

# **Integrovaný systém v budově - Systém techniky prostředí v objektu - Depozitář uložení papírových archiválií s galerií**

Integrated Systems in Buildings - The HVAC in System Buildings - Depository  
Storage of Paper Archives with Gallery

Bc. Martin Rejsa

---

Diplomová práce  
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin REJSA, DiS.**

Osobní číslo: **A10355**

Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Integrovaný systém v budově – Systém techniky prostředí v objektu – Depozitář uložení papírových archiválií s galerií**

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte specifika prostředí v budovách pro uskladnění archiválií a galerií, zahrnující technologii tvorby vnitřního prostředí.
2. Popište analyzované požadavky na tepelně technické vlastnosti budovy a zařízení techniky prostředí, včetně způsobu řízení.
3. Vytvořte návrh případné změny tepelně-technických parametrů pro konkrétní budovu a pro takto upravenou budovu navrhnete vhodný systém techniky prostředí se zvážením možností využití obnovitelných zdrojů energie.
4. Zvažte možnost využití fotovoltaických panelů a proveďte jejich technicko-ekonomické hodnocení.
5. Navrhnete řešení elektroinstalace a plynového hasicího systému.
6. Uzpůsobte systém řízení jako sběrníkový s vizualizací SCADA a komunikační bránou s protokolem TCP/IP, s možností vzdáleného ovládní přes GSM, s výstupem s případnou vazbou na management budovy.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. CIHELKA, J. a kol. Vytápění, větrání a klimatizace. SNTL Praha, 1985.
2. DANIELS, K.: TECHNKA BUDOV. Jaga Group, v.o.s. Bratislava 2003. ISBN 80-88905-63-X.
3. ASHRAE HANDBOOK . Díl 1-4 . American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1791 Tutlie Circle, N.E., Atlanta, GA 30 329. ISBN 1-931862-73-7. ISSN 1549-2370.
4. CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: Větrání a klimatizace. Technický průvodce. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8.
5. SMOLÍK, J. a kol.: Technika prostředí . SNTL Praha 1970.
6. VALENTA, V. a kol.: TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 1, 2, 3. Agentura ČSTZ, Praha 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.
7. JELÍNEK, V., HOUŠKOVÁ, M., PAVLÍČEK, I., PETROVÁ, M.: Technická zařízení budov. Podklady pro projekty. Vydavatelství ČVUT Praha, 1993. ISBN 80-01-00586-0
8. LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T.: Výpočtové tabulky pro vytápění. Vztahy a pomůcky. Vydavatelství Společnosti pro techniku prostředí Praha, 2001. ISBN 80-02-01466-9. Platné ČSN řada 06, 07, 34, 35, 36, 37, 38, 73, 74, 83, 91.
9. MERZ, H., HANSEMANN, T., HUBNER, C.: Automatizované systémy budov. GRADA 2007. ISBN 978-80-247-2367-9.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Martin Zálešák, CSc.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

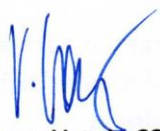
Datum zadání diplomové práce:

**24. února 2013**

Termín odevzdání diplomové práce:

**11. června 2013**

Ve Zlíně dne 24. února 2013

  
prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



  
prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá problematikou specifického prostředí depozitářů pro uložení uměleckých artefaktů v kombinaci s galerií, a to s ohledem na tvorbu optimálních mikroklimatických podmínek, tepelné a vlhkostní stability, vhodného světelného systému zdrojů a technického zázemí takovéto stavby. Práce prakticky řeší konkrétní prostředí, které je uzpůsobeno pro dlouhodobé uskladnění papírových artefaktů a zároveň pro jejich veřejné vystavování.

Klíčová slova: depozitář, klimatická stabilita, galerie, přirozené osvětlení, umělecké artefakty, mikroklima

## **ABSTRACT**

My diploma thesis deals with the issue of specific building environment of depositories for works of art that are combined with a gallery. Doing so it regards the creation of optimal microclimate conditions, stability of heat and humidity, suitable system of light sources and its technical facilities. This thesis focuses on a particular environment which is designed for a long-term storage of paper artefacts and its public display.

Keywords: depository, climate stability, galleries, natural lighting, artistic artefacts, microclimate



*Poděkování:*

Rád bych touto cestou poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Martinovi Zálešákovi, Csc. za příkladné vedení, pomoc a podporu. Dále bych rád poděkoval vedoucí depozitáře Galerie Středočeského Kraje (GASK) Magdaleně Deylové za ochotné poskytnutí veškerých potřebných podkladových materiálů související s reálnou stavbou GASK a jeho depozitáře a za otevřené sdílení svých zkušeností a názorů. Stejně tak bych rád poděkoval technikům a správcům Moravské Galerie a Domu umění v Brně za jejich vřelou ochotu v šíření zkušeností a za jejich otevřenost v diskuzi. Především pak Ing. Zbyňku Kročovi z Moravské galerie v Brně a vedoucímu provozního oddělení v Domě umění města Brna Ing. Zdeňku Hamžovi. Dále bych rád poděkoval řediteli depozitáře Otrokovice PhDr. Antonínu Sobkovi a Martinu Jandovi z White Gallery, kteří mi taktéž poskytli veškeré vyžádané materiály pro depozitáře spadající pod jejich kompetenci.

Rád bych také touto cestou poděkoval Věře Mezulíně a Martinu Warholovi za jejich optimizmus a nadhled do všeho. V neposlední řadě také děkuji své rodině za všestrannou podporu po celou dobu mého studia.

Tito lidé mi svou ochotou velice napomohli tak nepřímo utvořit tuto práci.

*Motto:* „Jaké praktické užití má miliony galaxií?“ **Allan Watts**

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>13</b>
<b>1 DEPOZITÁŘ S GALERIÍ.....</b>	<b>14</b>
1.1 DEPOZITÁŘ.....	15
1.2 GALERIE.....	20
<b>2 FUNKČNÍ A ORGANIZAČNÍ ČLENĚNÍ.....</b>	<b>22</b>
2.1 DEPOZITNÍ ČÁST.....	24
2.2 KARANTÉNA.....	25
2.3 VÝSTAVNÍ ČÁST.....	26
2.3.1 Vystavování artefaktu.....	26
2.3.2 Pravidla při vystavování nebo zapůjčování archiválií k výstavám.....	27
2.4 SPECIÁLNÍ PRACOVNY.....	28
2.5 KANCELÁŘE.....	30
2.6 ZÁZEMÍ PRO VEŘEJNOST.....	31
2.7 HYGIENICKÉ PROSTORY A ÚKLID.....	31
2.8 TECHNICKÉ ZÁZEMÍ.....	31
<b>3 TECHNICKÉ A TECHNOLOGICKÉ POŽADAVKY.....</b>	<b>32</b>
3.1 UMÍSTĚNÍ BUDOVY.....	33
3.2 KONSTRUKCE BUDOVY.....	34
3.3 BEZPEČNOSTNÍ POŽADAVKY.....	35
3.4 MIKROKLIMATICKÉ POŽADAVKY.....	38
3.4.1 Teplota a vlhkost.....	39
3.4.2 Stabilita.....	41
3.4.3 Biologická čistota.....	42
3.4.4 Čistota ovzduší.....	42
3.4.5 Požadavky na osvětlení.....	43
3.4.6 Akustické požadavky.....	47
3.5 UŽÍVÁNÍ PROSTORŮ.....	47
3.6 ČIŠTĚNÍ.....	47
3.7 ULOŽENÍ ARTEFAKTŮ.....	48
3.8 ZABEZPEČOVACÍ POŽADAVKY.....	49
<b>4 TECHNICKÉ MOŽNOSTI ŘEŠENÍ.....</b>	<b>50</b>
4.1 STAVEBNĚ TECHNICKÁ ŘEŠENÍ.....	50
4.2 VHODNÉ MATERIÁLY.....	53
4.3 BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ.....	55
4.4 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ TVORBY MIKROKLIMATU.....	57
4.5 SVĚTELNĚ AKUSTICKÉ ŘEŠENÍ.....	64
4.6 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ FILTRACE VZDUCHU.....	68
4.7 MOŽNOSTI VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE.....	68

<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>69</b>
<b>5 CHARAKTERISTIKA KONKRÉTNÍHO OBJEKTU DEPOZITÁŘE S GALERIÍ .....</b>	<b>70</b>
5.1 OKRAJOVÉ PODMÍNKY OBJEKTU .....	71
5.1.1 Teplotní zasazení.....	72
5.1.2 Kvalita ovzduší.....	73
5.2 POPIS OBJEKTU .....	74
5.3 ORGANIZAČNÍ ČLENĚNÍ OBJEKTU .....	76
5.4 PROSTOROVÉ DISPOZICE.....	77
5.5 POSOUZENÍ KONSTRUKCÍ BUDOVY .....	87
5.5.1 Původní konstrukce.....	87
5.5.2 Návrh změny konstrukcí .....	90
5.6 TEPELNÉ ZTRÁTY .....	93
5.6.1 Vypočet .....	95
5.6.2 Ztráty původní konstrukce .....	98
5.6.3 Ztráty nové skladby konstrukcí .....	99
5.6.4 Potřebný tepelný výkon.....	101
5.7 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK.....	102
5.7.1 Energetický štítek původní konstrukce .....	103
5.7.2 Energetický štítek původní konstrukce .....	104
5.8 TEPLENÉ ZISKY.....	105
5.8.1 Vnější zisky .....	105
5.8.2 Vnitřní zisky.....	108
5.8.3 Výsledná hodnota tepelné zátěže .....	110
5.9 STABILITA OBJEKTU .....	112
5.10 CHARAKTERISTIKA PŘIROZENÉHO OSVĚTLENÍ.....	116
5.11 CHARAKTERISTIKA AKUSTICKÝCH PODMÍNEK.....	117
<b>6 NÁVRH VYTÁPĚCÍHO SYSTÉMU.....</b>	<b>118</b>
6.1 PLYNOVÝ KOTEL .....	118
6.2 TEPELNÉ ČERPADLO .....	120
6.2.1 Kolektory.....	120
6.2.2 Tepelné čerpadlo .....	122
6.3 SOLÁRNÍ PANELY .....	123
6.4 HYDRAULICKÉ ZAPOJENÍ.....	124
6.5 NÁVRH OTOPNÉHO SYSTÉMU.....	125
6.5.1 Otopná tělesa .....	125
6.5.2 Otopná soustava .....	130
6.5.3 Návrh cirkulačního čerpadla .....	136
6.5.4 Zabezpečovací zařízení tepelné soustavy.....	138
6.6 OHŘEV TV .....	141

<b>7</b>	<b>NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY .....</b>	<b>143</b>
7.1	STANOVENÍ PARAMETRŮ PROSTŘEDÍ .....	143
7.2	VÝPOČTY .....	144
7.3	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉHO POTRUBÍ .....	149
7.4	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ JEDNOTLIVÝCH PROSTOR .....	150
7.4.1	Galerie .....	151
7.4.2	Depozitář obrazů a grafiky .....	154
7.4.3	Depozitář plastiky .....	155
7.4.4	Víceúčelový sál .....	155
7.4.5	Malý přednáškový sál .....	157
7.4.6	Plynová kotelna .....	157
7.4.7	Split systém .....	158
7.4.8	Strojovny výtahů .....	158
7.4.9	Sociální zařízení .....	159
7.5	ZDROJ LEDOVÉ VODY .....	159
7.6	UVEDENÍ DO PROVOZU A ÚDRŽBA VZT .....	160
<b>8</b>	<b>NÁVRH SVĚTELNĚ-AKUSTICKÝCH ŘEŠENÍ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ OBJEKTU.....</b>	<b>161</b>
8.1	NÁVRH OSVĚTLENÍ .....	161
8.1.1	Přirozené osvětlení .....	161
8.1.2	Umělé osvětlení .....	162
8.2	NÁVRH AKUSTICKÝCH OPATŘENÍ .....	164
<b>9</b>	<b>NÁVRH ELEKTROINSTALACE .....</b>	<b>166</b>
9.1	SILNOPROUDÁ ELEKTROINSTALACE .....	166
9.1.1	Zásuvkové obvody .....	168
9.1.2	Světelné obvody .....	168
9.2	INSTALACE REGULACE A MĚŘENÍ .....	169
<b>10</b>	<b>NÁVRH ŘÍDICÍHO SYSTÉMU .....</b>	<b>179</b>
10.1	POPIS JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ REGULACE .....	180
10.2	REGULACE VYTÁPĚNÍ .....	181
10.3	REGULACE CHLAZENÍ .....	183
10.4	REGULACE VZDUCHOTECHNIKY .....	184
10.4.1	Regulace rekuperace .....	185
10.4.2	Signalizace zanesení filtrů .....	186
10.5	REGULACE KOTELNY .....	186
10.6	DÁLKOVÁ SPRÁVA .....	186
10.7	PROGRAMOVACÍ JAZYK .....	188
10.8	VIZUALIZACE .....	189
<b>11</b>	<b>NÁVRH PROTIPOŽÁRNÍHO SYSTÉMU.....</b>	<b>193</b>
11.1	PŘENOSNÉ HASICÍ PŘÍSTROJE.....	194
11.2	POŽÁRNÍ SIGNALIZACE .....	196
11.3	PLYNOVÝ HASICÍ SYSTÉM.....	198
<b>12</b>	<b>MANAGEMENT BUDOVY .....</b>	<b>202</b>

---

<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>209</b>
<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....</b>	<b>CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>213</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>217</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>219</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>222</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>223</b>

## ÚVOD

„Konzervace, očišťování, opravy a posilování starožitných předmětů je nápomocné k jejich zachování, ale tato léčba, tak jako tak užitečná a potřebná, není nikdy dostačující. Doufat tedy, že takto připravený artefakt, dáme do depozitáře muzea či archivu a budeme očekávat, že zůstane beze změny, je nesmyslné a v mnoha případech je pro dobro artefaktu, aby zůstal trvale tak, jak je a tak se podvolil času.“<sup>1</sup>

Zachování kulturního dědictví a uměleckého vyjádření je starověká praxe. Lidská rasa i v dávné historii chránila úzkostlivě cenné artefakty. Ať tento sklon pramenil z praktičnosti (snaha znovu užívat rozbité keramické nádobe) nebo z pokusu udržení magické vlastnosti, či přesahových kvalit, posvátných objektů tak jako tak v této dávné době bylo obrovské množství kulturního dědictví zničeno válkou, užíváním a zubem času. Dnes, ve věku technokratické kultury je zachování tohoto důkazu, dřívějších bohatstvím oplývající kultur, ještě důležitější, protože objekty, které přežily, jsou materiální záznamy o naší historii. Jejich autoři se takto vtiskli do minulosti, a tak může jejich odkaz v podobě uměleckého artefaktu být někdy velice hluboký.

Škody způsobené na muzejních objektech látkami znečišťující ovzduší bylo pozorováno téměř od počátku průmyslové éry. Před více než 150 lety byly škodlivé účinky sazí a oxidu siřičitého (SO<sub>2</sub>) pozorovány na obrazech v Národní galerii v Londýně. Ochrana artefaktů před materiály z těžkých organických látek (VOC) je popsána v literatuře přinejmenším od roku 1787. Přesto a právě proto je otázka dlouhodobého uložení stále velice živé téma vhodné diskuze.<sup>2</sup>

Tato práce se těmito otázkami zabývá a snaží se nalézt vhodné technické východisko pro řešení depozitáře s galerií s co nejvhodnějším kompromisem parametrů stavby. Funkcí správně navrženého skladového (depozitního) prostoru s technickým zázemím je tedy izolovat materiál sbírek od světla, prachu a jiných škodlivých látek znehodnocující umělecký artefakt. A také je ochránit od manuálního poškození při špatné manipulaci.

---

<sup>1</sup> Lucas 1924: 45

<sup>2</sup> HATCHFIELD, Pamela. *Pollutants in the Museum Environment: Practical Strategies for Problem Solving in Design, Exhibition and Storage*, s. 1-2.



Zároveň je při návrhu kladen důraz na správný návrh uložení a uskladnění artefaktů. Jako nejpodstatnější a klíčové je vytvoření technického řešení pro udržování parametrů klimatu.

Praktické řešení problematiky technického zázemí pro udržení klima, je vypracováno na již realizované a fungující stavbě Galerie Středočeského kraje a jejího depozitáře v Kutné Hoře (GASK). Tato stavba se takto stala pro moji práci ukázkovým příkladem, jak se dá vytvořit řešení jako jednotný a funkční celek, který je ještě značně omezen skutečnou prostorovou stavbou historické budovy, v které se GASK nachází. Mé technické řešení na této stavbě, je přirozeně odlišné od skutečně realizovaného a dnes funkčního řešení. V reálném vyhotovení technického zázemí procházela stavba několika testováním, připomínkováním a zdokonalováním, než byla stavba vyhotovena tak, jak je nyní. Značná část technických prací byla zakreslována do schémat až po provedení kvůli nestandardnímu řešení a komplikovanému stavebnímu terénu, který byl jen stěží přesně zmapovatelný (jedná se o historickou stavbu jezuitských kolejí). S reálnou stavbou má to mé společné především stavební podklady, zasazení do reálného místního kontextu a technické vybavení.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 DEPOZITÁŘ S GALERIÍ

S počátkem uvědomělého vytváření listinových a papírových celků a s tím související snahou o jejich dlouhodobější uchování ve stavu, který by umožnil, kdykoliv to v budoucnu bude potřeba, do nich nahlédnout, prostudovat je či využít informace v nich obsažené, vyvstala potřeba jejich ochrany. Důležitá je ochrana nejen před nahlédnutím, studiem a využíváním, ale také před deponováním v nevhodných podmínkách, které by mohlo znamenat jejich poškození. A pokud už k takovému poškození z nějakých příčin dojde, stanovit co učinit pro jejich záchranu či obnovu.

Viděno z tohoto pohledu lze říci, že ochrana archivních dokumentů vždycky byla, je a nesporně také bude důležitá pro samotnou existenci archivu.<sup>3</sup>

Je však třeba zdůraznit, že ochrana archiválií má své hranice. Ty jsou dány materiálovou strukturou dokumentů, která, z podstatné většiny organického původu, podléhá přirozenému úbytku původních vlastností, tedy stárne. Vnější nepříznivé okolnosti, zejména špatná klimatická situace v místě uložení, mohou tento proces významně urychlit, naopak příznivé „pouze“ zmírnit, nikoliv však zastavit. Ochrana tedy v žádném případě neusiluje o trvalé zachování dokumentů, ale o zachování dlouhodobé, a to jak fyzického nosiče dokumentu (papíru, pergamenu, inkoustu), tak jeho obsahu.

Jak depozitář, tak galerie mají společného jmenovatele a to, že se zde pracuje s uměleckými artefakty. Toto spojení dvou funkčních staveb může být z nějaké části výhodné díky konceptu celistvosti a úspory. Takto navržené spojení může přinášet personální i logistické výhody. Je ale také zřejmé, že přináší svá značná úskalí, protože každý jeden objekt má jiná určení.

---

<sup>3</sup> BARTL, Benjamin, HANA PAULUSOVÁ a ROMAN STRAKA. *Ochrana archivních fondů a sbírek: Aby na nic a na nikoho nebylo zapomenuto*, s. 219-220.



*Obrázek 1: Slovenský národní depozitář Bratislava*

## 1.1 Depozitář

Depozitáře jsou instituce, které společnost zakládá, aby shromažďovaly, uchovávaly a zpřístupňovaly dokumenty a umělecké artefakty. Depozitáře obvykle obsahují materiály nejrůznějších formátů.<sup>4</sup>

Lidstvo vytvořilo během své existence obrovské množství předmětů značné umělecké a vypovídací hodnoty, které si zaslouží uchování pro budoucí generace. Materiály, z kterých bývají díla nejčastěji zhotovena, jsou především papírové cennosti, knihy, grafické listy, rukopisy, malby, listiny, mapy a grafické sbírky, ale mohou také zahrnovat velín, pergamen, papyrus, film, fotografický materiál, audiovizuální materiál, magnetická a optická média a strojově čitelné formáty. Všechny tyto materiály vyžadují v ideálním případě zvláštní podmínky uložení. Dokumenty pro běžné užití mohou vyžadovat jiné podmínky uložení než ty, které vyžadují dlouhodobou nebo časově neomezenou ochranu. Tyto materiály se vyznačují přirozeným postupným stárnutím, které může být značně

---

<sup>4</sup> ČSN ISO 11799. *Informace a dokumentace: Požadavky na ukládání archivních a knihovních dokumentů*. Praha: Český normalizační institut, 2006, s. 5.

urychleno polutanty (nečistotami vyskytujícími se v ovzduší a pocházejícími z přírodních nebo člověkem vytvořených zdrojů) a okolním klimatem.

Preventivní péči je možné s určitou nadsázkou považovat za jednu z neúčinnějších konzervátorských a restaurátorských metod. Správným uplatňováním jejích pravidel se dá předejít nevratnému poškození a tím následnému vyžádanému konzervačnímu a restaurátorskému zásahu.

Současné pojetí ochrany nebo také péče o archivní fondy a sbírky v sobě zahrnuje jednak širokou oblast preventivní ochrany a jednak vlastní konzervování a restaurování archivních dokumentů. To jsou dvě veledůležité složky, které se jedna bez druhé neobejde. Aktivní konzervace a restaurování archiválií jsou činnosti směřující k zabezpečení dlouhodobé životnosti a použitelnosti archivních dokumentů. Konzervace a restaurování se liší v přístupu k problému. Konzervace především hledá způsoby, jak předejít dalšímu poškození archiválie, má často preventivní charakter. Restaurováním se zpravidla sleduje zlepšení fyzického stavu dokumentu. To se neobejde bez většího nebo menšího zásahu do jeho fyzické podstaty.<sup>5</sup>

Řešení preventivní péče o umělecké artefakty v sobě zahrnuje především zásady zajištění vhodných klimatických podmínek. Jedná se tedy o hodnoty relativní vlhkosti a teploty vzduchu (a jejich stálost), ochrany před účinky světla, ochrany před plynným znečištěním a prachem, zajištění vhodných ukládacích podmínek (volba bezpečných ukládacích zařízení, ochranných obalů a optimální adjustace), zajištění uspokojivých protipožárních a bezpečnostních systémů včetně tvorby scénářů řešení krizových situací. To vše nejen v místě dlouhodobého uložení archiválií, ale i v místech jejich přechodného uložení (ve studovně, v restaurátorském ateliéru, ve výstavní místnosti). Do této preventivní péče spadá také plán strategie přenosu informací originálních dokumentů na jiná média, která by umožnila vzácný nebo badatelsky exponovaný dokument nahradit věrnou kopií jak při studiu, tak při stále častěji žádaných xerografických, fotografických a tiskových službách. Dále je součástí preventivní péče také vypracování pravidel vystavování písemných památek, metodika průzkumu klimatických podmínek uložení a fyzického stavu fondů a

---

<sup>5</sup> BARTL, Benjamin, HANA PAULUSOVÁ a ROMAN STRAKA. *Ochrana archivních fondů a sbírek: Aby na nic a na nikoho nebylo zapomenuto*, s. 219-220.

sbírek a doporučení při výstavbě či přestavbě budov určených k dlouhodobému uložení archiválií.

To vše měli na zřeteli již předchůdci současných restaurátorů a konzervátorů, kteří se zabírali ochranou archivních dokumentů v minulosti. Lišili se pouze přístupem k nastalým problémům, svými zkušenostmi, možnostmi, ale také technickým a technologickým zázemím, dostupností a využitelností materiálů.

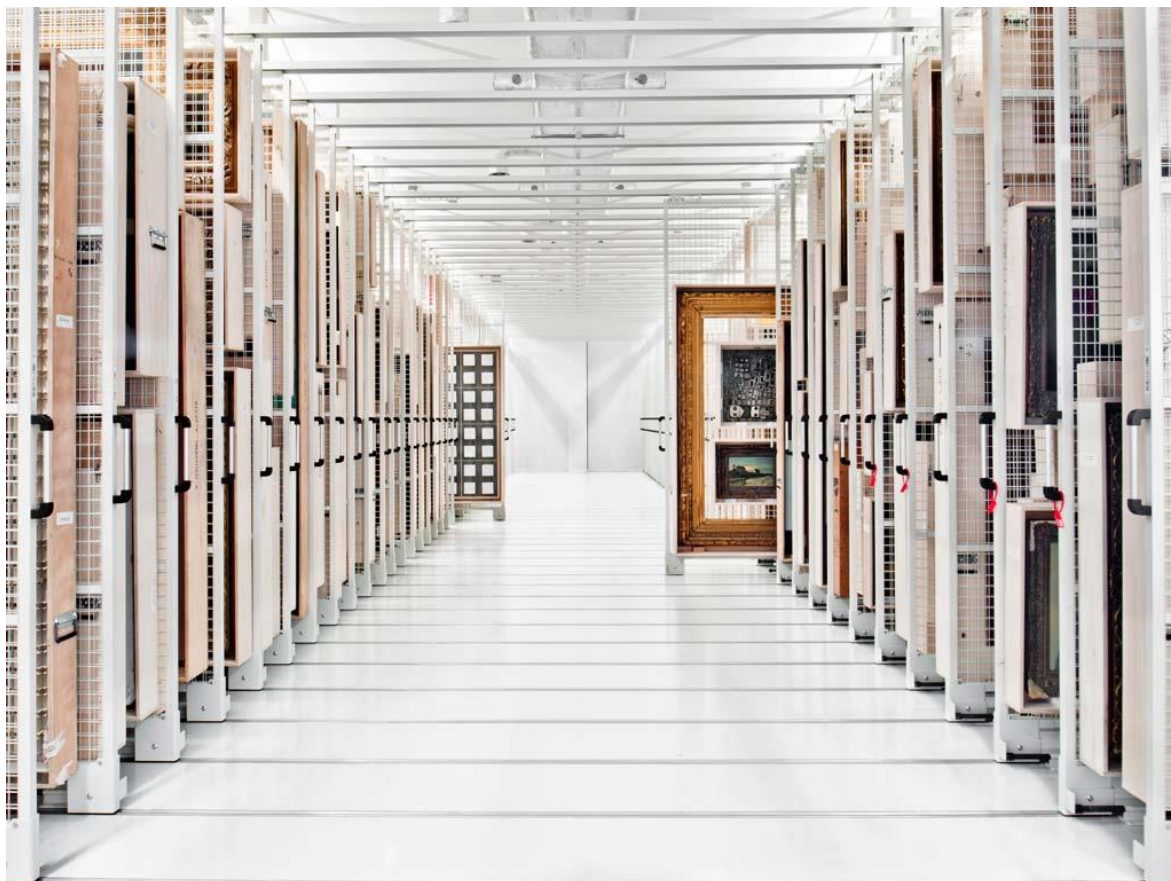
V dřívějších letech bylo prvořadým úkolem deponitáře získat dostatečné množství ukládacích prostor pro velké množství archivovatelného materiálu. Naléhavá potřeba často vedla k přejímání takových objektů, které se pro uložení archiválií nehodily svojí stavební fyzikou a také parametry prostředí. Dnes se jeví předešlé jednání více než zbrklé. Některým uměleckým artefaktům totiž více prospěje ponechání než špatně řízený přesun a konzervace. Teprve v polovině sedmdesátých let minulého století byli k tomu účelu zaškoleni první pracovníci. Postupně se dařilo rozsáhlými adaptacemi, případně osazením nejhroženějších prostor odvlhčovači, klimatickou situaci deponitářů zlepšovat. Hlavní úkol se posunul od napravování škod k jejich předcházení. Začaly se provádět pravidelné kontroly klimatické situace. V nevyhovujících deponitářích byly nainstalovány termo-hygrografy a záznamy měření byly pravidelně vyhodnocovány. V roce 1983 se konečně v České republice podařilo zpracovat a vydat „Zásady preventivní péče o fyzický stav archiválií“, první ucelený manuál určený archivním pracovištím.

