
- Chlazení VRV + splity
- Regulace teploty v místnostech (1.PP, 2.NP, 3.NP, 4.NP)

Regulace teplot v místnostech

Regulace teplot v místnostech bude řízena "komunikativními" podomítkovými regulátory. Ty budou komunikačně propojeny s řídicími systémy v rozvaděcích MaR a budou umístěny v místnostech v krabici pod omítkou nebo nad podhledem. Do těchto regulátorů budou připojeny periferie v jednotlivých místnostech, tj. prostorové ovladače s displejem a čidlem teploty, termoel. pohony pro vytápění viz regulační schéma. Veškerá zařízení (VRV jednotky, regulátory průtoku, integrovaná VZT zařízení) budou vybavena kompatibilním komunikačním protokolem s řídicími systémy v rozvaděcích MaR.

POPIS TECHNOLOGICKÉHO ZAŘÍZENÍ

VZT

Periferie MaR budou připojeny do rozvaděče. Regulace teploty probíhá na požadovanou přírodní teplotu. Systém měření a regulace v kombinaci s periferiemi zajišťuje:

- měření teploty vzduchu venkovní, na přívodu, na přívodu za rekuperací, na odtahu a na výfuku
- měření tlaku vzduchu na přívodu a odtahu
- signalizaci zanesení filtrů na přívodu a odtahu a případné vyhlášení poruchy
- signalizaci zamrzání rekuperátoru a případné odstavení jednotky
- ovládání poloh klapek na přívodu a odtahu
- ovládání výkonu ventilátorů přívod a odtah, vyhlášení jejich poruchy a ovládání vyp/zap
- ovládání výkonu rekuperátoru, vyhlášení poruchy a ovládání vyp/zap
- ovládání směšovacího uzlu vodního ohřevu a případné vyhlášení jeho chodu a poruchy
- ovládání výkonu chlazení, vyhlášení chodu a poruchy a ovládání vyp/zap, možnost přepnutí režimu topení/chlazení, signalizace režimu „Defrost – odmrazování“
- signalizaci spadnutí požárních klapek a požárních stěnových uzávěrů vázaných



k danému zařízení měření a detekci kouře na sání VZT jednotky a případné odstavení jednotky

Řízení VZT jednotky:

- Přívodní vzduch v zimním období je primárně ohříván pomocí zpětného zisku tepla, tepelným čerpadlem v CHL jednotce a následně vodním ohříváčem dohříván na požadovanou teplotu 22°C. Přívodní vzduch v letním období je chlazen pomocí chladiče na požadovanou teplotu 26°C.
- VZT jednotka bude řízena dle časových programů.
- Dané místnosti (dle regulačního schématu) jsou regulovány pomocí regulátorů variabilního průtoku (ovládání pomocí čidel CO₂ nebo teploty).
- Jednotlivé zóny za regulátory je možné uzavřít (ručně nebo časově), případně je možné nastavit „prázdninový režim“, který umožní časové provětrání na 1 hodinu / denně.

Vytápění

Jako hlavní zdroj tepla slouží dva plynové kondenzační kotle. Regulace každého kotle bude doplněna o rozšiřující modul, který umožní ovládat výkon/teplotu kotle signálem 0-10V, ovládání kotle signálem on/off a signalizaci jeho poruchy. Za kotli bude měřena výstupní teplota vody z kotlů a teplota zpátečky do kotlů. Venkovní čidlo teploty bude umístěno na severní fasádu objektu.

Vzhledem k umístění plynových kotlů bude ještě měřena teplota vody za zdrojem tepla pro kotelnu v budově A.

Okruh ÚT

Větev ÚT tvoří trojcestný směšovací ventil, oběhové čerpadlo topné vody a čidlo teploty vody ÚT. Větev bude řízena ekvitermně v závislosti na venkovní teplotě. Bude využit týdenní časový program s nočními útlumy.

Čerpadlo bude možné ovládat z rozvaděče v režimu AUT-VYP-RUČ. Čerpadlo bude v provozu celé zimní období. Uživatel bude mít možnost zadávat ekvitermní křivky, noční útlum a týdenní časové programy. Teplota přepínání období zima/léto bude pro uživatele přístupná. Čerpadlo bude vybaveno funkcemi hlášení chodu/poruchy a možnost ovládání on/off.

