

2020

Studie

Optimalizace vytápění a
možnosti dochlazení budovy
ústředí ČNB



OBSAH

ANOTACE	5
IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY	6
1 ÚVOD.....	7
1.1 Účel dokumentu	7
1.2 Použité předpisy a obecné technické normy.....	7
1.3 Výchozí podklady pro zpracování projektu	8
2 VÝCHOZÍ STAV, ZDŮVODNĚNÍ REALIZACE PROJEKTU A ANALÝZA JEHO POTŘEBNOSTI A PŘÍNOSŮ	8
2.1 Zdůvodnění realizace projektu a analýza jeho potřebnosti a přínosů.....	8
2.2 Vytápění a ohřev TV (výchozí stav).....	9
2.2.1 Potřeba tepla pro vytápění a ohřev TV	9
2.2.2 Měsíční balance spotřeby tepla	9
2.2.3 Hodinové balance spotřeby tepla	11
2.3 Chlazení (výchozí stav)	14
2.3.1 Zdroj chladu CH1 – letní chlazení (výchozí stav).....	14
2.3.2 Zdroj chladu CH2 – celoroční chlazení (výchozí stav)	15
2.3.3 Výkonové rezervy jednotlivých zdrojů chladu	16
2.3.4 Měsíční balance spotřeby chladu	17
2.3.5 Denní balance spotřeby chladu	20
2.4 Elektrická energie.....	21
2.4.1 Měsíční balance spotřeby elektrické energie	21
2.4.2 Průběh spotřeby elektrické energie ve vybraných dnech.....	23
3 POPIS PROJEKTU A JEHO AKTIVIT / ETAP	25
3.1.1 Nároky na emisní limity (KGJ).....	25
3.1.2 Nároky na prostor pro nastěhování (KGJ)	26
3.1.3 Spotřeba elektrické energie objektu	27
3.1.4 Spotřeba tepla objektu	27
3.1.5 Podpora obnovitelných zdrojů energie (POZE) – KVET	27
3.2 Varianta A – dodatečná kritéria	28
3.2.1 Nároky na emisní limity (absorpční jednotka)	29
3.2.2 Nároky na prostor pro nastěhování (absorpční jednotka)	29
3.2.3 Nároky na prostor pro nastěhování (chladičí věže).....	29

Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB

Dokumentace studie proveditelnosti

Ing. Jaroslav Stupka

3.2.4	Varianta A – dodatečná kritéria – závěr	30
3.3	Varianta B – dodatečná kritéria	30
3.3.1	Nároky na prostor pro nastěhování (bloková chladicí jednotka)	30
3.3.2	Varianta B – dodatečná kritéria – závěr	30
4	TECHNICKÉ A TECHNOLOGICKÉ ŘEŠENÍ PROJEKTU	30
4.1	Varianta B – KGJ + bloková chladicí jednotka	31
4.1.1	Parametry KGJ, investiční náklady	31
4.1.2	Modulace výkonu KGJ	32
4.1.3	Doprava a montáž KGJ	32
4.1.4	Režim provozu KGJ, případná porucha	34
4.1.5	Splnění emisních limitů	37
4.1.6	Provozní náklady KGJ	40
4.1.7	Akumulace tepla vyrobeného KGJ	41
4.1.8	Měření a regulace	42
4.1.9	Vyvedení elektrického výkonu	43
4.1.10	Větrání kotelny	44
4.1.11	Odkouření	47
4.1.12	Parametry kompresorového chlazení, investiční náklady	47
4.1.13	Doprava a montáž kompresorové chladicí jednotky	48
4.1.14	Režim provozu kompresorového chlazení	49
4.1.15	Provozní náklady kompresorového chlazení	50
4.1.16	Strojovna chladu	50
4.1.17	Rozdělení chlazených prostor	50
4.1.18	Splnění hlukových limitů	51
4.1.19	SWOT analýza	52
5	ZPŮSOB ZAJIŠTĚNÍ PROJEKTU	53
5.1	Varianta B – KGJ + bloková chladicí jednotka	53
6	ZAJIŠTĚNÍ INVESTIČNÍHO (DLOUHODOBÉHO) MAJETKU	53
6.1	Varianta B – KGJ + bloková chladicí jednotka	53
6.1.1	Investiční náklady	54
6.1.2	Servisní náklady	56
7	HARMONOGRAM REALIZACE PROJEKTU VČETNĚ ROZPOČTOVÉHO HARMONOGRAMU	57

Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB

Dokumentace studie proveditelnosti

Ing. Jaroslav Stupka

7.1	Varianta B – KGJ + bloková chladicí jednotka	57
7.1.1	Časový harmonogram realizace projektu	57
7.1.2	Rozpočtový harmonogram	59
8	NAVAZUJÍCÍ STUPEŇ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE	59
8.1	Rozsah projektové dokumentace.	60
8.1.1	Rozsah a obsah dokumentace pro vydání stavebního povolení.	60
8.1.2	Rozsah a obsah dokumentace pro provádění stavby	62
9	FINANČNÍ ANALÝZA	62
9.1.1	Finanční plán.....	62
9.1.2	Využití dotačních titulů pro ČNB	66
9.1.3	Popis investiční a nulové varianty.....	68
9.1.4	Výpočet hodnoty přínosů a výdajů.....	69
10	HODNOCENÍ EFEKTIVITY A UDRŽITELNOSTI PROJEKTU	69
10.1	Varianta B – KGJ (bez dotace SFŽP ČR).....	70
10.2	Varianta B – KGJ (s dotací SFŽP ČR).....	71
10.3	Závěr finanční analýzy	73
11	ANALÝZA A ŘÍZENÍ RIZIK	73
11.1	Emisní limity	73
11.2	Nestálost cen energií.....	73
12	VLIV PROJEKTU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	73
12.1	Emisní limity	73
12.2	Nakládání s odpady.....	73
13	ZÁVĚREČNÉ SHRNUÍ A ZHODNOCENÍ NA ZÁKLADĚ VÝSLEDKŮ STUDIE	74
14	UPOZORNĚNÍ A DOPORUČENÍ.....	76
14.2	Doporučené kontakty	76
15	POUŽITÉ ZDROJE	78
16	PŘÍLOHY	79

ANOTACE

Kombinovaná výroba elektřiny a tepla představuje efektivní způsob snížení primární energie. Snižují se tak nároky na kapacitu elektrické distribuční sítě a lze poskytovat podpůrné služby pro přenosovou a distribuční soustavu. Při instalaci kogeneračních jednotek je však nutné zohlednit to, aby nedošlo ke zvýšení produkce těch emisí, jejichž koncentrace je v daném místě limitní. Instalace zdroje chladu pak přináší zvýšení kvality prostředí ve vnitřních prostorech, avšak za cenu dalších energetických nákladů.

IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY

Název stavby	: Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB
Místo stavby	: Česká národní banka Na Příkopě 28 115 03 Praha 1
Katastrální území	: Nové Město [727181]
Stavebník	: Česká národní banka Na Příkopě 28 115 03 Praha 1 IČ: 48136450 DIČ: CZ48136450
Generální projektant	: BRES spol. s r.o. náměstí Republiky 1 614 00 Brno www.bres.cz IČ: 29220289 DIČ: CZ29220289
Projektant části	: Ing. Jaroslav Stupka
Zodpovědný projektant	: Ing. Jiří Reitknecht autorizace č.: 1003689
Stupeň	: Dokumentace studie proveditelnosti
Datum zpracování	: 12/2020

1 ÚVOD

1.1 Účel dokumentu

Předmětem této dokumentace je studie proveditelnosti (dále jen „studie“ nebo „dílo“) pro akci „Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB“ (dále také jen „stavební akce“).

V rámci studie budou porovnány dva možné systémy instalace. Prověřované varianty jsou následující:

- a) Instalace trigenerační jednotky jako náhrada za část nebo všech zdrojů vytápění (plynové kotle), s možností dochlazovat budovu ústředí v co největší míře. Dále jen „trigenerační jednotka“.
- b) Instalace kogenerační jednotky jako náhrada za část nebo všech zdrojů vytápění (plynové kotle). V tomto případě bude také prověřena možnost dochlazovat budovu instalací blokované chladicí jednotky v určeném prostoru zdroje chladu CH II (včetně zřízení nové distribuční strojovny chladu). Dále jen „KGJ + blokovaná chladicí jednotka“.

Všechny ceny uvedené v tomto dokumentu jsou bez DPH.

1.2 Použité předpisy a obecné technické normy

České technické normy:

ČSN EN 07 0703 (Z6)	Plynové kotelny
ČSN 06 0310	Tepelné soustavy v budovách – Projektování a montáž
ČSN 06 0830	Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení
ČSN 73 0540-2	Tepelná ochrana budov – Část 2
ČSN 73 0540-3	Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrh hodnoty veličin
ČSN 73 4201	Komíny a kouřovody – Navrhování, provádění a připojování spotřebičů paliv
ČSN EN 13384	Komíny – tepelně technické a hydraulické výpočtové metody
TPG 704 01	Odběrná plynová zařízení a spotřebiče na plynná paliva v budovách
TPG 908 02	Přívod spalovacího vzduchu do vnitřních prostorů se spotřebiči na plynná paliva s výkonem 50 kW a větším

Zákony a vyhlášky platné v ČR, zejména:

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.	Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
--------------------------------	--

Zákon č. 183/2006 Sb.	Stavební zákon v aktuálním znění
Zákon č. 201//2012 Sb.	Zákon o ochraně ovzduší v aktuálním znění
Vyhláška č. 193/2007 Sb.	kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu
Vyhláška č. 499/2006 Sb.	o dokumentaci staveb
Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.	kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
Vyhláška č. 193/2007 Sb.,	kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu.

Metodické pokyny:

Metodický pokyn k povolování kogeneračních jednotek na území hl. m. Prahy

1.3 Výchozí podklady pro zpracování projektu

- a) detailní prohlídka objektu budovy ústředí objednatele,
- b) požadavky na zpracování studie, uvedené níže v této smlouvě a v příloze č. 2 této smlouvy a
- c) dokumentace budovy ústředí objednatele, která tvoří přílohu č. 3 této smlouvy.

2 VÝCHOZÍ STAV, ZDŮVODNĚNÍ REALIZACE PROJEKTU A ANALÝZA JEHO POTŘEBNOSTI A PŘÍNOSŮ

2.1 Zdůvodnění realizace projektu a analýza jeho potřebnosti a přínosů

Součástí obou variant je instalace kogenerační jednotky (dále jen „KGJ“), která umožní kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla (KVET). Mezi výhody instalace KGJ patří to, že umožňuje rychlé výkonové změny, dokáže reagovat na výkyvy výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie a snižuje nároky na kapacitu elektrické distribuční sítě [1].

Produkce elektrické energie umožní provozovateli pokrýt část jeho spotřeby a na takto vyrobenou energii čerpat podporu pro podporované zdroje energie (POZE). Teplo produkované kogenerační jednotkou může být využito pro ohřev TV, vytápění či ve variantě trigenerace s absorpční jednotkou pro chlazení.

Dalším bodem projektu je v případě obou variant posílení zdroje chladu v letním období o 400 kW chladicího výkonu. To umožní pokrýt přebytečnou tepelnou zátěž v létě a docílit v administrativních prostorech tzv. tepelné pohody prostředí (vhodné podmínky pro zdravý pohyb a tvořivou práci zaměstnanců ČNB).

V následujících podkapitolách je popsán výchozí stav vytápění, ohřevu TV a chlazení v budovách ústředí ČNB.

2.2 Vytápění a ohřev TV (výchozí stav)

Vytápění a ohřev TV objektu „SO 01 Hlavní budovy ČNB“ a „SO 02 Plodinové burzy (kromě bytů Hypšmanovy přístavby)“ zajišťuje centrální plynová kotelna umístěná ve 3. suterénu. Kotelna je umístěna v místnostech 3S302B (-11,460) a 3S501 (-10,710). V kotelně 3S302B (viz Obr. 1) jsou umístěny dva nízkotlaké teplovodní plynové kotle BUDERUS G605-1000 (výkon 1100 kW, 90/70 °C, 17 článků) a upravený kotel BUDERUS G605-530/9 (výkon 530 kW, 90/70 °C, 9 článků) – úprava z roku 2011. V kotelně 3S501 jsou umístěny tři teplovodní plynové kotle BUDERUS G605-1000 (výkon 1100 kW, 90/70 °C, 17 článků), z nichž jeden je odzbrojen.



Obr. 1 Prostor stávající kotelně v místnosti 3S302B, kde je uvažováno s instalací kogenerační jednotky (foto Bres spol s r. o.)

2.2.1 Potřeba tepla pro vytápění a ohřev TV

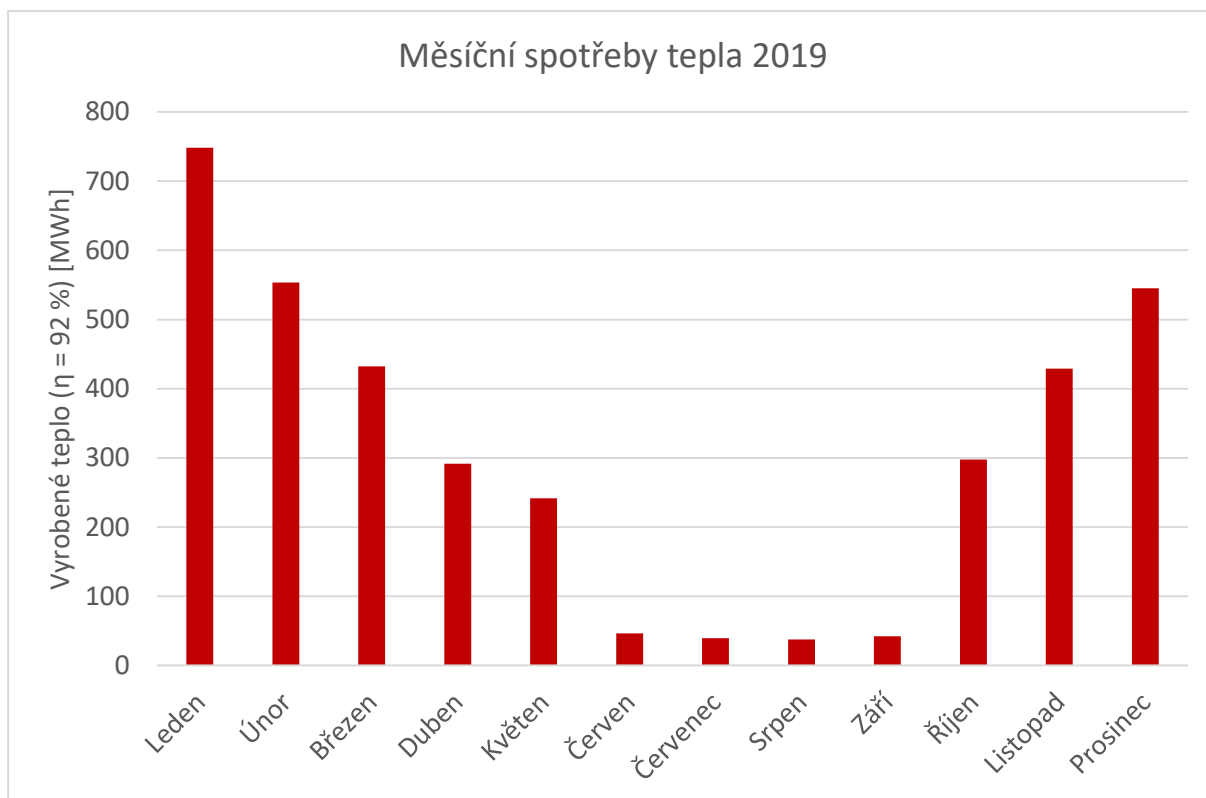
Dle zkušeností investora jsou skutečné potřeby následující. Potřeba tepla pro vytápění je v maximech 650 kW (běžné spotřeby 280 kW), pro ohřev vzduchu 1600 kW (s výhledem na snížení po instalaci ZZT). Vnitřní vodovod je rozdělen na dvě tlaková pásma. Spotřeba teplé vody v obou tlakových pásmech se dle podkladů investora pohybuje v maximech kolem 20 m³/den. Špičkový hodinový odběr TV činí přibližně 2 m³/h.

2.2.2 Měsíční balance spotřeby tepla

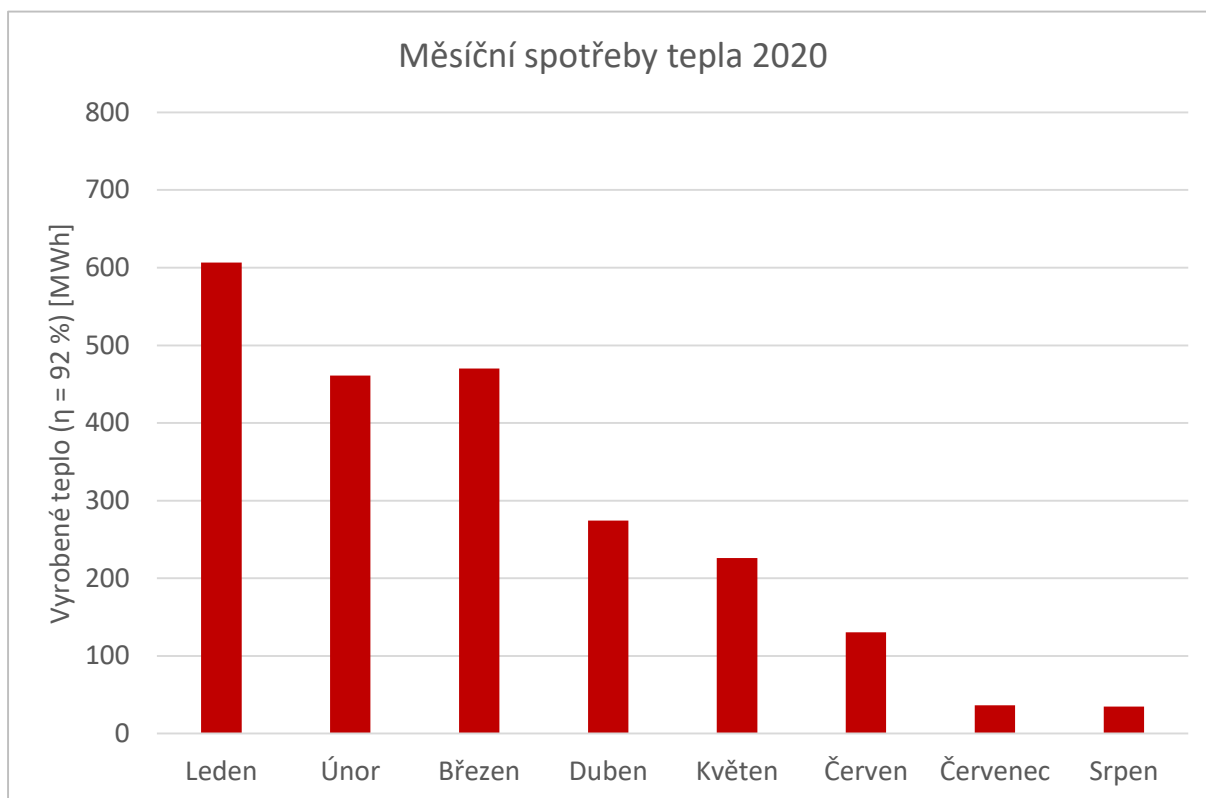
Skutečný stav spotřeby tepla v jednotlivých měsících let 2019, 2020 ukazují Graf 1 a Graf 2. Podkladem pro zpracování grafů byly hodinové odečty stavu plynoměru. Z nich pak byly po

převedení na MWh a zohlednění účinnosti plynových kotlů (dle provozovatele 92 %) stanoveny měsíční spotřeby tepla.

Z uvedených grafů je patrné zejména to, že spotřeby tepla v letních měsících byly velmi nízké. Během nich je totiž teplo používáno pouze na ohřev teplé vody, který je navíc částečně zajištěn z odpadního tepla blokových chladicích jednotek 5, 6 – viz dále. Spotřeba tepla je jedním z návrhových kritérií pro výběr kogenerační jednotky a určení jejích provozních hodin během dne v jednotlivých měsících.



Graf 1 Měsíční spotřeby tepla 2019 (po započítání účinnosti kotle)



Graf 2 Měsíční spotřeby tepla 2020 (po započítání účinnosti kotle)

2.2.3 Hodinové bilance spotřeby tepla

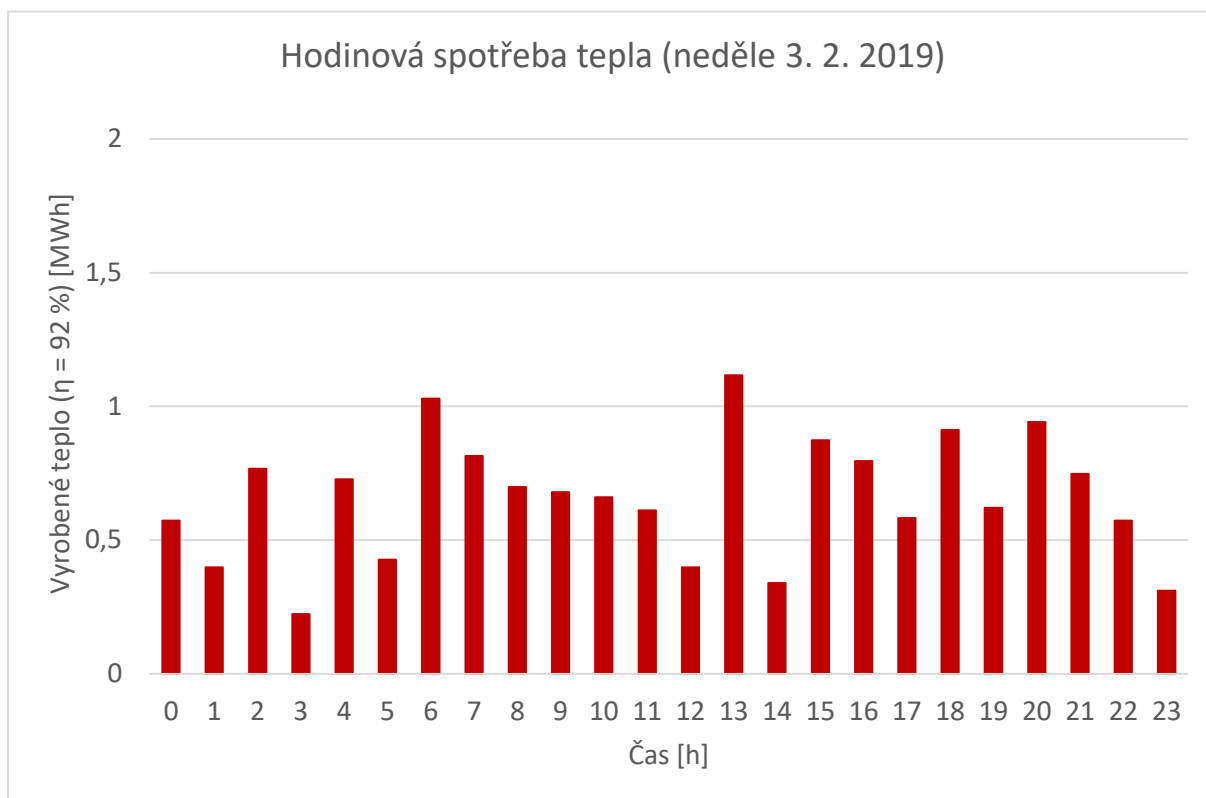
V rámci hodinových spotřeb tepla se významně lišila spotřeba tepla v zimních a letních měsících a také během pracovních a víkendových dnů. Z tohoto důvodu byly pro hodinové bilance vybrány následující dny: 3. 2. 2019 (neděle, Graf 3), 4. 2. 2019 (pondělí, Graf 4), 21. 7. 2019 (neděle, Graf 5), 22. 7. 2019 (pondělí, Graf 6).

Zimní víkendový den (viz Graf 3) – Hodinové spotřeby tepla během dne jsou poměrně vyrovnané. Jedná se především o teplo spotřebované pro vytápění, jejich velikost závisí tedy především na průběhu venkovní teploty.

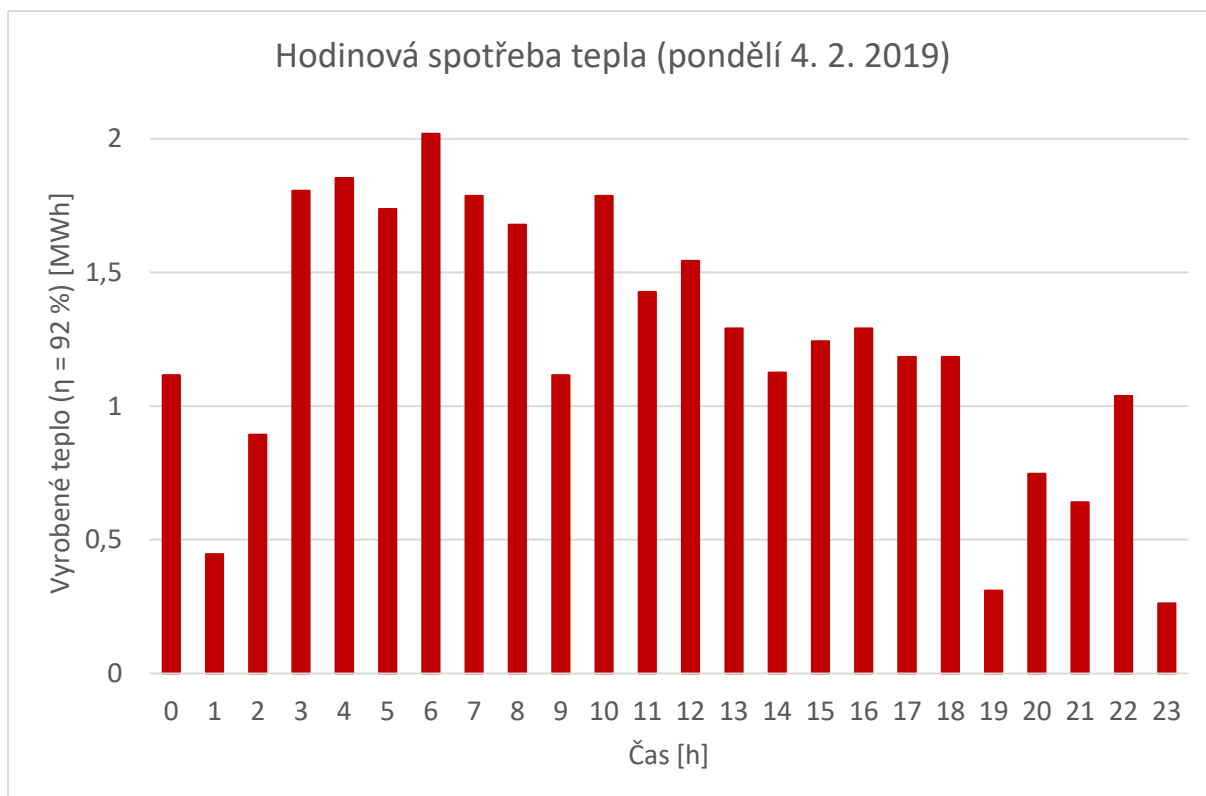
Zimní pracovní den (viz Graf 4) – Maximální spotřeba tepla je v ranních hodinách (od 3:00 do 9:00). Je to dáno především ranním spuštěním VZT zařízení, dále také ohřevem teplé vody pro gastronomický provoz.