Jako příklad se na základě získaných zkušeností a na základě mezinárodních doporučení navrhl klimatický režim pro uložení listinného fondu Archivu České koruny v novém trezoru v budově na třídě Milady Horákové i v deponitářích novostavby archivu v Praze na Chodovci.<sup>6</sup>

Pro problematiku diplomové práce je podstatná otázka jak dlouhodobě ukládat archivní materiály, avšak vzhledem k tomu, že tyto materiály jsou ukládány tak, aby bylo možné rovněž jejich vystavování nebo jiné využívání, musí se jednat o určitý kompromis, určený záměrem spojit dva prvky práce s uměleckými artefakty v jeden.

---

<sup>6</sup> BARTL, Benjamin, HANA PAULUSOVÁ a ROMAN STRAKA. *Ochrana archivních fondů a sbírek: Aby na nic a na nikoho nebylo zapomenuto*, s. 219-220.



*Obrázek 2: Technické řešení firmy Bruynzeel Storage Systems*

Dle zkušeností lze většinu hrozeb řešit řádně navrženým prostorem depozitáře a jeho udržováním s profesionální podporou personálu. Úroveň přijatelného rizika je vždy kompromis mezi teoreticky ideálním okolním klimatem a realizovatelným. Jak již bylo zmíněno, je možné zpomalit drastické zhoršování kvality artefaktu přivedením radikálních opatření, ale přitom je jistě oslabena nejdůležitější funkce těchto institucí. Tedy nejen zachovávání uměleckých artefaktů, ale také umožnění veřejnosti a odborníkům k těmto artefaktům přistupovat. Navíc, extrémně vysoká nároky na všechny parametry prostředí může znemožnit jeho financování.

Při návrhu depozitáře s galerií je zapotřebí zohlednit především celistvost všech rozhodnutí od počátku projektu. Komunikace s klientem je obzvláště důležité při projektování systémů depozitářů, muzeí, galerií, archivů a knihoven vzhledem ke komplikovanosti kritérií a vlastního rizika spojeného s podmínkami prostředí. Projekční tým musí zahrnovat ne jen pověřeného správce určeného depozitáře, ale také majitele sbírek, kurátory, konzervátory a bezpečnostní službu. Správci jsou odpovědní za finanční rozhodnutí, zatímco majitelé či



manažeri sbírek jsou odpovědní za péči o sbírky. Kurátoři budují výběr děl a design výstavy. Konzervátoři jsou zodpovědní za zachování kolekce děl. Okruh bezpečnostního personálu je rozhodující pro úschovu a zabezpečení sbírky. Při projektování HVAC systému (Technický systém pro udržování klimatu ve stavbách) vycházíme právě ze sběru dat, potřeb a využití jednotlivých prostorů. Má-li být návrh deponitáře optimální, všechny příslušné strany musí být součástí tohoto procesu.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> *ASHRAE Handbook: Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Applications. Amer Society of Heating, 2007, kapitola 21.1.*



*Obrázek 3: Trias Art Gallery v Torontu*

## 1.2 Galerie

Jedním ze způsobů zpřístupnění a prezentace uměleckých artefaktů jsou výstavy. Tyto artefakty jsou tvořeny různými typy organických, ale i anorganických materiálů, které za nevhodných klimatických a světelných podmínek či nevhodnou manipulací při vystavování mohou být nevratně poškozeny. Z tohoto pohledu představují výstavy vždy riziko, a proto k jejich přípravě a zajištění musí být vždy přistoupeno s maximální pečlivostí, odpovědností a znalostí všech možných rizik. Obecně lze však říci, že by umělecká díla ztrácela významu, pokud by nebylo umožněno ani krátkodobé expozici, výstavě či badatelské práci na originálu artefaktu.<sup>8</sup>

Zrod umělecké galerie jako instituce veřejného vystavování umění se datuje na konci 18.století a jeho další rozvoj v průběhu století devatenáctého byl nedílně propojen se

---

<sup>8</sup> *Zásady vystavování archiválií v Národním archivu v Praze.* [online], s. 2-3.

vznikem moderních států a nacionalismu, kdy muzea často fungovala jako nástroje budování a proklamování národních identit. Vznik a rozvoj galerií umění je právě tak spojen s rozvojem disciplíny dějin umění a se vznikem obecného povědomí, že umění má historii. Galerie a muzea umění ve svých zdech pro nově vznikající publikum doslova učinila historii umění viditelnou. Tak tedy jedny z prvních známých výstav byly založeny na konceptu prezentování historického vývoje umění.<sup>9</sup>

Pro realizaci výstav uměleckých artefaktů je však zapotřebí zajistit vhodné podmínky. Tyto podmínky se týkají především všestranné bezpečnosti. Tedy nejen ochranou před odcizením, ale především, z mého pohledu, ochranou před znehodnocením vlivem nevhodného klimatu.

Dalším velice důležitým aspektem návrhu interiérových výstavních prostor je jeho celková skladba uspořádání a především světelný a akustický koncept. Hlavně otázce speciálního nasvětlení uměleckých archiválií v průběhu výstav je věnována značná pozornost a nové přístupy k osvětlování citlivých archiválií jsou těžištěm celkové výstavní strategie.<sup>10</sup>

Na zřetel by se mělo především brát, že prostory galerie jako takové by měl návštěvníkovi umožnit tzv. "Únik do jiného světa." Pro poutavost výstavy by měly být vytvořeny co nejvhodnější podmínky.

---

<sup>9</sup> *Bulletin Moravské galerie 62: Historie a geografie umění v uměleckém muzeu*, s. 122.

<sup>10</sup> *Zásady vystavování archiválií v Národním archivu v Praze*. [online], s. 2-3.

## 2 FUNKČNÍ A ORGANIZAČNÍ ČLENĚNÍ

Typické členění stavby depozitáře s galerií je tvořeno z množství rozličných prostorů, které jsou variabilní podle potřeb daného projektu a jeho záměru. Je zřejmé, že některé části mohou fungovat samy o sobě, bez existence jiné, a některé, více specifické, se bez ostatních fragmentů neobejdou. Některé části takovéto stavby, nemusí být fyzicky součástí konkrétní budovy a mohou být pouze logisticky nebo administrativně rozčleněny.

**Zákon č. 499/2004 Sb.**, o archivnictví a spisové službě, který především ustanovuje názvosloví, vhodné logistické jednání s archiváliemi a práva a povinnosti vlastníků archiválií může stejně tak vhodně posloužit pro stanovení správné péče o artefakty umělecké. Z chápání pojmu **archiv** vyplývá označení celé instituce komplexu, který v sobě zahrnuje i **depozitáře** pro uložení cenností.

Tento zákon předně dělí prostory archivu na tzv. **prostory s přístupem veřejnosti** a **prostory bez přístupu veřejnosti**.

Do prostor **bez přístupu veřejnosti** spadají tyto: místnost pro příjem a zpracování archiválií, místnost pro uložení archiválií, místnost pro očistu, dezinfekci, konzervaci, restaurování a reprografické zpracování archiválií a místnost pro uložení archiválií rezervovaných ke studiu. S tím, že ne vždy musí depozitář obsahovat všechny tyto prostory. Velice podstatné je, aby tyto jednotlivé úseky na sebe vhodně navazovaly. Do prostor **s přístupem veřejnosti** spadají speciální prostory zřízené za účelem nahlížení do archiválií, tzv. badatelný. Vedle toho v prostorách galerie s depozitářem nalezneme další standardní prostory **s přístupem veřejnosti** typu: **výstavní sály, vstupní hala, šatny, prostory technického zázemí, hygienické prostory, úklidové místnosti, kanceláře a pracovny**. Každý se specifickými potřebami.

Především v poslední době je stále běžnější umístování jistých „výdělečných prvků“ do staveb galerií, které by umožnilo částečné financování takovýchto institucí. Ekonomická hlediska těchto staveb v dlouhodobějším horizontu jsou stále aktuálnější. Jedná se především o kavárny, restaurace, přednáškové prostory, obchody s uměleckými předměty, suvenýry a odbornou literaturou o umění a rozvojové prostory pro vzdělání a rozvíjení umění. I tyto části stavby mají svá specifika a je třeba jim věnovat náležitou pozornost v návrhu.

Pokud se jedná o rozsáhlejší stavbu s restaurátorskou, kunsthistorickou nebo výzkumnou činností, je zapotřebí ještě dalšího speciálního zázemí pro takovéto konkrétní práce.

Dalším prvkem galerií, který se v poslední době stále častěji realizuje, jsou prostory pro relaxaci a rozjímání. Jedná se např. o prostory zeleně, parků a míst pro odpočinek a vstřebávání prožitků z výstav. Nebo se může jednat o vyhlídkové terasy či jiné prostory s výhledem do okolního prostoru. Celkový prožitek, který návštěvník v galerii získává, je v nemalé míře vytvářen právě vhodně koncipovaným prostředím takového prostoru, jeho atmosférou, která může diváka pozitivně nebo negativně ovlivnit. Není výjimkou, že právě proslulost a celkový zážitek z galerie, se buduje právě na kvalitě architektury, čistotě interiérového návrhu, kvalitě orientačního značení a barevného řešení.<sup>11</sup>



*Obrázek 4: Budova Lewis Glucksman Gallery*

---

<sup>11</sup> KESNER, Ladislav. *Marketing a management muzeí a památek*, s. 220-221.

Je tedy potřeba těmto předpokladům vycházet co možná nejvíce vstříc. A budovat technické návrhy v kooperaci s architektem a interiérovým designerem a se záměrem vytvořit co možná nejpříjemnější a nejkomfortnější prostory pro návštěvníky. Jedině tak je možné vytvořit adekvátní prostory pro vhodné vnímání uměleckých artefaktů. Tedy čistý a jednoduchý design s téměř nezatelným přiznáním technického zázemí a vybavení pro regulaci klimatu, které by mohlo strhávat pozornost návštěvníků. Tento decentní přístup je především vhodný pro výstavní prostory, ale bývá uplatňován v celé škále prostor takovýchto objektů. Pestrost, odvaha a originalita ve využití prostoru architektonického řešení bývá u nových staveb galerií téměř pravidlem. Jak dokládá například stavba budovy Lewis Glucksman Gallery v Dublinu (viz *Obrázek 4*). Právě proto je kooperace profesí u takovýchto komplikovaných stavebních řešení více než vhodná.

## 2.1 Depozitní část

Místnosti, v kterých jsou uloženy cenné artefakty, např. trezorové místnosti, musí být zvláště chráněny nejen proti nepovolaným návštěvníkům, ale bývá zde výrazně zvýšen i požadavek na protipožární systémy. Také je třeba, aby stavba depozitáře ve svém návrhu jasně zohledňovala koncept ochrany proti živelným katastrofám. Tedy např. proti nechtěnému vniknutí vody a následnému znehodnocení artefaktů. Doporučuje se, aby místnosti byly vybaveny na ochranu proti vodě a kouři dokonale těsníci dveřmi, aby vstupy měly dostatečně vysoké prahy a aby v místnostech byly jímky, kam by stekla případně proniklá voda. Tyto jímky by měly být vybaveny čerpadly, kterými by bylo možné tuto vodu odstranit. Materiály by měly být uloženy na regálech, v dostatečné vzdálenosti od země.

Dveře požárních stěn a především pak hlavní dveře do depozitářů musí být ohnivzdorné. Tyto dveře musí být samouzavírací, což ale většinou činí potíže při provozu. Z toho důvodu je vhodné tyto dveře vybavit zařízeními, která zajišťují jejich trvalé otevření. Je nezbytné, aby tato zařízení reagovala na teplo a kouř, umožnila v případě požáru zavření dveří a zabránila tak rozšíření požáru a kouře. Většinou jsou používána zařízení, která jsou napojena automatické detektory požáru. Požadavky na stavební prvky v budovách odolných proti požáru jsou stanoveny příslušnými stavebními a požárními normami a předpisy.

## 2.2 Karanténa

Část expedičního úseku místností určená pro jednoznačné oddělení sledovaných artefaktů, ty, které jsou již předány do depozitáře a ty které se pro začlenění připravují. Tento prostor vždy nebývá speciálně zakomponován do návrhu a často se pro tyto účely musí využívat některých z místností pro badatelskou činnost nebo jiných prostor v celku depozitáře. Pro tyto účely mohou velice dobře posloužit i speciálně navržené karanténní boxy.

Tento speciální prostor depozitární karantény slouží k **prohlídkám, čištění, dočasnému uskladnění a vyrovnání historického klimatu.**

Je-li z jakéhokoliv důvodu nutné změnit parametry historického klimatu, nebo má-li být objekt přemístěn do nových klimatických podmínek (např. uložení do depozitáře), jeho přizpůsobení klimatickým podmínkám by mělo být sledováno a hodnoceno odborníkem na konzervaci uměleckých artefaktů. Přitom je nutné vzít v úvahu podmínky jeho uložení v minulosti i odezvu materiálů na změnu klimatických podmínek. Takováto detekce bývá velice komplikovaná a ve velké míře téměř nezjistitelná. Je velice časté, že napětí, které vznikne při změně prostředí, nezjistitelně narůstá až do meze, kdy se destruktivně uvolní (často drobnými prasklinami). Jestliže určený odborník na konzervaci shledá stav předmětu z organických hygroskopických materiálů (materiál udržující v sobě vlhkost), které byly delší čas (nejméně jeden rok) umístěny v určitém mikroklimatu, jako uspokojivý, pak by mělo být historické klima té dané místnosti ponecháno beze změny (myšleno nastavení hodnoty průměrné relativní vlhkosti a teploty).

Má-li být historické klima z jakéhokoliv důvodu změněno, hodnoty teploty a relativní vlhkosti by se měly měnit pozvolna tak, aby se materiál změnám mohl postupně přizpůsobit. Tyto pomalé změny takto nezpůsobí prudký nárůst napětí v materiálu a nevyvolají výrazně destruktivní dilatační posuvy. Při cyklických změnách v nedostatečně chráněných budovách (např. den/noc či léto/zima) dochází také k cyklické reakci slabého napětí. V těchto případech je nutné pozorně sledovat průběh změn v tomto cyklu, protože by i toto malé napětí mohlo v delším časovém úseku výrazně porušit artefakt.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> ČSN EN 15757. *Ochrana kulturního dědictví: Požadavky na teplotu a relativní vlhkost prostředí s cílem zamezit mechanickému poškození organických hygroskopických materiálů, k němuž dochází v důsledku klimatu.* Praha: Český normalizační institut, 2010, s. 9.



## 2.3 Výstavní část

Část objektu určená pro prezentaci uměleckých artefaktů divákům. Často bývá právě přilehlá k části depozitární, ale nebývá to nutným pravidlem. Vždy záleží na možnostech, směřování a funkci daného objektu. Výstavní část objektu může také být hlavní částí samostatné galerie, která nemá žádný depozitář a umělecká díla si tedy pouze externě pronajímá. Výstavní část také nemusí být nutně vně budovy, ale mohou jí být i některé prostory venkovní.

### 2.3.1 Vystavování artefaktu

Vystavování artefaktu znamená, že jeho povrch je vystaven po dlouhou dobu působení světla. Poškození způsobené světlem je navíc kumulativní. Proto se musí intenzita i doba působení světla na artefakt při jeho vstavení omezit na minimum. To je nutné zejména u nejcitlivějších předmětů, jako jsou moderní psací inkousty, kyselý dřevitý papír, barevné fotografie, kolorované tisky a kresby atd.<sup>13</sup>

Z pohledu vedoucího depozitáře a tedy osoby zodpovědné za stav uměleckých děl je na úsek výstavního prostoru kladen stejný požadavek jako na depozitární část objektu. Jedná se především dodržení vhodných klimatických podmínek, bezpečnostních pravidel, vhodně navržených krizových plánů, pravidel pro zacházení s artefakty. Z tohoto pohledu se tedy jedná o celek, u kterého je zapotřebí dostat doporučení a norem, které jsou pro tyto objekty stanoveny. Dodržení těchto stanovených předpisů je pro výstavní část o to těžší, že je zapotřebí artefakty zviditelnit po delší časový úsek divákům a je proto potřeba řešit kompromis mezi nastavením klimatu vhodného pro diváka a klimatu vhodného pro artefakt. A vždy když jde o kompromis, je nutné si uvědomit, že ideálnímu řešení se můžeme pouze přiblížit, ne ho dosáhnout. Je zřejmé, že vystavováním uměleckých artefaktů se díla znehodnocují více, nežli když leží uskladněná v depozitáři. To, jak často a jakým způsobem díla vystavovat, řeší vždy ředitel depozitáře společně s kurátorem dané

---

<sup>13</sup> ČSN ISO 11799. *Informace a dokumentace: Požadavky na ukládání archivních a knihovních dokumentů*. Praha: Český normalizační institut, 2006, s. 13.

výstavy. Někdy bývá přizván i odporník na klimatologii či jiný technik, který zabezpečuje vhodné klima výstavního prostoru.

Jako jedno z možných řešení, které doporučuje například výše citovaná norma ČSN ISO 11799 pro často vystavované artefakty, je prosté, ale často velice nákladné, nahrazení uměleckého artefaktu za faksimilní kopii, tak jak to známe např. z vystavování korunovačních klenot, či jiných vzácných památek, které přesahují peněžní hodnotu a stávají se hodnotami společenskými. Jejich poškození by tedy bylo nevyčísitelné, proto je vhodnější vytvoření kopie o stejné estetické hodnotě.

### **2.3.2 Pravidla při vystavování nebo zapůjčování archiválií k výstavám**

Potřebný souhlas k vystavování archiválií (nebo zapůjčení k výstavě) náleží vždy řediteli depozitáře. Tento souhlas je ale však podmíněn souhlasem a konzultací kompetentních osob z oboru restaurátorství a klimatologie. Je pravidlem, že žádost o vystavování archiválií by měl ředitel archivu obdržet alespoň 6 měsíců před zahájením výstavy. V opačném případě se žadatel (většinou kurátor) vystavuje nebezpečí, že požadované archiválie, které bude nutné před výstavou připravit či dokonce restaurovat, nebudou zapůjčeny.

Je časté, že na základě zasláné žádosti určí ředitel (vedoucí depozitního oddělení) pracovníka, který po odborné a organizační stránce bude zajišťovat výstavní akci nebo zápůjčku. Tento pracovník sám nebo ve spolupráci s dalšími odbornými pracovníky vybírá a shromažďuje archiválie požadované k výstavě, které posléze předá restaurátorům. Je to osoba zodpovědná za stav artefaktů během předávání na výstavu. Dále pak může zajišťovat zhotovení reprodukcí, včasné stanovení pojistných částek, připravuje smlouvu o výpůjčce, předává archiválie kurátoru výstavy a po ukončení výstavy zajišťuje předání archiválií zpět restaurátorům k závěrečnému posouzení stavu a předání do depozitáře.

V případě, že se archiválie zapůjčují k výstavě mimo budovu nebo úplně jinému subjektu, bývá zapotřebí stanovení přesných pravidel, za kterých bude dílo vystavováno.

Zodpovědná osoba z oboru restaurátorství podrobně posoudí fyzický stav požadované archiválie a na základě znalostí fyzického stavu, typu archiválie a vyhodnoceného dotazníku rozhodnou, zda a které z požadovaných archiválií budou vystaveny nebo zapůjčeny pro výstavní účely.

Archiválie by měly být před zapůjčením pojištěny. Při stanovování pojistné částky se přihlíží k historické a umělecko-řemeslné hodnotě archiválie a k nákladům na restaurování.

Bývá také zvykem, že v průběhu výstavy mohou kdykoliv vybraní pracovníci kontrolovat stav vystavených archiválií a dodržování požadovaných výstavních podmínek. Obdobně tak při instalaci zapůjčených archiválií a též při likvidaci výstavy. Může také být domluveno pravidelné kontrolování stavu artefaktu v předem určených intervalech.<sup>14</sup>

Po ukončení výstavy odpovědný pracovník zajistí, aby se všechny archiválie vrátily zpět do restaurátorského a konzervátorského oddělení, kde restaurátoři za účasti zástupce vypůjčitele posoudí jejich stav. Teprve potom mohou být archiválie vráceny do depozitářů.<sup>15</sup>

## 2.4 Speciální pracovny

Moderní projekty také oddělují laboratoře restaurování, prevence a kopírování od depozitářů a od prostor, kde se normálně vyskytují návštěvníci. Tak se činí především kvůli specifickým požadavkům pro klimatologické systémy a kvůli rizikům bezpečnostním.

Jedná se především o **restaurátorské, konzervátorské, kunsthistorické** a jiné **speciální** badatelské pracovny.

Jako takové, spadají restaurátorské a konzervátorské pracovny do míst, kde se nejčastěji pracuje na odstranění dopadů špatného uskladnění nebo zacházení s uměleckými artefakty. Právě zde sídlí největší část odborníků na „zacházení s uměleckými artefakty“. Proto bývá časté, že právě tito lidé také doporučují limity i pro tyto prostory. Protože i v období, kdy je artefakt přemístěn do restaurátorské dílny nebo kamkoliv, kde je delší časový úsek, mělo by být jeho historické klima co nejpřesněji zachováno. Stejně tak, jak to platí pro přepravu nebo uložení v depozitáři.

---

<sup>14</sup> *Zásady vystavování archiválií v Národním archivu v Praze.* [online], s. 2-3.

<sup>15</sup> *Zásady vystavování archiválií v Národním archivu v Praze.* [online], s. 2-3.

Mezi speciální prostory mohou být zařazeny pracovna pro badatelskou činnost nebo speciální kunsthistorické pracovny. Je velkou výhodou, když depozitář vlastní i takovéto speciální dílny a laboratoře. Zde totiž bývá pravidlem, že jsou místnosti vybaveny možností dynamické změny klimatu ve větším rozsahu, než bývá pravidlem v jiných částech objektu depozitáře, tak aby na zde prováděné práce bylo možno reagovat s dostatečnou rychlostí. A především, pokud jsou tyto objekty přilehlé k úseku depozitáře, výrazně odpadají problémy s tranzitem a vyrovnáváním klimatu.



*Obrázek 5: Konzervátorská dílna Národní historické galerie v Chicagu*

Je zapotřebí počítat s tím, že právě některá bezpečnostní rizika bývají vyšší než kdekoliv jinde v cyklu uměleckého artefaktu. Např. riziko požáru je v těchto laboratořích značně vyšší, což vyplývá z podstaty práce, která se zde provádí. Z toho důvodu jsou nejen fyzicky odděleny, ale mají oddělený ventilační systém a mají mít speciální explozi odolné skladovací kontejnery (skříně) pro různé chemikálie používané v laboratoři. Ve většině zemí se vyvinuly předpisy omezující množství výbušných a hořlavých chemikálií, které mohou být skladovány na jednom místě a specifikující, jakým způsobem mají být

chemikálie uloženy. Prostory laboratoří musí mít požární stěny schopné odolat požáru, který zde může vzniknout a zabránit jeho rozšíření do ostatních částí budovy.

Z praktického hlediska se zdá být rozumné rozdělit laboratorní úsek na několik menších místností než na jednu nebo dvě velké místnosti, kde se provádějí všechny laboratorní procesy. To také umožňuje vytvořit v každé pracovně individuální klimatické podmínky, pro druh artefaktu, s kterým se zde pracuje. Vyšší počet laboratorních místností poskytuje zásadně větší možnost omezit požár na jednu místnost, a tak omezit škody. Je vhodné umístit tyto místnosti do spodních nebo podzemních pater budovy. Není zapotřebí, aby byly nablízku běžnému návštěvníkovi a v případě požáru takto umístěné pracovny s největším rizikem požáru usnadňují evakuaci osazenstva a zásah hasičů.<sup>16</sup>

## 2.5 Kanceláře

Pracovní místnosti zaměstnanců depozitáře a galerie se dají souhrnně nazývat kanceláře. Není na ně kladen žádný speciální požadavek. Pouze je vhodné umístit tyto prostory mimo vlastní prostor depozitáře tak, aby se do speciálních prostor depozitáře vstupovalo pouze naprosto minimálně.

Na místnosti počítačů jsou kladeny vyšší projekční a stavební požadavky. Podlahy a stěny musí být z nehořlavých materiálů a musí být stavěny za použití technik odolných proti ohni. Tradičně splňuje tyto požadavky železobeton. K izolaci počítačových ústředí jsou používány požární stěny. Ústředny jsou většinou stavěny tak, že prostory jsou vodotěsné, čímž se zabraňuje poškození počítačů vodou použitou při hašení požáru v jiných částech budovy. Kvalitní tepelná izolace místností zajišťuje, že teplota během požáru v nich nestoupne o více než o 50 °C nad teplotu na počátku požáru.

---

<sup>16</sup> *Závěrečná zpráva grantového úkolu: Ochrana archivních materiálů před živelnými pohromami v síti archivů české republiky.* Státní ústřední archiv v Praze. Praha, 2004. Dostupné z: [http://web.nacr.cz/soubory/zivelnipohromy\\_opt.pdf](http://web.nacr.cz/soubory/zivelnipohromy_opt.pdf), s. 93.

## 2.6 Zázemí pro veřejnost

Prostory **zázemí pro veřejnost** jsou především myšleny prostory šaten, prostory se skřínkami na umístění cenností a prostory pro vlastní nákup vstupenky do galerie. Čím dál častější, bývá kombinování prostoru na prodej lístků s další výtěžnou činností, nejčastěji s prodejem knih zaměřených na umění a jiných uměleckých předmětů (tyto prostory bývají běžně nazývány art-bookshop). Každý z těchto prostor se řídí standardními předpisy pro daný prostor. Nejsou na ně kladena žádná speciální nařízení vztahující se na objekty depozitáře a galerie. Co je společné pro všechny tyto prostory, je nezbytné zamezení pronikání akustického hluku z okolních prostor přilehlých ke galerii (a to také kročejového hluku). Dále zamezení pronikání odlišného klimatu do speciálně navržených prostor pro vystavování uměleckých artefaktů.

## 2.7 Hygienické prostory a úklid

Jedná se o prostory toalet, umýváren, prostory pro uskladnění úklidových potřeb případně sprch. Tyto prostory jsou naprosto standardní a řídí se tedy standardními předpisy pro daný prostor. Nejsou na ně také kladena žádná speciální nařízení vztahující se na objekty depozitáře a galerie. Pokud jsou některé z těchto prostor umístěny přímo v prostorách se zvýšenými klimatickými parametry (např. galerie), je nezbytné dodržet tyto zvýšené normy. Jde především o dodržení vysokých hygienických a tepelně-akustických nároků. Pokud to je ale technicky možné, je doporučeno umístění hygienických a úklidových prostor mimo úseky s takto zvýšenými hygienickými či tepelně-akustickými nároky.

## 2.8 Technické zázemí

Novodobé realizace depozitářů a galerií bývají často podstatně závislé na technickém vybavení sofistikovanými zařízeními. Jedná se především o zařízení na tvorbu a úpravu klimatu pomocí vzduchotechnického systému a zázemí pro vytápění. Tyto vyspělé systémy potřebují samostatné prostory pro umístění svých hlavních částí (jader systému). Do těchto prostor se mohou také umísťovat některé z částí pro elektrorozvod či bezpečnostní prvky. Při návrhu rozmístění těchto prostor je nezbytné věnovat zvýšenou pozornost vhodnému návrhu akustických limitů pro šíření hluku z těchto technických zařízení do okolních prostor. Je doporučeno, aby centrální technická místnost byla umístěna mimo vlastní objekt depozitáře nebo alespoň v jiném požárním úseku.

### 3 TECHNICKÉ A TECHNOLOGICKÉ POŽADAVKY

Tato kapitola popisuje a vysvětluje, jaké podstatné požadavky jsou nutné pro speciální prostředí galerie a depozitáře. Také popisuje, proč je vhodné tyto požadavky dodržet. Vysvětluje, proč právě požadavky na teplotu, vlhkost, světlo, akustiku a celkovou kvalitu vnitřního ovzduší jsou velmi důležité.

V případě galerií se také často stanovují požadavky na technický návrh s vysokým ohledem na estetický dopad takovýchto řešení.

Tým zodpovědných odborníků se snaží vytvořit celiství projekt depozitáře tváří v tvář obrovskému množství uměleckých artefaktů a ohromné snaze zachovat tyto cenné relikvie tak, jak byly původně zhotoveny. Při stanovení těchto návrhových podmínek musí vždy tým odborníků rozhodnout přesné specifikace na návrh, a to také z pohledu ekonomického i ekologického. Jedná se totiž často o vysoké nároky na technické vybavení, které spotřebovává nemalé objemy energie.