Okruh VZT

Větev tvoří oběhové čerpadlo topné vody. Větev bude řízena dle požadavku teplé vody od VZT jednotek. Čerpadlo bude v provozu při poklesu venkovní teploty pod 3°C. Při teplotách nad 3°C bude čerpadlo v provozu dle požadavku od jednotlivých VZT jednotek. Čerpadlo bude možné ovládat z rozvaděče RA0.2 v režimu AUT-VYP-RUČ.

Okruh TUV

Větev na rozdělovači/sběrači v kotelně tvoří nabíjecí oběhové čerpadlo pro okruh TUV. Čerpadlo bude možné ovládat z rozvaděče RA0.2 v režimu AUT-VYP-RUČ. Okruh TUV tvoří zásobník TUV a cirkulační čerpadlo topné vody. Jeden snímač teploty vody TUV bude umístěn do bojleru. Na výstupu z akumulární nádrže TUV bude instalován havarijní termostat. Požadovaná teplota TUV je 55°C. Cirkulační čerpadlo bude možné ovládat z rozvaděče RA0.2 v režimu AUT-VYP-RUČ.

Okruh kalového čerpadla

Poruchová signalizace v kotelně



Dálkový odečet spotřeby vody a tepla

Regulace teploty v místnostech objektu

Zdrojem chladu pro potřeby chlazení prostor objektu budou VRV systémy, které jsou umístěné na střeše. V daných místnostech (kanceláře, jeviště atd. - dle regulačního schématu) se budou nacházet kazetové nebo nástěnné jednotky. Místnosti budou vybaveny nástěnnými ovladači s možností individuálního nastavení požadované teploty.

Chlazení bude blokováno v případě provozu vytápění nebo v případě otevření oken/dveří. Při přepínání režimů topení/chlazení je třeba počítat s dostatečnou časovou prodlevou.

Radiátory ÚT budou osazeny IRC ventily, které budou řízeny regulátory dle nastavené požadované teploty v místnosti na nástěnném ovladači nebo na dispečerském pracovišti.

Okna a dveře v některých místnostech budou vybaveny magnetickými spínacími kontakty, které zajistí profese stavby. V případě rozpojení kontaktu se blokuje chlazení.

Chlazení

Ovládání chladicího zařízení je umožněno nástěnnými ovladači v jednotlivých místnostech. Tyto ovladače jsou propojeny s vnitřními chladicími jednotkami. V případě, že je v místnosti více chladících jednotek, jsou jednotky vzájemně propojeny a jedna jednotka je určena jako řídící jednotka (MASTER). Ostatní vnitřní jednotky jsou nastaveny jako podřadné jednotky (SLAVE).

Veškeré chladicí jednotky (venkovní i vnitřní) jsou vzájemně propojeny a jejich ovládání je možné pomocí komunikačního převodníku, který umožní integraci do systému MaR pomocí protokolu Modbus. Komunikační rozhraní chlazení sdružuje veškeré vnitřní a venkovní chladicí jednotky a umožňuje jednotky zapnout, vypnout, změnit požadovanou teplotu, dostat informaci o poruše dané jednotky atd. Vzájemné propojení mezi vnitřními chladicími jednotkami, ovladači chlazení zajistí profese chlazení, viz regulační schéma.

Dispečerské pracoviště

Pro dálkové ovládání a monitoring celého systému měření a regulace bude sloužit dispečerské pracoviště. Provozovateli tak umožní zobrazování poruch jednotlivých zařízení, sledování funkcí a hodnot jednotlivých zařízení, nastavení ovládání, prohlížení historie a událostí, zasílání alarmových zpráv pomocí SMS a e-mailů, webový přístup pro 5 klientů atd.

Dispečerský systém bude umožňovat 3 úrovně přístupu do systému – obsluha/údržba/servis s různými právy a možnostmi. Systém na dispečinku umožní jednoduše nastavovat časové funkce – a také prázdninový (útlumový) režim.

Dispečerský systém bude doplněn o aplikaci „hlídání revizních/servisních lhůt objektu“. Tj. uživatel si zadá název revize, lhůtu revize v měsících a lhůtu vyzvání před termínem revize. Systém bude uživatele automaticky upozorňovat na jednotlivé revizní lhůty. Aplikace bude připravena pro 20 položek revizí. Investorem bude určeno umístění dispečerského systému – PC.