Letní víkendový den (viz Graf 5) – Spotřeba tepla během dne je velmi nízká. V některých hodinách dokonce nulová. Řádově jsou letní spotřeby tepla přibližně desetkrát menší než v zimních měsících.

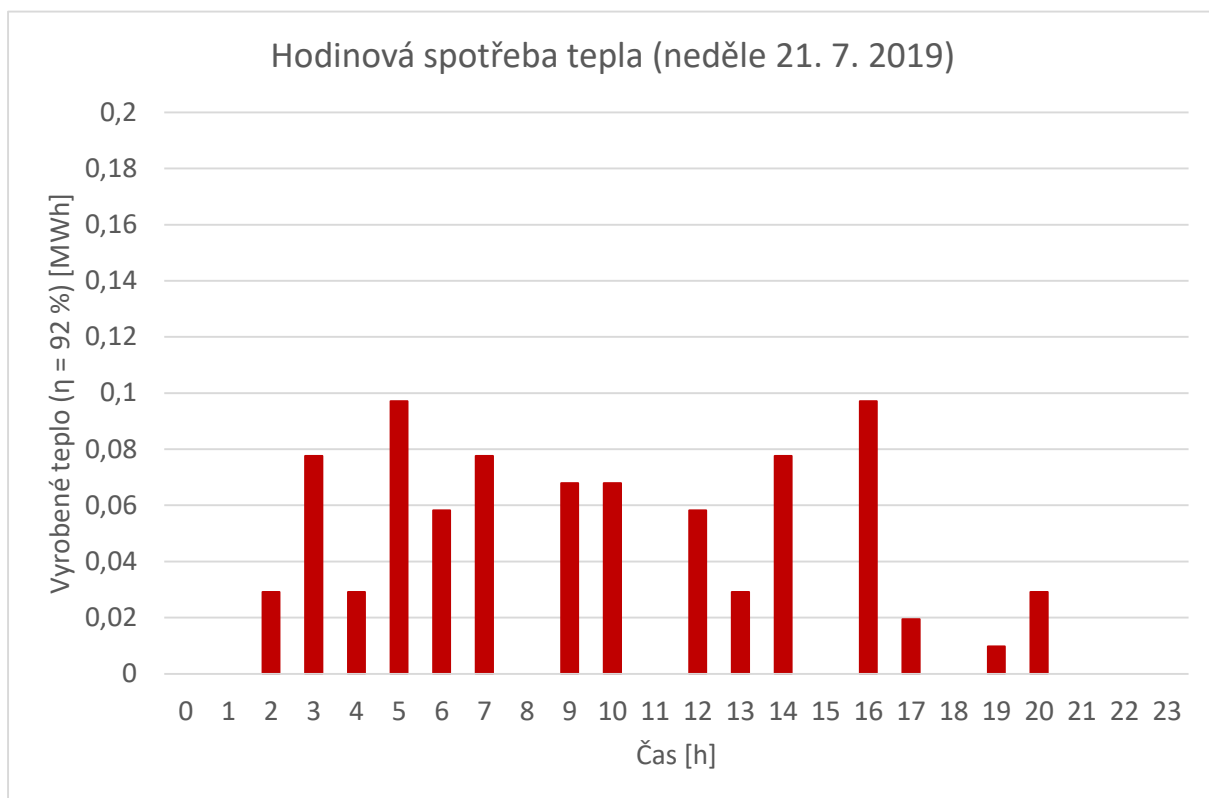
Letní pracovní den (viz Graf 6) – Spotřeba tepla je poměrně stálá od 3:00 do 17:00. Je charakterizována odběrem tepla pro ohřev teplé vody. Ranní maximum je způsobeno odběrem teplé vody pro gastronomický provoz. Opět platí, že spotřeba tepla je přibližně desetkrát menší než v zimních měsících.



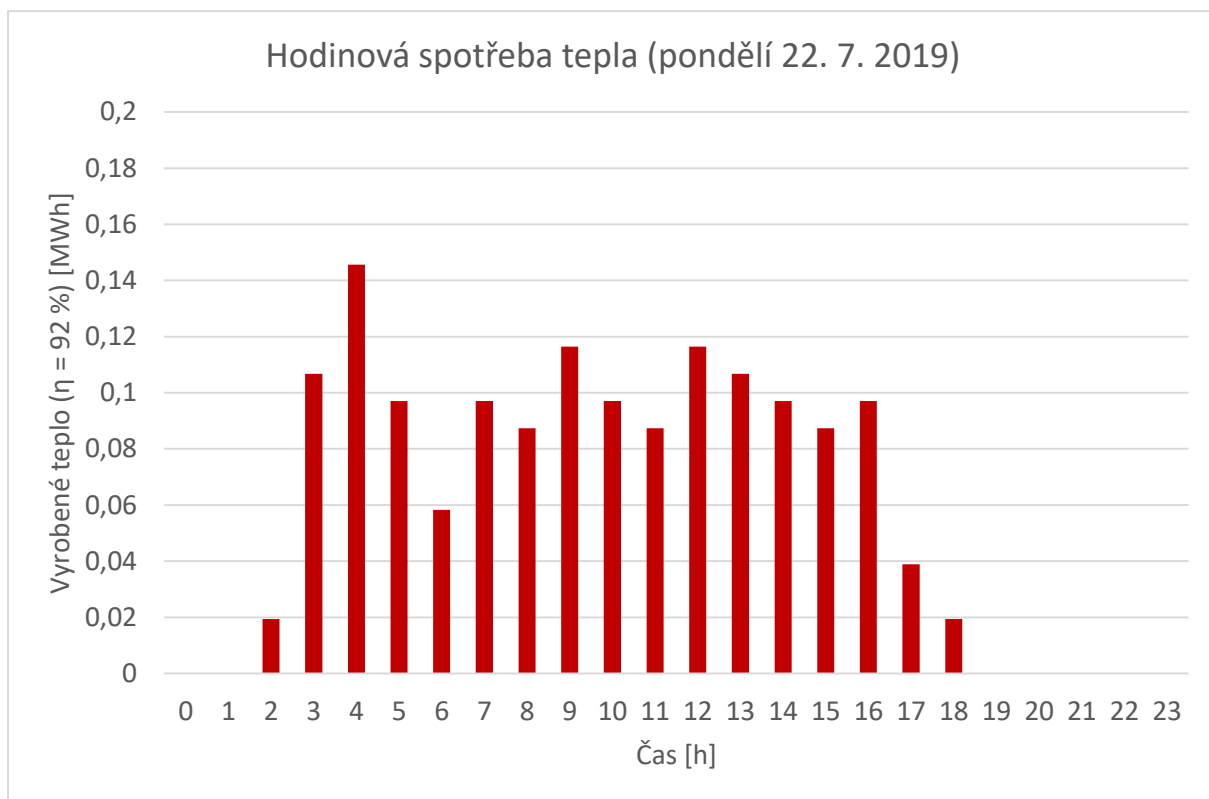
Graf 3 Hodinové spotřeby tepla (neděle 3. 2. 2019)



Graf 4 Hodinové spotřeby tepla (pondělí 4. 2. 2019)



Graf 5 Hodinové spotřeby tepla (neděle 21. 7. 2019)



Graf 6 Hodinové spotřeby tepla (pondělí 22. 7. 2019)

2.3 Chlazení (výchozí stav)

Zdroj chladu v ústředí ČNB lze logicky členit na letní (dále „zdroj chladu CH1“) a celoroční (dále „zdroj chladu CH2“).

2.3.1 Zdroj chladu CH1 – letní chlazení (výchozí stav)

Zdroj chladu CH1 zastupují blokové chladicí jednotky 5, 6 (dále „BCHJ 5, 6“). Jedná se o dvě jednotky AERMEC NRB 2600 X TA J 00 (parametry viz Tab. 1, foto viz Obr. 2). BCHJ 5, 6 jsou umístěny v 5. NP v prostoru označeném 5P411. Strojovna pro zdroj chladu CH1 se nachází v místnosti č. 5P412.

Tab. 1 Parametry stávající BCHJ 5, 6 – AERMEC NRB 2600 X TA J 00

Chladicí výkon	750,4 kW (při parametrech chlazené vody 7/12 °C a venkovní teplotě 35 °C)
Elektrický příkon	240 kW
EER	3,13
ESEER	4,28
Chladivo	R410a
Čistá hmotnost	5510 kg
Akustický výkon	95 dB(A)
Rozměry d x š x h	8330 x 2200 x 2450 mm



Obr. 2 Jednotky AERMEC NRB 2600 umístěné v prostoru 5P411 (foto Bres spol s r. o.)

2.3.2 Zdroj chladu CH2 – celoroční chlazení (výchozí stav)

Zdroj chladu CH2 zastupují blokové chladicí jednotky 3, 4 (dále „BCHJ 3, 4“) a dvě jednotky volného chlazení (free-cooling, dále FC1, FC2). Parametry BCHJ 3, 4 – AERMEC NRB1400 uvádí Tab. 2, foto viz Obr. 3. Parametry FC1, FC2 – CABERO GCHD089A2x3-4,4-40-S D H (ZA) pak jsou patrné z Tab. 3, foto viz Obr. 4. Blokové chladicí jednotky a jednotky volného chlazení se nacházejí v 5. NP v prostoru 5P340. Strojovna pro zdroj chladu CH2 se nachází v místnosti 5P410.

Tab. 2 Parametry stávající BCHJ 3, 4 – AERMEC NRB 1400 A

Chladicí výkon	404,0 kW (při parametrech chlazené vody 7/12 °C a venkovní teplotě 35 °C)
Elektrický příkon	135 kW
EER	2,98
ESEER	4,12
Chladivo	R410a
Čistá hmotnost	2950 kg
Akustický výkon	91 dB(A)
Rozměry d x š x h	3970 x 2200 x 2450 mm



Obr. 3 Jednotka AERMEC NRB1400 včetně volného prostoru pro možné umístění další chladicí jednotky v prostoru 5P340 (foto Bres spol. s r. o.)

Tab. 3 Parametry stávající FC 1, 2 - CABERO GCHD089A2x3-4,4-40-S D H (ZA)

Chladicí výkon	155,0 kW (při parametrech chlazené vody 8/14 °C a venkovní teplotě 3 °C)
Elektrický příkon	5,58 kW
Čistá hmotnost	1571 kg
Akustický výkon	80,8 dB(A)
Rozměry d x š x h	4700 x 1180 x 2360 mm



Obr. 4 Jednotka volného chlazení CABERO v prostoru 5P340 (foto Bres spol. s r. o.)

Pro zvýšení spolehlivosti dodávky chladu technologického systému chlazení (CH2) a optimalizaci chodu sezónního zdroje (CH1) byla mezi stroje CH1 a CH2 zhotovena obousměrná potrubní propojka na vodní straně (chlazená voda). Požadovaný přenášený výkon propojkou je 400 kW. Přes protiproudý deskový výměník voda/glykol¹ se využívá obousměrná glykolová propojka s přenášeným výkonem do 120 kW.

2.3.3 Výkonové rezervy jednotlivých zdrojů chladu

Stávající zdroje chladu 1, 2 mají dle provozovatele jisté výkonové rezervy. Tyto rezervy stanovené provozovatelem jsou při plném zatížení (letní období) přehledně uvedeny v Tab. 4.

¹ voda/glykol – glykolová strana je reprezentována 34% směsí propylenglykolu

Tab. 4 Výkonové rezervy stávajících zdrojů chladu 1, 2

Zdroj chladu 1 – letní období – chladicí výkon 2× 750 kW (1500 kW)

	Rezervní množství chladu [kW]	Současné využití
Volná kapacita zdroje chladu	400	Distribuce chladu vodní a glykolovou propojkou do soustavy zdroje chladu 2

Zdroj chladu 2 – celoroční – chladicí výkon 2× 400 kW (800 kW)

	Rezervní množství chladu [kW]	Současné využití
Stoupací potrubí – křídlo 1.4 (Senovážná)	80	Nevyužito
Volná kapacita zdroje chladu	400	100% bezpečnostní záskok pro kritickou IT technologii, ta se bude provozovat pro dochlazení budovy a v případě potřeby se budova odepne

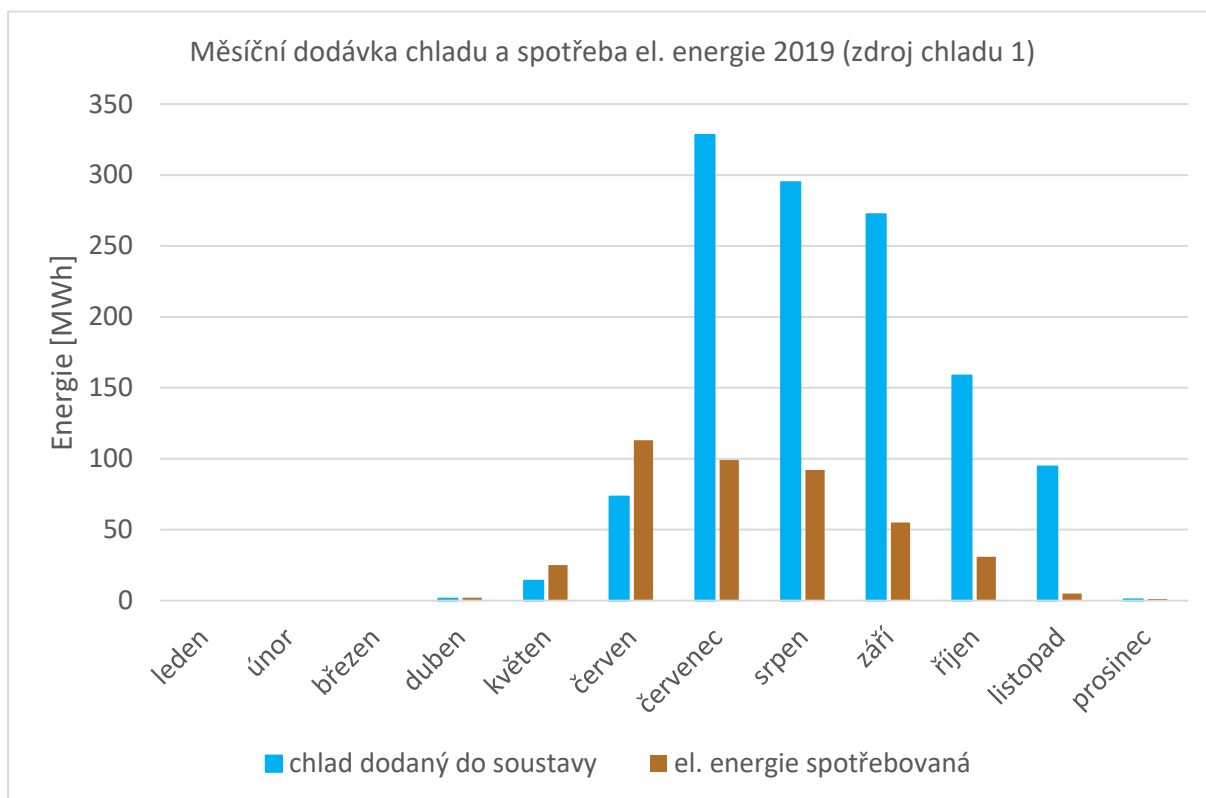
Z uvedené Tab. 4 je zřejmé, že výkonové rezervy v rámci zdroje chladu 1 a 2 je možné využít k dochlazení v současné době zatím nechlazených částí budovy. Další části budovy budou zásobeny chladem prostřednictvím nového zdroje chladu 3. Umístění chilleru (zdroj chladu 3) je plánováno ve venkovní strojovně CH2 a distribuční strojovna v prostoru strojovny 6P302.

2.3.4 Měsíční bilance spotřeby chladu

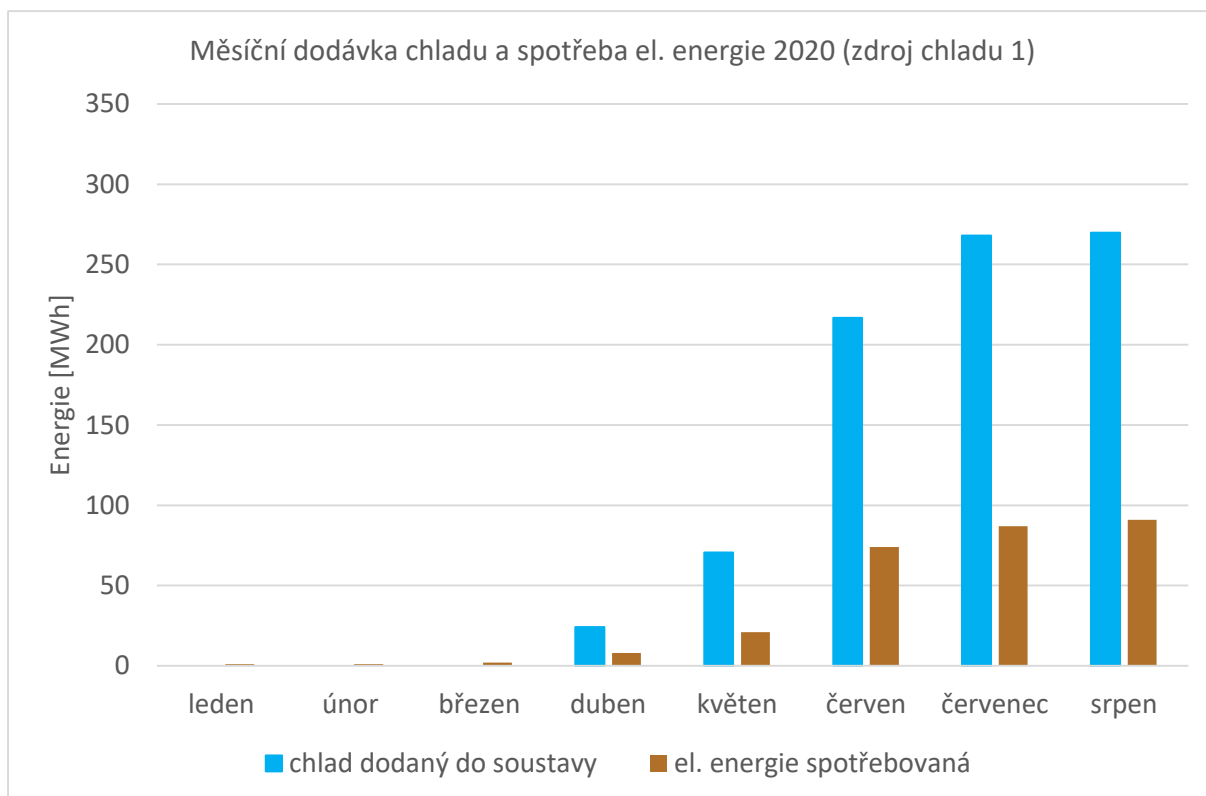
Skutečný stav dodávky chladu do soustavy a spotřeby elektrické energie „zdroje chladu 1 – sezónní zdroj“ v jednotlivých měsících let 2019, 2020 znázorňují Graf 7, resp. Graf 8. Dodávku chladu do soustavy a spotřebu elektrické energie „zdroje chladu 2 – celoroční zdroj“ pak vystihují Graf 9, resp. Graf 10. Podkladem pro zpracování grafů byly odečty kalorimetrů a elektroměrů.

Zdroj chladu 1 (letní chlazení) je provozován přibližně od května do října. Maximální dodávky chladu do soustavy zdroje chladu 1 jsou dosaženy v červenci. Během svého provozu (v rámci tzv. šetření zařízení) pak toto zařízení (zdroj chladu 1) zásobuje chladem prostřednictvím propojky také soustavu zdroje chladu 2. Důsledkem toho jsou zvýšené spotřeby elektrické energie u zdroje chladu 1 (viz Graf 7 a Graf 8) a naopak snížené spotřeby elektrické energie u zdroje chladu 2 (viz Graf 9 a Graf 10) vzhledem k vyrobenému množství chladu.

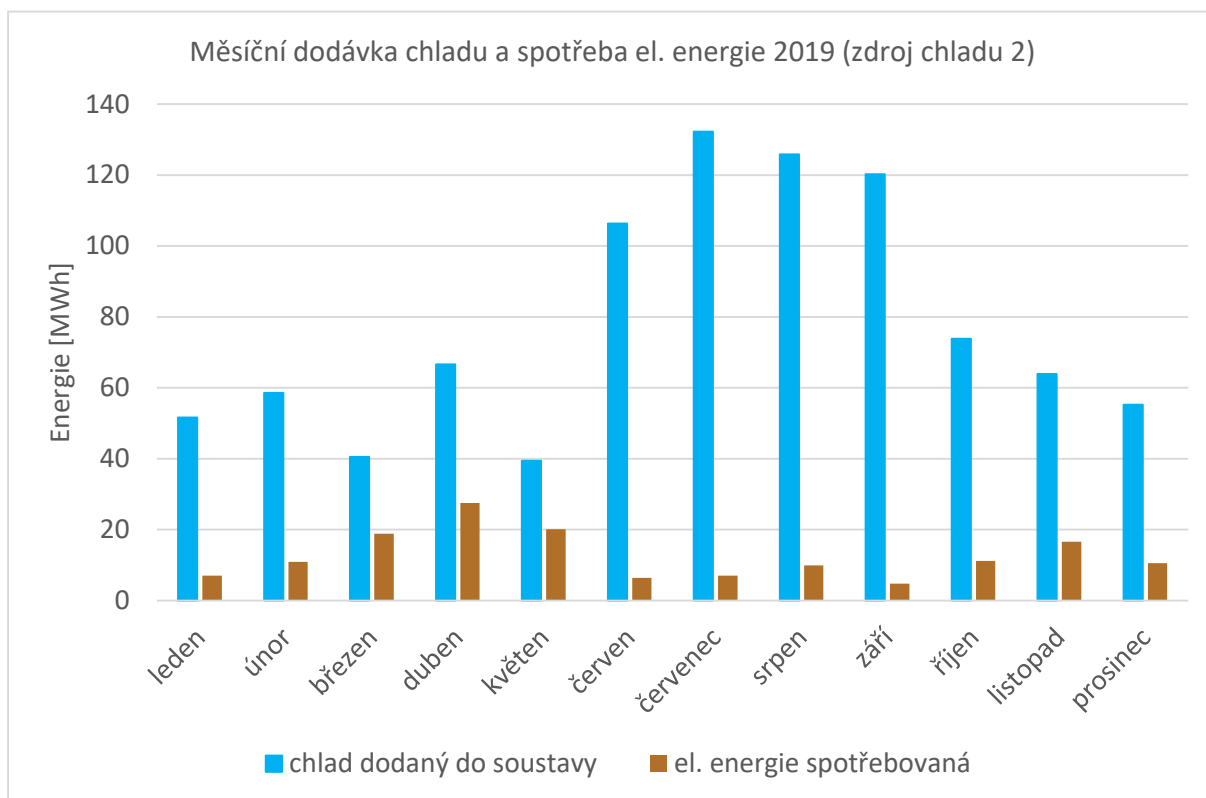
Dodávka chladu zdroje chladu 2 (celoroční) svých maxim dosahuje v měsících červen až září, kdy je přibližně dvojnásobná až trojnásobná oproti zbylým měsícům.