Pro návrh takovýchto požadavků je podstatné pochopení individuálních mechanismů vlivu klimatu na umělecký artefakt. Je nutné si uvědomit, že se vždy jedná pouze o zmírnění vlivu těchto faktorů ovlivňujících prostředí (tzv. environmentálních faktorů) a ne trvalé zastavení.

Uznání a pochopení účinků polutantů prostředí a vlivu environmentálních faktorů na materiály uměleckých děl se přikládá větší význam až relativně nedávno. Je to proto, že výsledné škody na materiálech probíhají většinou velice pozvolna a ve většině případů je obtížné přiřadit ke konkrétnímu faktoru konkrétní změny a ty upřednostňovat před ostatními. A také protože "přirozené" stárnutí materiálů bylo považováno za více či méně nevyhnutelný proces. Až ruku v ruce s poznáním o ochraně životního prostředí a veřejného zdraví lidí sílilo poznání o účincích znečišťujících látek a vlivu klimatu na materiály. Název specializovaného oboru a zaměření na pochopení takovýchto vlivů, vykrytalizované v rámci šíření informací, publikování a pořádání konferencí se nazývá **preventivní konzervace**.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> ICOM 14TH TRIENNIAL MEETING THE HAGUE. *Preprints 2005: 14th triennial meeting*. Paris: International Council of Museums, 2005. ISBN 18-440-7253-3, s. 591-602.



Důležité je předestřít, že se vždy jedná o komplexní práci kolektivu specialistů tak, aby byl vytvořen koncept požadavků, které jsou realizovatelné a zároveň celistvě pojmu životní cyklus uměleckého díla.

Preventivní přístup vyžaduje dlouhodobé plánování a zapojení kolektivu odborníků a techniků, aby bylo jasné, co je dostatečné a co nezbytné. Jedině tak bude možno vytvořit vhodné prostředí pro uchování uměleckých artefaktů pro další pokolení. Přesto bývají velice běžně k vidění objekty, které přežily tisíce let, jen aby byly zničeny během krátkého pobytu v nevhodném reaktivním prostředí. Právě pochopení, že objekt může být kompletně zničen, aniž by se ho někdo dotkl, zdůrazňuje nutnost přijetí těchto tzv. preventivních opatření.<sup>18</sup>

### 3.1 Umístění budovy

Technická norma, která doporučuje specifika pro umístění stavby uchovávající umělecké artefakty **ČSN ISO 11799** a která rozvíjí **zákon č. 499/2004 Sb.**, o archivnictví a spisové službě, hovoří o tom, že by se stavba neměla navrhovat pro tato umístění:

- vystavované poklesům terénu nebo záplavám;
- obzvláště ohrožené zemětřeseními, přílivovými vlnami nebo sesuvy půdy
- ohrožené požárem nebo výbuchy z blízkých míst;
- blízko místa nebo budovy, které přitahují hlodavce, hmyz a další škůdce;
- blízko provozu nebo zařízení vypouštěcí škodlivé plyny, kouř, prach atd.;
- v obzvláště znečištěné oblasti;
- blízko strategické stavby, která by se mohla stát cílem útoku v případě ozbrojeného konfliktu;

Těmto situacím by se mělo zamezit nebo je minimalizovat již při plánování stavby, a to vhodným geologickým průzkumem nebo lokální obhlídkou.

---

<sup>18</sup> HATCHFIELD, Pamela. *Pollutants in the Museum Environment: Practical Strategies for Problem Solving in Design, Exhibition and Storage*. London: Archetype Books, 2002. ISBN 9781873132968, s. 2.

Jestliže není možné vyhovět těmto doporučeným požadavkům vhodným umístěním, je vhodné v konstrukci budovy provést speciální opatření k ochraně před uvedenými nebezpečími. Omezení škodlivých účinků působení slunečního světla a případnému využití světelné energie k ziskům, musí být věnována velká pozornost orientací a lokací stavby. Je také vhodné věnovat pozornost parkové úpravě a mikroklimatu stavebního pozemku a umístěním stavby na něm.<sup>19</sup>

Norma tedy především varuje před nebezpečími a živelnými pohromami. Je ale vhodné dodat, že umístění stavby bude velice výrazně ovlivňovat i možnosti plnění klimatických parametrů uvnitř stavby takového depozitáře. Proto je vhodné navrhovat umístění a celkové lokační podmínky s tímto zřetelem.

Z tohoto pohledu je nejideálnější umístění stavby pod povrch zeminy, a to ideálně pod nezámrznou hloubku. Tím by se zásadním způsobem minimalizovaly nároky na umělou tvorbu klimatu a omezení dopadajícího UV záření. Především by se tímto řešením celkově maximalizovala stabilita celého objektu (více v kapitole 3.4.2). Toto řešení má ale i své zásadní omezení. Jako nejpodstatnější bývá vnímáno omezení finanční, protože takovéto řešení obnáší zásadně vyšší počáteční náklady. Dále umístění depozitáře pod povrch obnáší vysoké nároky na kvalitu konstrukce takovéto stavby, především hydroizolací. A dále toto absolutistického řešení klade nemalé nároky na rozsáhlý systém vzduchotechniky takových prostor.

## 3.2 Konstrukce budovy

Jedná se o požadavky na konstrukční stavební a architektonické řešení skeletonu stavby. V prvé řadě se jedná o požadavek na návrh vhodné kapacity budovy depozitáře, který se odvíjí od konkrétního sbírkového fondu a finančních možností instituce, a to se zohledněním perspektivy růstu takového fondu.

Požadavek, který se odvíjí od předchozího, je vhodné navržení nosnosti podlah se zohledněním množství uložených artefaktů, které mohou mít značnou hmotnost. Vlastní

---

<sup>19</sup> ČSN ISO 11799. *Informace a dokumentace: Požadavky na ukládání archivních a knihovních dokumentů*. Praha: Český normalizační institut, 2006, s. 7.

zatížení podlah, založené na měrné hmotnosti a množství uložených materiálů, by mělo být vypočteno statikem.

Další stanovené požadavky se odvíjejí od technického řešení. Jedná se o požadavky na konstrukční vzduchotěsnost a prachotěsnost. Od technického návrhu se také odvíjí řešení klimatické stability stavby.

V zájmu bezpečnosti klimatické stability a také v zájmu ochrany archivních materiálů před působením škodlivého světla nemají mít úložné prostory žádná okna. Jestliže tam ale okna jsou, musí být upravena tak, aby nedovolovala vniku přímého denního světla a tím působení UV záření.<sup>20</sup>

Materiály použité pro všechny vnitřní povrchy musí být nehořlavé.

Další konstrukční požadavky, které se týkají také bezpečnostních požadavků, jsou uvedeny v následující kapitole 3.3.

### 3.3 Bezpečnostní požadavky

Projektanti musí dbát na zajištění únikových a záchranných cest z různých prostor budovy pro návštěvníky a pro personál. Tato práce se bezpečnostním pravidlům návrhu stavby zabývá pouze okrajově, protože se jedná o velice specifické požadavky mířené na konkrétního bezpečnostního odborníka. Přesto i tady je zapotřebí být si plně vědom jednoduché poučky: „**Bezpečnost lidí na prvním místě**“.

Počet a typ cest je určen příslušnými stavebními předpisy. Požadavky jsou většinou závislé na velikosti místa, které má být evakuováno, na počtu osob, které se nacházejí v prostoru, na typu hasicího systému použitého v budově, na typu stavebního materiálu atp. Únikové a záchranné cesty musí zajistit při ohrožení bezpečný odchod přítomných osob z budovy.

Někdy evakuační předpisy vyžadují, aby každá zóna v budově, kde se shromažďuje významný počet osob, byla vybavena dvěma evakuačními cestami se dvěma východy. Umístění východů musí zajistit, aby se evakuační cesty navzájem nekřížily. Místnosti a

---

<sup>20</sup> ČSN ISO 11799. *Informace a dokumentace: Požadavky na ukládání archivních a knihovních dokumentů*. Praha: Český normalizační institut, 2006, s. 8.

chodby musí být dostatečně široké (minimálně 1,1 m) a přímé, což umožňuje evakuačnímu personálu mít přehled o evakuaci a požárníkům s jejich vybavením dosáhnout snadno místa požáru. Požadavek na východy s nezávislými evakuačními cestami pomáhá architektům stanovit velikost a umístění studoven. I když návštěvnost se velmi mění v závislosti na ročním období, na výstavách a na jiných speciálních událostech, při plánování kapacity východů by měl být uvažován maximální počet lidí, který je možno očekávat v budově v daném čase. Chodby sloužící pro evakuační cesty nesmí být zaplňovány zbytečnými hořlavými předměty, jako jsou skříně s méně významnými dokumenty, zásobami papíru atp. Nesmí na nich být umístěny kopírky či jiná podobná zařízení. Tyto přístroje zužují chodby a omezují tak průchodnost prostoru a mimo to např. zásoby papíru zvyšují riziko požáru. Konkrétně kopírky musí být umístěny do samostatné místnosti, která je vybavena požárně odolnými dveřmi.<sup>21</sup>

Některé projekty archivních depozitářů zahrnují výstavbu toboganů, kterými mohou být při požáru rychle evakuovány dokumenty a knihy. V každém poschodí by měl být poklop, který umožňuje přístup na tobogan a evakuaci materiálu z jednotlivých poschodí. Konec toboganu musí být snadno přístupný pro personál a nákladní vozy tak, aby materiál mohl být naložen a odvezen do bezpečí. Je-li evakuace materiálu součástí plánu požární ochrany archivu, jsou tobogany významným prvkem projektu vzhledem k tomu, že výtahy jsou při požáru vypínány a schodiště jsou především používána pro evakuaci personálu a návštěvníků a pro pohyb hasičů.

Mezi další bezpečnostní požadavky patří zpracování **požární dokumentace, rozdělení prostoru na požární úseky** (dle ČSN 73 0802), vybavení budovy **elektronickou požární signalizací** a ručními **hasicími přístroji**, a aby v prostorách pro uložení archiválií byly pouze práškové hasicí přístroje.<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> Závěrečná zpráva grantového úkolu: *Ochrana archivních materiálů před živelnými pohromami v síti archivů české republiky*. Státní ústřední archiv v Praze. Praha, 2004. Dostupné z: [http://web.nacr.cz/soubory/zivelnipohromy\\_opt.pdf](http://web.nacr.cz/soubory/zivelnipohromy_opt.pdf), s. 93.

<sup>22</sup> Česká republika. Zákon 499: o archivnictví a spisové službě a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů č. 309*. 2004, roč. 2009, 93. Dostupné z: <http://www.cesarch.cz/legislat/2004-499.htm>, s. 4419.

Východové dveře únikových cest ústící na volné prostranství, které jsou běžně nepoužívané, musí být konstruovány takovým způsobem, aby mohly být snadno otevřeny.<sup>23</sup>

Všechny konstrukce stavby by měly být navrženy tak, aby zabránily šíření požárů (či vody) z místa vzniku do jiného požárního úseku. Doporučená minimální požární odolnost je dvě hodiny. Dveře musí být samouzavírací a při běžném provozu automaticky zavřené. Tam, kde by bylo nutné při běžném provozu nechávat dveře otevřené, musí být dveře vybaveny samouzavíracím mechanismem, který se spustí při detekci požáru. Je doporučeno nepoužívání dveřních prahů, pokud to není vysloveně nezbytné (např jako ochrana před zaplavením). V případě použití prahů je vhodné osadit také nájezdy.

Podlahy vnitřních pater ve víceposchodovém depozitáři mají být vodovzdorné.

Materiály použité v úseku pro uskladnění uměleckých artefaktů by měly být z nehořlavých látek a nesmí uvolňovat, přitahovat nebo zadržovat prach. Rovněž tyto materiály nesmí v případě požárů nebo při dlouhodobém užívání uvolňovat látky škodlivé pro uložené materiály (např. kyselé plyny). Výběr materiálů musí minimalizovat dopad uvolňování škodlivých látek, kouře a sazí.

Jako doporučený zdroj informací o testech materiálů jsou tyto publikace:

**National fire protection association – Standard 255:** Standard method of Test of Surface Burning Characteristics of Building Materials

**American Standard Test Method - Designation E 84:** Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials

---

<sup>23</sup> ČSN ISO 11799. *Informace a dokumentace: Požadavky na ukládání archivních a knihovních dokumentů*. Praha: Český normalizační institut, 2006, s. 7.

### 3.4 Mikroklimatické požadavky

Depozitní systémy mohou být od nejjednodušších, např. přímo na místě vyráběné obaly, až po složité na míru připravené instalace, ale v zásadě mají vždy stejnou funkci: **izolovat materiál sbírek od světla, prachu, sousedních škodlivých materiálů a také je ochránit od prostého poničení při špatné manipulaci**. Zároveň je již všeobecně známo, že poškození materiálů sbírek je možné omezit a zpomalit pomocí vhodných podmínek jejich uložení. V případě depozitářů, kde jsou předměty uchovávány dlouhodobě, jsou většinou nejdůležitějšími parametry klimatu **relativní vlhkost a teplota vzduchu**. Udržovat zcela přesně konkrétní doporučenou hodnoty těchto parametrů by mnohdy znamenalo značné finanční nároky na úpravy stávajících prostor. Pokud je v objektu problematické dosažení těchto konkrétních podmínek, stává se, že je systém nestabilní a dochází k jeho častým výpadkům a výkyvům teploty a relativní vlhkosti. Protože k největším škodám dochází, pokud se teplota nebo relativní vlhkost náhle výrazně mění, mnohdy opakovaně, je vhodnější najít takové podmínky, které v daném prostoru dokážeme udržet dlouhodobě stabilní, byť nebudou zcela přesně odpovídat doporučeným hodnotám. Nicméně kromě teploty a relativní vlhkosti vzduchu nelze opomenout ani **znečišťující látky** přítomné v ovzduší a **druh a intenzitu osvětlení**.<sup>24</sup>

Je-li materiál vyjímán z uložení ve výrazně jiném prostředí (např. ze sklepů o nízkých teplotách), než bude dále dlouhodobě uchováván, musí být vhodně aklimatizována, aby se předešlo pohybům materiálů při roztahování či smršťování. V tomto případě, musí být navržena speciální místnost, která umožní pozvolné změny prostředí. Také pro tyto účely lze použít speciálních klimatizovaných boxů, které dokáží pozvolna měnit parametry svého prostředí.

Zvláštní pozornost je třeba věnovat nebezpečí spojenému s dosažením teploty rosného bodu přímo na povrchu artefaktu při transportu.

---

<sup>24</sup> Koroze a degradace materiálů: kapitola 3.7 Zásady preventivní péče v depozitářích. DOUBRAVOVÁ, Kateřina. *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. Ústav chemické technologie restaurování památek, 2006, s. 91.

### 3.4.1 Teplota a vlhkost

**Teplota** ovlivňuje **relativní vlhkost** vzduchu. Zvyšuje-li se teplota, aniž by se zvlhčoval vzduch, relativní vlhkost klesá. Zvýšení teploty urychluje degradační a korozní procesy a do určité hranice zvyšuje biologickou aktivitu mikroorganismů. Změna teploty také vyvolává změny rozměrů předmětů (závisí na koeficientu teplotní roztažnosti). V případě materiálů, které obsahují vlhkost, jako dřevo, papír, kosti, slonovina, atp., můžeme tyto změny zanedbat, protože bobtnání způsobené sorpcí vody je významnější. Za předpokladu, že není udržováno konstantní RH, může zvýšená teplota u některých materiálů (dřevo, papír, živočišné kůže a kůže) způsobit křehnutí. Pro křehké kompozitní objekty, které vodu neabsorbují, může být významná změna teploty nebezpečná.

#### Teplota

Pro depozitáře jsou vhodnější nižší teploty (13-18°C), pro uložení fotografických materiálů ještě méně. Musí se ale dbát na udržení konstantní RH, pokud ne, snížení teploty vyvolá zvýšení RH a může dojít až ke kondenzaci vody na povrchu předmětů. Stejně by se mělo zabránit kondenzaci vody na povrchu studených předmětů přenášených do teplého prostředí a průniku vlhkého teplého vzduchu do chladných prostor, kde by voda mohla opět kondenzovat na povrchu studených objektů.<sup>25</sup>

Při návrhu je vhodné respektovat normové hodnoty v ČSN ISO 11799 (viz *Tabulka 1*). Speciální kategorii tvoří filmové materiály, které vyžadují výrazná specifika pro konkrétní typ materiálu. Tato práce je zaměřena na uchování papírových artefaktů, proto těmto specifickým materiálům nebudu věnovat bližší pozornost. Celá tabulka doporučených hodnot pro různé materiály je umístěna na konci práce v příloze P I.

Organizace ICOM (Mezinárodní muzejní rada), která je považována za stěžní instituci pro představování nových poznatků a prezentování vhodných opatření, doporučuje pro dlouhodobé uskladňování papíru teplotu **19±1°C** při relativní vlhkosti **55±5%**.

---

<sup>25</sup> Koroze a degradace materiálů: kapitola 3.7 Zásady preventivní péče v depozitářích. DOUBRAVOVÁ, Kateřina. *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. Ústav chemické technologie restaurování památek, 2006, s. 91.

Doporučení této organizace bývají stěžejní pro návrh klimatu prostředí depozitářů po celém světě a většina muzeí, galerií, depozitářů a archivů tyto hodnoty respektuje.

Dále je při návrhu možné čerpat z volně dostupné publikace **NPS Museum Handbook** Washingtonské organizace Museum Management Program. Ta doporučuje pro uskladnění papíru teplotu  $18 \pm 1^\circ\text{C}$  při relativní vlhkosti  $40 \pm 5\%$ .

Vážená organizace **ASHRAE** (Americké asociace pro vytápění, chlazení a klimatizace) pro prostory depozitářů pro uložení papírových cenností stanovuje hodnoty teploty  $18 \pm 1^\circ\text{C}$  při relativní vlhkosti  $50 \pm 5\%$ .

*Tabulka 1: Doporučené podmínky pro dlouhodobé uložení archivních materiálů*

Typ materiálu	Teplota			Relativní vlhkost		
	min.	max.	přípustná denní změna	min.	max.	přípustná denní změna
<b>Papír, optimální ochrana</b>	2	18	$\pm 1$	30	45	$\pm 3$
<b>Papír, úseky manuálního ukládání</b>	14	18	$\pm 1$	35	50	$\pm 3$
<b>Pergamen, kůže</b>	2	18	$\pm 1$	50	60	$\pm 3$
<b>Gramofonové desky</b>	16	20	$\pm 2$	30	40	$\pm 5$
<b>Magnetofonové pásky</b> (jedna z následujících možností)	8	11	$\pm 2$	15	50	$\pm 5$
	8	17	$\pm 2$	15	30	$\pm 5$
	8	23	$\pm 2$	15	20	$\pm 5$
<b>Optické disky</b>	- 10	23	Nejsou údaje	20	50	$\pm 10$

### Vlhkost

Měřítkem vlhkosti vzduchu je hmotnost vodních par obsažených v daném objemu vzduchu ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) neboli absolutní vlhkost vzduchu. Tento údaj ale není zcela vyhovující, neboť teplý vzduch může obsahovat větší množství vodní páry než studený. Proto se běžně používá parametr relativní vlhkosti vzduchu (%), který udává vztah mezi množstvím páry v daném



objemu vzduchu (h) a maximálním množstvím vodní páry, které může při dané teplotě obsahovat.

Doporučené hladiny RH (někdy také RV) závisí na druhu sbírek. V optimálním případě by měly být všechny hladiny udržovány v rozsahu 5% a v žádném případě by neměly být vyšší než 64% a nižší než 40%. Výjimkou jsou sbírky obsahující kovy, pro které je vhodná spíše RH nižší než 40%. Všechny materiály, které obsahují vodu, reagují na změny množství vody ve vzduchu (na RH). V suchém prostředí vodu ztrácejí a ve vlhkém zase absorbují, což je doprovázeno jejich smršťováním a bobtnáním. Vysoká RH může vyvolat změny rozměrů, urychlit chemické degradační reakce, podpořit mikrobiální činnost (růst plísní se objeví na většině organických materiálů, jakmile je  $RH > 65-70\%$ ). V našich zeměpisných šířkách je hlavním problémem velmi nízká RH během zimních měsíců, kdy se k vytápění používá ústřední topení.

### 3.4.2 Stabilita

Ostré výkyvy teplot a relativní vlhkosti působí na deponitní materiál velice nepříznivě a mělo by se jim proto předcházet. Dá se konstatovat, že pro většinu archivního materiálu je daleko destruktivnější právě výkyv hodnot než jejich trvalé překročení.

Proto je při návrhu klimatu prostředí deponitáře doporučeno věnovat právě jejich stabilitě největší pozornost. Cílem návrhu musí být dosažení co možná nejstabilnější teploty a relativní vlhkosti v mezích technické realizovatelnosti. A to i třeba na úkor mírného překročení některých z doporučených hodnot.

Výkyvům hodnot by se mělo předcházet s ohledem na vyváženost všech rizik i výhod daného objektu a na přiměřenost nákladů. Hodnoty by měly být v prostoru co možná nejvíce homogenní.

- Neměly by se zde vyskytovat strmé gradienty hodnot ani rozdíly mezi různými částmi prostoru.
- Neměla by se zde umísťovat zařízení pohlcující nebo odvádějící teplo a vlhkost.

### 3.4.3 Biologická čistota

Výskyt mikroorganismů v prostorách depozitáře či galerie, především pak plísní, souvisí vždy s nevyhovujícími klimatickými podmínkami, tj. s vysokou nebo kolísavou relativní vlhkostí prostředí a teplotou. Výskyt hmyzu a hlodavců potom i s nízkou hygienou prostředí či špatným technickým návrhem. Je třeba věnovat této problematice zvýšenou pozornost.

### 3.4.4 Čistota ovzduší

Znečištění ovzduší se stalo vážným problémem archivních depozitářů až od počátku dvacátého století. Znečištěné ovzduší má přímou souvislost s životem velkoměst, jejich nadměrnou automobilovou dopravou a rozvojem průmyslových aglomerací.

Globální atmosféra je ohrožena pevnými prachovými částicemi, emisemi síry, emisemi NO<sub>x</sub>, ozónem, těkavými organickými látkami, kyselými dešti a emisemi CO<sub>2</sub>. Zdroje znečištění jsou přírodní i antropogenní.

Pro čistotu ovzduší platí následující doporučení:

- skladovat papír při relativní vlhkosti maximálně do 50 %, aby se snížila reaktivita vzdušných polutantů
- optimální skladování papíru je v klimatizovaném prostředí se sníženou úrovní vzdušných polutantů s předcházející neutralizací kyselého papíru. Jedná se o finančně náročné řešení, které si nemohou všechny instituce dovolit. Pro tyto instituce se doporučuje skladovat papír v alkalických archivních krabicích nebo obalech, případně použít obalový materiál s účinnými absorbéry.

Limitní hodnoty znečišťujících látek ve vzduchu: **oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>) < 5 až 10 ( $\cdot 10^{-9}$ )**, **oxid dusíku (NO<sub>x</sub>) < 5 až 10 ( $\cdot 10^{-9}$ )**, **ozón (O<sub>3</sub>) < 5 až 10 ( $\cdot 10^{-9}$ )**, **kyselinu octovou < (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>COOH) < 4 ( $\cdot 10^{-9}$ )**, **formaldehyd (HCHO) < 4 ( $\cdot 10^{-9}$ )** a látky prachových částic (**PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>**) včetně spór plísní < **50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

### 3.4.5 Požadavky na osvětlení

Jedním z nejsložitějších problémů při osvětlování výtvarných děl a jiných uměleckých předmětů (dále exponátů), jež bývají jak z anorganických, tak organických látek, je sladění požadavků na vhodné osvětlení z hlediska uživatelů, tj. návštěvníků a pracovníků uvedených institucí, s požadavky ochrany exponátů před možným poškozením světlem, přesněji řečeno optickým zářením. Osvětlení v těchto interiérech jak denním, tak i umělým světlem představuje zpravidla kompromis mezi těmito požadavky.

**Světlo** – především jeho ultrafialová složka – patří mezi významné faktory způsobující degradaci archiválií. V depozitářích tento problém není aktuální, protože archiválie jsou – resp. by měly být – uloženy ve tmě. Do kontaktu se světlem přicházejí při jejich studiu ve studovnách a především při výstavách. Archivní materiály jsou z hlediska chemického složení materiály převážně organického původu, které jsou k světelné energii velmi citlivé, a jsou proto v různé míře poškozovány. Z toho důvodu musí být jejich osvětlení při výstavách vždy pečlivě zváženo. Je nutné si uvědomit, že rozhodnutí vystavit dílo a osvětlit jej znamená automaticky akceptovat jeho poškození. Úspěšné vystavení, které by nevedlo k poškození objektů anebo by toto poškození minimalizovalo, umožní pouze projekt osvětlení zpracovaný na základě současného vědeckého poznání, jeho následné pečlivé technické provedení a dodržení.<sup>26</sup>

Škody způsobené světlem jsou kumulativního typu. Pravidlem je, že je-li nějaké místo osvětlováno dvěma lampami namísto jedné, projeví se poškození v polovině času. Znamená to tedy, že rychlost poškození světlem (fotochemická změna) je úměrná součinu intenzity osvětlení a době expozice. Tento součin udává veličinu, která se nazývá osvit a její jednotkou je luxsekunda nebo lépe megaluxhodina (Mlxh). I světlo o malé intenzitě může při dlouhodobém působení vyvolat vážné změny, především barevné vrstvy.

---

<sup>26</sup> *Závěrečná zpráva grantového úkolu: Vliv světla a ultrafialového záření na archivní dokumenty.* Státní ústřední archiv v Praze. Praha, 2004. Dostupné z: <http://web.nacr.cz/soubory/svetlo.pdf>, s. 6.

**Energie UV** záření je většinou měřena jako zářivý tok UV záření vztažený na jednotku světelného toku viditelného záření a udává se v jednotkách mikrowatty/lumen ( $\mu\text{w}/\text{lm}$ ).<sup>27</sup>

Intenzita, doba trvání a spektrální rozložení jakéhokoli osvětlení použitého v objektu depozitáře i galerie mají být v zájmu minimalizace škod řízeny a navrhovány s ohledem na umělecké artefakty.

Vlastní prostor depozitáře nesmí být osvětlen více, než je nezbytné pro vyhledání a vrácení artefaktu na původní místo, kontrolu místnosti a úklid.

Pro kontrolu místnosti a úklid se navrhuje osvětlení o intenzitě okolo 200lx na úrovni podlahy.

Přímé denní světlo by mělo být vyloučeno.

V budovách, které nebyly původně budovány jako depozitář, ale byly pro tento účel technicky upraveny, musí být okna utěsněna nebo přinejmenším zacloněna závěsy, roletami nebo UV filtry na okenních sklech.

Podobné typy zaclonění se doporučují i pro výstavní prostory, studovny, čítárny a všechny ostatní místnosti, kde se mohou umělecké artefakty vyskytovat.

U materiálů citlivých na světlo je možno zamezit jeho dopad na předmět vhodným obalem. Výběr nutného osvětlení je ovlivněn, zejména nároky uskladněných předmětů – světlo o nízké intenzitě s odfiltrovanou UV složkou. V depozitářích není rovněž vhodné používat zařízení na hubení plísní či mikroorganismů pomocí UV záření.

**Podání barev** popisuje vliv spektrálního složení světla zdrojů na vjem barvy osvětlovaných předmětů. Vjem barvy předmětu je podmíněn jednak spektrálním složením záření zdroje, jímž je osvětlován a jednak spektrálním činitelem odrazu či prostupu daného předmětu. Dlouhodobý návyk člověka na barevný vzhled předmětů v podmínkách dlouhodobě využívaných zdrojů světla (denní přirozené světlo a žárovkové světlo) je příčinou toho, že za normální vjem barvy je považován vjem právě na denním, resp. žárovkovém světle. Proto při pozorování předmětů ve světle výbojových zdrojů (zářivky,

---

<sup>27</sup> Koroze a degradace materiálů: kapitola 3.7 Zásady preventivní péče v depozitářích. DOUBRAVOVÁ, Kateřina. *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. Ústav chemické technologie restaurování památek, 2006, s. 92.

kompaktní zářivky, halogenidové aj. výbojky) s odlišným průběhem spektrálního složení oproti zdrojům teplotním, může docházet ke zkreslenému vjemu barvy osvětlovaných předmětů. Člověk tedy podvědomě srovnává vjem barvy s vjemem ve světle obvyklých a jím dlouhodobě používaných světelných zdrojů.