Úspora tepla a provozních nákladů na vytápění		
Ukazatel	Jednotka	Hodnota
Spotřeba tepla – stávající stav	MWh/rok	197,0
Spotřeba tepla – navrhovaný stav	MWh/rok	167,5
Úspora tepla na vytápění	GJ/rok	106,4
	MWh/rok	29,6
Náklady na vytápění – stávající	tis. Kč/rok	605,9
Náklady na vytápění – návrh	tis. Kč/rok	515,0
Cena tepla	Kč/MWh	3 075,4
Úspora provozních nákladů	tis. Kč/rok	90,9

Tabulka 18 - Úspora tepla a provozních nákladů na vytápění

Maximální způsobilé výdaje		
Parametr	Jednotka	Hodnota
Úspora energie	MWh/rok	29,6
Maximální způsobilé výdaje	tis. Kč/MWh	36,1
Celkem	tis. Kč	1 066,9

Tabulka 19 – Maximální způsobilé výdaje

5.7. Zavedení energetického managementu

Samotné provedení investičních opatření pro snížení energetické náročnosti (zateplení, výměna světel atd.) ještě nezaručuje dlouhodobě udržitelné a nejvyšší možné, resp. požadované nebo optimální snížení spotřeby energie. Tento optimální stav je možné zajistit teprve ve spojení s opatřeními, jako je regulace otopné soustavy, přizpůsobení provozu technologických zařízení novému stavu budovy, proškolení uživatelů, zpracování a dodržování provozních řádů apod. Z tohoto důvodu musí být v rámci dotačního titulu zaveden energetický management, a to v souladu s „Metodickým návodem pro splnění požadavku na zavedení energetického managementu“. Základní principy energetického managementu vycházejí z normy ČSN EN ISO 50001.

Obecně platná a závazná pravidla pro zavedení a prokázání energetického managementu:

1. Energetický management musí být prováděn minimálně po dobu udržitelnosti projektu.
2. Smluvní vztah s odpovědným pracovníkem (energetickým manažerem, energetikem, či jiným pracovníkem určeným příjemcem podpory) v rámci struktury organizace, či s externím energetickým manažerem trvá alespoň po dobu udržitelnosti dotovaného projektu
3. Data o spotřebě energie jsou monitorována, tj. sledována, zaznamenána a archivována pro následující vyhodnocování a reportování v minimálně měsíčním intervalu. **Spotřeba tepla (energie na vytápění) v topné sezóně se striktně doporučuje provádět v týdenním intervalu.** Informace o odečtech spotřeby nese základní informaci pro případnou verifikaci dat – jakým způsobem a v jakém čase byla získána. V případě manuálních odečtů jméno odpovědné osoby, v případě dálkových odečtů identifikace poskytovatele dat (distributor, vlastní zařízení apod.).



4. Prokázání zavedení energetického managementu je součástí „Závěrečného vyhodnocení akce“ (ZVA) v podobě vyjádření energetického specialisty.
5. Poskytovatel dotace si může kdykoli po dobu udržitelnosti projektu vyžádat roční reporty z vedení energetického managementu a vyhodnocení monitorovacích ukazatelů.

V rámci vybraného souboru budov je nutné prokázat zavedení a udržitelnost energetického managementu následujícími způsoby:

Podmínka 1 (je dodržena při splnění alespoň jedné z uvedených 3 dílčích podmínek):

Existence systému umožňující evidenci, kontrolu a řízení spotřeby energie lze prokázat:

1. Budovy, které jsou předmětem dotace, jsou součástí souboru majetku, na němž je implementovaná norma ČSN EN ISO 50001 – Systém managementu hospodaření s energií, alespoň do fáze vydaného prohlášení o shodě nebo předběžného auditu (autorizovanou osobou).
2. Uzavřená smlouva o poskytování energetických služeb se zárukou (EPC) za současného splnění obou níže uvedených podmínek:
 - a. Budovy, které jsou předmětem dotace, jsou součástí smlouvy o EPC, resp. energetický management prováděný v rámci této smlouvy se na tyto budovy vztahuje,
 - b. smlouva je účinná alespoň po dobu udržitelnosti projektu.
3. Zavedený informační systém pro energetický management pro budovy, které jsou předmětem dotace, s doložením osoby určené pro práci s tímto systémem a zajišťující vyhodnocování dat a řízení spotřeby.