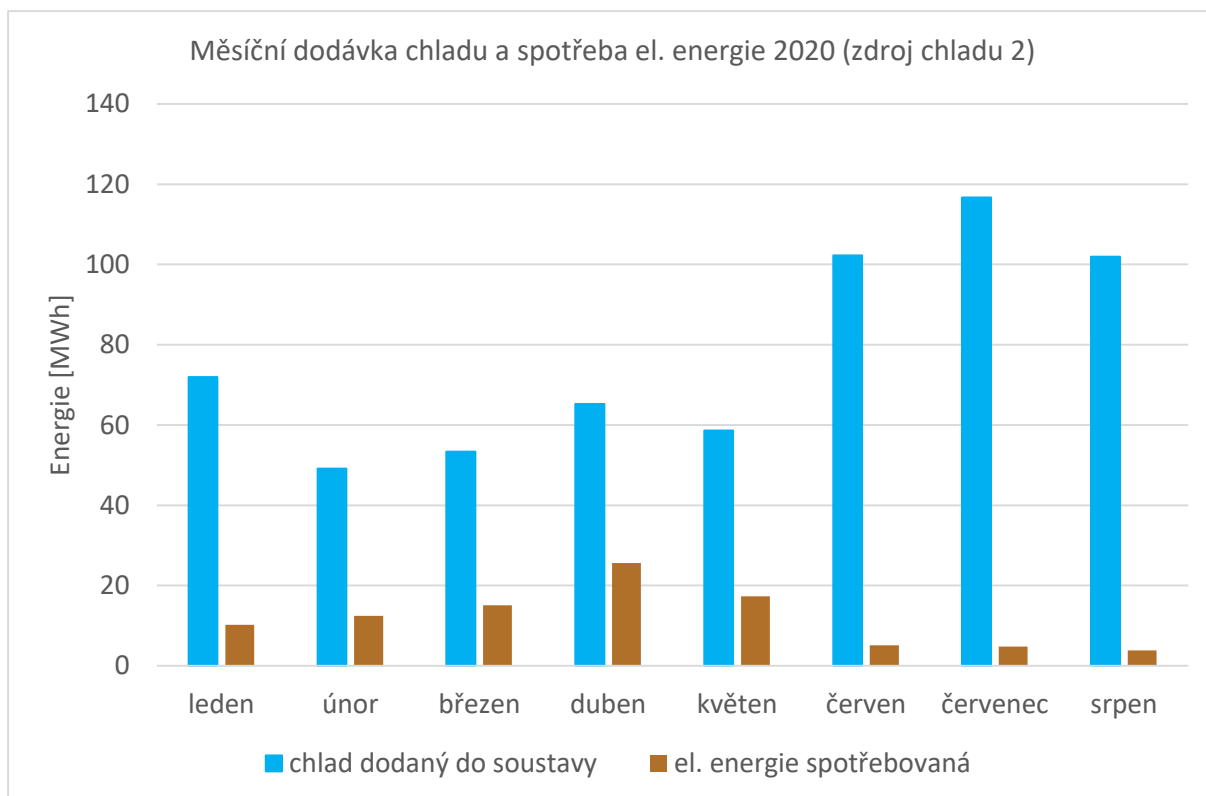
Graf 7 Měsíční spotřeby chladu 2019 (zdroj chladu 1)



Graf 8 Měsíční spotřeby chladu 2020 (zdroj chladu 2)



Graf 9 Měsíční spotřeby chladu 2019 (zdroj chladu 2)

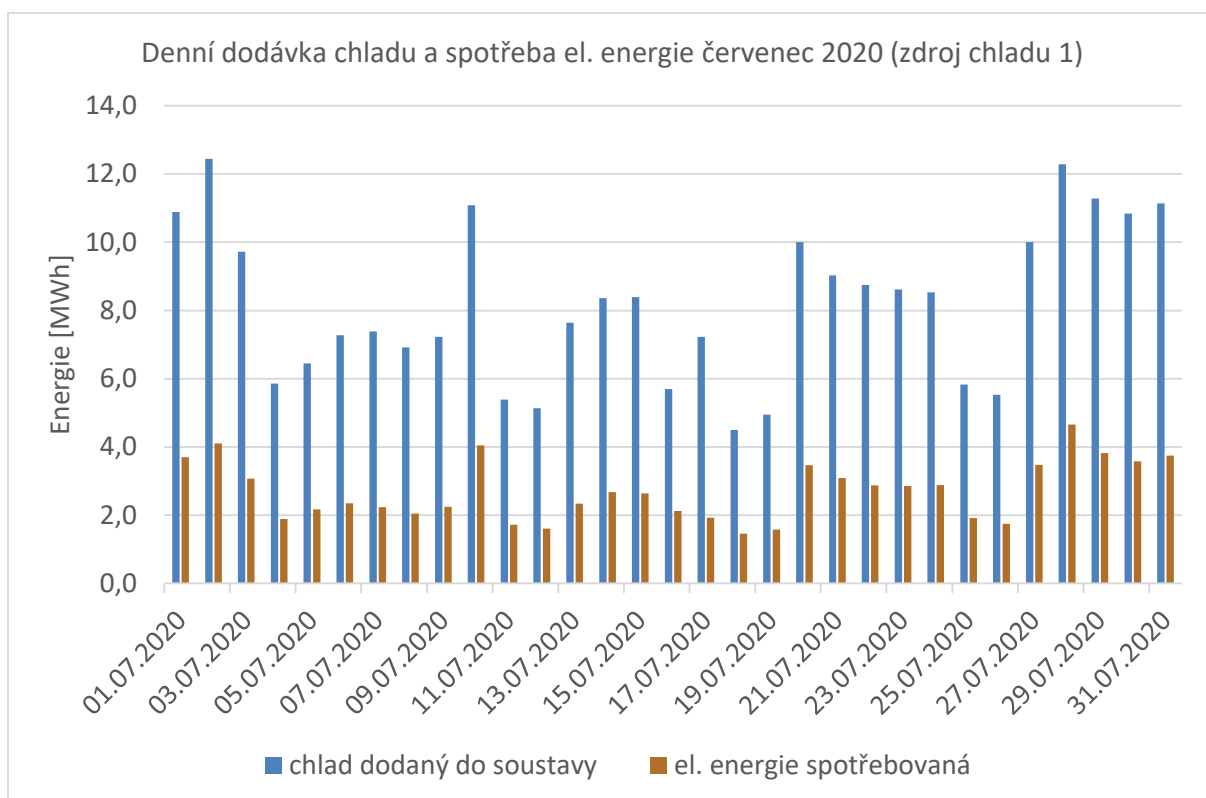


Graf 10 Měsíční spotřeby chladu 2020 (zdroj chladu 2)

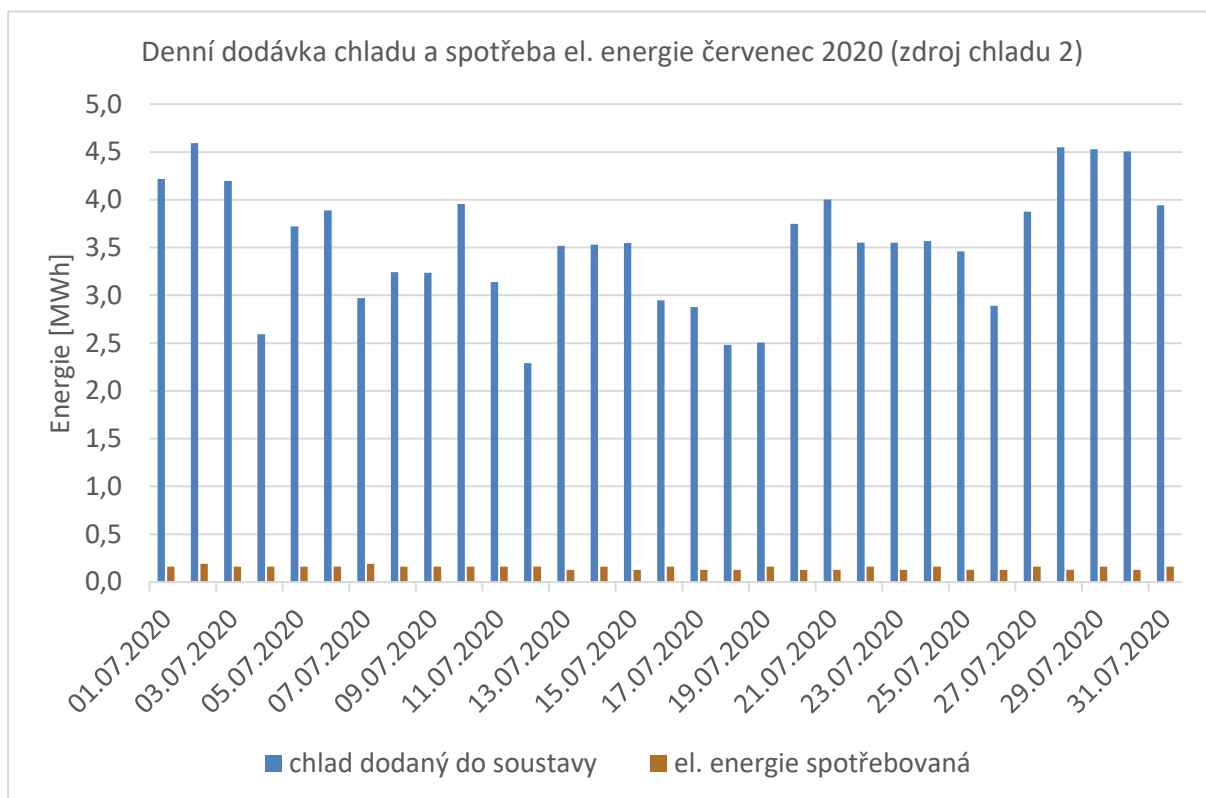
2.3.5 Denní bilance spotřeby chladu

Obdobné bilance (dodávka chladu, spotřeba elektrické energie chladicích zařízení) byly zpracovány pro jednotlivé dny měsíce července 2020. Zdroj chladu 1 je znázorněn na Graf 11, zdroj chladu 2 na Graf 12.

Z uvedených grafů je zřejmá nižší dodávka chladu během víkendů v době pracovního klidu. Je to dáno tím, že v kancelářích je instalováno čidlo přítomnosti, tj. v době nepřítomnosti osob je chlazení místností vypnuté. Znovu je patrná zvýšená spotřeba elektrické energie u zdroje chladu 1 a snížená spotřeba elektrické energie u zdroje chladu 2.



Graf 11 Denní spotřeby chladu – červenec 2020 (zdroj chladu 1)



Graf 12 Denní spotřeby chladu – červenec 2020 (zdroj chladu 2)

2.4 Elektrická energie

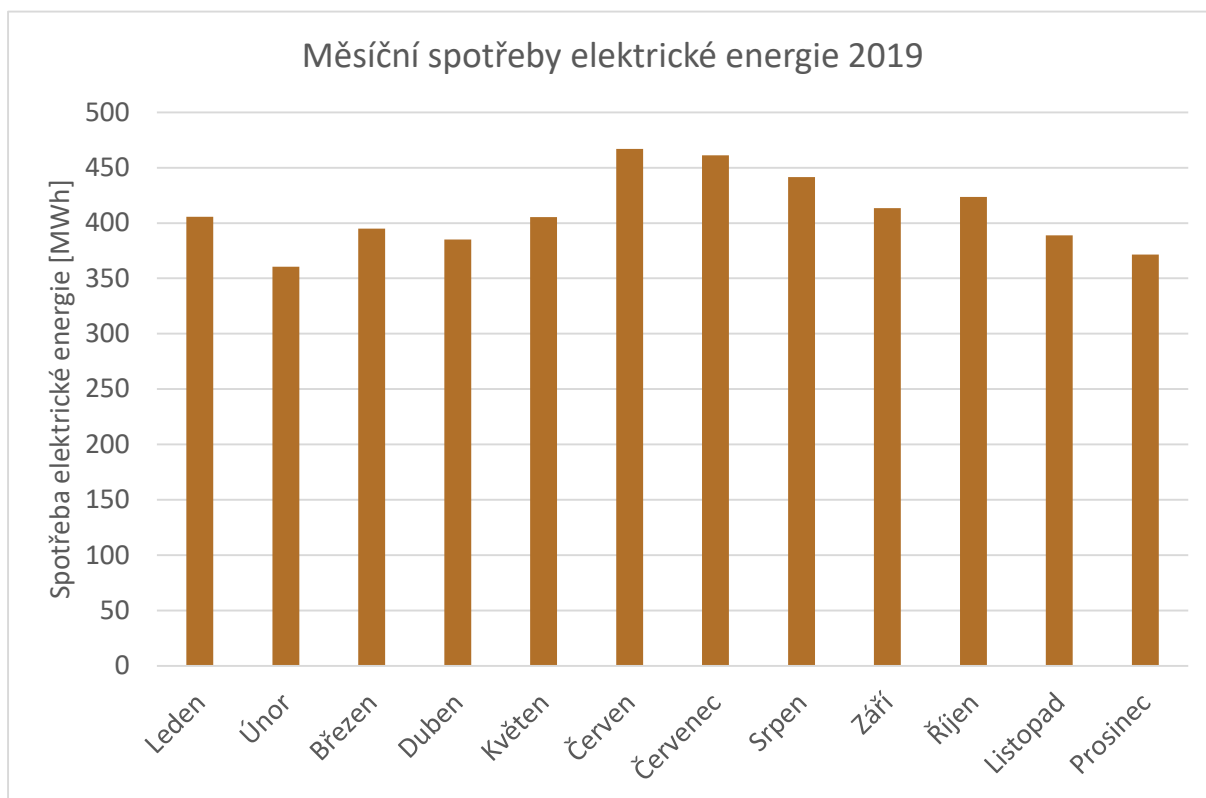
Dalším nezbytným parametrem pro výběr KGJ je spotřeba elektrické energie.

2.4.1 Měsíční bilance spotřeby elektrické energie

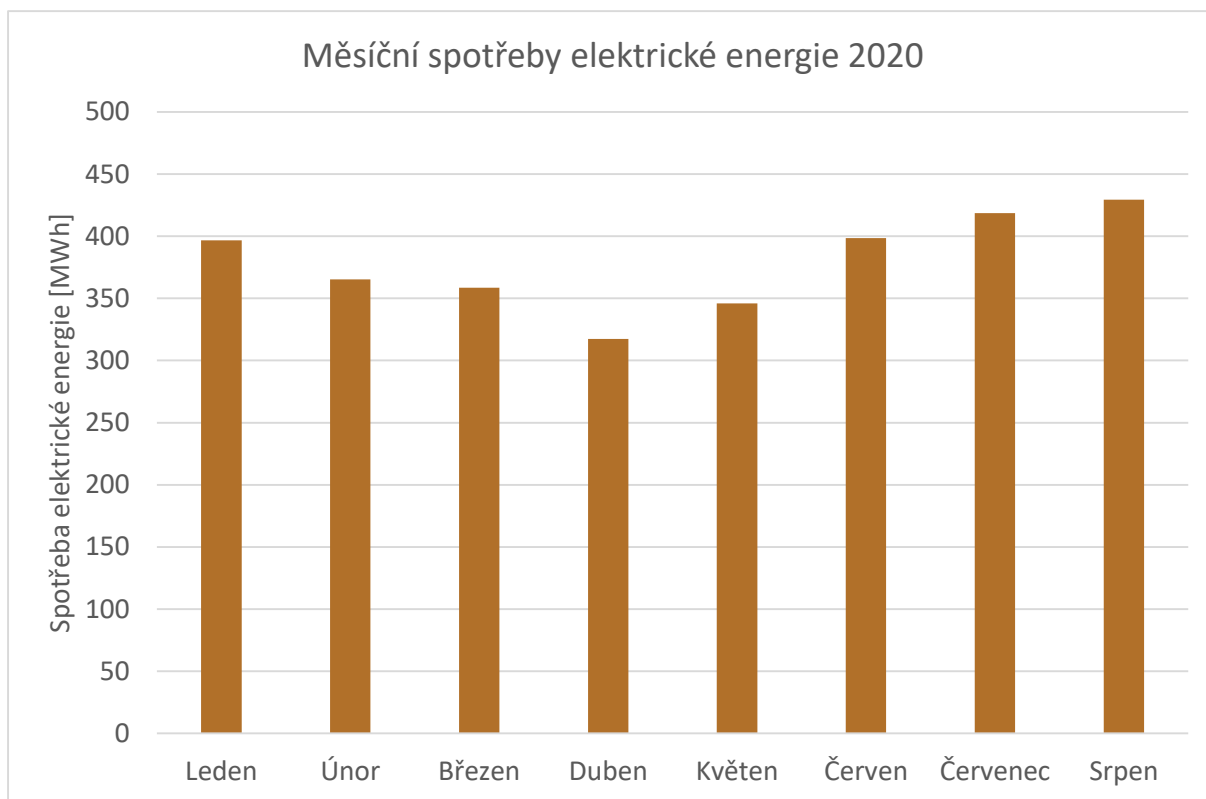
Měsíční bilance spotřeby byly zpracovány pro rok 2019, 2020 – viz Graf 13, resp. Graf 14. Podkladem pro vytvoření grafů byly měřené činné okamžité spotřeby měřené po čtvrthodinách.

Průběh měsíčních spotřeb během let 2019, 2020 byl poměrně vyrovnaný. Mírných maxim je dosahováno v letních měsících, kdy je zvýšený odběr způsoben provozem kompresorových chladicích zařízení. Pro tyto měsíce je zapotřebí dokupovat měsíční kapacitu rezervované elektrické energie.

V roce 2020 jsou zaznamenávány nižší měsíční spotřeby elektrické energie oproti stejným měsícům roku 2019. To je zapříčiněno pandemickou situací (COVID-19), kdy byla část zaměstnanců na home office.



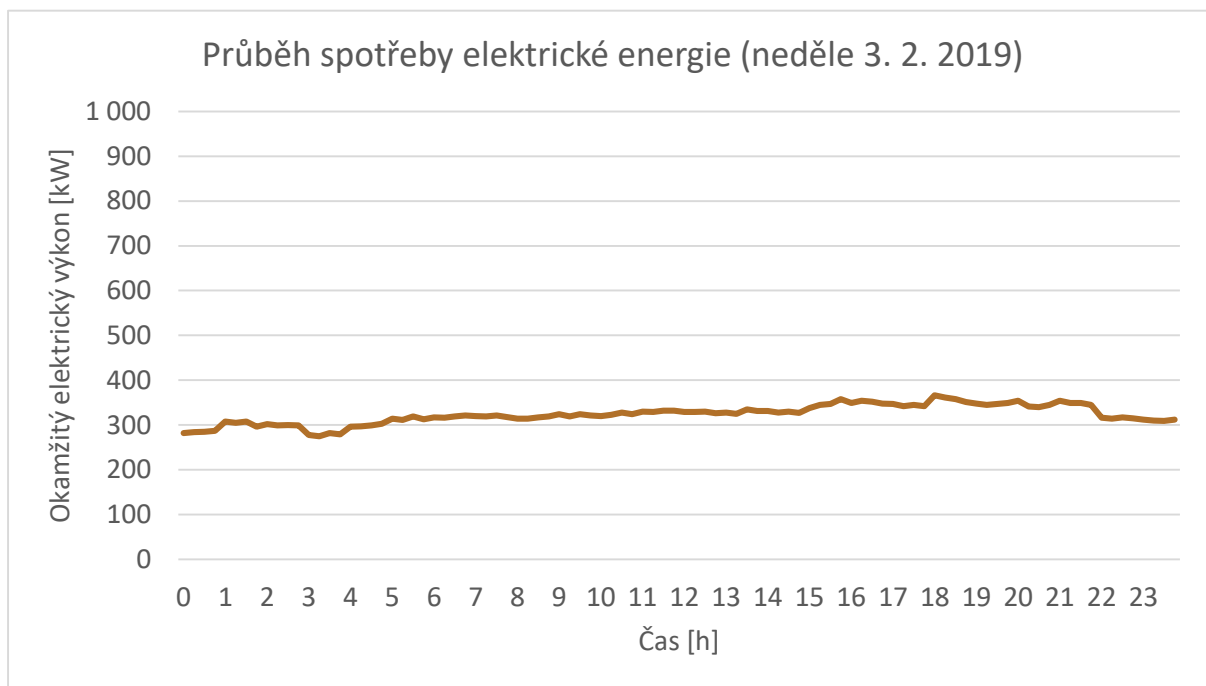
Graf 13 Měsíční spotřeby elektrické energie 2019



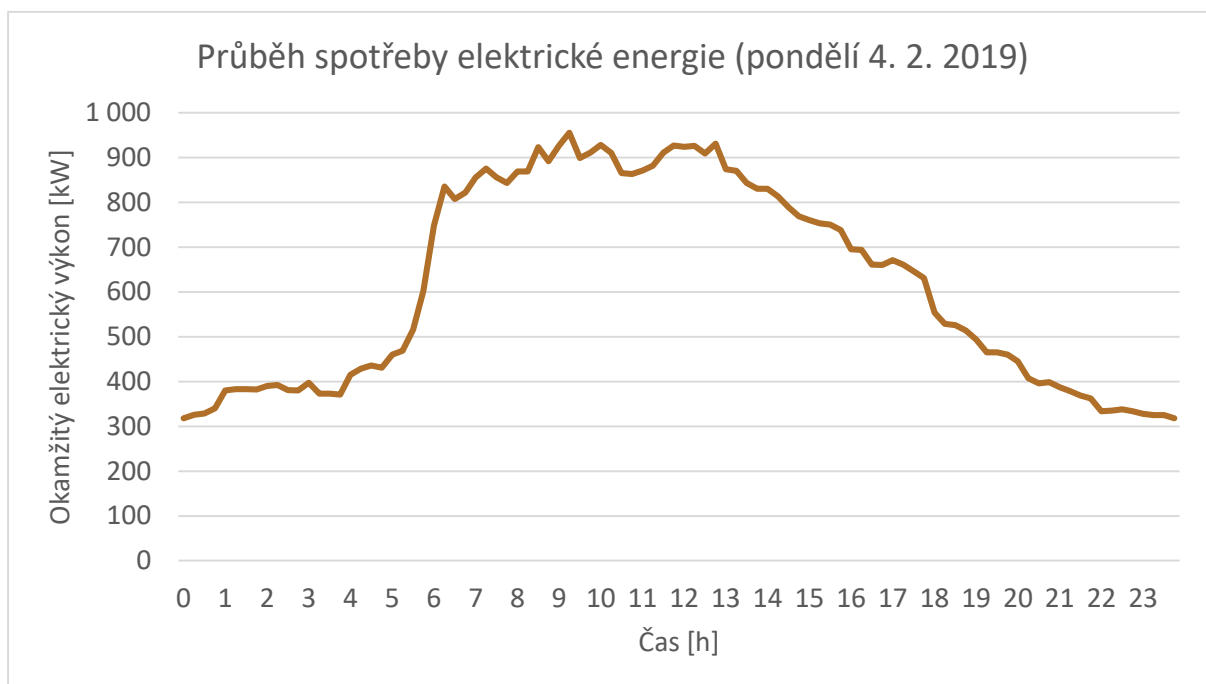
Graf 14 Měsíční spotřeby elektrické energie 2020

2.4.2 Průběh spotřeby elektrické energie ve vybraných dnech

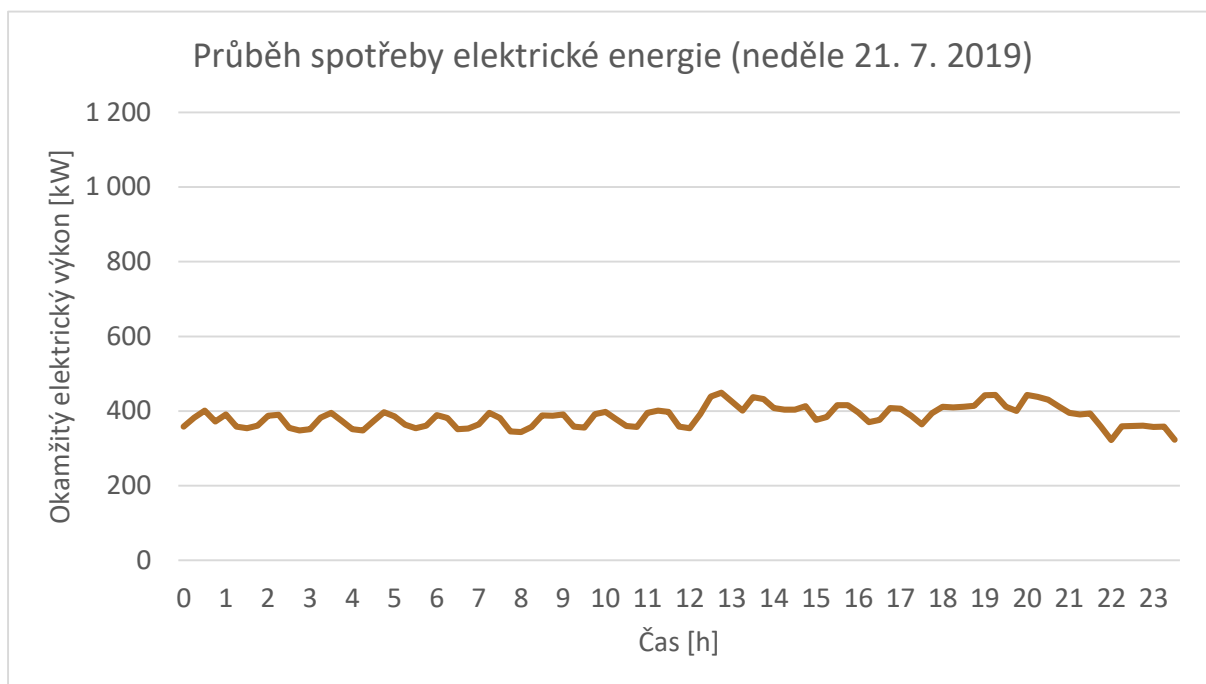
V rámci spotřeb elektrické energie, měřených po čtvrthodinách, se významně lišila spotřeba elektřiny v zimních a letních měsících a také během pracovních a víkendových dnů. Z tohoto důvodu byly pro hodinové bilance vybrány následující dny: 3. 2. 2019 (neděle, Graf 15), 4. 2. 2019 (pondělí, Graf 16), 21. 7. 2019 (neděle, Graf 17), 22. 7. 2019 (pondělí, Graf 18).



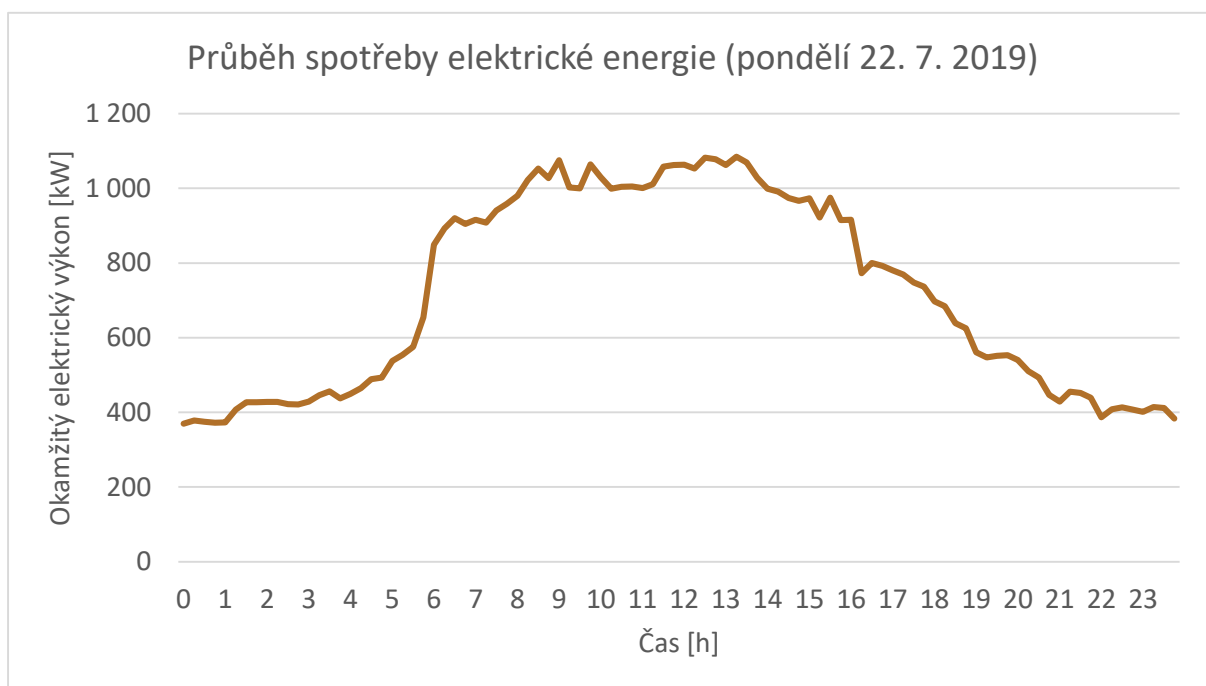
Graf 15 Průběh spotřeby elektrické energie (neděle 3. 2. 2019)



Graf 16 Průběh spotřeby elektrické energie (pondělí 4. 2. 2019)



Graf 17 Průběh spotřeby elektrické energie (neděle 21. 7. 2019)



Graf 18 Průběh spotřeby elektrické energie (pondělí 22. 7. 2019)

Z grafů je patrný poměrně značný rozdíl v odběru elektrické energie mezi pracovní dobou a ostatními časy (noc, víkendy). Během pracovní doby je odběr elektrické energie přibližně trojnásobný oproti zbylým časům. Lze také konstatovat to, že okamžitá spotřeba elektrické energie budovy neklesne ani při „nulové“ obsazenosti pod 300 kW, což bude zohledněno při návrhu kogenerační jednotky.