Pro číselné hodnocení podání barev proto v souladu s doporučením Mezinárodní komise pro osvětlování (CIE) nejsou stanovena žádná psychosenzorická či psychologická hlediska. K číselnému vyjádření jakosti podání barev se používá **index podání barev** světelných zdrojů, který vyjadřuje stupeň shody vjemu barvy předmětu osvětlovaného zkoušeným světelným zdrojem a vjemu barvy téhož předmětu osvětlovaného referenčním (smluvním) zdrojem světla.

Všeobecný index podání barev  $R_a$  může nabývat hodnot od 0 do 100. Ve světle teplotních zdrojů světla a na denním světle je barva předmětů vnímána nejvěrněji, čemuž odpovídá hodnota indexu  $R_a = 100$ .

Byla stanovena hodnotící stupnice dle kvality podání barev:

- 1A ( $R_a = 90$  až 100) jakost podání barev považované za velmi dobré
- 1B ( $R_a = 80$  až 90) jakost podání barev považované za velmi dobré
- 2A ( $R_a = 70$  až 79) jakost podání barev považované za dobré
- 2B ( $R_a = 60$  až 69) jakost podání barev považované za dobré
- 3 ( $R_a = 40$  až 59) jakost podání barev považované za méně dobré
- 4 ( $R_a = 20$  až 39) jakost podání barev považované za nejnižší

**Rovnoměrnost osvětlení** ( $r$ ) v místě zřakového úkolu se stanoví jako poměr nejmenší ( $E_{\min}$ ) a místně průměrné ( $E_p$ ) osvětlenosti ( $r = E_{\min} / E_p$ ). Při hodnocení rovnoměrnosti osvětlení v celém půdorysu prostoru se vychází z průměrné osvětlenosti celého prostoru a minimální osvětlenosti ve funkčně a zřakově významných místech.

Za nejnižší přípustné hodnoty rovnoměrnosti osvětlení se považují:

$r_{\min} = 0,65$  (1 : 1,5) pro trvalý pobyt osob

$r_{\min} = 0,40$  (1 : 2,5) pro krátkodobý pobyt osob

$r_{\min} = 0,10$  (1 : 10) pro občasný pobyt osob

Přehled výtvarných a uměleckých děl podle jejich citlivosti na optické záření, spolu s doporučenými hodnotami osvětlenosti zobrazuje *Tabulka 2*. Pro ostatní prostory, kde nedochází ke kontaktu s uměleckými exponáty, se běžně doporučuje celková úroveň osvětlenosti prostorů v rozmezí **400 až 500 lx**.

*Tabulka 2: Doporučené limitní hodnoty osvětlenosti exponátů z hlediska fotochemického poškození.<sup>28</sup>*

citlivost	Exponáty	Doporučené hodnoty osvětlenosti [lx]
nejméně	kámen, kov, sklo, malované sklo, šperky, keramika, smalt, minerály	<b>300</b>
středně	olejové a temperové malby, rohovina, kosti, slonovina, bezbarvé kůže, nábytek, ebonit, černobílé fotografie	<b>150 - 200</b>
vysoce	vodové barvy, oděvy, textilie, tapiserie, kresby, tisky, známky, manuskripty, miniatury, tapety, temperové malby, barevné fotografie a diapozitivy, přírodní exponáty, botanické exponáty, některé minerály	<b>50 - (100)</b>

Při návrhu osvětlení je vhodné respektovat následující normy:

- ČSN 36 0450: Umělé osvětlení vnitřních prostorů
- ČSN 36 0008: Oslnění, jeho hodnocení a zábrana

---

<sup>28</sup> Závěrečná zpráva grantového úkolu: *Vliv světla a ultrafialového záření na archivní dokumenty*. Státní ústřední archiv v Praze. Praha, 2004. Dostupné z: <http://web.nacr.cz/soubory/svetlo.pdf>, s. 64.

### 3.4.6 Akustické požadavky

Na akustiku prostor depozitáře a galerie nejsou vyžadovány žádné speciální technické požadavky. Je ale nezbytné, v rámci komfortu návštěvníků, zajistit odstínění hluku z technických zařízení. Dále je také vhodné věnovat pozornost technickým parametrům neprůzvučnosti stěn a kročejovému efektu, tak, aby bylo ve výstavních prostorách vytvořeno vhodné klidné prostředí pro vizuální zážitek.

## 3.5 Užívání prostorů

Prostory depozitáře s galerií by v první řadě měly být rozděleny na tzv. **prostory s přístupem veřejnosti** a **prostory bez přístupu veřejnosti** a dle toho dále vytvořeny specifika užívání. (více v kapitole 2). V depozitářích a prostorách, kde může dojít ke styku s uměleckými artefakty, je přísně zakázáno kouřit, pít a stravovat se. V depozitáři nesmí probíhat aktivity, které nesouvisí s ukládáním. Z bezpečnostních důvodů má být každý úsek depozitáře vybaven telefonními zásuvkami nebo jinými komunikačními systémy. Kdykoliv je to možné, je doporučeno využít tyto mezinárodní normy: ISO 18925, ISO 18923, ISO 18918, ISO 18920, ISO 18911 a ISO 12606

## 3.6 Čištění

Depozitáři, jeho větracím a klimatizačním systémům a veškerým přidruženým prostorům je zapotřebí věnovat speciální péči v rámci očisty prostorů. Důraz se klade na pravidelnost a ohleduplnost. Čisticí prostředky nesmí být v žádném případě škodlivé pro uložené materiály. Dokumenty získané čerstvě z vnějšího prostředí musí být před umístěním do depozitáře podrobeny podrobnému průzkumu, aby se předešlo zamoření prostorů. Jakýkoliv předmět podezřelý ze zamoření má být očištěn vhodnou dezinfekcí, stejně jako oblast uskladnění, kde bylo zamoření zjištěno. Čištění se musí provádět zařízeními vybavenými filtry pro zachycení houbových spór. Všechny metody dezinfekce používající chemikálie nebo zařízení mohou pravděpodobně poškodit právě dezinfikované artefakty, proto je jejich využití potřeba odborně zvážit.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> ČSN ISO 11799. *Informace a dokumentace: Požadavky na ukládání archivních a knihovních dokumentů*. Praha: Český normalizační institut, 2006, s. 12.

### 3.7 Uložení artefaktů

Tato kapitola dále rozšiřuje předešlé požadavky na vhodné prostředí pro uložení artefaktu, a to se zaměřením na specifika ochrany při skladování.

Všechny dokumenty musí být chráněny dle stupně jejich ochrany. Stupeň ochrany závisí na jejich stavu a způsobu užívání. Vhodně vyhotovené vazby a na míru zhotovené krabice poskytují artefaktu významnou ochranu před nepřiměřeným tlakem. Papír ochranného obalu, který je v přímém kontaktu s dokumentem, musí splňovat podmínky uvedené v ISO 9706. Ochranný materiál nesmí v žádném případě obsahovat změkčovadla ani uvolňovat kyselé nebo jinak škodlivé plyny.

Pro specifické uložení fotografických materiálů platí ISO 18902.

Žádný nenatřený kovový povrch nesmí být v přímém styku s uloženým předmětem. Nátěr nesmí být hořlavý, ani nesmí uvolňovat, přitahovat nebo zadržovat prach.

Knihy se musí standardně ukládat v poloze vzpřímené na svůj spodní okraj. Svazky o výšce přesahující 400mm se naopak musejí ukládat na svou plochu. Pokud jsou knihu umístěny jedna na druhou, je třeba brát v úvahu jejich hmotnost. Na svazek spodní nesmí působit nadměrný tlak. U knih a papírových artefaktů nemá vodorovné a vertikální zatížení jednotlivého předmětu přesáhnout 350Pa. Je také velice důležité, aby bylo možné snadno a nedestruktivně vyjmout jednotlivé artefakty a vrátit je bez problému na stejné místo.

Samotné listy (mapy, grafika, kresby, plakáty) musí být vždy velice dobře chráněny. Velké formáty je vhodné ukládat na plochu v ochranných schránkách, jako jsou krabice, zásuvky nebo na míru zhotovené úložné zašupovací prostory. Samotné listy velkého formátu nebo takové, které mohou být snadno poškozeny, mají být uvnitř schránky umístěny do zvláštních složek nebo lepenkových desek. Předměty, které pro svůj rozměr nemohou být uloženy do úschovných prostor, se mohou srolovat, ale to pouze pokud, je-li takový materiál dost silný, aby rolování bez problémů snesl.

Aby byl umožněn snadný přístup při běžném i nouzovém užívání a byla umožněna cirkulace vzduchu, měl by být mezi regály navzájem ponechán dostatečný prostor. Je-li z bezpečnostních důvodů přístup k regálům omezen, má se toho dosáhnout pomocí materiálů umožňující cirkulaci vzduchu, jako např. mřížemi nebo perforovanými deskami.



Aby bylo docíleno správného fungování předpokládané klimatické stability objektu (více v kapitole 3.4.2), nesmí být žádný nábytek depozitáře a ani jiný předmět umístěn do těsné blízkosti vnějšího zdiva. Mezi zdí a předmětem musí být min. 200mm mezera.

### 3.8 Zabezpečovací požadavky

Dle **Zákona č. 499/2004 Sb.**, o archivnictví a spisové službě se v rámci splňování bezpečnostních podmínek musí zajistit, aby budovy archivů (depozitářů) měly zpracovanou bezpečnostní dokumentaci, jejíž součástí musí být opatření proti vniknutí nepovolaných osob do archivních prostor, proti krádeži archiválií a proti teroristickým útokům. U specializovaných archivů a bezpečnostních archivů též opatření zajišťující objektovou bezpečnost. (více o využití Zákona č. 499/2004 Sb. pro depozitáře v kapitole 2).

Také jsou tímto zákonem pevně definovány požadavky na mechanická a elektronická zabezpečovací zařízení a jejich umístění na okna a dveře tak, aby byly na plášti budovy rozmístěny do výše druhého nadzemního podlaží nebo vyššího podlaží, do něhož by bylo možno vniknout z vodorovných prvků konstrukce budovy, a uvnitř budovy na všech místech, kde se stýkají prostory veřejnosti přístupné a veřejnosti nepřístupné.

Dále zákon definuje nutnost zajištění archivních prostor ochranným mechanickým a elektronickým zabezpečovacím zařízením proti přístupu nepovolaných osob a proti násilnému vniknutí. Konkrétně archivní prostory, v nichž jsou uloženy národní kulturní památky, by měly být nepřetržitě střeženy.

Možná Lehce doplnit ještě jiným zdrojem informací

## 4 TECHNICKÉ MOŽNOSTI ŘEŠENÍ

Tato kapitola dále rozvádí předešlou kapitolu 3 a to s hlubšími specifikami pro možnosti dodržení potřebných požadavků technických řešení. Navrhuje technická zařízení a technická řešení pro správné vytvoření prostředí pro uskladnění uměleckých artefaktů.

Tato technická řešení musí skloubit předešlé normové požadavky, ale také, a to především v případě galerie, musí často splnit nároky na nízký estetický dopad. Především v prostředí pro vystavování uměleckých artefaktů je nezbytné, vytvořit tzv. esteticky čisté prostředí, které bude co nejméně rušeno technickým vybavením takovýchto prostor.

### 4.1 Stavebně technická řešení

Stavebně technická řešení depozitáře s galerií konkrétně rozpracovává požadavky, které jsou uvedeny v kapitole 3.

Základní konstrukční řešení depozitářů by šlo rozdělit na dva druhy:

- vytvoří se návrh konstrukce z lehkých stěn, která bude velice pečlivě uzavřená a klima prostředí se bude vytvářet především umělým technickým způsobem. Dojde tak k úplnému uzavření objektu a zásadní závislosti na vyspělém technickém vybavení.
- nevyrhne se masivní stavba, ideálně zapuštěná v terénu, s těžkými konstrukčními prvky. Tato stavba nebude tak silně závislá na technickém vybavení, protože bude sama o sobě tvořit velice stabilní klimatologické prostředí. Budou na ni ale kladeny velké nároky na pečlivý stavebně-technický návrh a simulování průběhů teplot a vlhkostí v rámci změn venkovního klimatu.

Depozitář by měl být projektován tak, aby poskytoval správné a stabilní vnitřní prostředí, ideálně s minimální závislostí na mechanických systémech. Toho lze částečně docílit konstrukcí vnějších zdí, střechy a podlahy budovy z materiálů, které v maximální míře izolují interiér od vnějších klimatických změn.

Na stěny, podlahy a stropy uvnitř depozitáře mají být použity materiály, které mají velkou tepelnou kapacitu. Tam, kde relativní vlhkost dlouhodobě přesahuje doporučené hodnoty,

se rovněž doporučují stavební materiály s velkou hygroskopickou kapacitou (např. nepálená cihla).<sup>30</sup>

Pro takovéto specifické účelové budovy se v současnosti nejčastěji využívají železobetonové skeletové konstrukce s vícevrstevným obvodovým pláštěm, zajišťujícím stabilní tepelně-izolační vlastnosti.

Je zapotřebí věnovat náležitou péči samotnému rozvrstvení prostor do jednotlivých pracovních a komunikačních celků:

- příjímací prostory (manipulační prostor pro příjem sbírkových předmětů)
- pracoviště pro základní ošetření (např. konzervátorské pracoviště)
- pracoviště pro zpracování sbírek (badatelskou činnost)
- depozitáře (oddělené od ostatních prostor)
- výstavní prostory (např. galerie)
- ostatní prostory (kulturní sály, kasa, sociální zázemí apod.)

Konstrukční řešení musí odpovídat předpokládanému zatížení, které je podmíněno typem ukládacího depozitáře (u kovových pojízdných regálů se zohledňuje statické i dynamické zatížení).

Vyčlenění trezorové místnosti pro ukládání cenných sbírek, je-li zapotřebí.

Pečlivé zvážení klimatizačního systému se zvážением následujících bodů:

- začlenění do stavebního návrhu
- zvážení možností přirozeného větrání
- opatření pro případ výpadku
- členění do samostatných obvodů
- celkové ekonomické náklady

Je nutné zabránit vhodným stavebním řešením vniku přímého světla – např. depozitáře bez oken, popř. omezit intenzitu osvětlení a vlivu UV záření zastíněním (více v kapitole 3.4.5 a 4.5)

---

<sup>30</sup> ČSN ISO 11799. *Informace a dokumentace: Požadavky na ukládání archivních a knihovních dokumentů*. Praha: Český normalizační institut, 2006, s. 8.

Nezbytné také je navrhovat nekritičtější objekt, tedy samotný prostor depozitáře se zohledněním rizik např. průniku vody, proto by se depozitář neměl umísťovat pod pracovní či jinou místností, která znamená potenciální nebezpečí průniku vody.

Podlahy depozitáře by měly být především odolné, snadno udržovatelné, bezprašné, a neklouzavé (kámen, keramika, lité stěrky, beton - vakuovaný, leštěný, strukturovaný, pryskyřičné povrchy s tepelně izolační úpravou). Měly by být vyspádované se svodem do kanálu.

Povrchy stěn kritických úseků by měly být minerálního charakteru, prodyšné (vápenné a sádrové omítky). Nesmí se používat PVAC disperze.

Materiálům pro přímé uložení artefaktů se věnuje následující kapitola 4.2.

Jen pro doplnění:

- kovové posuvné kompaktní úložné systémy (regály, zásuvky, drátěné rošty apod.) jsou vhodné, vyžadují ale stálé klima, je nutné jištění předmětů proti vibracím, které mohou nastat při posunu
- pro obalové materiály používat materiály (platí obecně i pro nátěry, lepidla apod.), které neobsahují nízkomolekulární těkavé organické sloučeniny obsahující dvojnou c=c vazbu, především organické kyseliny (octová, mravenčí), aldehydy (formaldehyd acetaldehyd), pro uložení určitých druhů předmětů je možné volit nekyselá papírová obaly s alkalickou rezervou apod.
- používat korozivzdorná ocel, ocel s kvalitním tzv. vypalovacím lakem, eloxovaný hliník, měkké dřevo bez povrchové úpravy<sup>31</sup>

Kdykoliv je to možné, je vhodné používat doporučení mezinárodních norem: ISO 12606, ISO 18911, ISO 18925, ISO 18920, ISO 18923 a ISO 18918.

Pro technické řešení rozvodných sítí elektrické energie, plynu a zejména vody platí, že nesmějí být umístovány přímo v úseku depozitáře, pokud to není nutné pro zvláštní funkci přímo související s uloženými artefakty.

---

<sup>31</sup> OBECNÁ CHARAKTERISTIKA MUZEJNÍHO DEPOZITÁŘE. In: SELUCKÁ, ŠTĚPÁNEK a MRÁZEK. *Metodické centrum konzervace: Metodické pokyny* [online]. TMB MCK, 2011 [cit. 2013-04-19], s. 1-3.

## 4.2 Vhodné materiály

Udržování vhodných podmínek v bezprostředním okolí artefaktu, ve skříních a obalech, je velice podstatné pro dlouhodobé uchování uměleckého díla. Proto je vhodné v rámci tvorby klimatu vhodně navrhnout i veškeré použité materiály. Především pak ty, s kterými přichází artefakt do kontaktu. To jsou např. police, skříně, zásuvné systémy, nátěry a jiné. Jakým způsobem je možné tvořit vhodné prostředí ukazuje Obrázek 2. a Obrázek 6.

Materiály použité na výrobu nábytku a obalů by měly být vybírány tak, aby neuvolňovaly žádné škodlivé látky (viz Tabulka 3). Obaly pro uložení jednotlivých předmětů chrání předmět před usazováním prachu, před působením světla a zároveň částečně tlumí výkyvy relativní vlhkosti v okolí. Materiál obalu může obsahovat látky, které reagují s případnými kyselými zplodinami uvolňovanými předmětem (alkalická rezerva – uhličitán vápenatý nebo hořečnatý). Pro účinnější regulaci relativní vlhkosti v obalech a skříních je možno používat tzv. tlumící materiály (např. silikagel - komerční výrobek Artsorb, Airsorb). Speciální případ tvoří vzduchově uzavřené skříně se samostatnou tvorbou mikroklima navržené tak pro uchování konkrétních artefaktů. Silikagel může přijmout dostatečné množství vody, reaguje rychle na změnu vlhkosti a je chemicky inertní. Před použitím musí být upravován na požadovanou RH tím, že je vložen do klimatizační skříně, kde je udržován při požadované relativní vlhkosti nejméně 14 dní. Pokud je pak ale použit do netěsnící skříně nebo obalu, udržuje požadované RH pouze v případě, že odpovídá průměrné hodnotě RH okolí. Zpomaluje a zmenšuje výkyvy RH, ale nemůže trvale udržovat hodnotu vyšší nebo nižší. Je doporučováno na 1 m<sup>3</sup> objemu skříně nebo obalu 20 kg silikagelu. Pokud se objeví náhlý výkyv relativní vlhkosti, je třeba silikagel vyměnit za nový.



Obrázek 6: Ukázka uskladňovacího systému pro knihy

Tabulka 3: Vhodné materiály pro depozitáře<sup>32</sup>

použití	materiál
skříně	kovy povrstvené práškovými barvami, v případě vypalovacích alkydových a epoxidových nátěrů je nutné počkat 4 týdny, než je nábytek instalován, pokud není jiná možnost, dřevo vyzrálé (dlouhodobým uložením) vždy s povrchovou úpravou, nátěrové hmoty na dřevo s výjimkou olejových, alkydových, epoxidových, přičemž všechny použité nátěry musí vysychat 4 týdny, než je nábytek instalován, (úplně vynechat dub, cedr)
police, stěny, stropy	nátěrové hmoty na dřevo s výjimkou olejových, alkydových, epoxidových, přičemž všechny použité nátěry musí vysychat 4 týdny
podlahy	nátěrové hmoty na dřevo s výjimkou olejových, alkydových, epoxidových, přičemž všechny použité nátěry musí vysychat 4 týdny nebo více podle doporučení výrobce, nemělo by se používat linoleum, dřevotřískové desky, kyselé druhy dřeva
v kontaktu s artefaktem	fólie PE, nikoli polyuretanové nebo polyvinylchloridové, pH neutrální nebo tlumící (s alkalickou rezervou) papír, (předměty je možno takto oddělit od povrchově upravených polic až 4 týdny po aplikaci nátěru, pouze v případě práškových barev a vypalovacích laků po 1 dni)

---

<sup>32</sup> Koroze a degradace materiálů: kapitola 3.7 Zásady preventivní péče v depozitářích. DOUBRAVOVÁ, Kateřina. *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. Ústav chemické technologie restaurování památek, 2006, s. 98.

### 4.3 Bezpečnostní řešení

Ruku v ruce se stavebně technickým návrhem se vpracovává návrh bezpečnostní. Ten se zaměřuje na připravenost proti živelným pohromám, požárům, krádežím a vandalizmu.

Co má obsahovat krizový plán je přehledně definováno ve zmiňované normě ČSN ISO 11799.

Při návrhu hasicího systému je potřeba zvážit výhody, které nabízí hasicí zařízení samočinné. V depozitářích se ale připouští jak použití hasicích zařízení plynových tak vodních.

Při použití samočinných hasicích zařízení musejí být pravidelně kontrolovány a udržovány. Musejí být navržena tak, aby minimalizovaly škody způsobené na archivovaných materiálech jak požárem, tak i hašením.

Je dokázáno, že správně navržené, instalované a udržované sprinklerové zařízení způsobí mnohem méně škod než hasicí zařízení ruční.

Hasicí zařízení mlhová, jejichž využití pro prostory depozitářů je aktuálně předmětem zkoumání a testů, používají malé množství vody za velmi vysokého tlaku a mohou nabídnout podstatné výhody v porovnání s běžnými zařízeními sprinklerového typu. Hlavní přednost vody za velmi vysokého tlaku spočívá v tom, že jsou-li je zařízení správně dimenzováno, všechna uvolněná voda by se měla změnit v mlhu, po které nezůstává prakticky žádná zbylá kapalná voda. Dosud probíhá ale výzkum účinnosti těchto zařízení při použití ve velkokapacitních skladových systémech s kompaktními regály nebo v depozitářích s velmi vysokými regály, které bývají velice běžně používány a mohly by tak zásadně bránit průchodu vodní mlhy prostorem.

Tam, kde se instalují vodní hasicí zařízení, je nutné zajistit rychlý odvod vody ze všech chráněných prostorů. Šachty, schodiště a odpady mají mít takové uspořádání, aby voda vytékající z jednoho prostoru nemohla proniknout do jiného.<sup>33</sup>

---

<sup>33</sup> ČSN ISO 11799. *Informace a dokumentace: Požadavky na ukládání archivních a knihovních dokumentů*. Praha: Český normalizační institut, 2006, s. 9.

Tam, kde není možnost zavést samočinné hasicí zařízení, musí být instalována tato zařízení:

- hadicový naviják nebo hydrantové skříně. A to tak, aby všechny části budovy byly nejvýše 6m od proudnice plně rozvinuté hadice.
- systému hydrantů nebo stoupací nezavodněné požární potrubí na všech budovách vyšších než 30m nebo tam, kde má jedno podlaží plochu větší než 1000m<sup>2</sup>. Hydrant nebo stoupací nezavodněné požární potrubí musí být umístěno tak, aby umožňovalo hasičům udržovat tlak potrubí z vnější strany budovy.

Tyto systémy mohou také fungovat jako záložní k systému samočinnému.

Je vhodné navrhnout zařízení nebo stavebně technické řešení pro odsávání kouře.

Velice podstatné je, aby využitě přenosné hasicí přístroje byly vždy dostupné a to dokonce v případech, že je instalováno samočinné hasicí zařízení. Je zapotřebí, aby ruční hasicí přístroje byly rozmístěny na strategických místech. Zaměstnanci musejí být proškoleny ve správném používání takovýchto zařízení a v postupech stanoveného krizového plánu.

Je nezbytné vybavit budovu elektrickou požární signalizací připojenou na ústřednu požární signalizace. Takový systém musí automaticky signalizovat vznik požáru či kouře nebo dalších zplodin hoření. Samotné hlásiče teplot se nesmí instalovat pouze jako jediná metoda detekce. Výjimku tvoří pouze prostory, jako jsou provozní místnosti, tedy tam, kde by jiné detektory mohly být neúčinné nebo nevhodné. Všechny části budovy musí být vybaveny tlačítkovými hlásiči požáru, které mohou být využity kýmkoliv z přítomných osob k hlášení vzniku požáru.

Činnost systému elektrické požární signalizace musí obsahovat následující akce:

- lokální poplach na ústředně elektrické požární signalizace, udávající, kde byl zjištěn požár
- vypnutí speciálních technických zařízení jako jsou systémy klimatizace nebo vytápění
- samočinný přenos požárního poplachu na ohlašovnu požáru se stálou službou nebo na ohlašovnu jednotky požární ochrany
- všeobecný požární poplach v celé budově deponitáře

Dále je nezbytné vybavit ústřednu požární signalizace zařízením na monitoring všech komponent systému, kde bude vizuálně zobrazen jejich stav. Ústředna musí být umístěna



na ohlašovně požáru se stálou obsluhou nebo obsluhou alespoň v době, kdy jsou v depozitáři zaměstnanci nebo je galerie otevřena pro veřejnost.

Zařízení pro řízení teploty, vlhkosti, systémy filtrace vzduchu a větrání musejí být připojeny na centrální provozní místnost. Tato místnost nesmí být ve stejném požárním úseku jako depozitní oblast a má být, pokud je to možno, ve zvláštní budově.

Pro systémy odstraňování kouře především platí, že musejí odčerpávat kouř ze schodišť, která jsou používána k evakuaci personálu z budovy a z chodeb. Musí pracovat i během požáru, tedy i v době, kdy jsou ostatní zařízení vypnuta. Dobře uzavřená schodiště, vybavená proti kouřovými dveřmi, brání rozšíření ohně, kouře a tepla z jednoho poschodí do druhého. Šachty osobních a nákladních výtahů a všechny ostatní vertikální otvory ve stropě stavby musí být rovněž chráněny.

Systémy pracující se vzduchem (ventilace, vytápění a chlazení) musejí být stavěny tak, aby jejich potrubí neumožňovala průchod kouře, tepla a ohně z jednoho prostoru do druhého a z jednoho poschodí budovy do druhého.

Při navrhování, instalaci, provozu, údržbě a opravách některého z bezpečnostních řešení depozitáře a galerie je vhodné řídit se národními předpisy o požárním poplachu. Jako jsou **ČSN 73 0875**, **ČSN 34 2710**, **ČSN EN 54-1 až 14**.

#### 4.4 Technické řešení tvorby mikroklimatu

Systém pro tvorbu klima prostředí musí udržovat vhodnou **relativní vlhkost vzduchu**, **teplotu** a hygienický **pohyb vzduchu** v celém prostoru co možná nejrovnoměrněji. Při návrhu tohoto technického řešení se běžně vychází z **výpočtů tepelných ztrát budovy** (pro návrh vytápění), **výpočtů tepelných zisků** (pro návrh a bilancování vzduchotechniky) a **simulace stability objektu** pro zjištění výkyvů v teplotách během celého roku. Je tedy také možné využít teplovzdušného vytápění, kdy vytápění objektu bude pokrývat také vzduchotechnický systém.

Konkrétní postup technického řešení depozitáře s galerií je v praktické části práce.

## Klimatizace

Při návrhu systému úpravy vzduchu je nezbytné zohlednit fakt, že toto technické vybavení musí být bilancováno se zohledněním konkrétní tepelné zátěže objektu, kterou tato zařízení musí pokrýt a udržet v prostoru co možná nejstabilnější klima.