Podmínka 2 (je dodržena při splnění jedné z uvedených 2 dílčích podmínek):

Existence osoby odpovědné za systém energetického managementu lze prokázat:

1. Existence pozice energetického manažera, nebo pozice, která vykonává činnosti EM v rámci struktury dané organizace. Pracovní smlouva, případně jiný druh smlouvy, je uzavřena na dobu neurčitou nebo alespoň po dobu udržitelnosti projektu, s uvedením poměrné části úvazku určené na výkon energetického managementu (například 0,5 pracovního úvazku, resp. 20 hodin týdně apod.).
2. Smlouva s externím energetickým manažerem (osobou nebo firmou) na zajištění energetického managementu pro celou organizaci na dobu neurčitou nebo alespoň po dobu udržitelnosti projektu.



5.8. Celková energetická bilance v navrhovaném stavu

Upravená roční energetická bilance							
ř.	Ukazatel	Výchozí stav			Navrhovaný stav		
		Energie		Náklady	Energie		Náklady
		GJ	MWh	tis. Kč	GJ	MWh	tis. Kč
1	Vstupy paliv a energie	1 979,8	549,9	1 667,1	1 127,7	313,2	954,2
2	Změna zásob paliv	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
3	Spotřeba paliv a energie	1 979,8	549,9	1 667,1	1 127,7	313,2	954,2
4	Prodej energie cizím	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
5	Konečná spotřeba paliv a energie	1 979,8	549,9	1 667,1	1 127,7	313,2	954,2
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech en.	410,6	114,1	329,6	198,8	55,2	148,7
7	Potřeba energie na vytápění	1 153,4	320,4	928,9	461,6	128,2	337,8
8	Potřeba energie na chlazení	11,2	3,1	12,8	62,6	17,4	71,6
9	Potřeba energie na přípravu teplé vody	187,8	52,2	147,8	187,8	52,2	147,8
10	Potřeba energie na větrání	13,9	3,9	15,9	53,3	14,8	61,0
11	Potřeba energie na úpravu vlhkosti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	Potřeba energie na osvětlení	95,5	26,5	109,3	56,3	15,7	64,5
13	Potřeba energie na tech. a ostatní procesy	107,4	29,8	122,9	107,4	29,8	122,9

Tabulka 20 – Upravená roční energetická bilance



5.9. Analýza užití energie – bilance přínosů projektu

Analýza užití energie – bilance přínosů projektu							
Struktura spotřeby energie		Spotřeba energie					
		Výchozí stav		Navrhovaný stav		Rozdílová bilance	
		MWh/rok	tis. Kč /rok	MWh/rok	tis. Kč /rok	MWh/rok	tis. Kč /rok
Celkem		549,9	1 667,1	313,2	954,2	236,7	713,0
Analýza podle energonositelů							
Elektrická energie		63,3	260,8	77,6	319,9	-14,3	-59,1
Teplo		445,7	1370,6	209,6	611,9	236,0	758,6
Zemní plyn		41,0	35,7	26,0	22,3	15,0	13,4
Analýza podle způsobu užití energie/spotřebičů ¹⁾							
1	Elektrická energie	---	---	---	---	---	---
	1.1 Osvětlení	26,5	109,3	15,7	64,5	10,9	44,8
	1.2 VZT	3,9	15,9	14,8	61,0	-10,9	-45,0
	1.3 Chlazení	3,1	12,8	17,4	71,6	-14,3	-58,8
	1.4 Ostatní	29,8	122,9	29,8	122,9	0,0	0,0
2	Teplo	---	---	---	---	---	---
	2.1 Vytápění	385,0	1 184,1	149,0	425,5	236,0	758,6
	2.2 Ohřev TV	60,6	186,5	60,6	186,5	0,0	0,0
3	Zemní plyn	---	---	---	---	---	---
	2.1 Vytápění	33,5	29,2	18,5	15,8	15,0	13,4
	2.2 Ohřev TV	7,5	6,5	7,5	6,5	0,0	0,0

Tabulka 21 – Analýza užití energie – bilance přínosů projektu

5.10. Návrh vhodného doplnění měření

V rámci realizace navrhovaných opatření se doporučuje doplnění podružného měření spotřeby elektrické energie na provoz vnitřního osvětlení, vzduchotechnických jednotek, chlazení. Podružné měření tepla doporučujeme rozdělit na teplo a teplou vodu.