3 POPIS PROJEKTU A JEHO AKTIVIT / ETAP

Součástí obou variant je instalace kogenerační jednotky. Kritéria pro výběr velikosti a typu kogenerační jednotky jsou následující:

3.1.1 Nároky na emisní limity (KGJ)

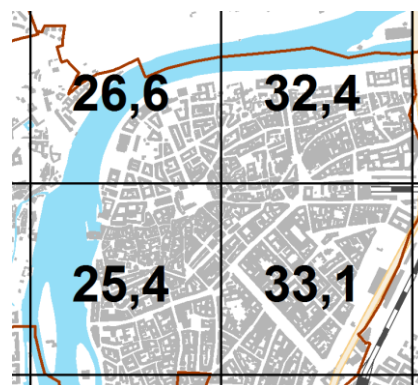
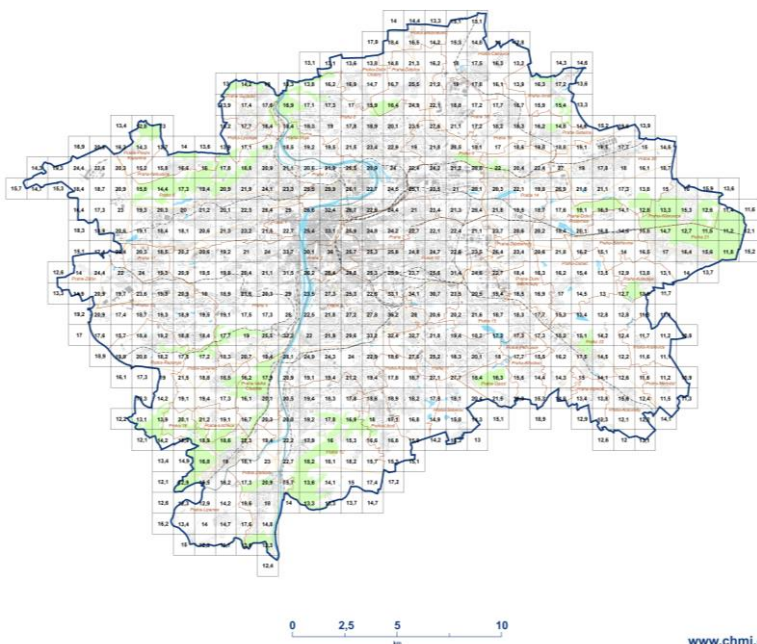
Emisní limity kogenerační jednotky určuje Metodický pokyn k povolování kogeneračních jednotek na území hl. m. Prahy (viz Příloha č. 1).

Prvním obecným omezením přípustnosti instalace kogenerační jednotky je to, že zařízení je možné na území Prahy umisťovat jen v takových místech, ve kterých na základě dat z aktuálně platných map klouzavých pětiletých průměrů imisních koncentrací (ČHMÚ), kvalita ovzduší definovaná modelově vypočtenou průměrnou roční koncentrací oxidu dusičitého (NO_2) nepřekračuje 75 % ročního imisního limitu dle platných právních předpisů.

Roční imisní limit NO_2 pro ochranu zdraví dle portálu Českého hydrometeorologického ústavu činí $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ [5]. Přitom v oblasti, ve které se Česká národní banka nachází, se roční průměr NO_2 v pětiletém období 2015–2019 drží na úrovni $33,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (viz Obr. 5), což je přibližně 82,8 % hodnoty imisního limitu. **To znamená, že v oblasti nelze umístit kogenerační jednotku vyjma situace, kdy po instalaci nedojde k překročení emisního stropu, tj. celkové roční emise NO_x budou po instalaci KGJ stejné nebo nižší, než tomu bylo před instalací.**

Pětiletý průměr 2015–2019
 NO_2 roční průměr ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)
Hlavní město Praha

Český
hydrometeorologický
ústav



Obr. 5 Pětiletý průměr roční koncentrace NO_2 v ovzduší hl. m. Prahy [7]

Kromě emisních limitů NO_2 musí být dle metodického pokynu splněny limity dalších látek (viz Tab. 5).

Tab. 5 Specifické limity škodlivin definované pro normální stavové podmínky (teplota spalín 0 °C, tlak 101,325 kPa), suchý plyn, 5 % kyslíku ve spalínách (podrobněji v Příloha č. 1)

Látka	Maximální přípustná hmotnostní koncentrace látky ve spalínách [mg·Nm ⁻³]
HCHO	20
CO	200
NH ₃	30
Doporučené limity:	
TOC	pro motory s chudou směsí 1300, pro motory se stechiometrickým spalováním 300
TOC _{NM}	150

3.1.2 Nároky na prostor pro nastěhování (KGJ)

Možnosti dopravy KGJ jsou z důvodu ztížených pracovních podmínek omezeny. K dispozici je montážní otvor vedoucí do prostoru kotelny o rozměrech 2,4 × 2,4 m v prvním suterénu (1S) – viz Obr. 6. Dalším montážním otvorem, který byl vyhodnocen, je montážní otvor v pasáži o vnějších rozměrech 2,4 × 1,85 m – viz Obr. 7. Otvor v pasáži je menší než v garáži, proto s ním v dalším postupu není počítáno.



Obr. 6 Montážní otvor, kterým je možné dopravit zařízení do kotelny (foto Bres spol. s r. o.)



Obr. 7 Montážní otvor v pasáži (foto Bres spol. s r. o.)

I při uvažování většího otvoru však výkonově použitelné kogenerační jednotky svými rozměry přesahují rozměry montážního otvoru. **Proto je v rámci této studie posouzena možnost stěhování kogenerační jednotky po částech.** S tím samozřejmě souvisí zvýšené investiční náklady.

3.1.3 Spotřeba elektrické energie objektu

Pokud jsou splněna „vnější“ kritéria (emise, nastěhování), volí se výkon kogenerační jednotky takovým způsobem, aby se její výkon co nejvíce finančně vyplatil. Cílem je provozem kogenerační jednotky pokrýt co největší část spotřeby elektrické energie. Pokud kogenerační jednotka není v provozu po celý den, cílí se na to, aby byla provozována v období maximální okamžité spotřeby elektrické energie, aby mohlo dojít ke snížení maximální rezervované kapacity elektrické energie, a tedy dalšímu finančnímu zhodnocení.

Bilance spotřeby elektrické energie jsou uvedeny v kap. 2.4.

3.1.4 Spotřeba tepla objektu

Kogenerační jednotku by dle předcházející kap. 3.1.3 bylo finančně nejvýhodnější provozovat jednotku nepřetržitě. Je nutno však brát v úvahu i to, zda je možné spotřebovat vyrobené teplo. To se dá v omezeném množství akumulovat v akumulčních nádobách. V krajním případě se dá vyrobené teplo i mařit (dochlazovat), to však z důvodu přísných limitů celkových ročních emisí není příliš pravděpodobná varianta (bude předmětem výpočtu celkových ročních emisí před a po instalaci KGJ).

3.1.5 Podpora obnovitelných zdrojů energie (POZE) – KVET

Dalším podpůrným argumentem proč neprovozovat kogenerační jednotku nepřetržitě je kromě delší životnosti kogenerační jednotky, která je stanovována na určité množství motohodin, také podpora obnovitelných zdrojů energie. Finanční podpora se vyplácí za vyrobenou MWh elektrické energie, avšak za podmínky nepřekročení ročních provozních hodin. Pro získání zelených bonusů lze kogenerační jednotku provozovat buď maximálně

Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB

Dokumentace studie proveditelnosti

Ing. Jaroslav Stupka

3 000 h (vyšší částka za MWh vyrobené el. energie), nebo maximálně 4 400 h (nižší částka za MWh vyrobené el. energie) – viz Tab. 6.

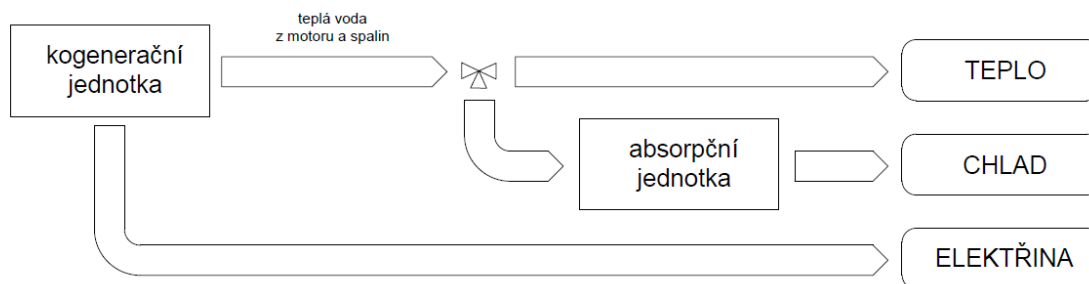
Tab. 6 Základní sazba ročního zeleného bonusu na elektřinu z KVET [2]

Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Provozní hodiny kogenerační jednotky [h/rok]	Zelené bonus [Kč/MWh]
	od	do	od	do		
Elektřina z KVET	-	31.12.2021	0	200	3 000	1 022
	-	31.12.2021	0	200	4 400	602
	-	31.12.2021	200	1000	3 000	656
	-	31.12.2021	200	1000	4 400	289

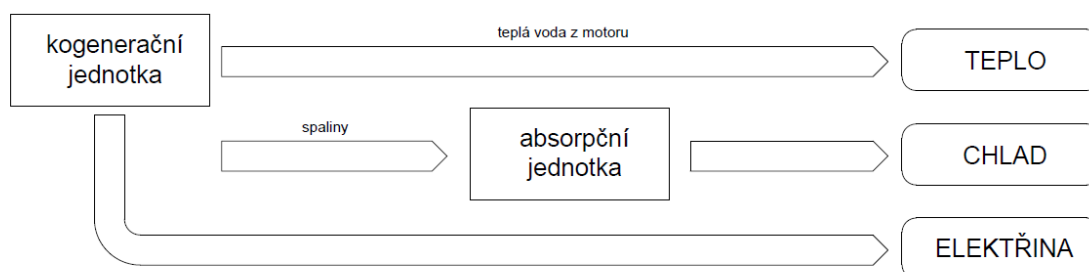
3.2 Varianta A – dodatečná kritéria

Instalace trigenerační jednotky představuje společnou výrobu tepla, chladu a elektrické energie (základní dvě schémata trigenerace viz Obr. 8). Za tímto účelem je zapotřebí instalovat KGJ a absorpční chlazení, které dokáže využít odpadní teplo produkované právě kogenerační jednotkou.

Trigenerace typu A



Trigenerace typu B



Obr. 8 Schéma trigenerace [4]

Při instalaci KGJ a absorpčního chlazení do kotelný v místnosti 3S302B by bylo nutné demontovat všechny tři kotle (vč. menšího kotle pro ohřev TV). To by však nemělo způsobit

přerušení v dodávce tepla pro vytápění a ohřev TV, neboť dodávka tepla je zajištěna střídavě druhou kotelnou v místnosti 3S501, která by obstarala dodávku tepla v průběhu rekonstrukce.

K omezení provozu nedojde ani při instalaci nového zdroje chladu, neboť se dle konzultací předpokládá, že bude zásobovat zcela nové větve chlazení.

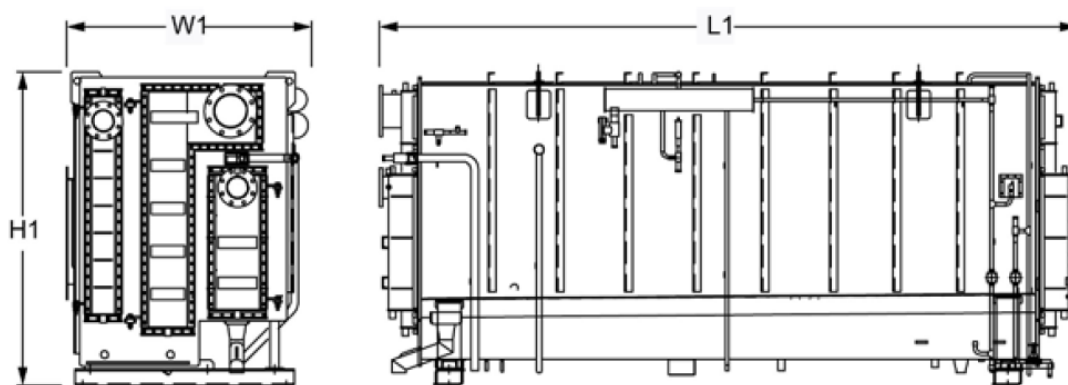
Vzhledem k výše uvedenému není zapotřebí členit instalaci na více etap a není zapotřebí budovat ani provizorní trasy.

3.2.1 Nároky na emisní limity (absorpční jednotka)

Provoz absorpční jednotky je jedním ze způsobů maření tepla za současné produkce chladu. Z důvodu nedostatečné emisní rezervy je **provoz kogenerační jednotky za účelem provozu absorpční jednotky (maření tepla) vyloučen** (viz kap. 4.1.5).

3.2.2 Nároky na prostor pro nastěhování (absorpční jednotka)

Pro nastěhování zařízení (KGJ a absorpční chlazení) je k dispozici již zmíněný montážní otvor $2,4 \times 2,4$ m v podlaží 1S. Při ověření možnosti instalace absorpčního chlazení (400 kW) využívající topnou vodu z KGJ (teplotní spád 90/70 °C) vyšly vnější rozměry největší části absorpční jednotky $3,7 \times 1,8 \times 2,1$ m – viz Obr. 9 (hmotnost 4,8 t). **Doprava této jednotky² do prostoru kotelny byla vyhodnocena jako nerealizovatelná.**



Obr. 9 Největší část absorpční jednotky [3]

Byla posuzována také možnost instalace absorpční jednotky, která využívá ke svému provozu spaliny (vysokopotenciální teplo). Tato varianta byla zamítnuta z důvodu, že kogenerační jednotka, která splňuje všechny požadavky, není schopna poskytnout minimální požadované množství spalínového tepla pro provoz této jednotky.

3.2.3 Nároky na prostor pro nastěhování (chladicí věže)

Další součástí systému absorpčního chlazení je chladicí věž. Její rozměry jsou $4,1 \times 3,6 \times 5,2$ m. Převážná hmotnost je 5,5 t. Šířka, ale především výška jsou nepřijatelné pro její umístění na střeš. Konstrukce by zasahovala do stávající ocelové pergoly

² Největší jednotkou, kterou by bylo možné dopravit do prostoru kotelny, je jednotka o rozměrech $2,1 \times 1,55 \times 2,1$ m, která poskytuje 113 kW chladicího výkonu.

a výškově by převyšovala chladicí jednotky o téměř 3 m, což by bylo v rozporu s koncepcí odboru Památkové péče a Národního památkového ústavu. **Instalace chladicích věží na střechu** byla vyhodnocena jako **nerealizovatelná**.

3.2.4 Varianta A – dodatečná kritéria – závěr

Varianta A byla ze tří výše uvedených důvodů vyhodnocena jako nerealizovatelná. Uvedenými důvody jsou překročení emisního stropu při provozu absorpční jednotky, nemožnost nastěhování absorpční jednotky a rozměry chladicí věže na střeše. **Tato varianta tedy v dalších kapitolách nebude více popisována.**

3.3 Varianta B – dodatečná kritéria

Instalace kogenerační jednotky představuje společnou výrobu tepla a elektrické energie. Kompresorová chladicí jednotka umožní výrobu chladu.

Velikost blokové chladicí jednotky (dále jen „BCHJ“) je volena tak, aby splnila požadavek na 400 kW chladicího výkonu v létě. Volba velikosti kogenerační jednotky je nezávislá na výkonových možnostech BCHJ.

Při instalaci KGJ do kotelny 1 v místnosti 3S302B by bylo nutné demontovat dva kotle. To by však nemělo způsobit přerušení v dodávce tepla pro vytápění a ohřev TV, neboť dodávka tepla je zajištěna střídavě druhou kotelnou v místnosti 3S501, která by obstarala dodávku tepla v průběhu rekonstrukce.

Kotelna 1 (3S302B) byla před kotelnou 2 (3S501) pro instalaci kogenerační jednotky upřednostněna z důvodu snadnější dopravy dílů KGJ (kotelna 1 se nachází v těsné blízkosti montážního otvoru). Dále z důvodu, že se v ní nachází kotel K2, vykazující nejvyšší naměřené hodnoty NOX ve spalínách, s jehož demontáží je ve studii počítáno (viz dále).

K omezení provozu nedojde ani při instalaci nového zdroje chladu, neboť se dle konzultací předpokládá, že bude zásobovat zcela nové větve chlazení (pro administrativní prostory), které budou zbudovány těsně před instalací jednotky.

Vzhledem k výše uvedenému není zapotřebí členit instalaci na více etap a není zapotřebí budovat ani provizorní trasy.

3.3.1 Nároky na prostor pro nastěhování (bloková chladicí jednotka)

S nastěhováním blokové chladicí jednotky je uvažováno na střeše v prostoru 5P340 (viz dříve Obr. 3). Možnosti a specifika transportu blokové chladicí jednotky jsou uvedeny dále.

3.3.2 Varianta B – dodatečná kritéria – závěr

Varianta B nebyla zamítnuta a bude rozpracována v dalších kapitolách.

4 TECHNICKÉ A TECHNOLOGICKÉ ŘEŠENÍ PROJEKTU

Vzhledem ke skutečnosti, že realizace varianty A byla označena za nerealizovatelnou, bude tato kapitola zpracována pouze pro variantu B.

4.1 Varianta B – KGJ + bloková chladicí jednotka

4.1.1 Parametry KGJ, investiční náklady

Vybrána byla kogenerační jednotka, která jako jediná ze zkoumaných kogeneračních jednotek splňovala požadavky na nízké emise. Seznam zkoumaných kogeneračních jednotek je součástí příloh (viz Příloha č. 30). Její elektrický výkon je plně upotřebitelný v rámci budovy a tepelný výkon umožňuje využití tepla v budově při provozu 3 000 h, což je jeden z režimů podporovaný v rámci kombinované výroby tepla a elektřiny (viz dále).

SCR technologie (selektivní katalytická redukce)

Z důvodu horší finanční návratnosti nebyly zkoumány jednotky využívající technologii SCR, resp. byly ve výběru upřednostněny jednotky, u nichž lze dosáhnout potřebných emisí i bez této technologie. Jedná se o technologii, která umožňuje snížit emise NO_x ve výfukových plynech pomocí vstřikování močoviny typu AdBlue.

Navrženou kogenerační jednotkou (viz Obr. 10) je jednotka Viessmann VITOBLOC 200 typ EM-260/390 s elektrickým výkonem 263 kW, tepelným výkonem 390 kW a příkonem v palivu 693 kW. Obecné technické parametry jsou shrnuty v Tab. 7.

Navržená kogenerační jednotka spadá dle ERÚ (podpora pro podporované zdroje energie) [2] svým výkonem mezi jednotky, u nichž platí nižší sazba podpory za 1 MWh vyrobené elektrické energie. To však bude částečně vykompenzováno zisky z vyššího množství vyrobené elektrické energie.

Pořizovací cena kogenerační jednotky činí přibližně 4,5 mil. Kč bez DPH. Další investiční náklady, specifikované ve finanční analýze, souvisejí s napojením kogenerační jednotky na stávající systém, instalací akumulčních nádob, vybudováním nového odkouření, úpravou větrání, vyvedením elektrického výkonu apod. (bude specifikováno v dalších podkapitolách). Generální oprava KGJ je po dosažení 50 tis. mth. Životnost je podle výrobce možná až 80 tis. mth.

Tab. 7 Parametry navržené kogenerační jednotky Viessmann VITOBLOC 200 typ EM-260/390 [6]

Elektrický výkon	[kW]	263
Elektrická účinnost (vzhledem k příkonu v palivu)	[%]	38,0
Tepelný výkon	[kW]	390
Tepelná účinnost (vzhledem k příkonu v palivu)	[%]	56,2
Příkon v palivu	[kW]	693
Celková účinnost	[%]	94,2
Jmenovitý teplotní spád	[°C]	90/70
Jmenovitý průtok	[m ³ ·h ⁻¹]	20
Nejvyšší povolený provozní tlak	[bar]	10



Obr. 10 Navržená kogenerační jednotka Viessmann VITOBLOC 200 typ EM-260/390 [6]

4.1.2 Modulace výkonu KGJ

Výkon kogenerační jednotky lze modulovat. Provozní stavy jsou 50, 75 a 100 %. Elektrický výkon, tepelný výkon a příkon v palivu znázorňuje Tab. 8. Kogenerační jednotku lze řídit signálem 0–20 mA, a získat tak v rozmezí 50% až 100% výkonu 20 možných provozních bodů. Výkon 50 % je minimální hranicí výkonu, pod kterou nelze jít. Při nižším výkonu je chod kogenerační jednotky nestabilní.

Tab. 8 Modulace výkonu navržené KGJ [6]

Provozní stav		100 %	75 %	50 %
Elektrický výkon	[kW]	263	197	132
Tepelný výkon	[kW]	390	315	250
Příkon v palivu	[kW]	693	541	402

4.1.3 Doprava a montáž KGJ

Rozměry a hmotnostní údaje o kogenerační jednotce jsou shrnuty v Tab. 9, patrné na Obr. 11. Na základě již zmíněných okolností, a to, že k nastěhování kogenerační jednotky je možné využít pouze montážní otvor v garáži o přibližných rozměrech 2,4 × 2,4 m, je nutné dopravit jednotku do prostoru stávající kotelny po částech a následně provést její montáž.

Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB

Dokumentace studie proveditelnosti

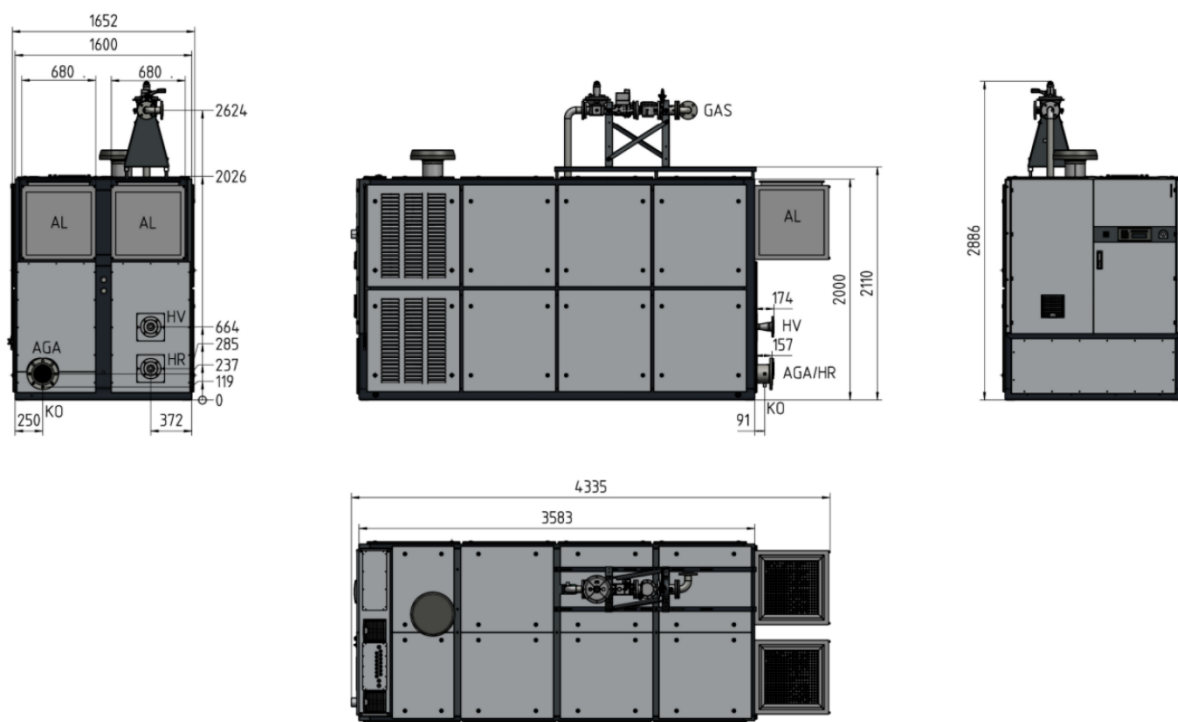
Ing. Jaroslav Stupka

Tab. 9 Rozměry a hmotnost kogeneračního modulu [6]

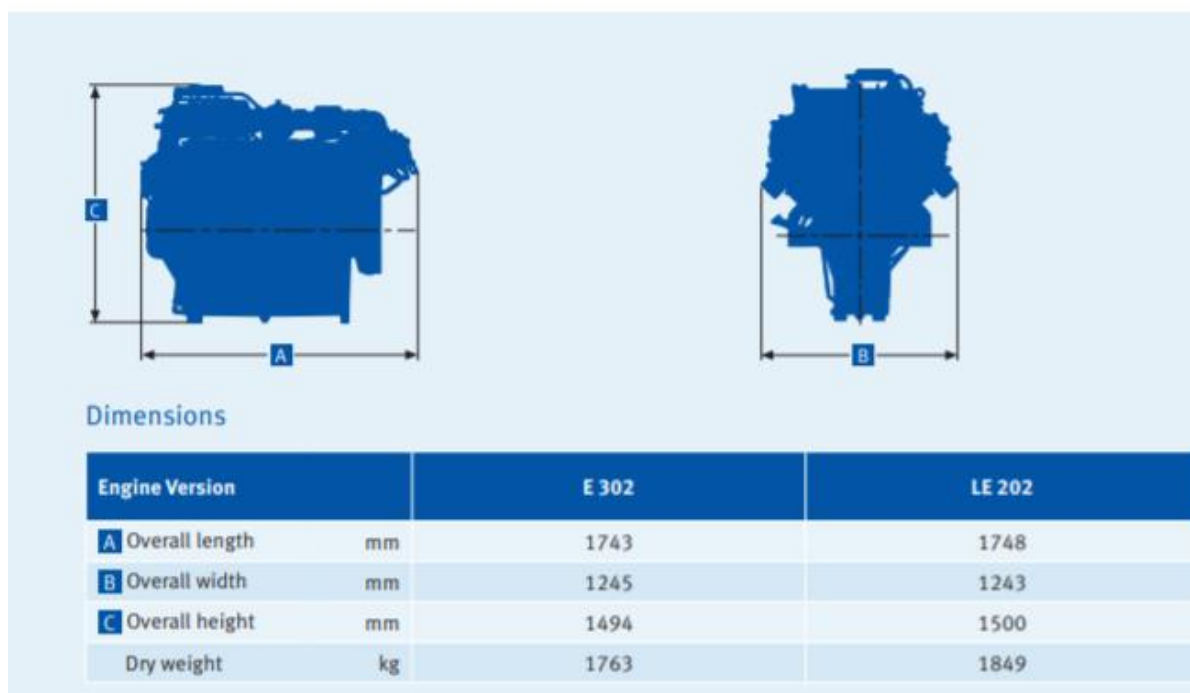
Rozměry kogeneračního modulu		Rozměr rámu	včetně protihlukového víka a ventilátoru
Délka	[mm]	3 583	4 335
Šířka	[mm]	1 600	1 652
Výška (bez patek)	[mm]	2 000	2 026
Hmotnost kogeneračního modulu			
Prázdná hmotnost	[kg]	5 600	
Provozní hmotnost	[kg]	6 100	

Při dopravě po částech je nejrozměrnější částí rám ($D \times Š \times V$, $3\,583 \times 1\,600 \times 1\,000$ mm). Ten by vzhledem ke své délce musel být do otvoru vsunut. Rozměry motoru (viz Obr. 12) a generátoru už jsou s dostatečnou rezervou menší než vnitřní rozměry otvoru. Důležité bude při dopravě motoru a generátoru zohlednit jejich hmotnost.