Je tedy třeba v samotném návrhu vycházet ze zisků:

- z venkovního prostředí prostupem tepla stěnami
- z venkovního prostředí prostupem a světelným zářením skrz výplně otvorů stěn
- z vnitřního prostředí z lidí
- z vnitřního prostředí z techniky
- z vnitřního prostředí ze světel

Postup a způsob výpočtů je zobrazen v praktické části práce v kapitole 5.8.

V prostorech, kde se budou umělecká díla delší čas vyskytovat (vlastní prostory depozitáře či galerie), je nezbytné zajistit, aby nedocházelo k průniku nebezpečných látek skrz navrženou vzduchotechniku. Znečišťující látky se do depozitářů mohou dostat právě z venkovního ovzduší při větrání nebo klimatizací. Proto je nezbytné navrhnout vhodný systém filtrace vzduchu se zohledněním lokálních podmínek na čelení průniku nebezpečných látek jako oxidu síry, oxidu dusíku, ozonu, pevných prachových částic, atd. (více o konkrétních vzduchových filtrech v kapitole 4.6). Pevné částice rozložené ve vzduchu vytváří na povrchu předmětů vrstvu prachu, která podporuje další působení znečišťujících látek (vyšší RH než v okolí v důsledku hygroskopicity). Mimo to je pro předměty nebezpečné i opakované odstraňování této vrstvy (abraze a případně zavlhčení povrchu).

V závislosti na možnostech je vhodné vytvořit podmínky buď pomocí ústřední úpravy vzduchu nebo klimatizací jednotlivých místností pomocí klimatizačních jednotek nebo pomocí přirozené kondicionace vzduchu. Pokud jsou v depozitáři uskladněny předměty ze smíšených sbírek, může být velice obtížné najít jednotné klimatické podmínky, které jsou vhodné pro všechny druhy uskladněných materiálů. Řešením mohou být menší

klimatizované skříně nebo pouze obaly, ve kterých je udržováno požadované RH pomocí různých tlumících materiálů.<sup>34</sup>

Pokud je nevržena **ústřední úprava vzduchu** (tzv. HVAC system), měla by se skládat z vhodně dimenzované ústřední jednotky, ze které se potrubím rozvádí vzduch do jednotlivých prostor. Vzduch je zbavován prachu a škodlivých plynů a je upravena jeho teplota a RH na odpovídající hodnotu. Z ekonomických důvodů se běžně pracuje s 10-15% čerstvého vzduchu na 75-80 cirkulačního. I cirkulační vzduch musí být filtrován. Celý systém je závislý na velice dobré kalibraci měřících čidel, na jejich vhodném rozmístění v prostoru, na přesnosti obsluhy a celkově na vhodném návrhu dle hygienických požadavků prostoru.



*Obrázek 7: Ukázka centrálního rozvodu HVAC*

---

<sup>34</sup> Koroze a degradace materiálů: kapitola 3.7 Zásady preventivní péče v depozitářích. DOUBRAVOVÁ, Kateřina. *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. Ústav chemické technologie restaurování památek, 2006, s. 95.

V případech, kdy není možné ze stavebnětechnických či finančních důvodů vybudovat ústřední úpravnu vzduchu, je možné používat **samostatné klimatizační jednotky** v každé potřebné místnosti (Obrázek 8). Klimatizační jednotka, případně zvlhčovač či odvlhčovač, by měl být vybírán s ohledem na konkrétní podmínky v budově a na požadované parametry. Je také možné použít speciálních **klimatizačních boxů** pro konkrétní umělecký artefakt.

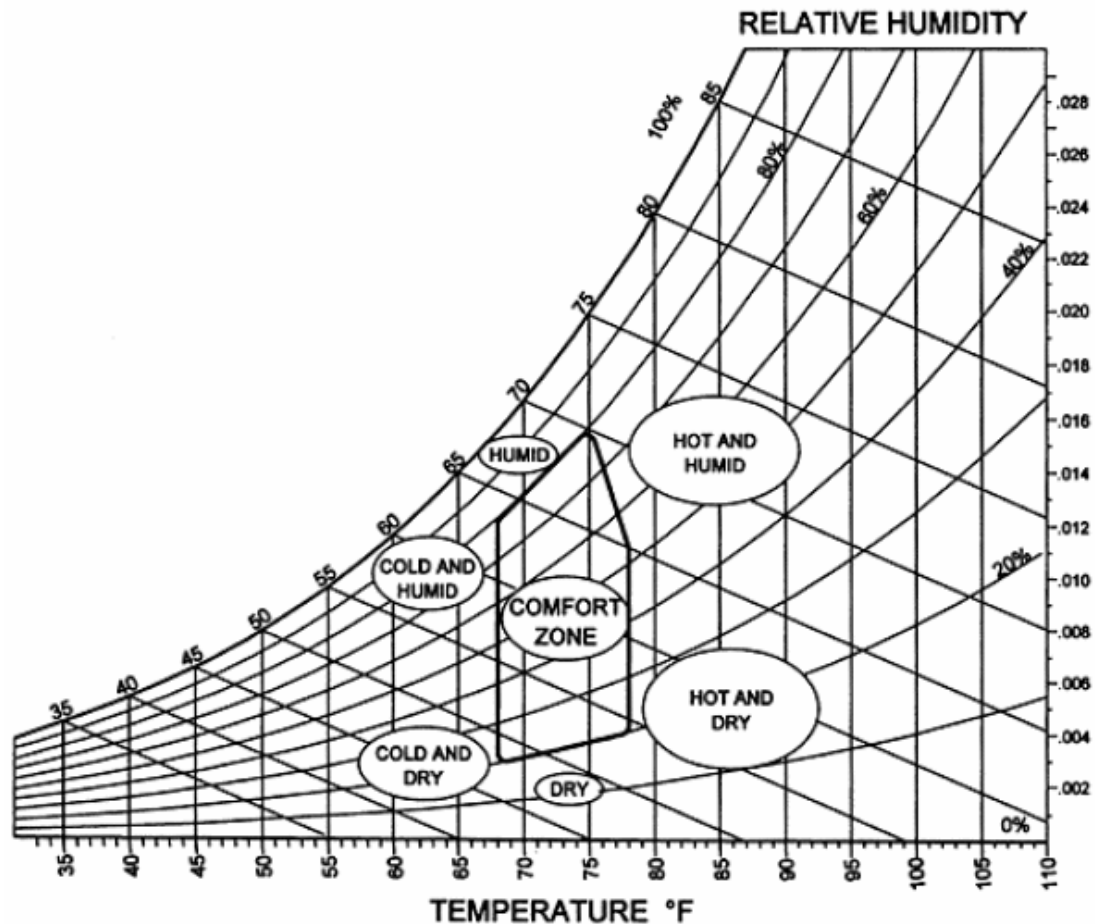


*Obrázek 8: Ukázka samostatné variabilní klimatizační jednotky*

Je vhodné dodat, že klima se také udržuje pomocí vlastní regulace topením a větráním s využitím přirozené schopnosti stavby vyrovnávat krátkodobé výkyvy vnějších podmínek (RH a teploty). To je potřeba zohlednit při vlastním návrhu konkrétního řešení a při výpočtech tepelných ztrát a stability objektu (názorně ukazuje praktická část této práce). Větrání by nemělo být samozřejmě nahodilé, ale pouze na základě výpočtů, které vycházejí z hodnot teploty a RH vně a uvnitř objektu. Pomůckou pro výpočet jsou buď psychrometrické tabulky nebo h-x diagram vzduchu.

Je třeba stanovit vůle mezí, v kterých se budou jednotlivé prostory nacházet a pro které bude navržen konkrétní systém tvorby klimatu se zohledněním technické realizovatelnosti. Obrázek 9. zobrazuje takovou mez (komfortní zónu) pro nastavení vlhkosti a teploty a její dlouhodobé udržitelnosti v rámci hygienických limitů. Při návrhu takovýchto mezí je

vhodné řídit se normovými doporučeními a zkušenostmi z jiných podobných prostor. Vhodné požadavky jsou uvedeny v kapitole 3.4.



Obrázek 9: Závislost absolutní vlhkosti na teplotě a zobrazení tzv. komfortní zóny

### Stabilita

Bezpečný rozkmit hodnot relativní vlhkosti (RH) je počítán jako 7. A 93 percentil výkyvů RH zaznamenaných ve sledovaném období. V případě Gaussova rozdělení tyto meze rozsahu odpovídají -1,5 a +1,5 násobku příslušné směrodatné odchylky. Konkrétní ukázka postupu stanovení mezních hodnot na konci práce v příloze P II.

Nastavení tohoto rozkmitu hodnot je vhodné konzultovat s kvalifikovaným restaurátorem či konzervátorem. Ideálně s osobou, která bude přímo v depozitáři působit.

Pro technické dosažení nízkého rozkmitu hodnot teploty a relativní vlhkosti tzv. **stability objektu** (dle požadavků v kapitole 3.4.2) je vhodné postupovat dle těchto doporučení:

- je-li obsah vlhkosti ve vzduchu stabilní: udržovat co nejstabilnější teplotu
- je-li obsah vlhkosti ve vzduchu variabilní: měnit teplotu tak, aby se udržela konstantní vlhkost
- je-li obsah vlhkosti ve vzduchu variabilní: zvlhčovat nebo odvlhčovat vzduch, aniž by to ovlivnilo teplotu
- je-li obsah vlhkosti ve vzduchu variabilní: kombinovat obě výše uvedené řešení

Depozitář musí být větrán takovým způsobem, aby byla umožněna volná cirkulace vzduchu a zabránilo se vzniku kapes s relativně vysokou vlhkostí.

Pokud neexistuje přirozená cirkulace vzduchu, je třeba zajistit cirkulaci nucené pomocí ventilačního systému tak, aby byli splněny podmínky na přísun čerstvého vzduchu v objemu závisícím na místních podmínkách a typu prostor.

Pro zajištění vhodných podmínek, a to nejen ve vlastním depozitáři, je vhodná pravidelná (ideálně stálá) kontrola jednotlivých parametrů teploty a vlhkosti. Je třeba zajistit kontinuální sledování a záznam umožňující sledování teploty a relativní vlhkosti vzduchu v čase. Pravidelně by také měly být prováděny testy na zjištění znečišťujících látek.

Pro speciální prostory pracoven, jako jsou kunsthistorické, restaurátorské nebo konzervátorské dílny platí, že je potřeba dodržet hygienických limitů na odvod látek, které mohou vznikají prací v těchto prostorech.

Velice problematická je otázka, nakolik je možné zajistit bezproblémové čištění vzduchovodů takovýchto zařízení v prostorech s tak citlivými nároky na čistotu ovzduší. Depozitáře se běžně navrhuje na velice dlouhé časové horizonty a předpokládá se, že také technické zařízení bude fungovat několik let. Je tedy potřeba velice důkladného návrhu technického řešení, které bude umožňovat i bezproblémové čištění.

## Vytápění

Návrh vytápění se řídí standardním postupem a nejsou na něj kladeny žádné specifické požadavky v rámci prostor depozitáře s galerií. Pro hodnoty teploty vnitřního prostředí se volí doporučené normové hodnoty pro prostory pro uskladnění uměleckých artefaktů (viz

kapitola 3.4.1). Samotný návrh pak vychází standardně z výpočtů tepelných ztrát objektu. Konkrétní postup výpočtu tepelných ztrát je zobrazen v praktické části práce.

Výpočet lze zjednodušeně rozdělit na dvě hodnoty:

- na **ztráty prostupem**
- na **ztráty větráním**

Výpočet je vhodné provést podle platných norem ČSN EN 12831, ČSN 730540 a STN 730540.

Pro prostory, kde budou umělecké artefakty dlouhodobě ponechávány (výstavní prostor, depozitář) je vhodné navrhovat vytápění nepřerušované, které tak bude zajišťovat potřebnou tepelnou stabilitu prostor.

## 4.5 Světelně akustické řešení

Dosavadními zkušenostmi o degračních procesech světla a jeho UV záření vedlo k dosavadnímu nahrazování denního přirozeného světla elektrickým osvětlením a k přísné regulaci vstupujícího denního světla. Přesto v posledních dvou desetiletích je opouštěna snaha absolutního vyloučení denního světla z výstavních prostorů. Je to především z psychologických důvodů. Řada kurátorů i návštěvníků je přesvědčena, že v muzeích a galeriích se obrazy a plastiky jeví přirozeně a skutečně životně pouze v přírodním denním světle. Je oceňována kvalita přírodního osvětlení, kterou poskytuje denní světlo (viz kapitola 3.4.5). Kvalita denního světla v daném místě závisí na poloze slunce a na atmosférických podmínkách: teplota chromatičnosti se mění od 4 000 K až k 100 000 K (viz *Tabulka 4*). Index barevného podání se významně nemění a bývá nejméně 95. Navíc bez významu není ani bezprostřední kontakt návštěvníka s okolím budovy.

Širší použití denního světla ovšem předpokládá náročnou regulaci osvětlení spojenou s precizním návrhem. Ani nejpřísnější kontrola osvětlení v případě denního světla nemůže zajistit jeho stabilitu takové úrovně, jako je tomu u umělého osvětlení. Důsledkem toho je, že jako kritérium pro hodnocení poškození památek z hlediska fotochemické degradace nejsou používány **hodnoty maximální osvětlenosti** (lx) používané pro statické umělé osvětlení, ale stále častěji hodnoty **maximální roční poškozující expozice** (lx. h/rok).<sup>35</sup>

Pro využití denního osvětlení je zásadní vhodný stavebně technický návrh výplní stěn a případná regulace pomocí žaluzií či jiných pohyblivých stínících mechanismů.

Na okna je vhodné aplikovat některé z nepřeberného množství UV filtrů či fólií. Možnosti zastínění a UV filtrování na oknech se dělí:

- na tradiční silikátové tabulové okenní sklo
- na vrstvené sklo
- na desky plastů
- na filmy plastů
- nátěry plastů

---

<sup>35</sup> *Závěrečná zpráva grantového úkolu: Vliv světla a ultrafialového záření na archivní dokumenty*. Státní ústřední archiv v Praze. Praha, 2004. Dostupné z: <http://web.nacr.cz/soubory/svetlo.pdf>, s. 101.



Každé z těchto řešení má svá určitá specifika. Při návrhu doporučuji mnou hojně citovanou literaturu Národního archivu [29].

Tabulka 4: Typické vlastnosti některých použitelných světelných zdrojů

Zdroj světla	Teplota chromatičnosti (K)	Index barevného podání $R_a$	Podíl UV záření ( $\mu\text{W}/\text{lm}$ )	Měrný světelný výkon ( $\text{lm}/\text{W}$ )
Normální žárovky	2800	100	60–80	8–21
Halogenové žárovky	2 800–3 200	100	49–130	15–28
<b>Zářivky</b>				
Teple bílá	2 700–3 300	85–95	80	63–96
Neutrálně bílá	3 300–5 000	57–95	85	76
Chladné denní světlo	5 000–6 500	72–97	110	65–90
<b>Výbojky</b>				
Vysokotlaká rtuťová výbojka s luminoforem	4 000	45	50–100	36–54
Halogenidová výbojka	4 300–4 900	65–69	150–600	58–115
Nízkotlaká sodíková výbojka SOX	1 700	44	0	123–200
Vysokotlaká sodíková výbojka SON	1 950–2 150	20–65	30–70	67–138
Vysokotlaká sodíková výbojka SON „bílý sodík“	2 500	85		46
Jasně modré nebe	15000	100	1600	
Částečně zatažené nebe	8000	100	800	
Zatažené nebe	6000	100	540	
Přímé slunce	4 100–5 600	100	400	

Při návrhu umělého osvětlení je třeba vycházet z následujících parametrů Indexu barevného podání a podílu UV záření (viz Tabulka 4).

Norma ČSN ISO 11799 pro umělé osvětlení uměleckých artefaktů konkrétně doporučuje použití jednoho z těchto světelných zařízení:

- fluorescenčními lampami opatřenými rozptylovými stínítky. Jestliže vyzařované světlo obsahuje relativní složku ultrafialového záření vyšší než  $75 \mu\text{W}/\text{lm}$ , musí být každá lampa vybavena ultrafialovým filtrem, který snižuje relativní složku ultrafialového záření (o vlnové délce nižší než 400 nm) pod tuto úroveň
- žárovkovým osvětlením vybaveným filtry absorbující teplo. Minimální vzdálenost mezi lampou a předmětem na regálu musí být 500mm
- osvětlujícími systémy s optickými vlákny se světelným zdrojem umístěným v dostatečné vzdálenosti od osvětlovaného objektu

Poměr mezi tokem záření o vlnové délce kratší než 400nm (tj. ultrafialové záření) a celkovým světelným tokem se měří v mikrowattech na lumen ( $\mu\text{W}/\text{lm}$ ). S ohledem na ochranu artefaktů je přijatelná maximální hranice pro ultrafialové záření právě  $75 \mu\text{W}/\text{lm}$ .

Pokud je to možné, je vhodné dát přednost osvětlení fluorescenčními lampami s rozptylovacími stínítky nebo optickými světelnými vlákny. Optická světelná vlákna je obzvláště vhodné použít pro osvětlení výstavních prostor.

Osvětlení každé sekce, na které je depozitář s galerií přirozeně rozdělen, musí mít vlastní vypínač. Na snadno přístupném místě vně prostoru depozitáře má být centrální vypínač, který vhodně signalizuje, zda jsou všechna světla a další obvody v depozitáři vypnuty.<sup>36</sup>

Zastínění oken (pokud nějaká okna v depozitáři jsou) provést již v návrhu zasklení zesíleným sklem nebo dodatečně žaluziemi (vnější), roletami, popř. UV filtry.

Systém umělého osvětlení volit s min. podílem UV záření, intenzita osvětlení max. do 200 lux (přesněji popisuje *Tabulka 2*). Parametry umělého osvětlení pro určité specifické prostory popisuje také *Tabulka 5*, z které se dá také vyčíst teoretická produkce tepla takovýchto svítidel.

---

<sup>36</sup> ČSN ISO 11799. *Informace a dokumentace: Požadavky na ukládání archivních a knihovních dokumentů*. Praha: Český normalizační institut, 2006, s. 10.

Tabulka 5: Doporučené intenzity osvětlení pro konkrétní pracoviště<sup>37</sup>

Pracoviště	Intenzita osvětlení (lx)	Produkce tepla	
		Žárovky ( $W \cdot m^{-2}$ )	Zářivky ( $W \cdot m^{-2}$ )
skladiště, byty, restaurace, divadla	120	20 až 30	7 až 9
učebny, pokladny, jednoduchá montáž	250	40 až 55	13 až 18
kanceláře, čítárny, výpočetní střediska, výzkum	500	75 až 105	25 až 35
výstavy, obchodní domy, jemná montáž	750	115 až 160	38 až 53
montáž elektroniky, retuš	1000		50 až 70
jemná montáž, elektronika	1500		75 až 105
hodinářství, subminiaturní elektronika	2000		100 až 140

### Akustika

Pro návrh akustických opatření v depozitáři a galerii neplatí žádná speciální nařízení ani doporučení. Jde tedy především o vytvoření komfortního prostředí ve výstavním sále pro vizuální zážitek z výstavy. Proto je vhodné:

- navrhnout technická zařízení, která jsou v kontaktu s výstavním sálem, s odstíněním hluku např. pomocí pryžových vložek či tlumičů hluku
- věnovat pozornost dostatečnému uzavření prostor galerie před vnikáním hluku z ostatních prostor a to dostatečným vyplněním otvorů konstrukcí tak samotnou konstrukcí stěn
- navrhovat stropy i stěny obklopující výstavní prostory se zohledněním parametru neprůzvučnosti a kročejového efektu a to především v případě, kdy je některá z technických místností sousední s místností výstavní

<sup>37</sup> ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor*. Praha: Český normalizační institut, 1985, s. 24.

#### 4.6 Technické řešení filtrace vzduchu

Při návrhu filtrace je vhodné vycházet z měření kvality ovzduší ČHMÚ (Českého hydrometeorologického ústavu). Pro filtraci plyných polutantů v prostředí depozitáře je vhodné použít chemisorpčních filtrů, které se zařazují za klimatizační jednotku:

- Purafil chemisorbant je účinný zejména pro zachycení oxidů síry, sulfanu, formaldehydu a oxidu dusíku. Je tvořen kulovitými, pórovitými granulemi, které jsou vyrobeny z oxidu hlinitého a pojiv a jsou napojeny manganistanem draselným. Ten umožňuje chemickou reakci, při které je znečišťující látka odstraněna z prostředí.
- Chlorosorb II je účinný pro odstranění chloru, Purakol AM je používán pro eliminaci amoniaku.

#### 4.7 Možnosti využití obnovitelných zdrojů energie

Proti využití obnovitelných zdrojů nemluví žádné z nařízení ani norem platných pro specifické prostory galerie a depozitáře.

Je tedy možné tyto systémy navrhovat standardním způsobem tak jako na jiných administrativních stavbách. Je třeba pouze zohlednit často výrazně zvýšené estetické a bezpečnostní nároky pro výstavní prostory a prostory s prací s uměleckými cennostmi.

Tyto problematické aspekty a specifika depozitáře a galerie byli již rozepsány v předchozích kapitolách.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CHARAKTERISTIKA KONKRÉTNÍHO OBJEKTU DEPOZITÁŘE S GALERIÍ

V této kapitole je popsán a charakterizován konkrétní objekt Galerie a depozitáře v Kutné Hoře – Galerie Středočeského kraje - GASK. Tato reálná stavba se stala pro moji práci ukázkovým příkladem řešení galerie a depozitáře a následující kapitoly budou zaměřeny právě na tuto stavbu.

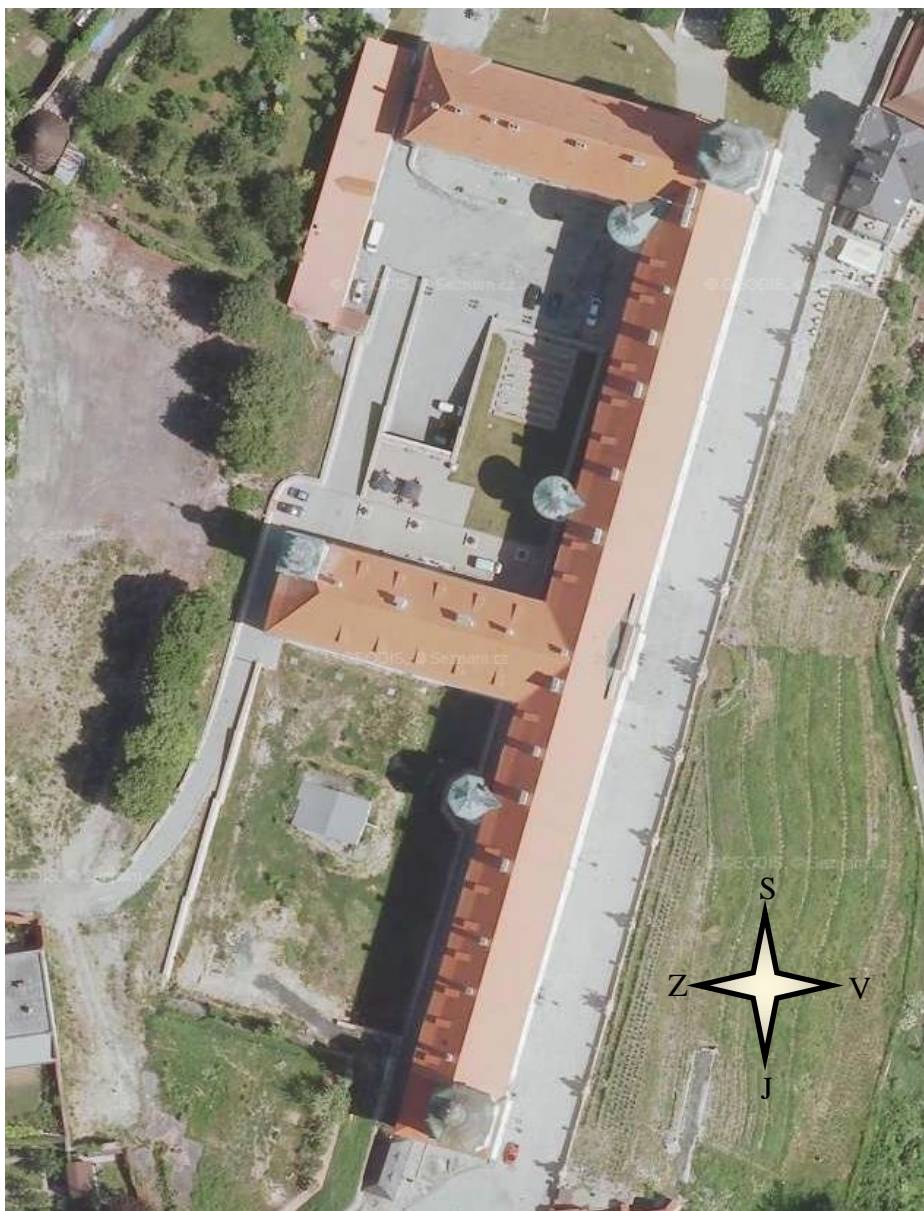
Rád bych ještě jednou dodal, že mé technické řešení na této stavbě je odlišné od skutečně realizovaného a dnes funkčního řešení. Tato práce nemá nahrazovat práci týmů projektantů, které se na tomto projektu podíleli. V reálném vyhotovení technického řešení procházela stavba několika testováním (a dodnes stále probíhá), připomínkami a zdokonalování, než byla stavba vyhotovena tak, jak je nyní. S reálnou stavbou má mé řešení společné především stavební podklady a zasazení do reálného místního kontextu. Severní křídlo objektu jsem navrhl pro badatelskou činnost, i když ve skutečnosti plní účel dalších výstavních prostor.



*Obrázek 10: Pohled na budovu GASK z východní strany*

## 5.1 Okrajové podmínky objektu

Galerie a depozitář - GASK je umístěn do historické stavby bývalých Jezuitských kolejí v Kutné Hoře. Tato stavba je situována na vyvýšeném místě vedle jedné z nejslavnějších staveb v Kutné hoře a to Chrámu svaté Barbory. Ústřední část stavby je směřována na jihovýchod, stejně tak je situován i hlavní vstup do stavby. Podél této části stavby se line kolonáda s barokními sochami, která je hojně navštěvovaná turisty. Jedná se o ulici spojující centrum města se zmiňovanou stavbou Chrámu svaté Barbory. Dál, za touto kolonádou, jsou vinice a prudký sráz do údolí. Tato část budovy je tedy otevřena do volného prostoru a tak nejvíce namáhána povětrnostními vlivy.



Obrázek 11: Letecký snímek budovy GASK

### 5.1.1 Teplotní zasazení

Budova bývalých Jezuitských kolejí je rozsáhlý komplex čítající dvě nádvoří, kolonádu, tři podlaží budovy a půdní prostor. Stavba svým umístěním (dle normy ČSN 730540-3) spadá do teplotní oblasti číslo 1 a je dále rozšířeně charakterizována jako oblast se zvýšeným zatížením větrem v krajině. Veškeré charakteristické parametry pro oblast, v které se objekt nachází, jsou vyobrazeny v následujících tabulkách.