6. EKOLOGICKÉ VYHODNOCENÍ

Vyhodnocení z hlediska životního prostředí kvalifikuje snížení zátěže životního prostředí vyplývající z jednotlivých navrhovaných opatření a jejich kombinací. Použité emisní faktory jsou převzaty z přílohy č. 9, vyhlášky č. 141/2021 Sb.

6.1. Zdroje znečištění

Provoz plynové kotelný zajišťuje externí firma, která majiteli objektu fakturuje teplo, ve skutečnosti se však jedná o dodávku zemního plynu. Z tohoto důvodu je při ekologickém hodnocení počítáno s emisním faktorem zemního plynu. Pro stanovení množství znečišťujících látek byly použity následující emisní faktory:

Vstupní emisní faktory pro výpočet	
Palivo nebo energie	Měrná emise
	t CO ₂ /MWh _v
Zemní plyn	0,200
Elektrická energie	0,860

Tabulka 22 – Emisní faktory

Roční ekologické hodnocení						
Palivo nebo energie	Spotřeba energie		Emise CO ₂			
	Současná	Navrhovaná	Současná	Navrhovaná	Úspora	
	MWh _v	MWh _v	t CO ₂	t CO ₂	t CO ₂	%
Zemní plyn	486,6	235,6	97,3	47,1	50,2	51,6
Elektrická energie	63,3	77,6	54,4	66,8	-12,3	-22,6
Celkem	549,9	313,2	151,8	113,9	37,9	25,0

Tabulka 23 – Celková úspora emisí

Celková úspora CO₂ pro činí **37,9 tun za rok**, což představuje snížení produkce CO₂ o **25,0 %**.



7. BILANCE PRIMÁRNÍ ENERGIE Z NEOBNOVITELNÝCH ZDROJŮ

Provoz plynové kotelny zajišťuje externí firma, která majiteli objektu fakturuje teplo, ve skutečnosti se však jedná o dodávku zemního plynu. Z tohoto důvodu je při vyhodnocení primární energie z neobnovitelných zdrojů počítáno s faktorem zemního plynu. Faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro elektrickou energii je roven 2,6, pro zemní plyn 1.

Balance primární energie z neobnovitelných zdrojů						
Palivo nebo energie	Spotřeba energie		Primární energie			
	Současná	Navrhovaná	Současná	Navrhovaná	Úspora	
	MWh _v	MWh _v	MWh	MWh	MWh	%
Zemní plyn	486,6	235,6	486,6	235,6	251,0	51,6
Elektrická energie	63,3	77,6	164,6	201,9	-37,3	-22,6
Celkem	549,9	313,2	651,2	437,5	213,8	32,8

Tabulka 24 – Balance primární energie z neobnovitelných zdrojů

Celková úspora primární energie z neobnovitelných zdrojů činí **213,8 MWh/rok**, což představuje snížení o **32,8 %**.



8. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Historie spotřeby energie	7
Tabulka 2 – Parametry prostředí	9
Tabulka 3 – Přepoččet spotřeby na dlouhodobý klimatický průměr	10
Tabulka 4 – Analýza užití energie – předmět energetického posudku	10
Tabulka 5 – Úspora energie a nákladů	13
Tabulka 6 – Maximální způsobilé výdaje	13
Tabulka 7 – Nejvyšší denní teplota vzduchu v letním období	14
Tabulka 8 – Maximální způsobilé výdaje	14
Tabulka 9 – Úspora energie a nákladů	15
Tabulka 10 – Maximální způsobilé výdaje	15
Tabulka 11 – Úspora energie a nákladů	15
Tabulka 12 – Maximální způsobilé výdaje	15
Tabulka 13 - Výpis nových VZT jednotek	18
Tabulka 14 – Úspora energie a nákladu po realizaci opatření	19
Tabulka 15 – Spotřeba EE a náklady na provoz VZT	19
Tabulka 16 – Spotřeba a náklady na chlazení	19
Tabulka 17 – Maximální způsobilé výdaje	19
Tabulka 18 - Úspora tepla a provozních nákladů na vytápění	24
Tabulka 19 – Maximální způsobilé výdaje	24
Tabulka 20 – Upravená roční energetická bilance	26
Tabulka 21 – Analýza užití energie – bilance přínosů projektu	27
Tabulka 22 – Emisní faktory	28
Tabulka 23 – Celková úspora emisí	28
Tabulka 24 – Bilance primární energie z neobnovitelných zdrojů	29