Zvýšené investiční náklady spojené s demontáží a montáží jednotky až na místě jsou výrobcem stanoveny na 400 tis. Kč bez DPH.



Obr. 11 Rozměry kogenerační jednotky [6]



Obr. 12 Rozměry a hmotnost motoru kogenerační jednotky

Varianta by pak zahrnovala demontáž dvou kotlů (ve výkresech označeny K2, K3 – BUDERUS G605-1000, výkon 1 100 kW).

4.1.4 Režim provozu KGJ, případná porucha

Roční doba provozu

Z důvodu, že není možné využít teplo vyrobené v letním období pro chlazení, omezí se provoz KGJ pouze na 3 000 h ročně. Je tedy počítáno s tím, že kogenerační jednotka přes letní měsíce nebude provozována, nebo bude provozována minimálně – viz dále. Z toho vyplývá nižší požadavek na větrací vzduch.

Porucha kogenerační jednotky

Tepelný výkon kogenerační jednotky by v případě její poruchy v zimním období byl stejně jako u varianty A pohodlně nahrazen tepelným výkonem stávajících kotlů. Výhodou oproti variantě A je to, že výpadek KGJ nemůže ohrozit letní chlazení zdroje chladu 3.

Harmonogram provozu KGJ

Harmonogram provozu kogenerační jednotky je následující. Hlavními parametry pro volbu výkonu KGJ jsou splnění emisních limitů, spotřeby elektrické energie a tepla v budově. Aktuální spotřeba elektrické energie v budově v roce 2019 v 99 % měřeních neklesla pod 296 kW, v roce 2020 99 % měřeních neklesla pod 289 kW. **Je tedy zřejmé, že všechna elektrická energie vyrobená kogenerační jednotkou o elektrickém výkonu 263 kW bude v budově spotřebována.** Není tedy uvažováno o prodeji elektrické energie zpět do sítě.

Spotřebu tepla v jednotlivých měsících a předpokládanou denní dobu provozu KGJ ukazuje Tab. 10. Při tvorbě tabulky bylo vycházeno z měřených spotřeb plynu v roce 2019, účinnosti kotle (dle podkladů 92 %), tepelného výkonu KGJ 390 kW.

Z uvedené tabulky je patrné, že jednotka během svých 2 998,25 h provozu ročně vyrobí 1 169,3 MWh tepelné energie a 788,5 MWh elektrické energie. Pro tento režim provozu bude dotace KVET činit 517 256 Kč.

Jednou z nevýhod provozu KGJ ve variantě B je skutečnost, že provozem KGJ nelze výrazně snížit maximální rezervovanou kapacitu elektrické energie. Z důvodu toho, že okamžitá spotřeba elektrické energie dosahuje svých maxim během letních měsíců (především červen, červenec). Pokud by byla KGJ provozována v těchto měsících po delší časový úsek, nebylo by pak možné spotřebovat vyrobené teplo. Dalším důvodem nemožnosti snížení maximální rezervované kapacity elektrické energie je právě nově samotné nově instalované kompresorové chladicí zařízení (zdroj chladu 3).

Letní provoz KGJ

Součástí výkresových příloh (Příloha č. 13) je napojení, ze kterého je možné distribuovat horkou vodu do podružného rozdělovače (ohřev TV), aby v letních měsících nemusel být vytápěn centrální rozdělovač a sběrač.

Provoz KGJ v létě je u varianty B navržen pouze ve velmi omezené míře tak, aby mohlo dojít k ořezání absolutních maxim okamžité spotřeby elektrické energie. Avšak vzhledem k tomu, aby nedocházelo k častému najíždění kogenerační jednotky, a tedy potenciálnímu zvýšení produkce emisí, bude **kogenerační jednotka spínána a vypínána maximálně dvakrát denně**. V případě, že bude v letním období tepelný výkon produkovaný kogenerační jednotkou vyšší než momentální potřebný výkon pro ohřev teplé vody, bude teplo akumulováno v akumulačních zásobnících.

Další možností (při dodržení podmínky zapnutí/vypnutí KGJ max. dvakrát denně) pro investora je provozovat KGJ v létě delší časový interval (např. 3–4 h) na snížený výkon (min. 50 % max. výkonu). Emisně to je v pořádku. KGJ má při nižším výkonu vyšší tepelnou účinnost (nižší elektrickou).

Volba provozu bude záviset na ekonomickém rozhodnutí investora. Vzhledem k omezeným hodinám provozu KGJ (podpora KVET) kogenerační jednotka v případě sníženého výkonu vyrobí méně elektrické energie, na druhou stranu však může dojít k dokonalejšímu ořezání maximálního odběru elektrické energie.

Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB

Dokumentace studie proveditelnosti

Ing. Jaroslav Stupka

Tab. 10 Spotřeba tepla v jednotlivých měsících roku 2019, navržená doba provozu nové KGJ – varianta B

Měsíc	Tep. výkon dodaný kotlem [MWh]	Teoretická (max.) denní doba provozu KGJ (dodání tep. výkonu) [h]	Navržená denní doba provozu KGJ [h]	Počet dní v měsíci, kdy je jednotka v provozu [-]	Počet hodin v měsíci, kdy je jednotka v provozu [h]	Množství vyrobeného tepla KGJ [MWh]	Množství vyrobené el. energie KGJ [MWh]
Leden	748,5	61,9	20	31	620	241,8	163,1
Únor	553,6	50,7	16	28	448	174,7	117,8
Březen	432,2	35,7	10	31	310	120,9	81,5
Duben	291,8	24,9	8	30	240	93,6	63,1
Květen	241,8	20,0	4	31	124	48,4	32,6
Červen ³	46,2	3,9	2	20	40	15,6	10,5
Červenec ³	39,1	3,2	2	20	40	15,6	10,5
Srpen ³	37,6	3,1	2	20	40	15,6	10,5
Září ³	42,3	3,6	2	20	40	15,6	10,5
Říjen	297,6	24,6	8	31	248	96,7	65,2
Listopad	428,9	36,7	12	30	360	140,4	94,7
Prosinec	545,0	45,1	15,75	31	488,25	190,4	128,4
Celkem	3 704,5	–	–	–	2 998,25	1 169,3	788,5

³ Není uvažován provoz přes víkendy.

4.1.5 Splnění emisních limitů

NO_x (oxidy dusíku)

Splnění emisních limitů NO_x (celkových ročních emisí) je prvním a základním předpokladem pro instalaci kogenerační jednotky.

Způsoby snížení celkových ročních emisí NO_x

- kogenerace s velmi nízkými emisemi NO_x** – emisní faktor pro produkci oxidů dusíku nové KGJ (EF_{NOx} [g·MWh_{tep}⁻¹]) bude stejný nebo nižší, než emisní faktor pro produkci oxidů dusíku stávajících zdrojů ($EF_{NOx,ref}$ [g·MWh_{tep}⁻¹]) – tj. při výrobě stejného množství tepla, jako tomu bylo v roce provozu stávajícího zdroje tepla, dojde v roce provozu KGJ ke stejné nebo nižší produkci NO_x (tuto podmínku lze použít u varianty B, u varianty A nutno připočítat vyšší výrobu tepla (emisí) pro absorpční chlazení)
- kogenerace s nízkými emisemi NO_x v kombinaci s úsporou v roční potřebě tepla** – nižší emise budou podpořeny nižší potřebou produkce tepla (např. zateplení budovy, zpětné získávání tepla)
- kogenerace s nízkými emisemi NO_x v kombinaci s ekologizací kotlů** – opatření provedená za účelem snížit emise NO_x stávajících zdrojů, které se v novém řešení budou podílet na tepelném hospodářství spolu s KGJ (např. zavedení nové technologie, pořízení nových kotlů za původní)

Výpočet nepřekročení celkových ročních emisí NO_x

Při výpočtu celkových ročních emisí NO_x se vychází z Protokolu o autorizovaném měření plynných emisí z roku 2015–2019 (viz Příloha č. 3–Příloha č. 7).

Stručně shrnuto v objektu se nachází celkově šest kotlů (K1, K2, K3, K4, K5, K6) ve dvou kotelnách, z nichž jeden je trvale odzbrojen (K6). Na zbylých pěti kotlech (K1–K5) je prováděno každý rok měření plynných spalín. Využití kotlů a průměrná naměřená hmotnostní koncentrace NO_x [mg·Nm⁻³] z let 2015–2019 jsou uvedeny v Tab. 11.

Tab. 11 Přehled stávajících kotlů a naměřená hmotnostní koncentrace NO_x

Ozn. kotle	Současné využití kotle	Jmen. výkon [kW]	Průměrná hmotnostní koncentrace NO _x [mg·Nm ⁻³]
K1	Ohřev TV	530	59,2
K2	Vytápění + ohřev TV	1 100	87,2
K3	Vytápění + ohřev TV	1 100	87,1
K4	Vytápění + ohřev TV	1 100	86,1
K5	Vytápění + ohřev TV	1 100	82,9
K6	Vytápění + ohřev TV	1 100	kotel odzbrojen (neměřen)

Kotel K1 – jedná se modulační kotel Buderus G605-530/9 (rok výroby 1997), slouží pouze pro ohřev TV, nízké emise jsou dány instalací nového hořáku Weishaupt WG30N/1-C ZM-LN (rok výroby 2011). **Provoz tohoto kotle bude po instalaci kogenerační jednotky zachován v plné míře.**

Kotle K2–K5 – jedná se o kotle Buderus G605-1100/17 (rok výroby 1997), slouží jako zdroj tepla pro systém (vytápění, popř. ohřev TV). Hořák je původní Weishaupt G7/1-D ZMD-NA (rok výroby 1998–1999). **Provoz nízkoemisní kogenerační jednotky by nahradil část tepla vyrobeného těmito kotli, přičemž celkové množství vyrobeného tepla nebude po instalaci vyšší než před instalací.**

Kotel K6 – jedná se o kotel Buderus G605-1100/17 (rok výroby 1997), sloužil jako zdroj tepla pro systém (vytápění, popř. ohřev TV). Hořák byl původní Weishaupt G7/1-D ZMD-NA (rok výroby 1999). Kotel je trvale odzbrojen.

Na základě doporučení oddělení ochrany ovzduší hl. města Prahy jsou měrné emise KGJ porovnány s měrnými emisemi demontovaného kotle K2.

$$f_{NOXM} = 87,2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$$

kde

$$f_{NOXM} \quad [\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad \text{průměrná hmotnostní koncentrace oxidů dusíku ve spalínách demontovaného kotle K2}$$

Objemová koncentrace oxidů dusíku NO_x ve spalínách se pak určí následujícím způsobem (dle Topenářské příručky 3, str. 102) [8].

$$f_{NOX} = \frac{f_{NOXM}}{\rho_{NOX} \cdot 10^6} = \frac{87,2}{2,05 \cdot 10^6} = 4,25 \cdot 10^{-5}$$

kde

$$f_{NOX} \quad [-] \quad \text{objemová koncentrace oxidů dusíku ve spalínách stáv. kotlů}$$

$$\rho_{NOX} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad \text{hustota } \text{NO}_x \text{ při } 0^\circ \text{C a } 101,3 \text{ kPa (} 2,05 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \text{)}$$

Objem NO_x ve spalínách vzniklých z 1 m³ ZP se určí následujícím způsobem (dle Topenářské příručky 3, str. 102) [8].

$$V_{NOX} = f_{NOX} \cdot (9,25 \cdot \lambda - 1) = 4,25 \cdot 10^{-5} \cdot (9,52 \cdot 1,15 - 1) = 4,23 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{m}_{ZP}^{-3}$$

kde

$$V_{NOX} \quad [\text{m}^3 \cdot \text{m}_{ZP}^{-3}] \quad \text{objem } \text{NO}_x \text{ ve spalínách vzniklých z 1 m}^3 \text{ ZP}$$

$$\lambda \quad [-] \quad \text{součinitel přebytku vzduchu (plynové kotel, 3 \% \text{ kyslíku ve spalínách, } 1,15; \text{ kogenerační jednotky, 5 \% \text{ kyslíku ve spalínách, } 1,3125)}$$

Měrná hmotnostní emise oxidů dusíku NO_x ve spalínách vztažená ke spalnému teplu zemního plynu se určí dle následující rovnice (dle Topenářské příručky 3, str. 102) [8].

$$m_{NOXE} = \frac{V_{NOX} \cdot \rho_{NOX}}{e_h} = \frac{4,23 \cdot 10^{-4} \cdot 2,05}{11} = 7,89 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{kWh}^{-1}$$

kde

m_{NOXE} [$kg \cdot kWh^{-1}$] měrná hmotnostní emise oxidů dusíku NO_x ve spalinách vztahovaná ke spalnému teplu ZP

e_h [$kWh \cdot m^{-3}$] spalné teplo ZP (11 $kWh \cdot m^{-3}$)

Kotel nepracuje se 100% tepelnou účinností, nutno přepočítat výslednou hodnotu na jeho účinnost. Dle provozovatele činí 92 % (vzhledem ke stáří kotlů nebyly nalezeny žádné technické katalogy).

$$m_{NOXE_{tep}} = \frac{m_{NOXE}}{\eta_{kot}} = \frac{7,89 \cdot 10^{-5}}{0,92} = 85,7 \cdot 10^{-5} kg \cdot kWh_{tep}^{-1} = 85,7 g \cdot MWh_{tep}^{-1}$$

kde

$m_{NOXE_{tep}}$ [$kg \cdot kWh_{tep}^{-1}$] měrná hmotnostní emise oxidů dusíku NO_x ve spalinách vztahovaná ke spalnému teplu ZP

e_h [$kWh \cdot m^{-3}$] spalné teplo ZP (11 $kWh \cdot m^{-3}$)

Stejný postup výpočtu byl aplikován na kogenerační jednotku. Dle výrobce činí hmotnostní koncentrace oxidů dusíku NO_x ve spalinách pouze 40 $mg \cdot m^{-3}$. Nevýhodou kogenerační jednotky je však tepelná účinnost, která činí pouze přibližně 56 %. Dále je oproti kotli uvažováno se spalováním s vyšším obsahem kyslíku ve spalinách (5 % místo 3 % O_2 ve spalinách). Výsledky výpočtu stávajícího kotle K2 a navržené kogenerační jednotky jsou porovnány v Tab. 12.

Tab. 12 Výpočet emisí NO_x stávajících kotlů (K2–K5) a nově navržené KGJ

		kotel K2	KGJ
f_{NOXM}	[$mg \cdot m^{-3}$]	87,2	40
f_{NOX}	[–]	$4,25 \cdot 10^{-5}$	$1,95 \cdot 10^{-5}$
V_{NOX}	[$m^3 \cdot m_{ZP}^{-3}$]	$4,23 \cdot 10^{-4}$	$2,24 \cdot 10^{-4}$
m_{NOXE}	[$kg \cdot kWh^{-1}$]	$7,89 \cdot 10^{-5}$	$4,18 \cdot 10^{-5}$
$m_{NOXE_{tep}}$	[$g \cdot MWh_{tep}^{-1}$]	85,7	74,3

Závěr: Z uvedeného výpočtu je zřejmé, že nízkoemisní kogenerační jednotka vyprodukuje při výrobě 1 MWh tepelné energie nižší množství NO_x než stávající kotel (K2). Nedojde tedy k překročení emisního stropu dle čl. V. (1) Metodického pokynu k povolování kogeneračních jednotek na území hl. m. Prahy.

Vzniklá roční emisní rezerva po instalaci KGJ je následující (vztaheno k emisím kotle K2):

$$m_{REZ} = (m_{NOXEtepKGJ} - m_{NOXEtepK2}) \cdot P_{tep} \cdot \tau_{KGJ} = (85,7 - 74,3) \cdot 0,39 \cdot 3000 \\ = 13388 \text{ g} = 13,4 \text{ kg}$$

kde

m_{REZ} [kg] roční emisní rezerva NO_x po instalaci KGJ

P_{tep} [MW_{tep}] tepelný výkon navržené KGJ

ρ_{NOX} [kg · m⁻³] hustota NO_x při 0 °C a 101,3 kPa (2,05 kg · m⁻³)

CO (oxid uhelnatý)

Specifický limit CO je dle metodického pokynu stanoven max. 200 mg/Nm³. Dle specifikace výrobce činí produkce CO kogenerační jednotky méně než 100 mg/Nm³. **Navržená jednotka splňuje limit uvedený v metodickém pokynu.**

HCHO (formaldehyd)

Specifický limit HCHO je dle metodického pokynu stanoven max. 20 mg/Nm³. Dle specifikace výrobce činí produkce HCHO kogenerační jednotky méně než 20 mg/Nm³. **Navržená jednotka splňuje limit uvedený v metodickém pokynu.**

NH₃ (amoniak)

Specifický limit NH₃ je dle metodického pokynu max. 30 mg/Nm³. Dle specifikace výrobce činí produkce NH₃ kogenerační jednotky 30 mg/Nm³. **Navržená jednotka splňuje limit uvedený v metodickém pokynu.**

TOC (celkový organický uhlík)

Emisní limit pro TOC je dle metodického pokynu pouze doporučenou hodnotou. Pro motory s chudou směsí činí 1300 mg/Nm³. Pro motory se stechiometrickým spalováním pak 300 mg/Nm³. Dle specifikace činí produkce TOC 300 mg/Nm³. **Navržená jednotka splňuje doporučení.**

TOC_{NM}

Emisní limit pro TOC_{NM} je dle metodického pokynu pouze doporučenou hodnotou stanovenou jako 150 mg/Nm³. **Tato hodnota nebyla u výrobce zjištěna.**

4.1.6 Provozní náklady KGJ

Kromě investic je do výdajů zapotřebí zahrnout i provozní náklady KGJ. Ty jsou shrnuty v Tab. 13. Zejména jsou však součástí finanční a ekonomické analýzy pro variantu B – Příloha č. 8.

Tab. 13 Provozní náklady související s KGJ – varianta B

Druh provozního nákladu	Četnost	Cena (bez DPH)
Dodávka plynu pro provoz KGJ	roční	1,5 mil. Kč
Cena za servis	dle pokynů výrobce	80 Kč/motohodina
Generální servis	po 50 tis. motohodinách	1,4 mil. Kč

4.1.7 Akumulace tepla vyrobeného KGJ

Pro lepší efektivitu a necyklování provozu kogenerační jednotky bude do systému zařazena možnost akumulace tepla. Pro tento účel budou zařazeny do systému dvě akumulární nádoby (každá o objemu 10 m³) – viz Obr. 13 – označeny jako zásobníky č. 1, 2. Tyto nádoby budou využity stávající (parametry viz Tab. 14). Původně sloužily jako zásobníky TV, v současnosti jsou v neutěšeném stavu. Pro to, aby mohly být využity v topném systému, bude muset dojít k jejich kompletní sanaci. Akumulační zásobníky budou nově izolovány způsobem odpovídajícím vyhlášce č. 193/2007 Sb. Odhadované náklady na sanaci jednoho zásobníku jsou 150 tis. Kč bez DPH.

Tab. 14 Technické parametry akumulárních nádob

Objem	[m ³]	10
Jmenovitý tlak	[MPa]	1,6
Průměr	[mm]	2 000
Výška zásobníku	[mm]	3 720
Hmotnost	[kg]	3 000

Schéma zapojení akumulárních zásobníků je patrné z výkresové přílohy (viz Příloha č. 13). Zásobníky jsou zapojené v sérii. Teplota v každé nádrži je měřena čtyřmi teploměry, což umožňuje monitorovat stav akumulace. Zapojení pomocí 2-cestných ventilů umožňuje současné nabíjení akumulárních zásobníků a distribuci tepla do soustavy, popř. pro ohřev teplé vody.

V zimním období se nepředpokládá, že bude docházet k častému využívání zásobníků. Teplo bude ihned spotřebováno, jelikož tepelná potřeba budovy je po většinu času vyšší než tepelný výkon kogenerační jednotky.

V přechodném a letním období je naopak tepelná potřeba budovy nižší než tepelný výkon kogenerační jednotky. V tomto režimu se bude tepelný výkon kogenerační jednotky, nebo jeho část ukládat do akumulárních zásobníků. Při nabití zásobníku, dojde k vypnutí kogenerační jednotky a distribuci tepla do soustavy (popř. pro ohřev teplé vody) ze zásobníků.

Pro snížení tepelných ztrát rozvodů v období, kdy se nevytápí, je navržena propojka přímo mezi kogenerační jednotkou a podružným rozdělovačem teplé vody (opět viz Příloha č. 13). Nedojde tedy k ohřevu centrálního rozdělovače.



Obr. 13 Jediný ze tří původních zásobníku TV (10 m³), označen jako zásobník č. 3, který je v současnosti používán (foto Bres spol. s r. o.)

4.1.8 Měření a regulace

Ovládání čerpadel, 3-cestných, resp. 2-cestných ventilů apod. zajistí nadřazený regulační systém, který je dodávkou profese MaR. Komunikačním protokolem je BACnet. Kogenerační jednotka bude vybavena certifikovaným měřením elektrického výkonu na svorkách generátoru.

Požadovanou podmínku dle metodického pokynu (viz Příloha č. 1) je také průběžný monitoring provozu KGJ. Nadřazený řídicí systém KGJ musí zaznamenávat a archivovat následující provozní parametry:

- spotřeba paliva
- vyrobené množství elektřiny
- vyrobené množství tepla
- objemový podíl kyslíku (O₂) ve spalínách
- koncentrace oxidů dusíku (NO_x) ve spalínách, vyjádřených jako NO₂
- teplotu spalin
- provozní hodiny

Měření spotřeby paliva bude zajištěno plynoměrem, vyrobené množství elektřiny elektroměrem, vyrobené množství tepla měřičem tepla. Objemový podíl kyslíku ve spalínách bude odečten z kyslíkové sondy, NO_x z měřidla, které bude připojeno online. Měřidlo NO_x je zapotřebí kalibrovat. Teplota spalin bude zjištěna pomocí převodníku Gateway, který je dodáván ke kogenerační jednotce.

Komunikační protokoly, které výrobce u kogenerační jednotky využívá, jsou Modbus RTU – RS-232, Modbus RTU – RS-485, Modbus TCP a LON BUS. Převod na BACnet bude zajištěn pomocí převodníku.

4.1.9 Vyvedení elektrického výkonu

Elektrický výkon navržené kogenerační jednotky je 263 kW. Při pohledu na zpracované bilance je patrné, že potřebný elektrický výkon je vždy vyšší a celý výkon tak bude spotřebován v místě produkce (nebude docházet k prodeji do sítě).

Technické údaje výrobní jednotky elektrické energie jsou uvedeny v Tab. 15.

Tab. 15 Technické údaje výrobní jednotky

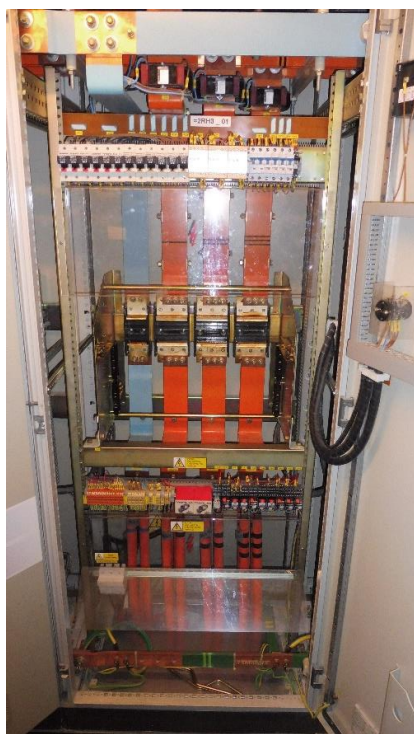
Vyměřovací činný výkon P_e max		[kW]	263
Vyměřovací zdánlivý výkon S_e max	při $\cos \varphi = 0,9$	[kVA]	292,2
Vyměřovací napětí U_r		[V]	400
Vyměřovací proud (AC) I_r		[A]	422,3
Vlastní elektrická spotřeba ⁴	jmenovitá / maximální	[kW]	5,9 / 8,5

Kogenerační jednotka se synchronním generátorem o elektrickém výkonu 263 kW pracuje na napětí 400 V. Kogenerační jednotka bude mít nový samostatný rozvaděč. V souvislosti s doplněním nové kogenerační jednotky KGJ bude nutné kromě rozvaděče NN doplnit do prostoru kotelny a vstupní trafostanice také zařízení pro dálkové propojení výkonu kogenerační jednotky signálem HDO.

Pro vyvedení elektrického výkonu bude sloužit transformátorové pole 2RH3_01 (viz Obr. 14).

Odhadovaná cena vyvedení elektrického výkonu je 300 tis. Kč bez DPH.

⁴ Čerpadlo chladicí kapaliny, ventilátor, nabíječka baterie, řídicí trafo



Obr. 14 Transformátorové pole 2RH3_01 sloužící k vyvedení elektrického výkonu (foto Bres spol. s r. o.)

4.1.10 Větrání kotelny

Větrání kotelny je nutné navrhnout tak, aby poskytlo dostatečné množství spalovacího a větracího vzduchu. V případě varianty B je v kotelně 3S302B spolu s KGJ (příkon v palivu 693 kW) pouze modulovatelný kotel K1 o výkonu 530 kW (max výkon hořáku **350 kW** – s touto hodnotou počítáno). Výpočet je proveden dle normy „ČSN 07 0703 (Z6) Plynové kotelny“. Stávající větrání zajišťuje přívod $5\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

Spalovací vzduch (kotelna 1 – místnost 3S302B)

V zimě i v květnu je v případě varianty B nutné v kotelně 1 uvažovat provoz kotle K1 i KGJ. **Provoz KGJ přes léto (červenec) je u varianty B minimální, proto budou brány za referenční hodnoty spalovacího a větracího vzduchu brány květnové vypočítané hodnoty.**

Spotřebu zemního plynu oběma spotřebiči, průtok spalovacího vzduchu pro oba spotřebiče jsou uvedeny v Tab. 16. **Teplota přívodního vzduchu do kotelny je ohříváčem upravena vždy na min. 15 °C.**

Tab. 16 Spotřeba zemního plynu a průtok spalovacího vzduchu – varianta B

Spotřeba zemního plynu kotlem K1	V_{PK1}	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	35,2
Spotřeba zemního plynu KGJ	V_{PKGJ}	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	69,7
Průtok spalovacího vzduchu pro kotel K1 (zima +15 °C)	V_{SK1}	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	382,0
Průtok spalovacího vzduchu pro KGJ (zima +15 °C)	V_{SKGJ}	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	902,5
Celkový průtok spalovacího vzduchu (zima +15 °C)	V_S	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	1 284,5
Průtok spalovacího vzduchu pro kotel K1 (květen 26,5 °C)	V_{SK1}	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	397,3
Průtok spalovacího vzduchu pro KGJ (květen 26,5 °C)	V_{SKGJ}	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	938,6
Celkový průtok spalovacího vzduchu (květen 26,5 °C)	V_S	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	1 335,8
Průtok spalovacího vzduchu pro kotel K1 (červenec 30 °C)	V_{SK1}	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	401,9
Průtok spalovacího vzduchu pro KGJ (červenec 30 °C)	V_{SKGJ}	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	949,5
Celkový průtok spalovacího vzduchu (červenec 30 °C)	V_S	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	1 351,4

Celkový potřebný průtok spalovacího vzduchu pro variantu B je v zimě $1\,284,5\, m^3 \cdot h^{-1}$ a v květnu $1\,335,8\, m^3 \cdot h^{-1}$.