Tabulka 6: Charakteristické okrajové podmínky objektu

Lokace	Kutná Hora
Charakteristická nadmořská výška	253m n. m.
Venkovní výpočtová teplota ( $\theta_e$ )	-13 °C
Průměrná venkovní teplota ( $\theta_{em}$ )	8,6 °C
Průměrná venkovní teplota za otopné období ( $\theta_{es}$ )	4,4 °C
Délka otopného období	226
Relativní vlhkost vnějšího vzduchu $\varphi_e$	84%
Parciální tlak vodní páry $P_{ve}$	139 Pa

Tabulka 7: Četnosti teplot a roční střední intenzity globálního slunečního záření

Doba trvání teplot venkovního vzduchu při zatažené a jasné obloze	<b>Pro <math>\theta_e \leq -15^\circ\text{C}</math></b>	zatažená obloha $t_z \cdot 10^{-3}\text{s}$	583,2
		jasná obloha $t_j \cdot 10^{-3}\text{s}$	21,6
		celková obloha $t_c \cdot 10^{-3}\text{s}$	604,8
	<b>Pro <math>\theta_e &gt; -15^\circ\text{C}</math></b>	zatažená obloha $t_z \cdot 10^{-3}\text{s}$	410,4
		jasná obloha $t_j \cdot 10^{-3}\text{s}$	21,6
		celková obloha $t_c \cdot 10^{-3}\text{s}$	432,0
Střední intenzita globálního slunečního záření $J_m$			70 W/m <sup>2</sup>



Tabulka 8: Průměrné měsíční parametry venkovního vzduchu v ročním cyklu

	Měsíce v roce s jejich průměrnou teplotou											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Teplota [°C]</b>	-1,7	0,1	4,2	9,3	14,3	17,5	19,0	18,6	14,5	9,5	4,1	0,1
<b>Relat. Vlhkost [%]</b>	81	80,4	79,2	77,1	74	71,3	70	70,5	73,7	76,8	79,2	80,3
<b>Parc. Tlak [Pa]</b>	427	495	631	851	1139	1347	1436	1401	1164	877	636	498

### 5.1.2 Kvalita ovzduší

Pro pásmo, kde je stavba situována (Kutná Hora), jsou charakteristické dobré hodnoty kvality ovzduší. Z tohoto pohledu je umístění depozitáře v této lokaci velice vhodné. Znečištění ovzduší polutanty je v tomto pásmu a v měřících průměrných hodnot v České republice na mírných hodnotách.

Z hodnot, které jsou volně k dispozici na stránkách Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) jasně vyplývá, že se dá dlouhodobě mluvit (porovnání hodnot v jednoletých cyklech 15 let zpátky) o místě, které není výrazně zatíženo znečištěným ovzduším.

Pro prostředí depozitáře, pro uchování uměleckých artefaktů jsou informativně definovány limitní hodnoty normou ČSN ISO 11799 (viz kapitola 3.4.4).

Koncentrace těchto a dále jmenovaných látek v ovzduší neporušují žádná z doporučených limitních hodnot. Koncentrace zmiňovaných látek není dokonce možné zjistit ze statistik, protože ČHMÚ sdružuje pouze hodnoty z míst, kde se nějakým způsobem blíží k překročení limitních. Jedná se o hodnoty koncentrací oxidu siřičitého, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>x</sub> a NO<sub>2</sub>, oxidu uhelnatého, benzenu, ozonu, kadmia, arsenu, niklu, benzo(a)pyrenu, rtuti, amoniaku, elementárního (EC) a organického (OC) uhlíku, AOT40 ozonu a O<sub>3</sub>. Pro tyto látky tedy není možné z dlouhodobých statistik ČHMÚ zjistit přesné hodnoty, ale jde konstatovat, že ovzduší v Kutné Hoře v těchto koncentracích splňuje nastavené hygienické i zvýšené depozitární limity pro prostory na uchování uměleckých artefaktů.

Z dostupných hodnot v roce 2007 lze vyčíst, že průměrné hodnoty koncentrací PM<sub>10</sub> (nejběžnější polévatý prach) pro lokaci Kutná Hora jsou **36** µg.m<sup>-3</sup>. Tedy bez problému splňují nastavený limit 50 µg.m<sup>-3</sup>. Pro toto pásmo není zapotřebí speciálního monitoringu plyných polutantů přímo v galerii ani v depozitáři.<sup>38</sup>

## 5.2 Popis objektu

Jezuitské koleje, stávající objekt GASK v Kutné Hoře, byly založeny v bezprostřední blízkosti gotického chrámu sv. Barbory. Dvě cenné architektonické památky tak tvoří typické panorama města. Jedná se tedy o významnou stavbu s bohatou historií.

Založení nové Jezuitské koleje bylo zpečetěno smlouvou s italským barokním architektem Giovannim Domenicem Orsim v roce 1667. Projekt této stavby byl ve srovnání s běžnými jezuitskými domy té doby skutečně rozsáhlý. Půdorys objektu nese tvar písmene F. Fasáda je členěna lizénami, římsami, v přízemí exteriéru zaujmou slepé arkády. Celé architektuře dnes dominují dvě cibulové věže. V roce 1679 převzal stavbu stavitel Francesco Lurago, který se drží původního projektu. Stavební práce pokračovaly až do roku 1750.

Po zrušení Jezuitského řádu v roce 1773 získala Jezuitskou kolej v Kutné Hoře armáda, která zde založila kasárny. Ze severního křídla byl zřízen vojenský špitál. V průběhu 19. století zde proto probíhaly přestavby, které částečně zasáhly do statiky budovy. V roce 1842 došlo ke ztržení jedné ze tří věží. Důvodem bylo narušení trámových konstrukcí a nedostatek financí na její opravy.

Výraznější zásahy byly provedeny na počátku 20. století, kdy došlo k dalším úpravám užití rázu v interiéru. V letech 1912 až 1913 byla obnovena fasáda. Po roce 1945 byla opravována elektroinstalace a zavedeno ústřední topení. Armáda objekt využívala až do roku 1997, místo kasáren zde zřídila sklady.

---

<sup>38</sup> Závěrečná zpráva grantového úkolu: *Monitorování plyných polutantů v depozitářích státních archivů ČR a způsoby jejich odstranění*. Státní ústřední archiv v Praze. Praha, 2009. Dostupné z: <http://web.nacr.cz/soubory/polutanty.pdf>, s. 104.

V letech 1990-2009 existovala pod názvem České muzeum výtvarných umění, Galerií Středočeského kraje se stala v květnu 2009. Od ledna 1998 byla Jezuitská kolej předána pod správu Českého muzea výtvarného umění. V roce 2004 se započalo s přestavbami a úpravami pro účel galerie a depozitáře. Veřejnosti se nové prostory galerie zpřístupnily v květnu 2010 pod názvem Galerie Středočeského kraje (GASK).

Veškeré práce na této stavbě jsou řízeny s maximálním ohledem na eliminaci nevhodných zásahů do této významné barokní památky a udržení jejího původního charakteru.

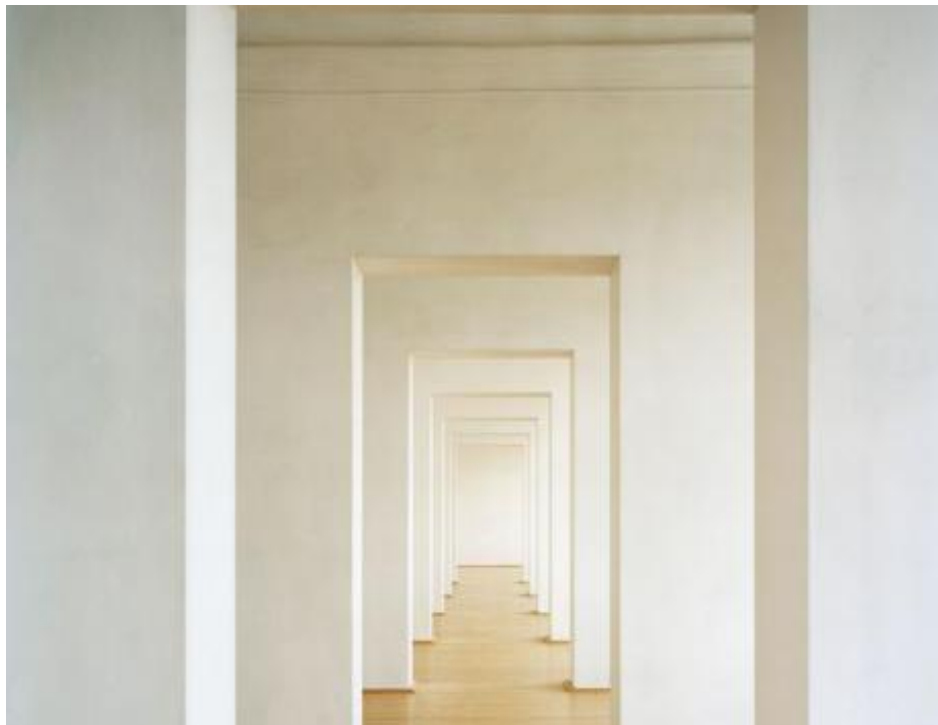


*Obrázek 12: Pohled na budovu GASK z jižní strany*

### 5.3 Organizační členění objektu

Sídlo GASK se nachází v jedné z hlavních dominant města Kutné Hory, v rozsáhlém objektu Jezuitské koleje a je tak druhou největší galerií v ČR. Celý komplex Jezuitských kolejí má tři podlaží a půdní prostor. Má práce se bude více méně zaměřovat pouze na druhé podlaží této budovy (2.NP), kde jsou umístěny prostory relevantní k zaměření mé práce. Toto hlavní podlaží se tak pro mou práci stává demonstrativním příkladem provedení depozitáře a galerie v jednom objektu. Prostory umístěné v tomto podlaží jsou: **galerie, depozitář obrazů a grafiky, depozitář plastiky, depozitní kancelář, sklad, balírna a přípravna, dva multifunkční sály, badatelný, knihovna, studovna** a další potřebné **sociální, hygienické a technické místnosti**.

Pro zjednodušení a zpřehlednění popisu jednotlivých místností jsem rozčlenil objekt do pěti celků, které na sebe navazují. Jsou to úseky prostoru depozitáře, prostoru galerie, prostoru sálů, prostoru schodiště a sociálního zázemí, prostoru studoven a knihovny. Reálné zasazení do prostoru stavby je zobrazeno v následující kapitole.



*Obrázek 13: Výstavní prostory galerie v 2.NP*

## 5.4 Prostorové dispozice



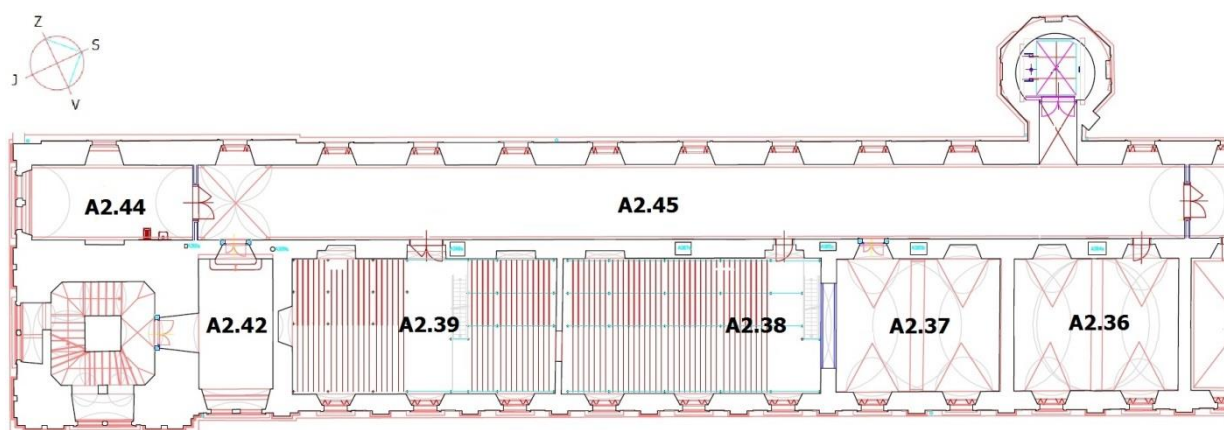
Obrázek 14: Půdorys celého 2.NP

## Prostory depozitáře

Depozitář se skládá z dvou druhů prostorů. Jeden pro uskladnění obrazů a grafiky a druhý pro uskladnění plastiky. První jmenovaný se skládá ze čtyř samostatných místností. Druhý je místnost chodby, které všechny prostory spojuje. Dále je zde místnost určená na technické zázemí vzduchotechniky. Do prostoru jde vstoupit jednak vzduchotěsnými bezpečnostními dveřmi a také výtahem, který je umístěn v prostoru věže. Výtah je určen především pro převoz uměleckých artefaktů do prostoru depozitáře a je také opatřen vzduchotěsnými bezpečnostními dveřmi. Přístup do těchto prostor je přísně omezen na minimum.

Tabulka 9: Popis geometrie jednotlivých místností depozitáře

Označení	Název	Půdorysná plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem vzduchu [m <sup>3</sup> ]
A2.45	<b>Depozitář plastiky</b>	305	1464
A2.36 - 39, A2.42	<b>Depozitář obrazů a grafiky</b>	525	2522
A2.44	<b>Technická místnost VZT</b>	54	260

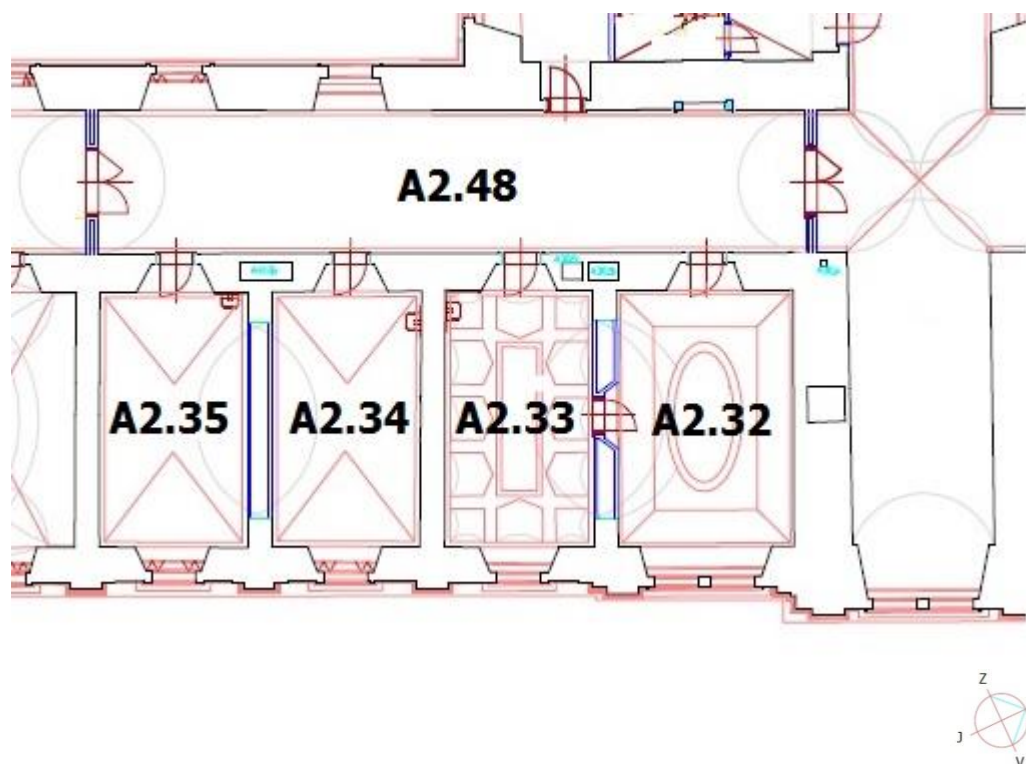


Obrázek 15: Půdorys depozitáře

Do sekce depozitáře spadají také místnosti kanceláří depozitáře. Přístup do těchto prostor je umožněn pouze úzkému spektru osob.

Tabulka 10: Popis geometrie jednotlivých místností kanceláří depozitáře

Označení	Název	Půdorysná plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem vzduchu [m <sup>3</sup> ]
A2.35	<b>Balírna a přípravná</b>	43	207
A2.34	<b>Mezisklad</b>	43	207
A2.33, A2.32	<b>Kancelář ředitelky depozitáře a badatelna</b>	105	507
A2.48	<b>Chodba depozitáře</b>	111	536



Obrázek 16: Půdorys kanceláří depozitáře

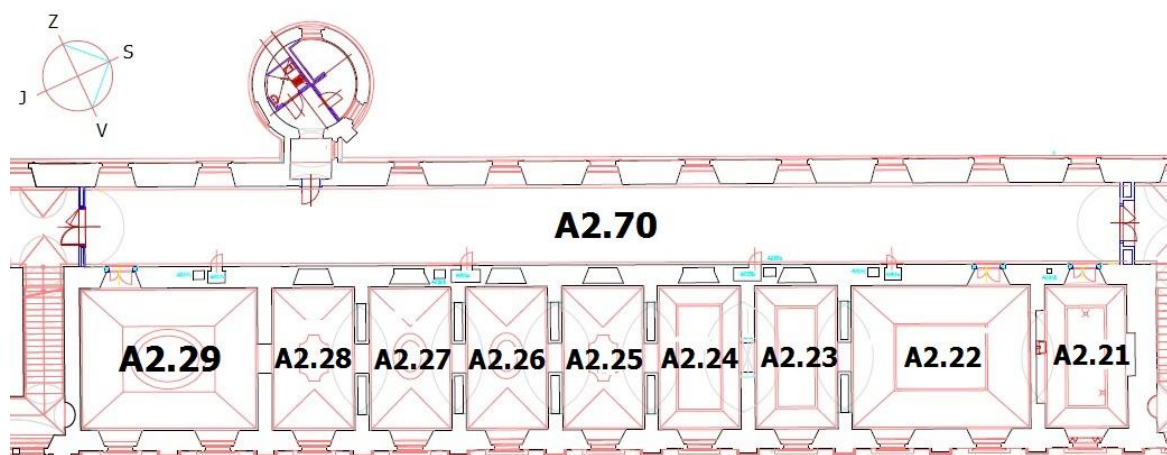


## Prostory Galerie

Prostory galerie lze rozčlenit na dva výstavní úseky. Úsek chodby, která je směřovaná na severozápad a úsek osmi propojených místností, směřovaných na jihovýchod. Dále je zde místnost určená pro technické zázemí vzduchotechniky. A stejně jako v depozitáři, je i zde výtah, určený pro export a import uměleckých artefaktů.

Tabulka 11: Popis geometrie jednotlivých místností galerie

Označení	Název	Půdorysná plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem vzduchu [m <sup>3</sup> ]
A2.22 - 29	<b>Galerie zóna 1</b>	500	2400
A2.70	<b>Galerie zóna 2</b>	280	1374
A2.21	<b>Technická místnost VZT</b>	75	360



Obrázek 17: Půdorys galerie

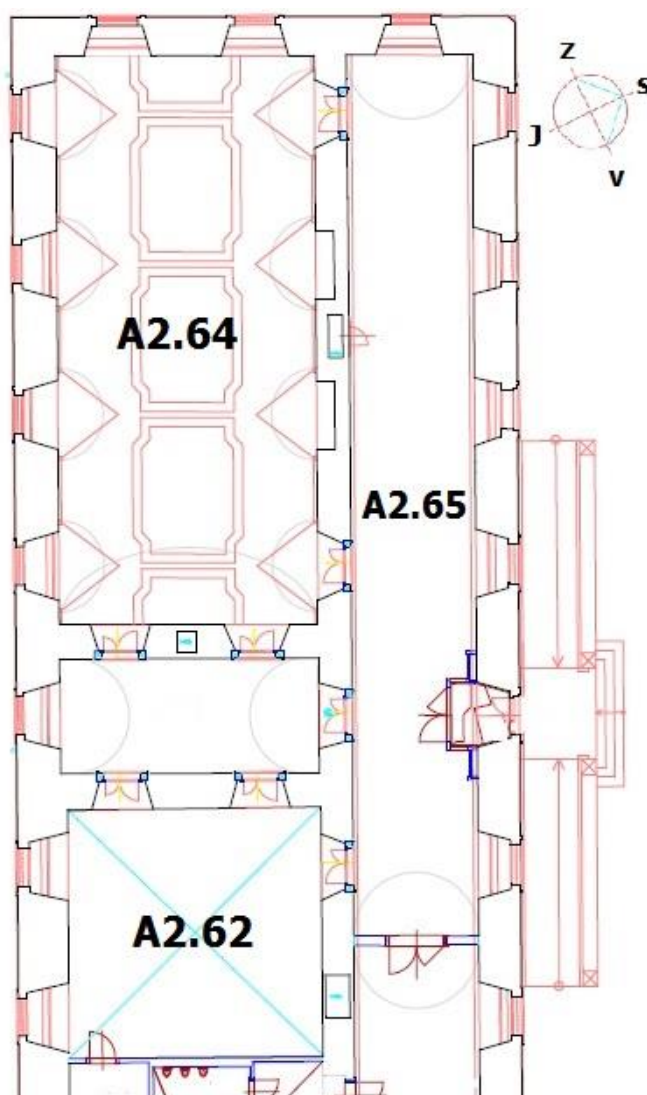


## Prostory sálů

V tomto úseku stavby jsou umístěny dva sály, určené pro konání různorodých akcí pro širokou veřejnost.

Tabulka 12: Popis geometrie jednotlivých místností sálů

Označení	Název	Půdorysná plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem vzduchu [m <sup>3</sup> ]
A2.64	<b>Velký multifunkční sál</b>	332	1594
A2.62	<b>Malý sál</b>	154	740
A2.65	<b>Chodba</b>	165	792



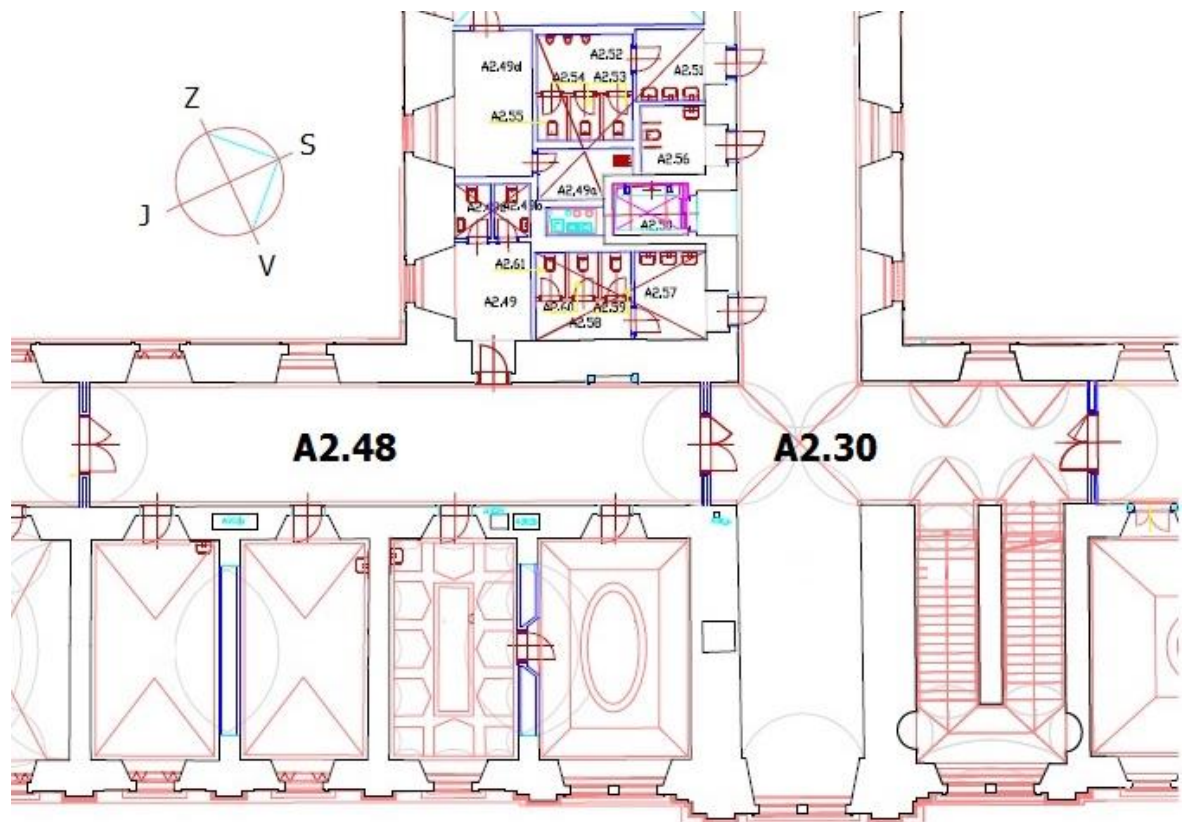
Obrázek 18: Půdorys sálů

### Prostory schodiště a sociálního zázemí

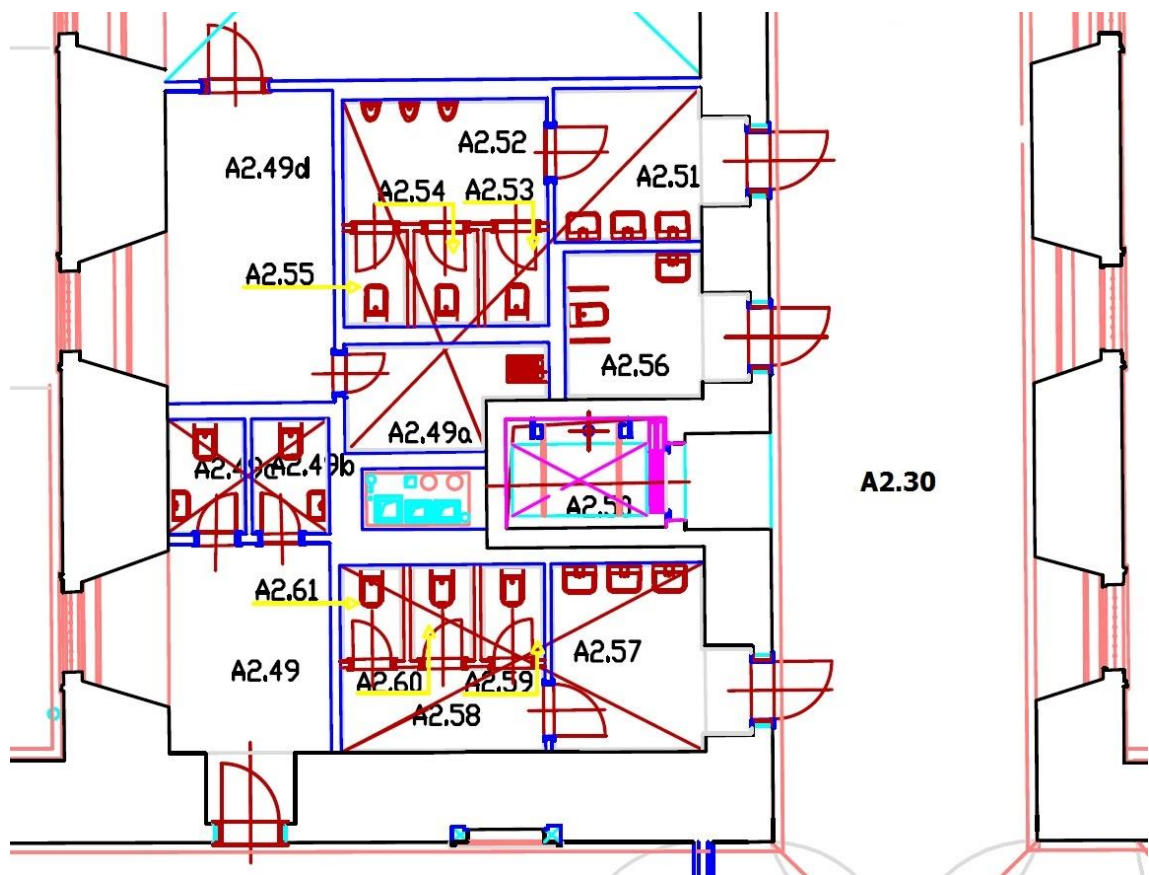
Tento úsek stavby zobrazuje střed stavby, která propojuje sekci depozitáře, galerie a sály směřované ke schodišti. Také je zde umístěno sociální zázemí a prostory pro úklid a osobní výtah.