Větrací vzduch (kotelna 1 – místnost 3S302B)

Zásadním je však z pohledu větrání výpočet větracího vzduchu. Zde je předpoklad, že požadavek větracího vzduchu po instalaci kogenerační jednotky výrazně vzroste. Je to dáno tím, že navržená kogenerační jednotka má oproti kotlům vyšší tepelné ztráty. V katalogu je uvedena ztráta 40 kW (není uvedeno při jaké teplotě okolí kotelny – v létě by v případě vyšší teploty kotelny ztráta mohla klesnout).

Větrací vzduch bude dimenzován na ztrátu KGJ (40 kW) a vypočítanou ztrátu kotle K1. Jiné tepelné zisky ani ztráty v zimě (vzhledem k umístění kotelny) nebudou uvažovány. Nejvyšší vnitřní povolená teplota v kotelně je 35 °C (pro provoz KGJ). Tepelné ztráty jednotlivých zařízení při provozu a požadované množství přiváděného vzduchu v jednotlivých obdobích znázorňuje Tab. 17.

Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB

Dokumentace studie proveditelnosti

Ing. Jaroslav Stupka

Tab. 17 Tepelné ztráty zařízení v kotelně a průtok větracího vzduchu – varianta B

Tepelná ztráta kotle K1 – při provozu	Q_{K1}	[kW]	3,3
Tepelná ztráta KGJ – při provozu	Q_{KGJ}	[kW]	40,0
Průtok větracího vzduchu pro kotel K1 (zima +15 °C)	V_{SK1}	[m ³ ·h ⁻¹]	500,5
Průtok větracího vzduchu pro KGJ (zima +15 °C)	V_{SKGJ}	[m ³ ·h ⁻¹]	6 008,4
Celkový průtok větracího vzduchu (zima +15 °C)	V_S	[m ³ ·h ⁻¹]	6 508,9
Průtok větracího vzduchu pro kotel K1 (květen 26,5 °C)	V_{SK1}	[m ³ ·h ⁻¹]	1 224,7
Průtok větracího vzduchu pro KGJ (květen 26,5 °C)	V_{SKGJ}	[m ³ ·h ⁻¹]	14 701,9
Celkový průtok větracího vzduchu (květen 26,5 °C)	V_S	[m ³ ·h ⁻¹]	15 926,6
Průtok větracího vzduchu pro kotel K1 (červenec 30 °C)	V_{SK1}	[m ³ ·h ⁻¹]	2 106,3
Průtok větracího vzduchu pro KGJ (červenec 30 °C)	V_{SKGJ}	[m ³ ·h ⁻¹]	25 285,3
Celkový průtok větracího vzduchu (červenec 30 °C)	V_S	[m ³ ·h ⁻¹]	27 391,6

Celkový potřebný průtok spalovacího vzduchu pro variantu B je v zimě 6 508,9 m³·h⁻¹ a v květnu 15 926,6 m³·h⁻¹.

Celkové požadavky na větrání

Celkový požadavek na větrání (spalovací + větrací vzduch) pro variantu B je v zimě 7 793,4 m³·h⁻¹ a v květnu 17 262,4 m³·h⁻¹. Z toho je patrné, že stávající přívod vzduchu (5 000 m³·h⁻¹) nedostačuje. **Proto bude využito dle dohody s provozovatelem přívodu z VZT zařízení č. 6 (strojovna ÚT) – viz Obr. 15. Kapacita tohoto zařízení je 20 000 m³·h⁻¹. Nově bude pro větrání strojovny ÚT ponecháno pouze 7 500 m³·h⁻¹. Zbylých 12 500 m³·h⁻¹ bude dovedeno přímo ke kogeneraci. Tím se spolu s využitím stávajícího zař. 7 (kotelna 3S302B) zajistí přívod 17 500 m³·h⁻¹. Stejným způsobem bude situace řešena na odvodu vzduchu. Změna je patrné ze stávajícího a nového VZT schématu – viz Příloha č. 14, Příloha č. 15.**

Úpravy VZT systému

Součástí úprav VZT systému bude výměna ventilátoru, které je součástí VZT zařízení č. 6. Jednou z možností je náhrada za volná kola s EC pohonem. Množství přiváděného vzduchu (20 000 m³·h⁻¹) v kombinaci s tlakovou ztrátou může být výkonově na hraně při použití jednoho ventilátoru (volná kola s EC pohonem). Alternativou je použít dva ventilátory paralelně s menším dopravním množstvím. Výhodou je možnost alespoň částečného chodu při poruše jednoho ventilátoru, nevýhodou naopak větší nároky na prostor. Poslední nabídnutou možností, která splňuje požadavky na ekodesing, je ventilátor s IE pohonem s frekvenčním řízením otáček. U tohoto řešení s jedním ventilátorem by odpadnul problém s hraničním množstvím přiváděného vzduchu.

Dalšími úpravami VZT systému jsou úprava trasy vzduchovodů a vytvoření prostupu ze strojovny do kotelny 1 (místnost 3S302B). Celkové odhadované náklady na úpravy VZT systému, vč. výměny ventilátoru činí 750 tis. Kč bez DPH.



Obr. 15 VZT zařízení č. 6 (foto Bres spol. s r. o.)

4.1.11 Odkouření

Odkouření obou kotlů, které se budou demontovat je provedeno kouřovody Selkirk systém SUPRA 450 o vnitřním průměru. Stávající odkouření není vyhovující pro využití u nové KGJ hned ze dvou důvodů. Tím prvním je stáří kouřovodů. Tím druhým, závažnějším, je tlaková třída spalinové cesty. Kogenerační jednotky mají proti plynovým kotlům velmi silný výtlač. Používají se pro ně kouřovody tlakové třídy spalinové cesty (H1 – vysokopřetlak do 5 000 Pa).

Kouřovod kogenerační jednotky bude proveden ve vyšší tlakové třídě H1, avšak v nižší dimenzi. Na vodorovné trase budou umístěny dva tlumiče hluku. Podle předběžného výpočtu bude kouřovod v první části v dimenzi DN150. Za druhým tlumičem hluku přejde kouřovod do dimenze DN200. Vložka bude také v dimenzi DN200. Kouřovod bude po celé trase kotven. Náklady na vybudování spalinové cesty (materiál + práce) jsou odhadnuty na 700 tis. Kč bez DPH.

4.1.12 Parametry kompresorového chlazení, investiční náklady

Navrženou kompresorovou chladicí jednotkou vzduch/voda (viz Obr. 16) je jednotka Aermec NRB1400 A° se jmenovitým chladicím výkonem 404,9 kW a elektrickým příkonem 135,4 kW. Obecné technické parametry jsou shrnuty v Tab. 18.

Tab. 18 Parametry navržené kompresorové chladicí jednotky Aermec NRB1400 A° [9]

Chladicí výkon	404,9 kW (při parametrech chlazené vody 7/12 °C a venkovní teplotě 35 °C)
Elektrický příkon	135,4 kW
EER (Energy Efficiency Ratio)	2,99
SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio)	4,25
Chladivo	R410a
Čistá hmotnost	2 930 kg
Akustický výkon	90 dB(A)

Tato kompresorová chladicí jednotka byla zvolena tak, aby splňovala požadavek na množství chladicího výkonu v letním období (400 kW). Dále na základě toho, že ji lze umístit na střechu mezi dvě stávající kompresorové chladicí jednotky zdroje chladu 2.

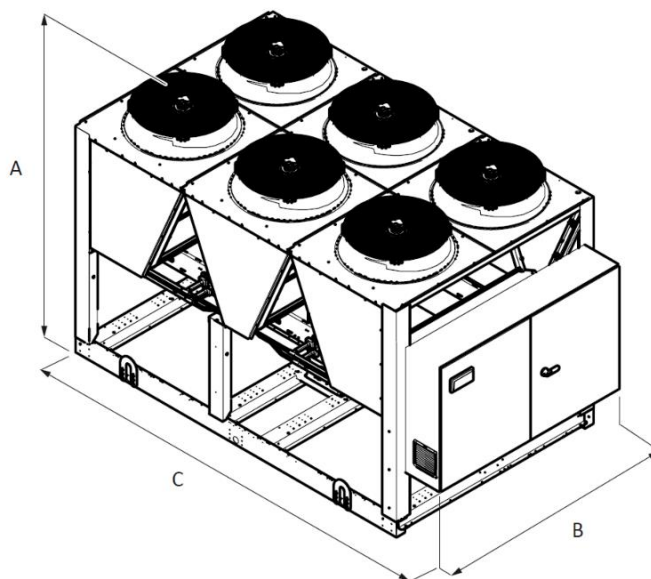
Pořizovací cena kompresorové chladicí jednotky je vč. příslušenství (praporkový hlídač průtoku, originální antivibrační podložky, komunikační karty) přibližně 1,41 mil. Kč. Zprovoznění a zaškolení obsluhy kupujícího činí přibližně 16 tis. Kč. Kromě investičního nákladu na zdroj chladu musí být brána v potaz také investice do strojovny chladu. To bude předmětem dalších podkapitol.



Obr. 16 Navržená kompresorová chladicí jednotka Aermec NRB1400 A° [9]

4.1.13 Doprava a montáž kompresorové chladicí jednotky

Rozměry a hmotnostní údaje o chladicí jednotce jsou shrnuty v Tab. 19, patrné z Obr. 17. Jak již bylo zmíněno, pozice pro umístění navržené chladicí jednotky (zdroj chladu 3) je na střeše mezi dvěma jednotkami zdroje chladu 2.



Obr. 17 Rozměry blokové kompresorové chladicí jednotky [9]

Tab. 19 Rozměry a hmotnost kompresorové chladicí jednotky [9]

Rozměry kogeneračního modulu		Rozměr
Délka (C)	[mm]	2 450
Šířka (B)	[mm]	2 200
Výška (A)	[mm]	2 450
Hmotnost kogeneračního modulu		Hmotnost
Prázdná hmotnost	[kg]	2 930

Způsoby nastěhování jednotky na střechu ČNB byly konzultovány se zástupcem společnosti, která řeší podobné logistické zakázky v Praze. Bylo doporučeno stěhování jednotky jeřábem ze strany ulice Na Příkopě. Zábor území při stěhování je uvažovaný od ulice Nekázanka po Českou národní banku. Bylo upozorněno na to, že vyřízení záboru v tomto místě bude trvat 2–3 měsíce. Zábor území, vzdálenosti jeřábu od budoucí pozice jsou patrné výkresové přílohy – Příloha č. 18. Náklady na toto stěhování byly odhadnuty na 400 tis. Kč bez DPH.

Další náklady související s transportem jednotky od výrobce k České národní bance činí 22,8 tis. Kč bez DPH.

4.1.14 Režim provozu kompresorového chlazení

Zdroj chladu 3 bude provozován pouze v letním období stejně jako stávající zdroj chladu 1. Ten bývá v současnosti v přechodném období využíván i pro distribuci chladu do soustavy zdroje chladu 2, přesto však spotřeba elektrické energie zdroje chladu 1 bude využita pro modelování provozu zdroje chladu 3.

Poměry sezónní energetické účinnosti (SEER, Seasonal Energy Efficiency Ratio) zdroje chladu 1 a 3 jsou velmi podobné – 4,28, resp. 4,25. Celková naměřená spotřeba elektrické energie zdroje chladu 1 v roce 2019 činila 423 MWh. Přímou úměrou (dle chladicích výkonů)

je tedy vypočítáno, že roční spotřeba elektrické energie zdroje chladu 3 bude přibližně 112,8 MWh. To při započítání SEER (4,25) odpovídá 479,4 MWh vyrobeného chladu a přibližně 1 184 h (49,3 dní) provozu při jmenovitém výkonu.

4.1.15 Provozní náklady kompresorového chlazení

Provozní náklady kompresorového chlazení záleží především na sjednané ceně elektrické energie. Ta se rok od roku může na základě smlouvy podepsané mezi provozovatelem a distributorem elektrické energie měnit. Dalším provozním nákladem je možné malé navýšení rezervované kapacity elektrické energie z toho důvodu, že v letním období, kdy je odběr elektrické energie nejvyšší, přibude odběr elektrické energie kompresorové chladicí jednotky (až 135,4 kW). Kogenerační jednotka může být v létě ve variantě B využita pouze ke krytí maximálních špiček odběru elektrické energie, jelikož v létě není dostatečný odběr tepla.

K provozním výdajům patří také servis a revize kompresorové chladicí jednotky (prováděný 1× ročně). Hlavní provozní náklady jsou zobrazeny v Tab. 20.

Tab. 20 Provozní náklady související s chladicí jednotkou – varianta B

Druh provozního nákladu	Četnost	Cena (bez DPH)
Dodávka elektřiny pro provoz chlazení	ročně	276 tis. Kč
Odhadovaný příplatek za max. rezervovanou kapacitu el. energie	ročně	309 tis. Kč
Servis, revize chlazení	ročně	22,1 tis. Kč
Celkem	ročně	607,1 tis. Kč

4.1.16 Strojovna chladu

Strojovnu chladu u varianty B je možné situovat v 6. NP v blízkosti zdroje chladu v místnostech 6P304 či 6P302. Pracovní chlazenu kapalinou (7/13°C) je voda. Součástí strojovny chladu je expanzní a doplňovací zařízení. Pro částečnou akumulaci je uvažován také malý akumulační zásobník (1 m³). Oběhové čerpadlo je umístěno na vratném potrubí před jednotkou a pro případ poruchy je zdvojeno.

Soustava zdroje chladu 3 bude propojena se stávající propojkou zdroje chladu CH1–CH2 na vodní straně.

Odhadovaná investice na zařízení strojovny vč. potrubí, zkoušek a montáže je 800 tis. Kč bez DPH. Navržená dispozice strojovny chladu je součástí výkresových příloh – viz Příloha č. 20.

4.1.17 Rozdělení chlazených prostor

Výkonové rezervy jednotlivých zdrojů chladu byly uvedeny v jedné z předchozích kapitol.

Je uvažováno pět hlavních stoupacích potrubí chladu (viz Tab. 21), z nichž jedno je stávající a bude pouze prodlouženo. Všechna stoupací potrubí a chlazené prostory jsou součástí výkresových příloh (Příloha č. 21–Příloha č. 28).

Tab. 21 Seznam stoupacích potrubí chladu

Číslo stoupačky	Zdroj chladu	Nová/stávající stoupačka	Chladicí kapacita [kW]	Nově chlazená podlaží danou stoupačkou
01	1	nová	200	4P, 3P, 2P, 1P, ME
02	1	nová	200	4P, 3P, 2P, 1P, ME
03	3	nová	200	4P, 3P, 1P, ME
04	3	nová	200	4P, 3P, 2P, 1P, ME
05	2	stávající	200	2P, 1P, ME, VP, PR

Výkonová rezerva 80 kW (zdroj chladu 2) na stoupacím potrubí „05“ v křídle budovy 1.4 (Senovážná), která prozatím distribuuje chladem 3. a 4. NP bude využita pro chlazení části 2P (část budovy ze Senovážné ulice, kromě části určené pro guvernéry – již chlazeno), dále pro podlaží 1P, mezaninového patra a vybraných místností vloženého patra a přízemí.

Výkonová rezerva 400 kW (zdroj chladu 1, stoupací potrubí „01“, „02“) poslouží jako zdroj chladu pro opačnou část budovy (mezaninové patro, 1P, 2P, 3P, 4P). Jedná se o část směrem k Nekázance.

Zdroj chladu 3 (stoupací potrubí „03“, „04“) bude využit pro chlazení středního traktu budovy a části budovy směrem k ulici Na Příkopě v podlažích mezaninového patra, 1P, 2P, 3P, 4P.

4.1.18 Splnění hlukových limitů

Předmětem posouzení splnění hlukových limitů je provoz jednotky zdroje chladu 3 mezi dvěma jednotkami zdroje chladu 2. Vychází se z měření prapůvodních zdrojů hluku z roku 2014 osazených na místě zdroje chladu 2, 3 – prapůvodní jednotky TRANE ERTAA 217.

Měření hladin akustického tlaku proběhlo při provozu všech čtyř jednotek (zdroj chladu 1, 2). V roce 2014 byly měřeny hladiny akustického tlaku uvnitř kanceláří 5P418, 5P107. Výsledky těchto měření shrnuje Tab. 22.

Tab. 22 Měření hladin akustického tlaku v kancelářích při provozu chladicích jednotek

Měření 3. 4. 2014 (Ing. Petr Havránek, Greif-akustika, s.r.o.)	L_{Aeq} [dB]
Místnost 5P418, při zavřeném okně	38 až 40
Místnost 5P107, při zavřeném okně	33 až 34

Hygienický limit pro pracoviště určená pro tvůrčí práci vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A L_{Aeq,8h}$ činí 50 dB. Ten byl při měření s velkou rezervou dodržen. Při stejném měření (2014) byl určen také akustický výkon L_W nahrazovaných zdrojů chladu 2. Ten byl u jednoho zdroje změřen – výsledek $98,8 \pm 3,7$ dB (katalogová hodnota 97 dB). Při zdvojnásobení stejných zdrojů hluku, lze hovořit o akustickém výkonu 100 dB.

Posuzovaná situace vedle sebe staví tři přibližně stejné zdroje hluku (zdroj chladu 2 – 91 dB, 91 dB, zdroj chladu 3 – 90 dB). Pokud dojde k jejich sečtení, výsledná hodnota akustického výkonu je přibližně 97 dB, což je méně než původních 100 dB. **Na základě tohoto tvrzení nebudou překročeny hladiny akustického tlaku na pracovištích.**

Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB

Dokumentace studie proveditelnosti

Ing. Jaroslav Stupka

4.1.19 SWOT analýza

Interní faktory	Silné stránky (Strengths)	Slabé stránky (Weaknesses)
	<ul style="list-style-type: none">• nižší pořizovací cena• provoz chlazení nezávislý na provozu KGJ• levnější provoz chlazení v přepočtu na ceny vstupních energií• systém odzkoušený v ČNB	<ul style="list-style-type: none">• požadavek na vyšší rezervovanou kapacitu odběru elektrické energie v letním období• menší množství absolutně vyrobené elektrické energie (provoz KGJ 3 000 h místo 4 400 h)• kratší životnost (vyšší poruchovost) zdroje chladu
Externí faktory	Příležitosti (Opportunities)	Hrozby (Threats)
	<ul style="list-style-type: none">• možnost využití podpory obnovitelných zdrojů energie (POZE) – pro obě varianty• kvalitnější vnitřní prostředí pro práci zaměstnanců ČNB (obecně chlazení) – pro obě varianty	<ul style="list-style-type: none">• emisní limity provozu KGJ• hlukové limity (kompresorová chladicí jednotka)

5 ZPŮSOB ZAJIŠTĚNÍ PROJEKTU

Hlavní kritéria při výběru nejvhodnější varianty jsou následující:

- kritérium prostoru (STOP⁵ kritérium) – prostor pro umístění, prostor pro nastěhování
- kritérium splnění emisních limitů (STOP⁵ kritérium) – emise NO_x kogenerační jednotky
- technologická kritéria
- procesní a organizační kritéria – vyřízení záboru při stěhování jeřábem
- finanční kritérium – bude předmětem finanční analýzy (dále)

5.1 Varianta B – KGJ + bloková chladicí jednotka

V případě této varianty se počítá s dopravou chladicího zařízení jeřábem. Jedná se o jednotku, s jejímž budoucím umístěním bylo počítáno již při rekonstrukce zdroje chladu 2 (rok 2015). Vyřízení záboru na ulici Na Příkopě bude složitější v tom, že si vyžádá delší časové období (2–3 měsíce), ale mělo by být realizovatelné. Pro aktuální zmapování situace ohledně záborů a možnosti dopravy energetických celků na území hl. m. Prahy, je přiložen v kap. 14.2 kontakt na pana Švába (ENERGOSERVIS ŠVAMONT, spol. s r. o).

Doprava kogenerační jednotky je ztížena rozměry montážního otvoru. Kogenerační jednotku nelze stěhovat vcelku. Je však možné ji rozdělit na menší části a dopravit po částech (motor, generátor, rám, ostatní příslušenství). Takto je možné tyto části dopravit do kotelny 3S302B.

6 ZAJIŠTĚNÍ INVESTIČNÍHO (DLOUHODOBÉHO) MAJETKU

Investice bude financována z vlastních zdrojů investora. Odpisování majetku bude probíhat v případě zařízení technologie po dobu životnosti technologie. Potrubní rozvody budou odpisovány v průběhu 20 let.

6.1 Varianta B – KGJ + bloková chladicí jednotka

U varianty B je počítáno s provozem kogenerační jednotky po dobu 3 000 h ročně. Životnost kogenerační jednotky tak vychází přibližně 26 let. V polovině životnosti kogenerační jednotky se počítá se znovupořizováním kompresorových chladicích jednotek (uvažovaná životnost 13 let). Počítá se také s vybudováním distribuční soustavy chlazení.

Celková investovaná částka vč. vedlejších rozpočtových nákladů (2 % z investice), rozpočtové rezervy (3 % z investice), znovupořizování kompresorové chladicí jednotky a generální opravy KGJ (1,47 mil. Kč bez DPH) činí přibližně **82,8 mil. Kč bez DPH**. Částka investovaná na začátku projektu (při uskutečnění projektu v celém rozsahu) činí **73,7 mil. Kč bez DPH**.

⁵ STOP kritérium – Nesplnění daného kritéria znemožňuje realizaci dané varianty.

6.1.1 Investiční náklady

Investiční náklady související s kogenerační jednotkou pro variantu B jsou shrnuty v Tab. 23.

Tab. 23 Investiční náklady – Varianta B – kogenerační jednotka

Kogenerační jednotka	Četnost	Jednotka	Cena (bez DPH)
Demontáž stávajících kotlů, vč. napojení	jednorázově	[Kč]	600 000
Pořizovací cena KGJ	jednorázově	[Kč]	4 500 000
Doprava KGJ (nevyloženo z dopravního prostředku)	jednorázově	[Kč]	50 000
Demontáž a montáž KGJ přímo na místě	jednorázově	[Kč]	500 000
Montáž KGJ, vč. napojení	jednorázově	[Kč]	500 000
Vyvedení elektrického výkonu	jednorázově	[Kč]	300 000
Potrubí, čerpadla, ventily - kotelna, strojovna	jednorázově	[Kč]	750 000
Sanace stávajících akumulčních zásobníků	jednorázově	[Kč]	300 000
Montáž v kotelně, strojovně	jednorázově	[Kč]	1 500 000
Úprava systému VZT	jednorázově	[Kč]	750 000
Odkouření - dodávka + montáž	jednorázově	[Kč]	700 000
Stavební úpravy - kotelna	jednorázově	[Kč]	500 000
Systém MaR	jednorázově	[Kč]	600 000
Průběžný monitoring provozu KGJ	jednorázově	[Kč]	400 000
Zprovoznění, zaškolení obsluhy kupujícího	jednorázově	[Kč]	30 000
Technický dozor investora	jednorázově	[Kč]	150 000
Inženýrská činnost	jednorázově	[Kč]	200 000
Dokumentace studie proveditelnosti	jednorázově	[Kč]	94 500
Dokumentace pro stavební povolení	jednorázově	[Kč]	400 000
Dokumentace pro provedení stavby	jednorázově	[Kč]	400 000
Projektová dokumentace skutečného provedení	jednorázově	[Kč]	100 000
Vedlejší rozpočtové náklady (2 %)	jednorázově	[Kč]	266 490
Rozpočtová rezerva (3 %)	jednorázově	[Kč]	399 735
Celkem	jednorázově	[Kč]	13 990 725

Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB

Dokumentace studie proveditelnosti

Ing. Jaroslav Stupka

Investiční náklady související s kompresorovým chlazením pro variantu B jsou shrnuty v Tab. 24. Počítá se zaplacením těchto nákladů během hodnocení projektu dvakrát.

Tab. 24 Investiční náklady – Varianta B – kompresorové chlazení

Kompresorové chlazení (zdroj)	Četnost	Jednotka	Cena (bez DPH)
Pořizovací cena kompresorového chlazení, vč. příslušenství	jednorázově	[Kč]	2 500 000
Doprava kompresorového chlazení (nevloženo z dopravního prostředku)	jednorázově	[Kč]	50 000
Doprava kompresorového chlazení na střechu (jeřáb)	jednorázově	[Kč]	600 000
Uvedení kompresorového chlazení do provozu, náplň chladiva	jednorázově	[Kč]	150 000
Potrubí, čerpadla, ventily - strojovna chladu	jednorázově	[Kč]	800 000
Montáž - strojovna chladu	jednorázově	[Kč]	600 000
Stavební práce vč. odhlučňovacích opatření	jednorázově	[Kč]	500 000
Demontáž a montáž ocelové pergoly	jednorázově	[Kč]	300 000
Systém MaR (zdroj chladu)	jednorázově	[Kč]	400 000
Zprovoznění, zaškolení obsluhy kupujícího	jednorázově	[Kč]	50 000
Autorský dozor	jednorázově	[Kč]	150 000
Dokumentace studie proveditelnosti	jednorázově	[Kč]	94 500
Dokumentace pro stavební povolení	jednorázově	[Kč]	400 000
Dokumentace pro provedení stavby	jednorázově	[Kč]	400 000
Projektová dokumentace skutečného provedení	jednorázově	[Kč]	100 000
Inženýrská činnost	jednorázově	[Kč]	200 000
Vedlejší rozpočtové náklady (2 %)	jednorázově	[Kč]	145 890
Rozpočtová rezerva (3 %)	jednorázově	[Kč]	218 835
Celkem	jednorázově	[Kč]	7 659 225

Nejvyšší položkou jsou však dle odhadu náklady na distribuční soustavu chlazení po budově ČNB. Položka zahrnuje výdaje shrnuté v Tab. 25. Vzhledem k tomu, že celkový rozsah, provedení chladicí soustavy se může ještě částečně lišit od tohoto návrhu, skrývá v sobě tato položka nejvyšší míru nejistoty.

Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB

Dokumentace studie proveditelnosti

Ing. Jaroslav Stupka

Tab. 25 Investiční náklady – Varianta B – distribuční soustava chlazení

Soustava chlazení	Četnost	Jednotka	Cena (bez DPH)
Potrubní rozvody, vč. izolace, uchycení	jednorázově	[Kč]	5 500 000
Montáž potrubí	jednorázově	[Kč]	3 300 000
Spotřebiče chladu, vč. armatur, odvodu kondenzátu	jednorázově	[Kč]	20 500 000
Napojení na stávající MaR vč. Vizualizace (distribuční soustava)	jednorázově	[Kč]	2 800 000
Stavební úpravy (instalace spotřebičů)	jednorázově	[Kč]	2 000 000
Stavební přípomoci (stoupací potrubí)	jednorázově	[Kč]	1 000 000
Dopojení elektrické energie ke spotřebičům chladu	jednorázově	[Kč]	3 000 000
Vnitřní náklady (vyklizení kanceláří, zpětné vybavení), jiná opatření	jednorázově	[Kč]	4 000 000
Autorský dozor	jednorázově	[Kč]	150 000
Dokumentace studie proveditelnosti	jednorázově	[Kč]	900 000
Dokumentace pro stavební povolení	jednorázově	[Kč]	3 800 000
Dokumentace pro provedení stavby	jednorázově	[Kč]	800 000
Projektová dokumentace skutečného provedení	jednorázově	[Kč]	700 000
Inženýrská činnost	jednorázově	[Kč]	200 000
Činnost koordinátora BP vč. opatření a projektu	jednorázově	[Kč]	900 000
Vedlejší rozpočtové náklady (2 %)	jednorázově	[Kč]	991 000
Rozpočtová rezerva (3 %)	jednorázově	[Kč]	1 486 500
Celkem	jednorázově	[Kč]	52 027 500

6.1.2 Servisní náklady

Servisní náklady na provoz kogenerační jednotky činí dle výrobce jednotky 80 Kč za motohodinu (přibližně 304,20 Kč/MWh_{EL} bez DPH). Při provozu jednotky 3 000 h ročně celková částka vychází přibližně 240 tis. Kč ročně bez DPH. Po 50 tis. motohodinách provozu kogenerační jednotky je počítáno s generální opravou za 1,4 mil. Kč bez DPH. Životnost kogenerační jednotky je uvažována 80 tis. motohodin (26 let = doba hodnocení projektu).

U jednotky kompresorového chlazení se nepředpokládají nějaké výrazné výdaje za servis. Uvažuje se pouze drobná údržba a revize v hodnotě 22,1 tis. Kč ročně bez DPH.

7 HARMONOGRAM REALIZACE PROJEKTU VČETNĚ ROZPOČTOVÉHO HARMONOGRAMU

7.1 Varianta B – KGJ + bloková chladicí jednotka

7.1.1 Časový harmonogram realizace projektu

Časový harmonogram realizace projektu pro variantu B je uveden na Obr. 18. Aktuálně je podpora POZE (KVET) vypsána na kogenerační jednotky uvedené do provozu do 31. 12. 2021, předpokládá se však její prodloužení do dalších let. Harmonogram počítá s dokončením projektu a uvedením KGJ do provozu až v roce 2023.

Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB

Dokumentace studie proveditelnosti

Ing. Jaroslav Stupka

Rámcový harmonogram realizace projektu Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB – Varianta B																																		
9/2020–05/2023																																		
	2020				2021												2022												2023					
Název etapy	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
Studie proveditelnosti																																		
Analýza variant studie proveditelnosti, vyhodnocení																																		
Výběrové řízení na dodavatele dokumentace pro stavební povolení																																		
Projekt pro stavební povolení																																		
Žádost o podporu POZE																																		
Schválení žádosti o podporu POZE																																		
Žádost o dotaci SFŽP ČR																																		
Schválení žádosti o dotaci SFŽP ČR																																		
Vyřízení záboru ul. Na Příkopě																																		
Stavební řízení																																		
Výběrové řízení na dodavatele dokumentace pro provádění stavby, na zhotovitele realizace																																		
Smlouva o dílo s vybraným zhotovitelem																																		
Dokumentace pro provádění stavby																																		
Demontáž stávajícího zařízení																																		
Realizace, stavba																																		
Zkoušky dílčí, závěrečné																																		
Kolaudace																																		

Obr. 18 Rámcový harmonogram realizace projektu – Varianta B

7.1.2 Rozpočtový harmonogram

Rozpočtový harmonogram pro variantu B je na Obr. 19.

Rozpočtový harmonogram – Varianta B		
Rok hodnocení projektu	Typ nákladu	Částka (tis. Kč bez DPH)
0	Investiční náklady KGJ; investiční náklady kompresorové chlazení; vedlejší rozpočtové náklady; rozpočtová rezerva	73 677
1–12		
13	Investiční náklady kompresorové chlazení (znovupořízení); vedlejší rozpočtové náklady; rozpočtová rezerva	7 659
14–15		
16	Investiční náklady KGJ (generální oprava); vedlejší rozpočtové náklady; rozpočtová rezerva	1 470
17–25		
Celkem		82 807

Obr. 19 Rozpočtový harmonogram – Varianta B

8 NAVAZUJÍCÍ STUPEŇ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE

Pro instalaci kogenerační jednotky a chladicího zařízení bude potřeba zpracovat projektovou dokumentaci v rozsahu dokumentace pro stavební povolení a dokumentace pro provedení stavby dle vyhlášky 499/2016 Sb. v platném znění.

Součástí projektové dokumentace by mělo být zajištění stavebního povolení včetně vyjádření dotčených orgánů státní správy (DOSS) a správců sítí (distribuce el. energie a plynu).

Stavba není financována z veřejného rozpočtu, stavebník tedy není povinen zajistit „technický dozor stavebníka“ nad prováděním stavby, je to **pouze doporučeno**. Pokud zpracovala projektovou dokumentaci pro tuto stavbu osoba oprávněná podle zvláštního právního předpisu, zajistí stavebník „autorský dozor projektanta“, případně hlavního projektanta nad souladem prováděné stavby s ověřenou projektovou dokumentací.

Autorský dozor projektanta provádí projektant.

Termín „Technický dozor stavebníka (investora)“ tedy v praxi vyskytující se „TDI“ není zákonem explicitně definován. Osoba by měla mít prokazatelné zkušenosti s realizací nebo projekcí popř. technickým dozorem u staveb obdobného charakteru.

Vlastní instalace chladicího stroje bude vyžadovat stavební povolení, jelikož bude nutné staticky posoudit únosnost střešního pláště pro instalaci chladiče.

Instalace kogenerační jednotky bude taktéž vyžadovat stavební povolení, jelikož bude potřeba staticky posoudit základ pod jednotkou.

V projektové dokumentaci musí být výslovně uvedeno, že projektovaná kogenerační jednotka bude splňovat maximální limit produkce NO_x 40 mg/Nm³ a systém umožní průběžný monitoring měření spotřeby paliva, vyrobené el. energie, vyrobeného tepla, objemového podílu kyslíku ve spalínách, koncentrace NO_x, teploty spalin a provozních hodin KGJ. Zároveň musí být demontovatelná na součásti, které je možné transportovat montážními otvory dle této studie. Elektrický výkon kogenerace bude 260 kWe ± 10 %.

Dokumentace pro stavební povolení bude zpracována v rozsahu vyhlášky 499/2006 Sb. v aktuálním znění.

8.1 Rozsah projektové dokumentace.

Příloha č. 13 k vyhlášce č. 499/2006 Sb.

Rozsah a obsah projektové dokumentace pro ohlášení stavby uvedené v § 104 odst. 1 písm. a) až e) stavebního zákona nebo pro vydání stavebního povolení.

8.1.1 Rozsah a obsah dokumentace pro vydání stavebního povolení.

- A. Průvodní zpráva
- B. Souhrnná technická zpráva
- C. Situační výkresy
 - C.1 Situační výkres širších vztahů
 - C.2 Katastrální situační výkres
 - C.3 Koordinační situační výkres
- D. Dokumentace objektů a technických a technologických zařízení
 - D.1.1 Dokumentace stavebního nebo inženýrského objektu
 - D.1.2 Architektonicko-stavební řešení
 - D.1.3 Stavebně konstrukční řešení
 - D.1.4 Požárně bezpečnostní řešení
 - D.1.5 Technika prostředí staveb
 - Rozvody chladu po budově
 - D.2 Dokumentace technických a technologických zařízení
 - Kogenerační jednotka, zakomponování do topného systému včetně akumulčních nádrží (oprava stávajících), rozvod plynu, vzduchotechnika (zvýšené požadavky na odvod tepelné zátěže zpod kapoty motoru)
 - Vyvedení elektrického výkonu, přenos signálu přes HDO, řízení jednotky v souladu s požadavky distributora elektrické energie
 - Systém měření a regulace
 - Chlazení
 - Napojení elektro chlazení – provozní rozvod silnoproudu
 - Systém měření a regulace – rozšíření stávajícího systému, napojení na dispečink, parametrizace dispečinku, komunikace (předpoklad BACNET)

Součástí dokumentace bude také plán organizace výstavby a projekt DIO – Dopravně inženýrských opatření při stěhování a umístování jak kogenerační jednotky tak zvláště chladicího stroje.

Dokladová část

Dokladová část obsahuje doklady o splnění požadavků podle jiných právních předpisů vydané příslušnými správními orgány nebo příslušnými osobami a dokumentaci zpracovanou osobami oprávněnými podle jiných právních předpisů.

1. Závazná stanoviska, stanoviska, rozhodnutí, vyjádření dotčených orgánů

Seznam dotčených orgánů státní správy (DOSS) bude stanoven podrobně místně příslušným stavebním úřadem. Doporučujeme předjednat seznam DOSS již při zahájení prací na projektové dokumentaci.

Předpokládáme následující DOSS:

- Magistrát HMP – koordinované stanovisko krajského úřadu (více odborů)
- Magistrát HMP – odbor životního prostředí – referát ochrany ovzduší – rozšíření zdroje znečištění (povolení dle zák. 201/2012 o ochraně ovzduší)
- Úřad MČ Praha 1 – odbor životního prostředí – nakládání s odpady
- Úřad MČ Praha 1 – koordinované stanovisko (více odborů)
- Policie ČR, krajské ředitelství (DIO)
- Oblastní inspektorát práce
- Distributor zemního plynu
- Distributor elektrické energie – souhlas s napojením KGJ
- Krajská hygienická stanice
- Hasičský záchranný sbor
- Další dle požadavků stavebního úřadu

2. Dokumentace vlivů záměru na životní prostředí

Rozptylová studie a odborný posudek dle zákona o ochraně ovzduší do celkového příkonu 5 MW (součet příkonů) nejsou vyžadovány.

Odborný posudek EIA se nepředpokládá a není součástí dokumentace

3. Doklad podle jiného právního předpisu

Součástí projektové dokumentace bude i hluková studie (pro osazení kogenerační jednotky i chladicího stroje)

4. Stanoviska vlastníků veřejné dopravní a technické infrastruktury

5. Ostatní stanoviska, vyjádření, posudky, studie a výsledky jednání vedených v průběhu zpracování dokumentace

Příloha č. 13 k vyhlášce č. 499/2006 Sb.

Rozsah a obsah projektové dokumentace pro provádění stavby bude zpracován zároveň v rozsahu odpovídajícím vyhlášce č. 169/2016 Sb. v platném znění, která stanoví rozsah dokumentace pro zadání veřejné zakázky na stavební práce a rozsah soupisu prací u veřejné zakázky na zhotovení stavby.

8.1.2 Rozsah a obsah dokumentace pro provádění stavby

- A. Průvodní zpráva
- B. Souhrnná technická zpráva
- C. Situační výkresy
 - C.1 Situační výkres širších vztahů
 - C.2 Katastrální situační výkres
 - C.3 Koordinační situační výkres
- D. Dokumentace objektů a technických a technologických zařízení
 - D.1.1 Dokumentace stavebního nebo inženýrského objektu
 - D.1.2 Architektonicko-stavební řešení
 - D.1.3 Stavebně konstrukční řešení
 - D.1.4 Požárně bezpečnostní řešení
 - D.1.5 Technika prostředí staveb
 - D.2 Dokumentace technických a technologických zařízení

Dokladová část

Dokladová část obsahuje doklady o splnění požadavků podle jiných právních předpisů vydané příslušnými správními orgány nebo příslušnými osobami a dokumentaci zpracovanou osobami oprávněnými podle jiných právních předpisů.

Výkaz výměr, kontrolní rozpočet v rozpočtové soustavě RTS nebo ÚRS bez uvedení obchodních názvů.

9 FINANČNÍ ANALÝZA

Finanční analýza je na základě domluvy s investorem provedena pouze pro pořízení a provoz KGJ, nepostihuje tedy pořízení a provoz chlazení. Je však zpracována jednak bez uvažování dotace ze Státního fondu životního prostředí ČR, jednak s jejím uvažováním. Dotace bude popsána v další části studie.

Následující ukázkový výpočet proběhne na variantě, která neuvažuje příjem dotace. Obě varianty (bez dotace, s ní) budou porovnány na základě kritériálních ukazatelů v další kapitole (Hodnocení efektivity a udržitelnosti projektu). Finanční analýzy obou zmíněných variant jsou samozřejmě zpracovány v přílohách - Příloha č. 8, respektive Příloha č. 9.

9.1.1 Finanční plán

Finanční plán, ze kterého je patrný průběh provozních, investičních nákladů a výnosů, je pro instalaci KGJ bez využití dotace zachycen na Obr. 20, Obr. 21 a na Obr. 22.

Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB

Dokumentace studie proveditelnosti

Ing. Jaroslav Stupka

rok hodnocení	t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Investiční náklady KGJ	tis. Kč (bez DPH)	13 325	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vedlejší rozpočtové náklady (2 %)	tis. Kč (bez DPH)	266	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rozpočtová rezerva (3 %)	tis. Kč (bez DPH)	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Investiční náklady celkem	tis. Kč (bez DPH)	13 991	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Provozní náklady KGJ	tis. Kč (bez DPH)	1 765	1 765	1 765	1 765	1 765	1 765	1 765	1 765	1 765	1 765
Tržby z provozu KGJ	tis. Kč (bez DPH)	3 247	3 247	3 247	3 247	3 247	3 247	3 247	3 247	3 247	3 247
Čisté provozní cash-flow	tis. Kč (bez DPH)	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482
Čisté cash-flow	tis. Kč (bez DPH)	-12 509	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482
$\frac{\text{čisté cash flow}_t}{(1+r)^t}$	tis. Kč (bez DPH)	-12 509	1 411	1 344	1 280	1 219	1 161	1 106	1 053	1 003	955
$\frac{\text{čisté cash flow}_t}{(1+IRR)^t}$	tis. Kč (bez DPH)	-12 509	1 339	1 210	1 094	988	893	807	729	659	596

Obr. 20 Finanční plán – Varianta B – Část 1 (součást finanční analýzy pro variantu bez dotace SFŽP ČR – Příloha č. 8)

Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB

Dokumentace studie proveditelnosti

Ing. Jaroslav Stupka

Rok hodnocení	t	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Investiční náklady KGJ	tis. Kč (bez DPH)	0	0	0	0	0	0	1 400	0	0	0
Vedlejší rozpočtové náklady (2 %)	tis. Kč (bez DPH)	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0
Rozpočtová rezerva (3 %)	tis. Kč (bez DPH)	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0
Investiční náklady celkem	tis. Kč (bez DPH)	0	0	0	0	0	0	1 470	0	0	0
Provozní náklady KGJ	tis. Kč (bez DPH)	1 765	1 765	1 765	1 765	1 765	1 765	1 765	1 765	1 765	1 765
Tržby z provozu KGJ	tis. Kč (bez DPH)	3 247	3 247	3 247	3 247	3 247	3 247	3 247	3 247	3 247	3 247
Čisté provozní cash-flow	tis. Kč (bez DPH)	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482
Čisté cash-flow	tis. Kč (bez DPH)	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	12	1 482	1 482	1 482
$\frac{\text{čisté cash flow}_t}{(1+r)^t}$	tis. Kč (bez DPH)	910	867	825	786	749	713	6	647	616	586
$\frac{\text{čisté cash flow}_t}{(1+IRR)^t}$	tis. Kč (bez DPH)	538	486	440	397	359	324	2	265	239	216

Obr. 21 Finanční plán – Varianta B – Část 2 (součást finanční analýzy pro variantu bez dotace SFŽP ČR – Příloha č. 8)

Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB

Dokumentace studie proveditelnosti

Ing. Jaroslav Stupka

Rok hodnocení	t	20	21	22	23	24	25
Investiční náklady KGJ	tis. Kč (bez DPH)	0	0	0	0	0	0
Vedlejší rozpočtové náklady (2 %)	tis. Kč (bez DPH)	0	0	0	0	0	0
Rozpočtová rezerva (3 %)	tis. Kč (bez DPH)	0	0	0	0	0	0
Investiční náklady celkem	tis. Kč (bez DPH)	0	0	0	0	0	0
Provozní náklady KGJ	tis. Kč (bez DPH)	1 765	1 765	1 765	1 765	1 765	1 765
Tržby z provozu KGJ	tis. Kč (bez DPH)	3 247	3 247	3 247	3 247	3 247	3 247
Čisté provozní cash-flow	tis. Kč (bez DPH)	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482
Čisté cash-flow	tis. Kč (bez DPH)	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482	1 482
$\frac{\text{čisté cash flow}_t}{(1+r)^t}$	tis. Kč (bez DPH)	559	532	507	483	460	438
$\frac{\text{čisté cash flow}_t}{(1+IRR)^t}$	tis. Kč (bez DPH)	196	177	160	144	130	118

Obr. 22 Finanční plán – Varianta B – Část 3 (součást finanční analýzy pro variantu bez dotace SFŽP ČR – Příloha č. 8)

9.1.2 Využití dotačních titulů pro ČNB

Dotačním titulem využitelným pro ČNB je „Podpora obnovitelných zdrojů energie (POZE)“.

Podpora obnovitelných zdrojů energie (POZE)

Mezi podporované zdroje energie patří také elektrická energie vyrobená z KVET (kombinovaná výroba tepla a elektřiny). Roční zelený bonus na elektřinu z KVET se skládá ze dvou sazeb – základní a doplňkové. Při využití v tomto konkrétním případě lze uplatnit pouze sazbu základní.

Základní sazba ročního zeleného bonusu na elektřinu z KVET pro výrobu elektřiny s celkovým instalovaným výkonem kogeneračních jednotek do 5 MW_e je uvedena na Obr. 23.

Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Provozní hodiny kogenerační jednotky [h/rok]	Zelené bonusy [Kč/MWh]	
	od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)			
ř./sl.	a	b	c	f	g	k	m
700	Elektřina z KVET s výjimkou elektřiny z KVET vyrobené ve výrobně elektřiny podporované podle bodu (1) a/nebo (2.1.) cenového rozhodnutí a s výjimkou elektřiny z KVET vyrobené ve výrobně elektřiny spalující komunální odpad	-	31.12.2021	0	200	3 000	1 022
701		-	31.12.2021	0	200	4 400	602
703		-	31.12.2021	200	1 000	3 000	656
704		-	31.12.2021	200	1 000	4 400	289
706		-	31.12.2021	1 000	5 000	3 000	367
707		-	31.12.2021	1 000	5 000	4 400	58
709	Elektřina z KVET vyrobená ve výrobně elektřiny současně podporované podle bodu (1) a/nebo (2.1.) cenového rozhodnutí a elektřina z KVET vyrobená ve výrobně elektřiny spalující komunální odpad	-	31.12.2015	0	5 000	8 400	45

Obr. 23 Základní sazba ročního zeleného bonusu na elektřinu z KVET [2]

Operační program Životní prostředí

Prioritní osa 5: Energetické úspory

Specifický cíl: 5.1 – Snížit energetickou náročnost veřejných budov a zvýšit využití obnovitelných zdrojů energie

Možným využitelným dotačním titulem pro akci „Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB“ je Operační program Životní prostředí, Prioritní osa 5: Energetické úspory, Specifický cíl: 5.1 – Snížit energetickou náročnost veřejných budov a zvýšit využití obnovitelných zdrojů energie. ČNB je dle informací Státního fondu životního prostředí ČR oprávněný žadatel, neboť se jedná o veřejnoprávní instituci.

Cílem je snížit konečnou spotřebu energie a snížit spotřebu neobnovitelné primární energie prostřednictvím využití lokálních obnovitelných zdrojů ve veřejných budovách [10].

Typy podporovaných projektů a aktivit

- *Podporovaná aktivita 5.1a) Celkové nebo dílčí energeticky úsporné renovace veřejných budov, včetně projektů realizovaných metodou EPC:*
 - o zateplení obvodového pláště budovy,
 - o výměna a renovace (repase) otvorových výplní,
 - o realizace opatření majících prokazatelně vliv na energetickou náročnost budovy nebo zlepšení kvality vnitřního prostředí (např. rekonstrukce a modernizace vnitřního osvětlení, systémy měření a regulace vytápění a větrání, opatření zlepšující prostorovou akustiku, opatření zabraňující letnímu přehřívání),
 - o realizace systémů nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla,
 - o realizace systémů využívajících odpadní teplo,
 - o výměna zdroje tepla pro vytápění, chlazení nebo přípravu teplé užitkové vody s výkonem nižším než 5 MW využívajícího fosilní paliva nebo elektrickou energii za účinné zdroje využívající biomasu, tepelná čerpadla, kondenzační kotle na zemní plyn nebo zařízení pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla nebo chladu využívající obnovitelné zdroje nebo zemní plyn,
 - o instalace fotovoltaického systému,
 - o instalace solárně-termických kolektorů.
- *Podporovaná aktivita 5.1b) Samostatná opatření výměny zdroje tepla s výkonem nižším než 5 MW využívajícího fosilní paliva nebo elektrickou energii pro vytápění, chlazení nebo přípravu teplé vody za účinné zdroje využívající biomasu, tepelná čerpadla, kondenzační kotle na zemní plyn nebo **zařízení pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla nebo chladu využívající** obnovitelné zdroje nebo **zemní plyn**, instalace solárně-termických kolektorů, instalace fotovoltaického systému a instalace systému nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla, pokud veřejná budova splňuje určitou energetickou náročnost a v případě instalace systému nuceného větrání s rekuperací zároveň nesplňuje požadavky na zajištění dostatečné výměny vzduchu.*
- *Podporovaná aktivita 5.1c) Výstavba nových veřejných budov v pasivním energetickém standardu.*

Způsobilé výdaje

- přímé realizační výdaje (vč. dokumentace skutečného provedení)
- projektová příprava (projektová dokumentace, dokumentace pro provádění stavby), studie proveditelnosti, autorský a technický dozor, zajištění bezpečnosti práce na stavbě (koordinátor BOZP)
- vícepráce max. do výše způsobilých méněprací
- DPH (pouze pro příjemce, kteří si nemohou nárokovat odpočet daně z přidané hodnoty na vstupu)
- osobní náklady (mzdové náklady na realizaci projektu)
- pořízení nemovitostí (pozemky, stavby)
- propagační opatření

Příjemci podpory

- kraje

- obce a města
- svazky obcí
- městské části hl. m. Prahy
- organizační složky státu
- státní podniky
- státní organizace
- příspěvkové organizace
- veřejné výzkumné instituce
- veřejnoprávní instituce
- vysoké školy a školská zařízení
- nestátní neziskové organizace
- církve a náboženské společnosti a jejich svazy
- obchodní společnosti vlastněné ze 100 % veřejným subjektem vyjma příjemců podporovaných v rámci OP PIK (Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost 2014–2020, viz níže)

Forma a výše podpory

Pro zvažovaný záměr lze uvažovat využití podpory pro podporovanou aktivitu 5.1b) *Samostatná opatření výměny zdroje tepla s výkonem nižším než 5 MW* (viz výše). Konkrétně by šla dotace využít na pořízení kogenerační jednotky. Výše podpory je v tomto případě 40 % způsobilých nákladů.

Předpokládaný harmonogram programu a projektů

Podání žádosti od: 2. 3. 2020

Podání žádosti do: 2. 3. 2021 (bude prodlouženo)

Další zvažované tituly:

Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost 2014–2020

Název výzvy: Úspory energie v SZT – Výzva IV

- Nesplněné kritérium: Projekt musí být realizován na území ČR mimo NUTS 2 Praha.

9.1.3 Popis investiční a nulové varianty

Investiční varianta (pouze pořízení, provoz, generální oprava KGJ) byla podrobně popsána. Jako nulová varianta byl v tomto projektu označen výchozí (stávající) stav. K nulové variantě je také počítána finanční návratnost investiční varianty.

Rozdíl mezi nulovou a investiční variantou je dán nejen investovanou částkou, ale zejména provozními náklady a úsporami. Ty jsou v případě varianty B následující:

- úspora za vyrobenou elektrickou energii kogenerační jednotkou pro vlastní spotřebu
- úspora za přijaté zelené bonusy z POZE
- úspora za vyrobené teplo kogenerační jednotkou
- úspora za přijatou dotaci ze SFŽP (varianta s dotací)
- náklad za servis kogenerační jednotky
- náklad za spotřebovaný plyn kogenerační jednotkou

9.1.4 Výpočet hodnoty přínosů a výdajů

Hodnoty přínosů a nákladů byl proveden na základě vstupních údajů – cen energií, dotací (POZE) a dalších dat poskytnutých provozovatelem, výrobcem (servisy, účinnosti zařízení). Vstupní údaje jsou součástí finanční analýzy v příloze. Zde v textu již nejsou pro jednoduchost a přehlednost uváděny. Roční hodnoty nákladů a přínosů (úspor) varianty B bez dotace SFŽP ČR jsou součástí Obr. 24.

Provozní náklady			
Kogenerační jednotka	Četnost	Jednotka	Cena (bez DPH)
Servis KGJ	roční	[Kč]	234 629
Spotřebovaný plyn KGJ	roční	[Kč]	1 530 144
Celkem	roční	[Kč]	1 764 773
Provozní úspory			
Kogenerační jednotka	Četnost	Jednotka	Cena (bez DPH)
Úspora za vyrobenou elektřinu	roční	[Kč]	1 804 842
Zelené bonusy za vyrobenou elektřinu	roční	[Kč]	505 973
Úspora za vyrobené teplo	roční	[Kč]	936 000
Celkem	roční	[Kč]	3 246 815

Obr. 24 Roční hodnoty nákladů a přínosů – varianta bez dotace SFŽP ČR

10 HODNOCENÍ EFEKTIVITY A UDRŽITELNOSTI PROJEKTU

Hodnocení projektu probíhá podle několika různých parametrů. Jmenovitě čistá současná hodnota (NPV), index rentability investice (index NPV), vnitřní výnosové procento (IRR), statická a dynamická doba návratnosti. Diskontní sazba byla volena 5 %.

Čistá současná hodnota (NPV)

Představuje čistý diskontovaný výnos projektu.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{\text{čisté cash flow}_t}{(1+r)^t}$$

kde:

n	[-]	počet let hodnocení projektu
t	[-]	aktuální rok hodnocení projektu
r	[-]	diskontní sazba

Index rentability investice (Index NPV)

Vyjadřuje velikost čisté současné hodnoty projektu ve vztahu k objemu vložených investičních prostředků.

$$Index\ NPV = \frac{NPV}{\sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+r)^t}}$$

kde:

I [Kč] investovaná částka

Vnitřní výnosové procento (IRR)

Taková úroková míra, při které se současná hodnota peněžních příjmů z investice rovná kapitálovým výdajům.

$$\sum_{t=0}^n \frac{\text{čisté cash flow}_t}{(1 + IRR)^t} = 0$$

Statická doba návratnosti

Statická doba návratnosti bývá vyjadřována v letech se započtením roku, kdy kumulovaný součet hotovostních toků projektu poprvé dosáhl nezáporné hodnoty (se započítáním roku 0).