Tabulka 13: Popis geometrie jednotlivých místností střední části budovy

Označení	Název	Půdorysná plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem vzduchu [m <sup>3</sup> ]
A2.31	<b>Spojovací chodba</b>	268	1300
A2.49	<b>Toalety depozitář</b>	118	566
A2.49a	<b>Úklidová komora</b>		
A2.49d	<b>Sklad</b>		
A2.50	<b>Osobní výtah</b>		
A2.51	<b>Umývárna muži</b>		
A2.52	<b>Pisoáry</b>		
A2.53-55	<b>WC muži</b>		
A2.56	<b>WC imobilní</b>		
A2.57	<b>Umývárna ženy</b>		
A2.58	<b>Předsíň</b>		
A2.59-61	<b>WC ženy</b>		



Obrázek 19: Půdorys střední části stavby



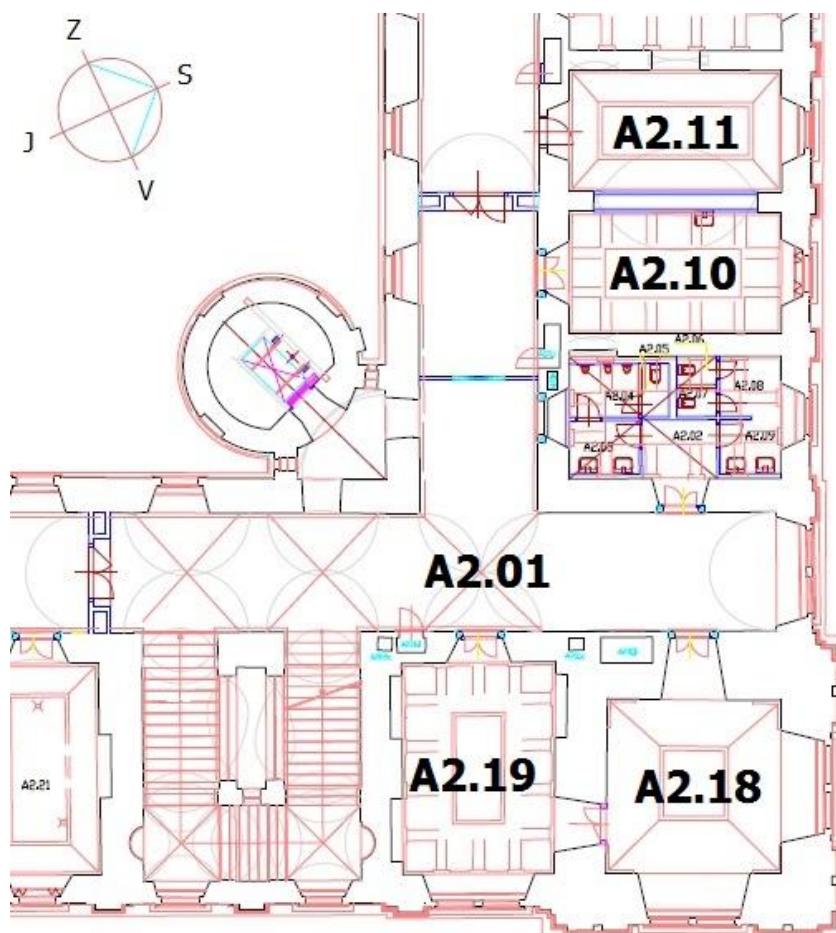
Obrázek 20: Půdorys detailu sociálního zázemí

## Prostory studoven a knihovny

Prostory v tomto úseku stavby slouží k badatelské činnosti. Je zde 6 samostatných studoven a jedna studovna s přilehlou knihovnou. Také je zde umístěn osobní výtah a sociální zázemí.

Tabulka 14: Popis geometrie jednotlivých místností studoven a knihovny

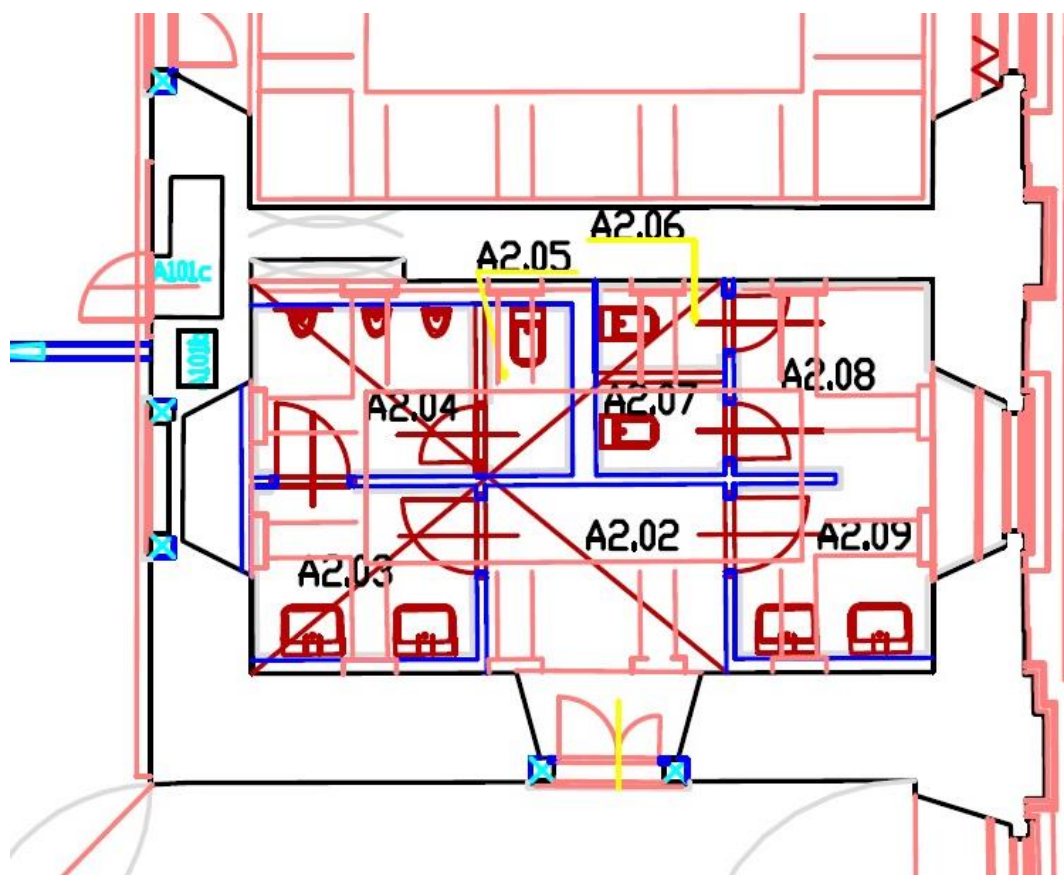
Označení	Název	Půdorysná plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem vzduchu [m <sup>3</sup> ]
A2.01	<b>Chodba u knihovny</b>	225	1080
A2.18	<b>Studovna knihovny</b>	160	768
A2.19	<b>Knihovna</b>		
A2.10	<b>Technická místnost VZT</b>	43	207



Obrázek 21: Půdorys knihovny a studoven

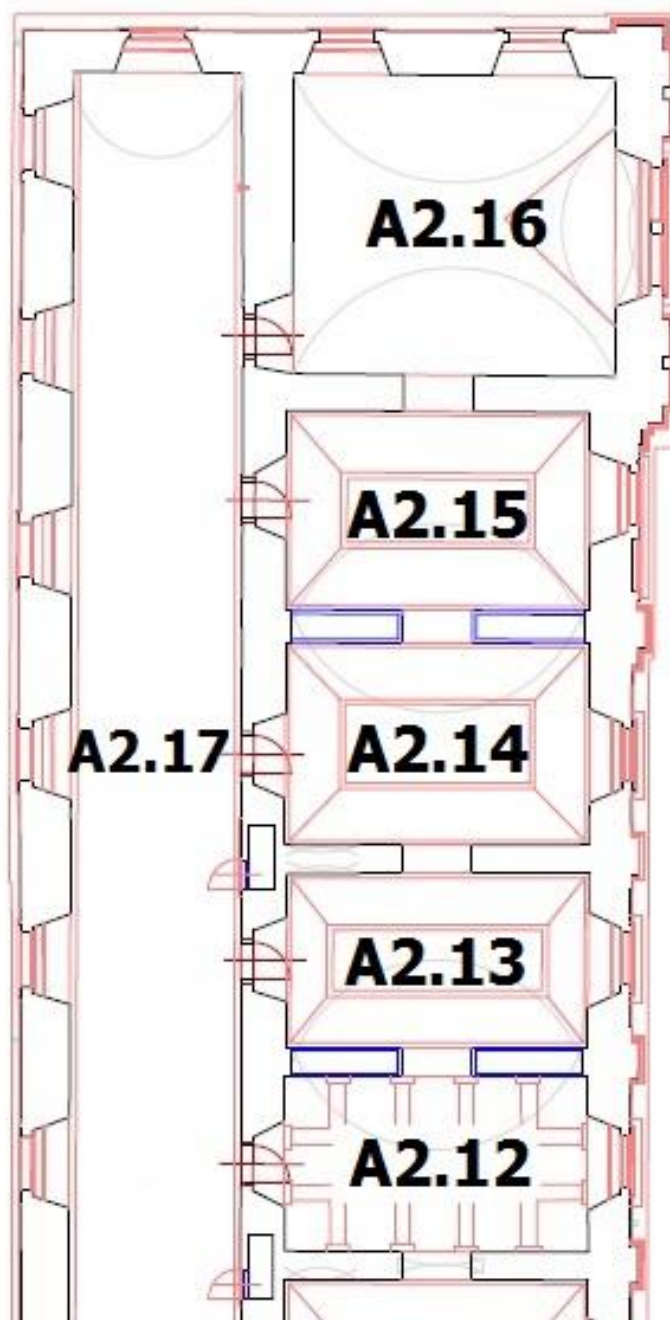
Tabulka 15: Pokračování tabulky z předchozí stránky

A2.02	<b>Předsíň</b>	58	280
A2.03	<b>Umývárna muži</b>		
A2.04	<b>Pisoáry</b>		
A2.05	<b>WC muži</b>		
A2.06-07	<b>WC ženy</b>		
A2.08	<b>Předsíň</b>		
A2.09	<b>Umývárna ženy</b>		
A2.11-16	<b>Badatelny</b>	365	1755
A2.17	<b>Chodba u badatelen</b>	184	883



Obrázek 22: Půdorys detailu sociálního zázemí studoven





Obrázek 23: Půdorys studoven

Veškeré hodnoty ploch a objemů v této kapitole jsou vypočteny z vnějších rozměrů konstrukcí (takto připraveny pro výpočet tepelných ztrát). Výška celého 2.NP kolísá kolem hodnoty 6m.

## 5.5 Posouzení konstrukcí budovy

Stavba je čerstvě po rekonstrukci omítek, nátěrů, štuků a maleb. Zvětralé a opadané omítky byly nahrazeny omítkami vytvořenými na základě původní podoby. Stávající barokní vrstvy byly zpevněny křemičitanem draselným. Dále byla zrekonstruována okna nebo vyměněny za věrnou kopii.

### 5.5.1 Původní konstrukce

Stavba GASK je z pohledu mikroklimatických podmínek velice vhodně umístěna do 2.NP. Je tak dostatečně vyzdvižena před pronikáním zemní vlhkosti a dostatečně provětrávaná vyzdvižením nad terénem. Eliminují se tedy klasické problémy starých neizolovaných staveb. Dále je také velice výhodné, že stavba má těžké a široké konstrukce, které velice napomáhají stabilizaci objektu při změnách klimatických podmínek. O této problematice dále v kapitole 5.9.

#### Obvodové zdivo

Vrstva omítky i šířka celého zdiva je ve stavbě velice proměnlivá. V průměru má obvodové zdivo i s omítkou 1,2m. Zdivo tvoří plné pálené jílové cihly (ostřené křemičitým pískem). Vnitřní i venkovní omítku tvoří původní směs vápeno-hlinité omítky. Na vnitřní straně zdiva je nanesen vápenný nátěr. Konstrukce zdiva výrazně trpí typickým problémem tepelných mostů. Je potřeba s tímto problémem počítat ve výpočtu tepelných ztrát.

Takováto skladba zdiva je typická pro barokní stavby. Tedy široké zdivo z prostých materiálů a dle současných norem nedostačující parametry pro poměr množství zkondenzované vlhkosti a vlhkosti vypařené a také pro nároky na hodnotu součinitele prostupu tepla.

U objektů, které mají velkou tloušťku obvodových stěn (např. historické budovy), zůstává v důsledku jejich velké tepelné setrvačnosti vnitřní povrchová teplota na obvodových stěnách i po zvýšení venkovní teploty v jarních měsících nadále nízká. Tato teplota je tak pod úrovní teploty rosného bodu, která odpovídá hodnotám teploty a relativní vlhkosti venkovního vzduchu. Venkovní vzduch o vyšší teplotě je schopen pojmout větší množství

vodní páry a má tedy větší měrnou vlhkost (vodní obsah). Tím také vyšší teplotu rosného bodu. Vnikne-li tento vzduch dovnitř objektu, dojde ke kondenzaci vodní páry na vnitřním povrchu obvodových stěn.

Norma vztahující se na tyto parametry (ČSN 73 0540) má ale pro tyto historické nebo památkové chráněné stavby výjimku. Historické stavby nemusí plnit tyto tepelně technické parametry. Je jen na posouzení týmů projektantů, historiků, památkářů a investorů, zdali by se mělo přistoupit k tepelně technickým úpravám takovýchto staveb. Jde především o minimalizování zásahů a zachování charakteru stavby jako takové.

Zdivo s původní skladbou dosahuje hodnoty součinitele prostupu tepla: **0,76 W/m<sup>2</sup>K**  
Doporučená hodnota pro obvodové zdivo je 0,3 W/m<sup>2</sup>K

Dále byl proveden výpočet difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle normy ČSN 730540. Výpočty a grafické znázornění bylo provedeno v softwaru Teplo2010.

Roční bilance vlhkosti:

Množství zkondenzované vodní páry  $M_{c,a}$ : **0.015 kg/m<sup>2</sup>,rok**

Množství vypařitelné vodní páry  $M_{ev,a}$ : **0.927 kg/m<sup>2</sup>,rok**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než **-5.0 C**

Dále bylo určeno, že dle normy ČSN EN ISO 13788 při ročním cyklu během modelového roku ke kondenzaci v konstrukci nedochází. Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti vyšla záporná.



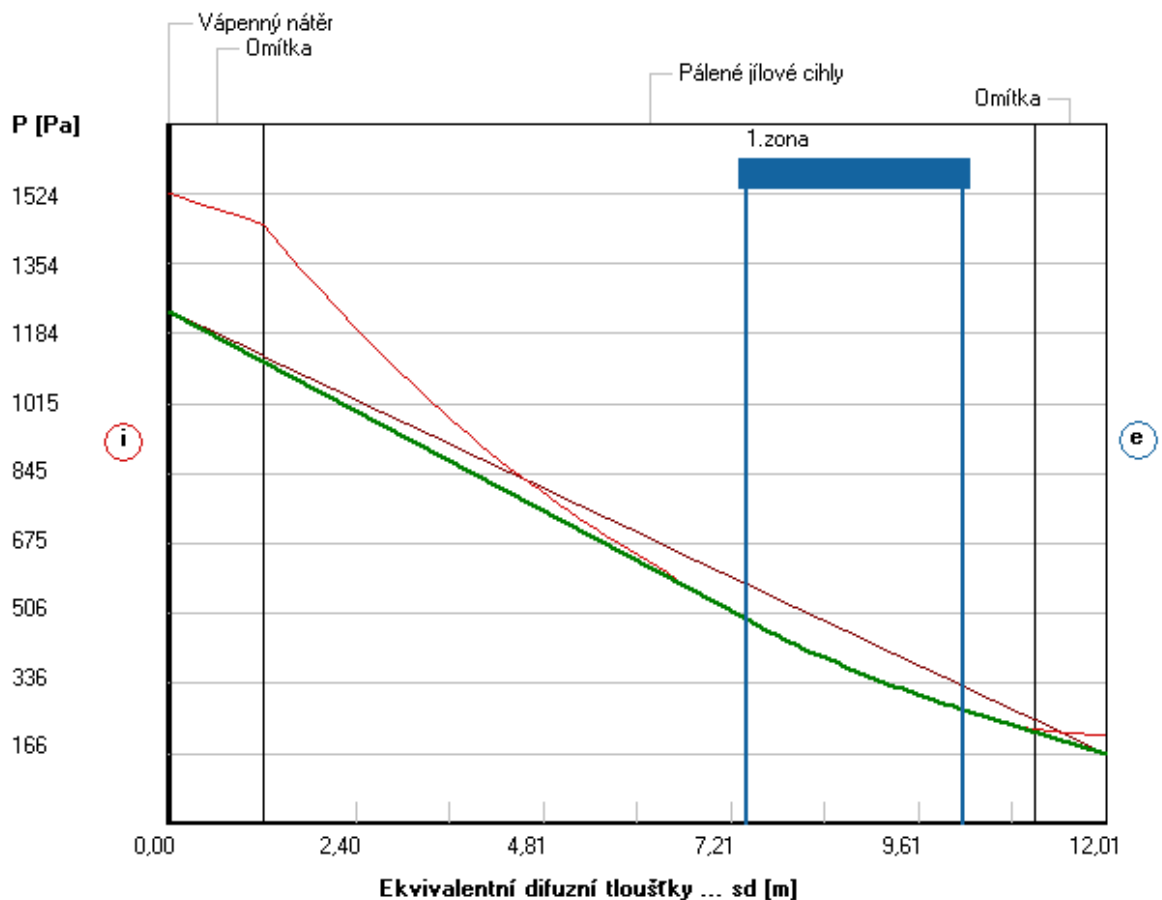


Obrázek 24: Legenda a okrajové podmínky výpočtu

Zde je zobrazena kondenzační zóna (dle normy ČSN 730540), kde se pravděpodobně sráží vzdušná vlhkost. Ta platí pro nejnižší teplotní období -13 °C. Kdy se vlhkost v konstrukci nestačí vypařit.

### Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce

Zatížení vnější návrhovou teplotou a vlhkostí dle ČSN 730540



Obrázek 25: Rozložení tlaků a difúze vodní páry v původním zdivu

### Stropy a podlahy

Stropy všech prostor 2.NP tvoří původní cihlové klenby. Celá výška patra kolísá kolem hodnoty 6m. Podlahy jsou betonové s kombinací s živičným povrchem. V severním křídle budovy je na betonu položena keramická dlažba a v galerii dřevěná plovoucí. Podlahy pravděpodobně pochází z padesátých let 20. století, kdy se těchto prostor užívalo jako vojenského skladu. Výsledky technologických průzkumů prokázaly citlivost kleneb na zatížení vyšší než 700kg na 1 m<sup>2</sup>.

Prostory pod 2.NP tvoří výhradně vytápěné místnosti a nebude tak docházet k přestupu tepla. Není tedy potřeba tepelného posouzení konstrukcí. Stejně tak je to s prostory 3.NP. I zde nebude docházet k přestupu tepla.

### Okna

Celý prostor 2.NP spojuje s venkovním prostorem 99 oken. Jedná se o okna, která byla v minulých letech opravena nebo repasována. Jsou to dvojitá okna se dvěma až šesti křídly opatřené vnějším kováním. Jejich součinitel prostupu tepla je: **2,4 W/m<sup>2</sup>K**

#### 5.5.2 Návrh změny konstrukcí

##### Obvodové zdivo

Při správném návrhu zateplení a dalších stavebních úprav dům téměř nezmění vzhled, bude však kvalitně tepelně izolován. U historických domů nebo památkově chráněných je třeba navrhnout každý detail tak, aby byly zachovány jejich proporce a původní podoba. Je potřeba zmínit, že funkce zateplení stavby není pouze finančního ušetření nároků na vytápění, ale také ochrana stavby před jejím zničením. Důvodů pro využití tepelné izolace i pro historické budovy je několik. Na prvním místě můžeme jmenovat znehodnocování

konstrukcí difúzí vzdušné vlhkosti (jak bylo vypočteno v kapitole výše), na druhém místě dilatační pohyby vyvolané teplotním namáháním.<sup>39</sup>

Jediné možné efektivní řešení teplé izolace stavby je vytvoření venkovního zateplení konstrukce.

Vnitřní zateplení nepřipadá v úvahu. Vedlo by k posunutí difúze vodní páry za takovou izolaci (což by mohlo vést k problémům s plísněmi a to je u stavby depozitáře a galerie nemyslitelné) a k další degradaci konstrukce. Dále by se tímto řešením odstranil potenciál využití širokých a tepelně stabilních zdí jako vhodného prostředí pro stavbu depozitáře.

Takováto řešení venkovního zateplení historické stavby, jsou ale velice nákladná. A to nákladná jak finančně tak časově. Musela by se věrně napodobit fasáda stavby použitou izolací a vytvořit vhodnou směs omítky tak, aby byla co nejbližší charakteru omítky původní a zároveň plnila i moderní tepelně technické parametry.

Změny konstrukce, které tedy navrhuji, jsou pouze v rovině teoretické varianty řešení a bylo by jistě zapotřebí rozsáhlých studií proveditelnosti, finančních analýz a posouzení památkářů, z kterých by teprve vzešel projekt realizovatelný. Jak již bylo napsáno výše, u této stavby (památkové chráněná historická stavba) není zapotřebí splnění normy pro tepelnou ochranu budov ČSN 73 0540. Tyto stavby mají výjimku z této normy.

Změněná skladba konstrukce obsahuje moderní směs omítky s lepšími tepelně izolačními vlastnostmi a navíc **5cm** zateplení z venkovní strany izolací **BASF Styrodur 3000 S**.

Takto upravené zdivo dosahuje nyní hodnoty součinitele prostupu tepla: **0,42 W/m<sup>2</sup>K**.

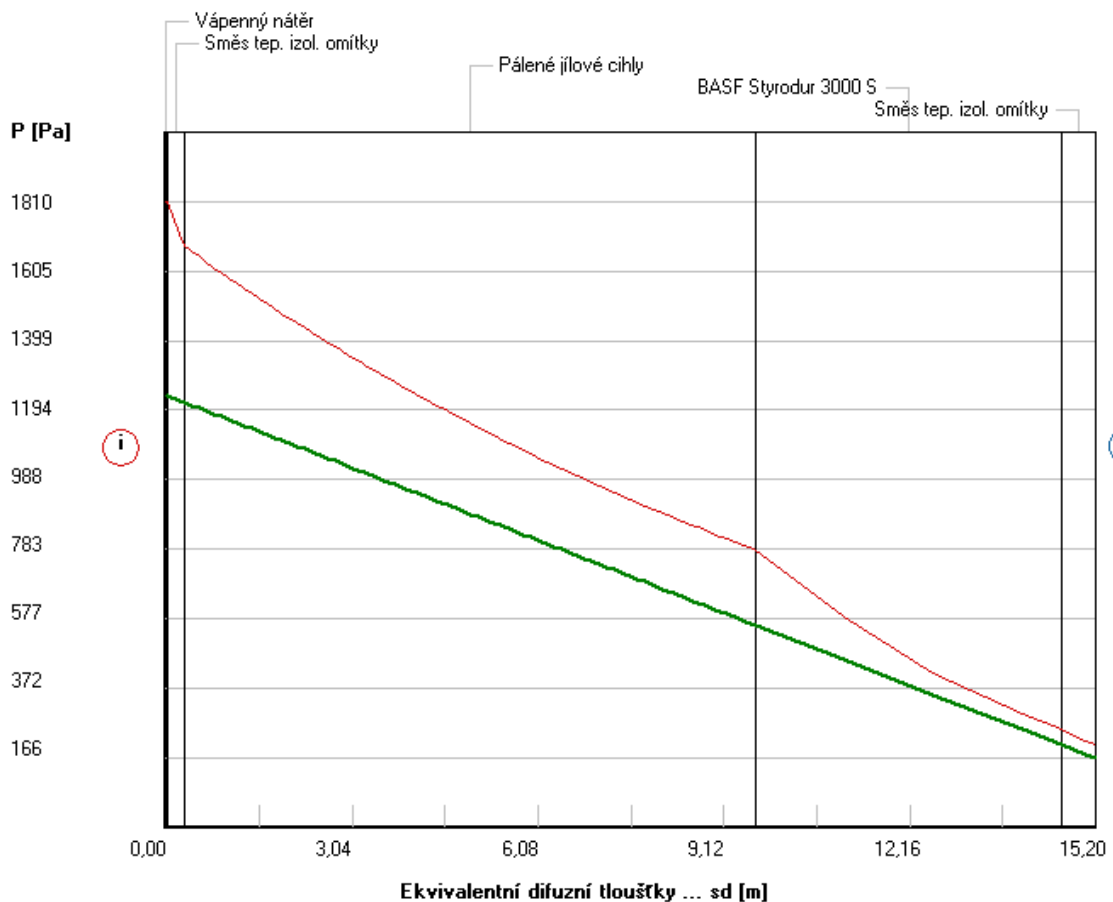
Dále dle výpočtu nedojde k difúzi vodní páry v navrhových podmínkách a to jak dle normy ČSN 730540 tak i ČSN EN ISO 13788. To je také vidět graficky na následujícím obrázku.

---

<sup>39</sup> ŠUBRT, Roman. *Dodatečné tepelné izolace jako ochrana historických budov*. Časopis stavebnictví. 2009, roč. 09, č. 10. ISSN 1802-2030.

### Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce

Zatížení vnější návrhovou teplotou a vlhkostí dle ČSN 730540



Obrázek 26: Rozložení tlaků a difúze vodní páry v upravené skladbě zdiva

### Okna

U takto masivních historických budov nevytápěných s nárazovým návštěvnickým provozem, jejichž obvodové konstrukce mají extrémně velkou hmotnost, je rozhodujícím rizikem výskyt povrchové kondenzace vodní páry na oslabených místech, jako jsou např. okenní ostění aj.

Je tedy namísto tepelně izolovat plochy stěn mezi rámy dvojitého (špaletového) okna i navazující okenní ostění podél celého obvodu okna. To samozřejmě (jako v předchozím případě) závisí na stupni památkové ochrany.

Při změnách, opravách či údržbě těchto budov je vhodné zachovat tato původní historická okna. A to jejich kvalifikovanou repasí či replikou, např. zasklením v kombinaci čirých

izolačních dvojskel s měkkým nízkoemisním pokovením vnějších křídel a sklem s nízkoemisním tvrdým pokovením vnitřních křídel. Při použití oken zdvojených nebo jednoduchých s dvojsklem musí být vždy doprovázeno tepelnou izolací okenního ostění, včetně nadpraží a parapetu.<sup>40</sup>

Takto nově navržená okna, zasklená moderním izolačním dvojsklem, dokonce plní doporučené parametry pro součinitel prostupu tepla stanovené zmiňovanou normou ČSN 730540.

Takto navržená okna mají součinitel prostupu tepla: **1,4 W/m<sup>2</sup>K**

Okna v části depozitáře byla vybavena zastíněním. Z jihovýchodní části depozitáře byla vybavena zastíněním částečným a to speciálním UV filtrem ve formě fólie se součinitelem zastínění **s=0,4**. Ze strany severozápadní byla okna zastíněna v celém rozsahu dřevěnými deskami. Tato opatření jsou provedena pro minimalizaci zasažení uměleckých artefaktů UV zářením, které by urychlovalo degradaci materiálů (více o UV záření v kapitole 3.4.5).

## 5.6 Tepelné ztráty

Při navrhování TZB (technická zařízení budov) je klíčové, stanovení hodnoty tepelné ztráty budovy. Výpočet této hodnoty jsem provedl v programu Ztráty 2010. Tento software se řídí platnými normami ČSN EN 12831, ČSN 730540 a STN 730540. Do výpočtu jsem vložil hodnoty součinitele prostupu tepla, které jsem vypočetl v předchozí kapitole v softwaru Teplo 2010.

Navrhl jsem hodnoty vnitřní teploty jednotlivých celků stavby GASK pro výpočet tepelné ztráty v nejvíce zatíženém zimním období (Tabulka 16). U tohoto návrhu jsem zohlednil účel jednotlivých místností a hygienické a ekonomické aspekty.

---

<sup>40</sup> ČSN EN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2010, s. 39.

Tabulka 16: Vnitřní teploty jednotlivých celků stavby

Označení místnosti	Název	Vnitřní teplota [°C]
A2.22 – 29, A2.70	Výstavní prostor galerie	19
A2.36 - 39, A2.42	Depozitář obrazů a grafiky	18
A2.45	Depozitář plastiky	18
A2.32-35, A2.48	Zázemí depozitáře	20
A2.62	Malý sál	20
A2.64	Velký multifunkční sál	20
A2.65, A2.31	Chodba	16
A2.11-16, A2.18-19	Studovny a badatelny	19
A2.01, A2.17	Chodba u studoven	16
A2.49-61	Sociální zařízení	20
A2.02-09	Sociální zařízení u studoven	20

Návrh vychází z předpokladu, že se v celém objektu bude pracovat s uměleckými díly. Jde tedy především o vymezení úzkého pásma, ve kterém se bude teplota celého objektu pohybovat. Dále je zapotřebí zohlednit potřeby návštěvníků a zaměstnanců objektu tak, aby se v objektu cítili komfortně. Navržené teplotní pásmo je  $18^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$ . Více o této problematice v teoretické části práce.