Dynamická doba návratnosti

Dynamická doba návratnosti bývá vyjadřována v letech se započtením roku, kdy kumulovaný součet diskontovaných hotovostních toků projektu poprvé dosáhl nezáporné hodnoty (se započítáním roku 0).

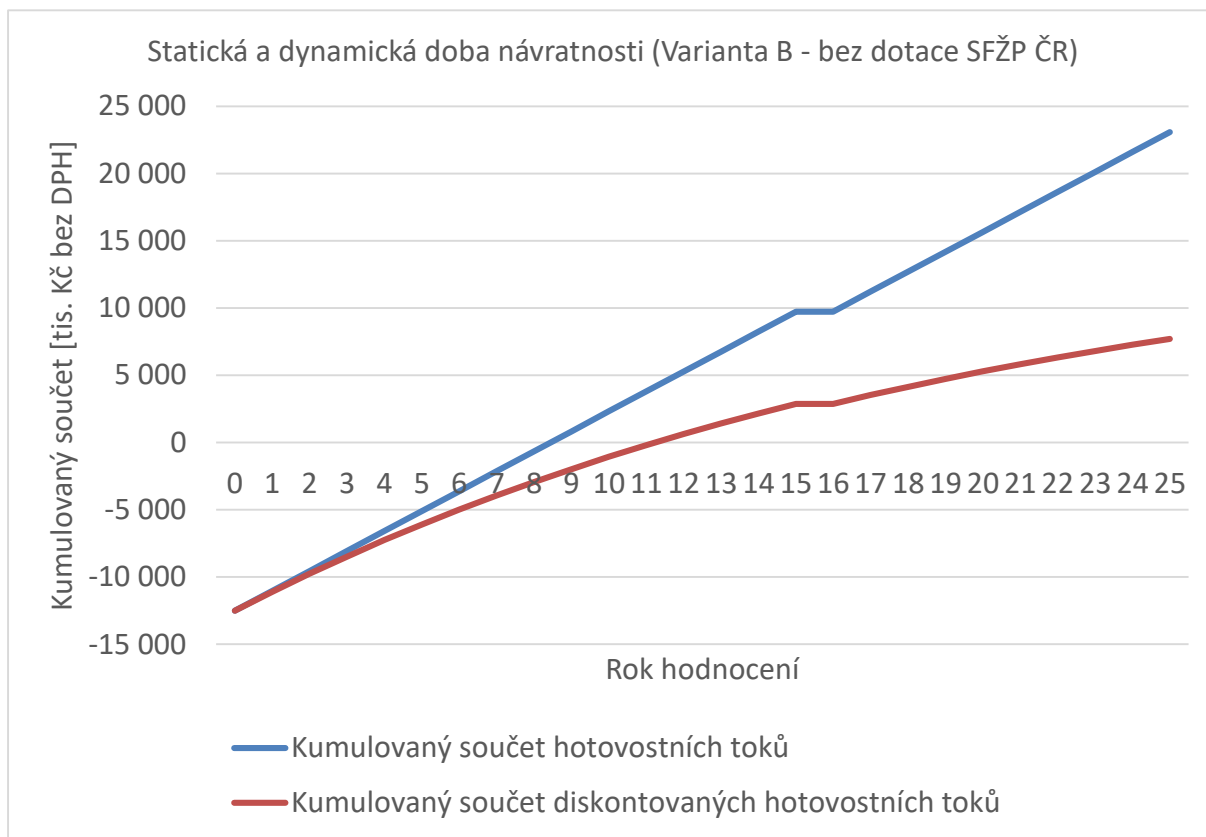
10.1 Varianta B – KGJ (bez dotace SFŽP ČR)

Vypočtené ukazatele pro variantu B bez dotace SFŽP ČR znázorňuje Obr. 25.

Doba hodnocení projektu		[roky]	26
Celková investovaná částka	I	tis. Kč (bezDPH)	15 461
Čistá současná hodnota	NPV	tis. Kč (bezDPH)	7 706
Index rentability investice	Index NPV		0,50
Vnitřní výnosové procento	IRR	[-]	0,11
Vnitřní výnosové procento	IRR	[%]	10,7
Statická doba návratnosti	d	[roky]	10
Dynamická doba návratnosti	d	[roky]	13

Obr. 25 Finanční ukazatele pro variantu B bez dotace SFŽP ČR

Kumulovaný součet hotovostních a diskontovaných hotovostních toků představuje Graf 19.



Graf 19 Statická a dynamická doba návratnosti (varianta bez dotace SFŽP ČR)

10.2 Varianta B – KGJ (s dotací SFŽP ČR)

Vypočtené ukazatele pro variantu B s dotací SFŽP ČR znázorňuje Obr. 26. Dotace ze SFŽP byla stanovena jako částka odpovídající 40 % z investičních nákladů KGJ před přičtením vedlejších rozpočtových nákladů a rozpočtové rezervy, tj. částka přibližně 5,33 mil. Kč bez DPH.

Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB

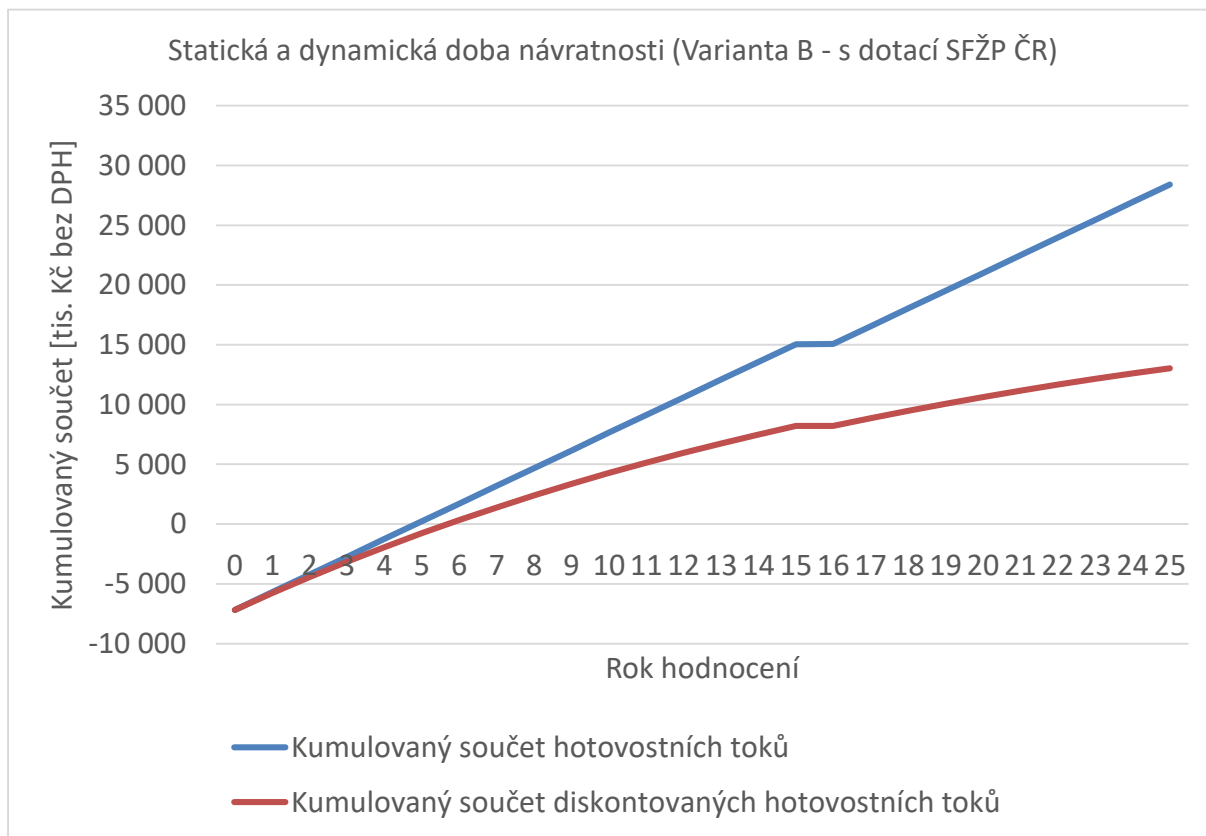
Dokumentace studie proveditelnosti

Ing. Jaroslav Stupka

Doba hodnocení projektu		[roky]	26
Celková investovaná částka	I	tis. Kč (bezDPH)	10 131
Čistá současná hodnota	NPV	tis. Kč (bezDPH)	13 036
Index rentability investice	Index NPV		1,29
Vnitřní výnosové procento	IRR	[-]	0,20
Vnitřní výnosové procento	IRR	[%]	20,2
Statická doba návratnosti	d	[roky]	6
Dynamická doba návratnosti	d	[roky]	7

Obr. 26 Finanční ukazatele pro variantu B s dotací SFŽP ČR

Kumulovaný součet hotovostních a diskontovaných hotovostních toků představuje Graf 20.



Graf 20 Statická a dynamická doba návratnosti (varianta s dotací SFŽP ČR)

10.3 Závěr finanční analýzy

Čistá současná hodnota NPV investice bez uvažování dotace ze SFŽP ČR je přibližně 7,7 mil. Kč bez DPH. Index rentability (index NPV) vychází 0,50 a vnitřní výnosové procento IRR 10,7 %. Statická doba návratnosti činí 10, dynamická pak 13 let.

Čistá současná hodnota NPV investice s uvažováním dotace ze SFŽP ČR je přibližně 13,0 mil. Kč bez DPH. Index rentability (index NPV) vychází 1,29 a vnitřní výnosové procento IRR 20,2 %. Statická doba návratnosti pak vychází 6, dynamická pak 7 let.

Při porovnání obou variant je logickým závěrem to, že varianta s dotací vychází finančně lépe. Výdělečné jsou však s dostatečnou rezervou obě posuzované varianty.

11 ANALÝZA A ŘÍZENÍ RIZIK

11.1 Emisní limity

Emisní limity, zejména emisní limity NO_x, jsou citlivým tématem nejen na území hl. m. Prahy. S těmito limity je nutné se vypořádat již při povolování umístění jednotky. Pokud by došlo v průběhu trvání projektu k dalšímu zpřísnění emisních podmínek, které by měly ohrozit provoz kogenerační jednotky, byly by způsoby snížení celkových ročních emisí následující (již zmíněny):

- a) **úspora v roční potřebě tepla** – nižší emise budou dosaženy nižší potřebou produkce tepla (např. zateplení budovy, zpětné získávání tepla)
- b) **ekologizace stávajících kotlů** – opatření provedená za účelem snížit emise NO_x stávajících zdrojů, které se v novém řešení budou podílet na tepelném hospodářství spolu s KGJ (např. zavedení nové technologie, pořízení nových kotlů za původní)

11.2 Nestálost cen energií

Ceny energií jsou předmětem smluv uzavřených mezi provozovatelem a distributorem energií. Nárůst ceny elektrické elektřiny se promítne kladně ve výhodnosti investice (kratší návratnost). Nárůst ceny plynu naopak investici znevýhodní (delší návratnost).

12 VLIV PROJEKTU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

12.1 Emisní limity

Celkové roční emise NO_x v případě instalace kogenerační jednotkou nemůžou být navýšeny, protože musí být dodržen zmíněný „Metodický pokyn k povolování kogeneračních jednotek na území hl. m. Prahy“ (Příloha č. 1).

Emise dalších látek jsou stanoveny (HCHO, CO, NH₃) nebo doporučeny (TOC) zmíněným metodickým pokynem.

12.2 Nakládání s odpady

Pouze odpad při výstavbě.

Zhotovitel projektu bude plnit povinnosti původců podle § 16 zákona č. 185/2001 Sb., v platném znění:

- odpady budou shromažďovány utříděné podle jednotlivých druhů a kategorií, musí být ukládány do vyčleněných obalů na stanovených místech, na shromažďovacích prostředcích s nebezpečným odpadem musí být umístěn identifikační list odpadu
- odpady budou shromažďovány na zabezpečených zpevněných plochách, chráněny před povětrnostními vlivy
- přednostně bude zajišťováno využití odpadů
- odpady budou předávány pouze osobě oprávněné k jejich převzetí
- povinnost zpracovat a nechat schválit Plán odpadového hospodářství původce odpadů se nepředpokládá

13 ZÁVĚREČNÉ SHRUTÍ A ZHODNOCENÍ NA ZÁKLADĚ VÝSLEDKŮ STUDIE

V úvodu dokumentace studie proveditelnosti „Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB“ byly investorem navrženy k posouzení dvě varianty řešení.

První variantou byla „trigenerační jednotka“.

Tato varianta byla však prohlášena za nerealizovatelnou ze třech důvodů. Prvním z nich bylo nesplnění emisních limitů stanovených dle „Metodického pokynu k povolování kogeneračních jednotek na území hl. m. Prahy“. Dalšími dvěma zásadními problémy byla nemožnost nastěhování absorpční jednotky o chladicím výkonu 400 kW a dále nemožnost umístění rozměrné chladicí věže na střechu budovy. Tato varianta tak nebyla dále posuzována.

Posuzovanou variantou tak zůstala pouze druhá varianta „KGJ + bloková chladicí jednotka“.

Obvykle bývá provoz kogenerační jednotky navrhován k ořezání maximálních okamžitých potřeb elektrické energie. V tomto případě to nebylo možné, jelikož těchto maxim je dosahováno v letních měsících, kdy v budově není dostatečný odběr tepla pro její trvalý provoz (např. po celou pracovní směnu). Teplo by bylo nutné mařit. Systematické maření tepla by pak vedlo k překročení emisního stropu (celkové roční emise NO_x) a to odporuje výše uvedenému metodickému pokynu.

Provoz kogenerační jednotky je tedy navržen tak, aby tepelně kryl výlučně potřeby na vytápění a ohřev teplé vody. Zde je však nutné, aby emisní produkce NO_x byla na jednotku tepelné energie byla nižší než u kotlů, jejichž výkon je nahrazován. Tomu, vyjma jednotek využívající SCR technologie (horší ekonomika provozu), odpovídala pouze kogenerační jednotka o elektrickém výkonu 263 kW, tepelném výkonu 390 kW a příkonu v palivu 693 kW.

Její elektrický výkon bude bezpečně upotřeben v rámci budovy, protože okamžitá spotřeba elektrické energie objektu prakticky neklesá pod 290 kW. Tepelný výkon KGJ při porovnání s bilancemi tepla odpovídal provozu 3 000 h ročně, což je jedna z dotovaných sazeb pro podporované zdroje energie.

Rozměry kogenerační jednotky přesahují rozměry montážního otvoru v garáži 1S, proto byla posouzena doprava jednotky po menších částech a její následná montáž přímo na místě. Výrobce toto umožňuje, nese to však s sebou vyšší pořizovací náklady.

Kogenerační jednotka bude umístěna na pozici kotlů K2 a K3 v kotelně „3S302B“, přičemž kotel K2 bude demontován a kotel K3 může být umístěn na pozici odzbrojeného kotle K6 v kotelně „3S501“.

Pro možnost akumulace vyrobeného tepla budou připraveny dva momentálně nevyužité zásobníky TV (každý o objemu 10 m³). S instalací kogenerační jednotky se zvýší požadavek na množství přiváděného a odváděného vzduchu. K tomu bude využito vzduchotechnické zařízení č. 6. Nutné bude také vytvoření nové spalinové cesty odolávající vyšším přetlakům.

Podmínkou metodického pokynu je ještě instalace průběžného monitoringu (měření spalín KGJ, spotřeby plynu, vyrobeného tepla apod.).

Pro provoz kogenerační jednotky se předpokládá využití POZE (podpora obnovitelných zdrojů energie), konkrétně KVET (kombinovaná výroba elektřiny a tepla), kdy jsou při provozu do 3 000 h ročně, resp. 4 400 h ročně vypisovány „zelené bonusy“ za 1 MWh vyrobené elektrické energie.

Dalším využitelným dotačním titulem je Operační program Životní prostředí, konkrétně Prioritní osa 5: Energetické úspory. Zde je možné využít dotaci na zařízení pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla (KGJ) ve výši 40 % způsobilých nákladů.

V rámci této varianty byla posuzována také možnost pořízení blokové chladicí jednotky o chladicím výkonu 400 kW. Po konzultaci se společností praktikující dopravu energetických zařízení v Praze navržena možnost nastěhování jednotky na střechu jeřábem. V rámci částí chlazení byla ještě navržena strojovna chladu, umístěná v 6P, a bylo provedeno rozdělení chlazených prostor.

Celková investovaná částka, zahrnující pořízení kogenerační jednotky, kompresorového chladicího zařízení a distribuční soustavy chladu, vč. vedlejších rozpočtových nákladů (2 % z investice), rozpočtové rezervy (3 % z investice), znovupořízení kompresorové chladicí jednotky a generální opravy KGJ (1,47 mil. Kč bez DPH) činí přibližně **82,8 mil. Kč bez DPH**. Částka investovaná na začátku projektu (při uskutečnění projektu v celém rozsahu) činí **73,7 mil. Kč bez DPH**.

V závěru byla zkoumána finanční stránka provozu kogenerační jednotky. Délka hodnocení projektu byla stanovena na základě životnosti jednotky při jejím ročním hodinovém provozu (životnost 26 let, při provozu 3 000 h ročně). Byla vyčíslena finanční návratnost při nevyužití dotace (Operační program Životní prostředí), ale i při jejím dosažení. V prvním případě vyšla dynamická finanční návratnost 13 let, v druhém pouze 7 let. Vnitřní výnosové procento IRR 10,7 %, resp. 20,2 %. Obě varianty byly vyhodnoceny jako finančně výhodné.

14 UPOZORNĚNÍ A DOPORUČENÍ

Produkce emisí bude díky průběžnému monitoringu, který je podmínkou metodického pokynu při instalaci kogenerační jednotky na území hl. m. Prahy, trvale sledována. Pro co nejméně problematický emisní provoz jsou doporučena následující opatření:

1. Pokud jsou plánována nějaká úsporná opatření (např. zateplení, zpětné získávání tepla) je doporučeno tyto opatření provést současně s instalací kogenerační jednotky. Zvýší se tím emisní rezerva.
2. Pro nižší roční produkci emisí NO_x je vhodné upřednostňovat provoz kotle K1 před ostatními kotli (K2–K5, po instalaci KGJ K3–K5). Kotel K1 vykazuje nižší měrné emise.
3. V létě je nevhodné spouštět a vypínat KGJ po krátkých časových úsecích (z důvodů nájezdů). Při požadavku na vyšší hodinový provoz se nabízí možnost provozovat KGJ v létě delší časový interval (např. 3–4 h) na snížený výkon (min. 50 % max. výkonu). Vyrobí se méně elektrické energie, na druhou stranu bude delší časový prostor k ořezání maximálních odběrů elektrické energie.

Podpora KVET je v současné době schválena pro kogenerační jednotky uvedené do provozu do 31. 12. 2021, očekává se však její prodloužení.

14.2 Doporučené kontakty

Jméno a příjmení: Andrea Šipanová

Pozice: vedoucí oddělení ochrany ovzduší

Společnost/instituce: Magistrát hl. města Prahy, Odbor ochrany prostředí, Oddělení ochrany ovzduší

Telefon: +420 236 004 363

E-mail: andrea.sipanova@praha.eu

Jméno a příjmení: Petra Neuwirthová

Společnost/instituce: CEFA s.r.o.

Telefon: +420 777 556 646

E-mail: petra.neuwirthova@cefa.cz

Jméno a příjmení: Jiří Šváb (transport chilleru)

Společnost/instituce: ENERGOSERVIS ŠVAMONT, spol. s r. o

Telefon: +420 602 206 044

E-mail: jiri.svab@seznam.cz

Jméno a příjmení: Radek Beránek

Pozice: projektový manažer

Společnost/instituce: Viessmann, spol. s r.o.

Telefon: +420 601 301 209

E-mail: brnr@viessman.com

Optimalizace vytápění a možnosti dochlazení budovy ústředí ČNB

Dokumentace studie proveditelnosti

Ing. Jaroslav Stupka

Jméno a příjmení: Kateřina Ksandrová

Pozice: podpora pro projektové zakázky

Společnost/instituce: Bosch Termomechanika s.r.o. 2020

Telefon: +420 261 300 123

E-mail: ksandrova@buderus.cz

Jméno a příjmení: Dalibor Novotný

Pozice: obchodní manažer

Společnost/instituce: TEDOM a.s.

Telefon: +420 953 315 013, +420 602 724 028

E-mail: dalibor.novotny@tedom.com

Jméno a příjmení: Jiří Jarma

Pozice: obchodní ředitel

Společnost/instituce: Johnson Controls Building Solutions, spol. s r.o.

Telefon: +420 272 121 201, +420 602 381 633

E-mail: Jiri.Jarma@jci.com

Jméno a příjmení: Vladimír Houška

Pozice: vedoucí technického a nabídkového oddělení

Společnost/instituce: COMPLETE CZ, spol. s r.o.

Telefon: +420 777 929 989

E-mail: info@completeCZ.cz

Jméno a příjmení: Michael Nack

Pozice: vedoucí oddělení projektů

Společnost/instituce: Jeremias CZ s.r.o.

Telefon: +420 602 283 499

E-mail: Michael.Nack@jeremias.cz

Jméno a příjmení: Josef Koros

Pozice: nabídky VZT jednotek

Společnost/instituce: Rosenberg s.r.o.

Telefon: +420 271 771 215

E-mail: koros@rosenberg.cz

Energetický regulační úřad, Masarykovo náměstí 5, 586 01 Jihlava

Telefon: +420 564 578 666

E-mail: podatelna@eru.cz

Státní fond životního prostředí

Jméno a příjmení: Bohdan Polak

Pozice: ředitel Odboru ochrany ovzduší a obnovitelných zdrojů energie

Telefon: +420 267 994 552

E-mail: bohdan.polak@sfzp.cz

15 POUŽITÉ ZDROJE

- [1] Kogenerace přispívá k decentralizaci zdrojů. *Energie 21 | časopis obnovitelných zdrojů energie* [online]. Ostrava: Profi Press, 2013 [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: <https://www.energie21.cz/kogenerace-prispiva-k-decentralizaci-zdroju/>
- [2] *Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu, kterým se stanovuje podpora pro podporované zdroje energie*. In: . Jihlava: Energetický regulační úřad, 2020, ročník 2020, X.
- [3] *Jednostupňové absorpční chladicí zařízení* [online]. In: . Johnson Controls, 2016, s. 1–144 [cit. 2020-11-27].
- [4] KRÁČMAR, Jan. *Analýza zdrojů chladu pro administrativní budovu*. Praha, 2018. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, katedra TZB. Vedoucí práce Ing. Zuzana Veverková, Ph.D.
- [5] ISKOlimity. *Portál ČHMÚ* [online]. Praha: ČHMÚ, 2012 [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/info/limity_CZ.html
- [6] *VITOBLOC 200, typ EM-260/390, Technický popis* [online]. In: . Allendorf: Viessmann Werke GmbH&Co, 2020, s. 1–38 [cit. 2020-11-27].
- [7] Pětiletý průměr 2015–2019, NO₂ roční průměr. In: *Portál ČHMÚ* [online]. Praha: ČHMÚ, 2020 [cit. 2020-11-27]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/ozko/19petileti/png/NO2/19NO2_regA.png
- [8] *Topenářská příručka*. Praha: Agentura ČSTZ, 2007, s. 100–106. ISBN 978-80-86028-13-2.
- [9] *Air/Water Chillers for Outdoor Installation Scroll compressors, Plate Heat Exchangers and Axial Fans Cooling capacity 216,9÷1049,5 kW* [online]. In: . Roma: Aermec S.p.A, 2020, s. 1–4 [cit. 2020-11-27].
- [10] *Dotační program pro čerpání finančních prostředků z evropských fondů na ochranu a zlepšování životního prostředí. Operační program Životní prostředí* [online]. Státní fond životního prostředí ČR [cit. 2020-12-02]. Dostupné z: <https://www.opzp.cz/nabidka-dotaci/detail-vyzvy/?id=161>

16 PŘÍLOHY



Příloha č. 1 – Metodický pokyn k povolování kogeneračních jednotek na území hl. m. Prahy



Příloha č. 2 – Kladné vyjádření odboru životního prostředí hl. m. Prahy



Příloha č. 3 – Protokol o autorizovaném měření plynných emisí č. 6146/2015



Příloha č. 4 – Protokol o autorizovaném měření plynných emisí č. 6410/2016



Příloha č. 5 – Protokol o autorizovaném měření plynných emisí č. 6664/2017



Příloha č. 6 – Protokol o autorizovaném měření plynných emisí č. 6904/2018



Příloha č. 7 – Protokol o autorizovaném měření plynných emisí č. 7280/2019



Příloha č. 8 – Finanční analýza – varianta B (bez uvažování dotace ze Státního fondu životního prostředí ČR)



Příloha č. 9 – Finanční analýza – varianta B (s uvažováním dotace ze Státního fondu životního prostředí ČR)



Příloha č. 10 – Půdorys 3S – stávající stav



Příloha č. 11 – Půdorys 3S – nový stav – varianta B



Příloha č. 12 – Technologie – schéma – stávající stav



Příloha č. 13 – Technologie – schéma – nový stav – varianta B



Příloha č. 14 – VZT schéma – stávající stav



Příloha č. 15 – VZT schéma – nový stav – varianta B



Příloha č. 16 – Půdorys 5P – stávající stav



Příloha č. 17 – Půdorys 5P – nový stav – varianta B



Příloha č. 18 – Transportní situace – kompresorové chlazení – varianta B



Příloha č. 19 – Schéma chlazení – varianta B



Příloha č. 20 – Dispozice strojovny chladu 6. NP – varianta B



Příloha č. 21 – Půdorys 5P – chlazené prostory a poloha stoupacích potrubí chladu



Příloha č. 22 – Půdorys 4P – chlazené prostory a poloha stoupacích potrubí chladu



Příloha č. 23 – Půdorys 3P – chlazené prostory a poloha stoupacích potrubí chladu



Příloha č. 24 – Půdorys 2P – chlazené prostory a poloha stoupacích potrubí chladu



Příloha č. 25 – Půdorys 1P – chlazené prostory a poloha stoupacích potrubí chladu



Příloha č. 26 – Půdorys ME – chlazené prostory a poloha stoupacích potrubí chladu



Příloha č. 27 – Půdorys VP – chlazené prostory a poloha stoupacích potrubí chladu



Příloha č. 28 – Půdorys PR – chlazené prostory a poloha stoupacích potrubí chladu



Příloha č. 29 – Technický popis kogenerační jednotky



Příloha č. 30 – Seznam zkoumaných kogeneračních jednotek