Pro prostory, kde se budou zdražovat osoby, je navržena teplota  $20^{\circ}\text{C}$

### Tepelná ztráta prostupem

Tepelná ztráta prostupem je proces způsobený vedením tepla z teplejšího prostředí do studenějšího prostředí (běžně se tedy počítá pro vedení z místnosti ven). Tepelná ztráta je závislá především na šíři zdiva, jeho tepelně technickém stavu a rozdílu mezi vnitřní a venkovní výpočtovou teplotou. Tepelná ztráta jednotlivých místností se počítá jako součet ztrát skrz jednotlivé konstrukce. Výsledná ztráta objektu je součet jednotlivých ztrát prostupem místností.

### Tepelná ztráta větráním

Je-li předpoklad, že bude ve stavbě využito vzduchotechniky, ale neznáme technické parametry tohoto systému větrání dopředu, vypočítáme tepelné ztráty větrání, jako kdyby v budově žádný systém nuceného větrání nebyl. Tedy dle minimálních hygienických nároků na větrání.

Tyto minimální hodnoty intenzity větrání jsou určeny normou ČSN EN 15 665/Z1. Přiváděný vzduch v takovémto výpočtu má teplotu venkovního vzduchu, neboť není využita žádná rekuperační jednotka. Tepelná ztráta je tedy přímo úměrná rozdílu teplot vnitřní a venkovní výpočtové teplotě.

#### 5.6.1 Výpočet

Výpočtem se určí ztráta objektu v nejnáročnějších dnech roku (zimním období) bez jakýchkoliv zisků z pobytu osob a technologií. Tím se určí míra potřeby tepla na vytápění v nejextrémnějších obdobích. Jedná se o klíčový výpočet pro návržení zdroje tepla pro danou budovu.

Celkovou tepelnou ztrátu vytápěného prostoru lze rozdělit a vypočíst ze součtu tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty větráním takto:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad (1)$$

kde

$\Phi_i$  – celková tepelná ztráta daného prostoru [W]

$\Phi_{T,i}$  – tepelná ztráta prostupem tepla dané části prostoru [W]

$\Phi_{V,i}$  – tepelná ztráta větráním dané části prostoru [W]

Tepelná ztráta prostupem se počítá jako součet součinitelů jednotlivých tepelných ztrát vynásobený rozdílem výpočtové vnitřní a venkovní teploty.

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (2)$$

kde

$\Phi_{T,i}$  – tepelná ztráta prostupem tepla dané části prostoru [W]

$H_{T,ie}$  – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do exteriéru [W/K]

$H_{T,iue}$  – součinitel tepelné ztráty skrz nevytápěný prostor do venkovního prostředí [W/K]

$H_{T,ig}$  – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do zeminy [W/K]

$H_{T,ij}$  – součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do prostoru s výrazně odlišnou teplotou [W/K]

$\theta_i$  – výpočtová vnitřní teplota prostoru (daná účelem prostoru) [°C]

$\theta_e$  – výpočtová venkovní teplota (daná lokací) [°C]

Tepelná ztráta větráním daného objektu se dle normy ČSN EN 12831 počítá jako násobek součinitele ztráty větráním s rozdílem výpočtové vnitřní a venkovní teploty

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (3)$$

kde

$\Phi_{V,i}$  – tepelná ztráta větráním daného prostoru [W]

$H_{V,i}$  – součinitel ztráty větráním [W/K]

$\theta_i$  – výpočtová vnitřní teplota prostoru [°C]

$\theta_e$  – výpočtová venkovní teplota [°C]

Součinitel ztráty větráním se počítá z objemu prostoru a minimální intenzity výměny vzduchu.

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{min} \quad (4)$$

kde

$H_{V,i}$  – součinitel ztráty větráním [W/K]

$V_i$  – objem místnosti [ $m^3$ ]

$n_{min}$  – minimální intenzita výměny vzduchu (daná určením prostoru) [1/h]



Součinitel tepelné ztráty z vytápěných prostor přímo do venkovního prostředí se zohledněním tepelných mostů se počítá pomocí následující vzorce:

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \Psi_i \cdot l_i \cdot e_i \quad (5)$$

kde

$A_k$  – plocha konstrukční části [ $m^2$ ]

$U_k$  – součinitel prostupu tepla jednotlivé konstrukce (určený normami EN ISO 6946 a EN ISO 10077) [ $W/m^2K$ ]

$\Psi_i$  – součinitel lineárního prostupu tepla lineárním tepelným mostem (dle tabulky v EN ISO 14683 nebo vypočten dle EN ISO 10211) [ $W/mK$ ]

$l_i$  – délka lineárního tepelného mostu mezi interiérem a exteriérem [ $m$ ]

$e_i$  – korekční činitel povětrnostních vlivů

Pro srovnání zde uvedu obě varianty ztrát objektu. Tedy tepelné ztráty konstrukce původní a tepelné ztráty pozměněné skladby konstrukcí. Z porovnání výsledků lze vyčíst, o jak velkou úsporu se jedná.

## 5.6.2 Ztráty původní konstrukce

Tabulka 17: Přehled ztrát původní konstrukce jednotlivých bloků stavby

Označení	Název	Vnitřní teplota [°C]	Objem vzduchu v místnosti [m <sup>3</sup> ]	Tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]	Tepelná ztráta větráním $\Phi_{T,i}$ [W]
A2.22 – 29, A2.70	Výstavní prostor galerie	19	3060	23139	10906
A2.36 - 39, A2.42	Depozitář obrazů a grafiky	18	2220	15965	7633
A2.45	Depozitář plastiky	18	1280	11711	3073
A2.32- A2.35, A2.48	Zázemí depozitáře	20	1300	7082	7293
A2.62	Malý sál	20	640	3156	978
A2.64	Velký multifunkční sál	20	1390	7369	2049
A2.65, A2.31	Chodba	16	1810	14055	8923
A2.11-16, A2.18-19	Studovny a badatelny	19	2390	17461	13002
A2.01, A2.17	Chodba u studoven	16	1710	14533	8430
A2.49-61	Sociální zařízení	20	500	2570	1348
A2.02-09	Sociální zařízení u studoven	20	240	1305	389
<b>Tepelné ztráty celkově: 182,372 kW</b>				<b>118,348 kW</b>	<b>64,024 kW</b>

**Celková tepelná ztráta**

Celková tepelná ztráta je součet tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty větráním.

$$\Phi_i = 118,348 + 64,024 = 182,372 \text{ kW}$$

## 5.6.3 Ztráty nové skladby konstrukcí

Tabulka 18: Přehled ztrát nové skladby jednotlivých bloků stavby

Označení	Název	Vnitřní teplota [°C]	Objem vzduchu [m <sup>3</sup> ]	Tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]	Tepelná ztráta větráním $\Phi_{T,i}$ [W]
A2.22 – 29, A2.70	Výstavní prostor galerie	19	3060	15111	10906
A2.36 - 39, A2.42	Depozitář obrazů a grafiky	18	2220	10466	7633
A2.45	Depozitář plastiky	18	1280	7662	3073
A2.32- A2.35, A2.48	Zázemí depozitáře	20	1300	4637	7293
A2.62	Malý sál	20	640	2058	978
A2.64	Velký multifunkční sál	20	1390	4910	2049
A2.65, A2.31	Chodba	16	1810	9163	8923
A2.11-16, A2.18-19	Studovny a badatelny	19	2390	11381	13002
A2.01, A2.17	Chodba u studoven	16	1710	9511	8430
A2.49-61	Sociální zařízení	20	500	1713	1348
A2.02-09	Sociální zařízení u studoven	20	240	899	389
<b>Tepelné ztráty celkově: 141,535 kW</b>				<b>77,511 kW</b>	<b>64,024 kW</b>

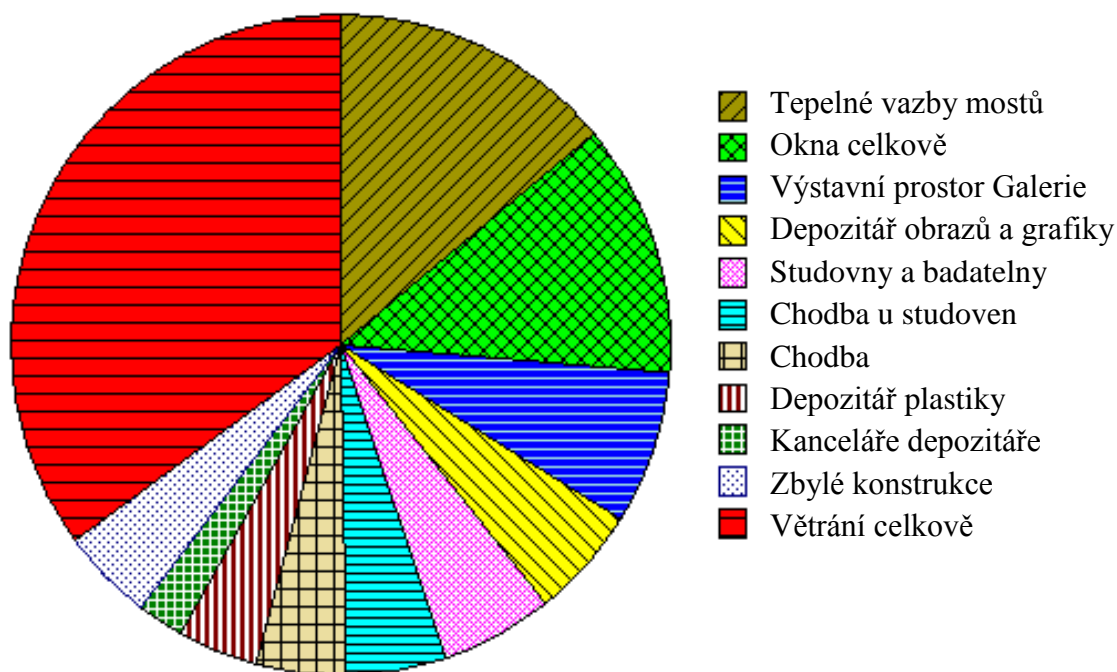
**Celková tepelná ztráta**

Celková tepelná ztráta je součet tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty větráním.

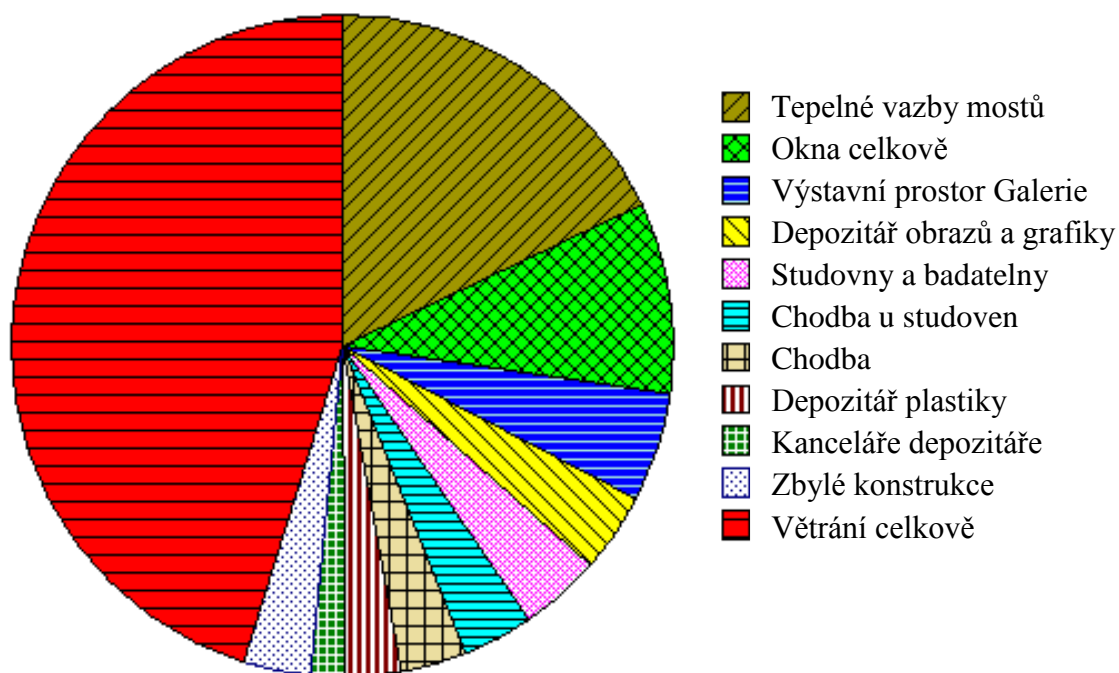
$$\Phi_i = 77,511 + 64,024 = 141,535 \text{ kW}$$

Z porovnání obou variant tepelných ztrát lze odečíst úsporu v podobě **40,837 kW**. Je to hodnota, o kterou jsou tepelné ztráty menší ve variantě se zateplením, které bylo popsáno v kapitole 5.5.2 (tedy s 5cm izolace BASF Styrodur 3000 S).

Je zde také možno vidět, jak velkou změnu tepelné ztráty vyvolá změna součinitele tepelné vodivosti z hodnoty **0,76 W/m<sup>2</sup>K** na hodnotu **0,42 W/m<sup>2</sup>K**.



Obrázek 27: Tepelné ztráty původní konstrukce



Obrázek 28: Tepelné ztráty nové skladby konstrukcí

#### 5.6.4 Potřebný tepelný výkon

Návrhový tepelný výkon je celkový tepelný výkon potřebný pro návrh dané vytápěcí soustavy. Tato hodnota je určující pro dimenzování zdroje tepla, otopných těles, výměníku tepla atd. Hodnota je určena ze součtu všech tepelných ztrát budovy ( $\Phi_{T,i}$ ,  $\Phi_{V,i}$ ) a zátopového výkonu  $\Phi_{RH,i}$

$$\Phi_{HL} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad (6)$$

kde

$\Phi_{HL}$  – celkový tepelný výkon [W]

$\Phi_{T,i}$  – tepelná ztráta prostupem tepla dané části prostoru (i) [W]

$\Phi_{V,i}$  – tepelná ztráta větráním dané části prostoru (i) [W]

$\Phi_{RH,i}$  – zátopový tepelný výkon požadovaný pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění vytápěného prostoru (i) [W]

$$\Phi_{RH,i} = A \cdot f_{RH} \quad (7)$$

kde

A – objem vzduchu v místnosti [m<sup>3</sup>]

$f_{RH}$  – zátopový součinitel (pro nebytové prostory s velkou hmotností budovy a dobou zátopy 4h = 16)<sup>41</sup>

V mém případě budovy GASK 2.NP přerušovaného vytápění nebude využito. A to pro udržení maximální stability klimatu budovy.

Ve výpočtech v programu Ztráty 2010 je již výpočet integrovaný a ztráty jsou již vypočteny se zohledněním zátopového faktoru.

Pro návrh vytápění se tedy budu řídit výpočtem celkové tepelné ztráty:

$$\Phi_i = 77,511 + 64,024 = 141,535 \text{ kW}$$

---

<sup>41</sup> [Chyba! Pouze hlavní dokument.] ČSN EN 12 831. *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2006, s. 29.

## 5.7 Energetický štítek

Pro přehlednost, zobecnění a zasazení tepelně technických parametrů stavby GASK, jsem také vyhotovil energetické štítky obou variant stavby (dle normy ČSN 73 0540). Jak již bylo předestřeno v kapitole 5.6, budova je zapsaná jako historicky chráněná a nemusí tedy plnit žádné z parametrů na součinitel prostupu tepla. Standardní novostavby či rekonstrukce budov by však měli dle aktuálních norem splnit kategorizaci energetického štítku budovy. Ta je nyní nastavena tak, že by budova měla spadat do prvních třech kategorií (tedy A-C).

Jak je vidět z následujících vypočtených štítků budovy, podařilo se mi i tento požadavek splnit i když se na tuto stavbu nevztahuje.

Pro úplnost je zde uveden potřebný výpočet průměrného součinitele prostupu tepla. Pro výrobu energetického štítku budovy jsem použil software Ztráty 2010 (s balíku programů Stavební fyzika).

Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla:

$$U_{em,N,j} = \frac{\sum(U_{N,j} \cdot A_i \cdot b_i)}{\sum A_j + 0,02} \text{ [W/(m}^2\text{K)]} \quad (8)$$

kde

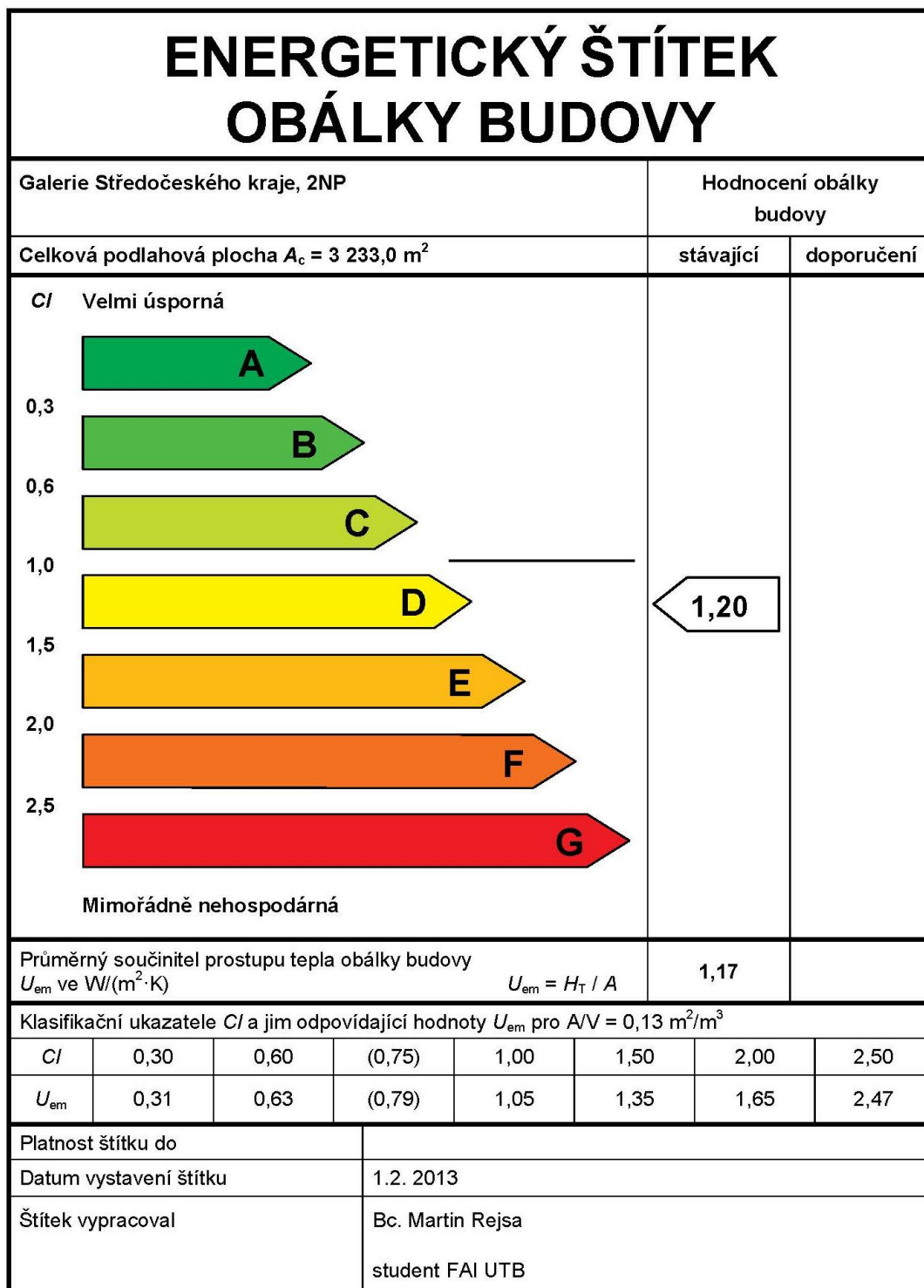
$U_{N,j}$  - normová hodnota součinitele prostupu tepla j-té teplosměnné konstrukce  
[W/(m<sup>2</sup>K)]

$A_j$  - plocha j-té teplosměnné konstrukce stanovená z vnějších rozměrů [m<sup>2</sup>]

$b_j$  - teplotní redukční činitel odpovídající j-té konstrukci [-]

## 5.7.1 Energetický štítek původní konstrukce

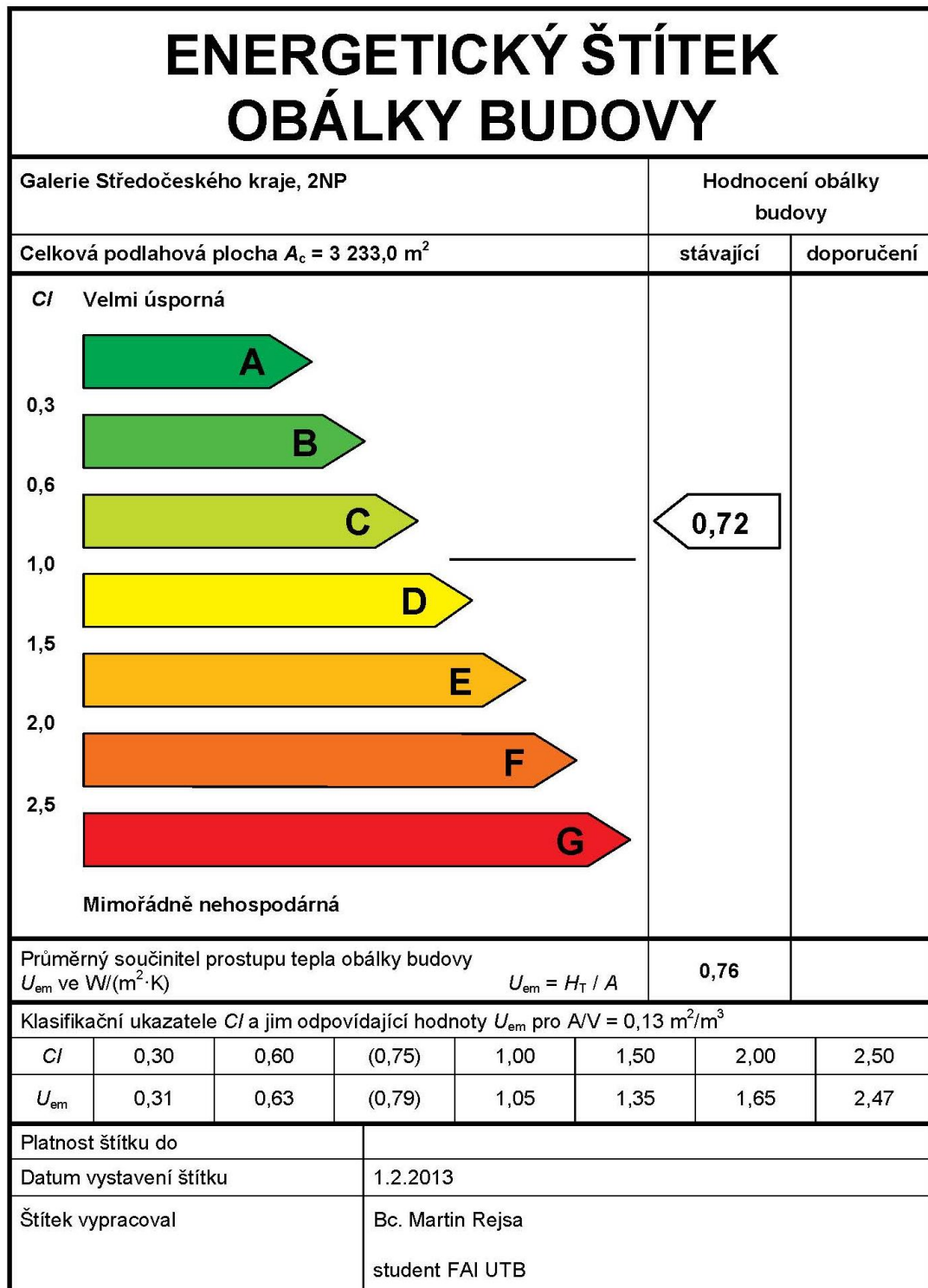
Průměrný součinitel přestupu tepla původní skladby konstrukce je  $U_{em} = 1,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ , což odpovídá klasifikačnímu ukazateli 1,20 a hodnotícímu stupni D.



Obrázek 29: Energetický štítek původní skladby budovy

## 5.7.2 Energetický štítek původní konstrukce

Průměrný součinitel přestupu tepla po změně skladby konstrukcí je  $U_{em} = 0,76 \text{ W/m}^2\text{K}$ , to odpovídá klasifikačnímu ukazateli 0,72 a hodnotícímu stupni C.



Obrázek 30: Energetický štítek pozměněné skladby budovy



## 5.8 Teplené zisky

Z umístění, koncepce, tepelně-technického charakteru a účelu stavby je zřejmé, že bude nezbytné, aby byla ve stavbě vybudovaná nucená vzduchotechnická výměna.

Pro bezproblémovou funkci takového vzduchotechnického systému je vhodné spočítání a nasimulování tepelných toků v místnostech. Jedině při znalosti tepelné zátěže, je možné dosáhnout správného návrhu vzduchotechnického systému a jeho parametrů chladicích výkonů. Všechny použité výpočty určuje norma ČSN 73 0548.

Stavbu jsem si rozčlenil na místnosti dle určení a rozdílných klimatických parametrů.

Jedná se o oblasti: **galerie, depozitář plastiky, depozitář obrazů a grafiky, malý sál, velký multifunkční sál a studovny.**

Každá takováto sekce bude mít samostatnou vzduchotechnickou jednotku, proto budu počítat i tepelné zisky samostatně pro jednotlivé sekce.

Tepelná zátěž je primární veličina pro návrh vzduchotechnického systému, zejména klimatizace (chladicího výkonu). Stejně jako při výpočtu tepelných ztrát vychází i výpočet tepelných zisků z jevu tepelné výměny mezi prostorem s větší teplotou do prostoru s teplotou nižší.

### 5.8.1 Vnější zisky

Tyto zisky se počítají pro letní nejzatíženější období. Zátěž tvoří tepelné toky sdílené průsvitnými a neprůsvitnými konstrukcemi budovy. Výchozí pro řešení této tepelné zátěže je mechanismus sdílení tepla, zejména sluneční radiace. Zásadní vstupní hodnoty výpočtu tvoří teplota vzduchu a intenzita sluneční radiace. Tepelnou zátěž okny tvoří prostup tepla konvekcí a radiací.<sup>42</sup>

---

<sup>42</sup> GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. Brno: Era, 2005, xviii, 262 s. ISBN 80-736-6027-X, s. 71.

### Tepelné zisky okny

Prostup tepla konvekcí  $Q_{ok}$  je dán standartní formulí pro prostup tepla. Vyčíslí se pro plochu okna  $S_o$  včetně rámu, součinitele prostupu tepla okna  $k_o$ , pro teplotu venkovního vzduchu  $t_{ev}$  ve sledované době a teplotu vnitřního vzduchu  $t_i$  dle následující rovnice.

$$Q_{ok} = k_o \cdot S_o \cdot (t_{ev} - t_i) \quad (9)$$

Prostup tepla okny radiací  $Q_{or}$  závisí na úhlu dopadu slunečních paprsků a vlastnostech skla. Okamžité hodnoty prostupující sluneční radiace pro zvolený časový okamžik lze vypočítat dle algoritmů v ČSN 73 0548. Pro technickou praxi udává hodnoty prostupující sluneční radiace  $I_o$  [W.m<sup>2</sup>] pro jednoduché standartní zasklení. Tepelný zisk sluneční radiací oken  $Q_{or}$  pro osluněný povrch okna  $S_{os}$  a zastíněnou plochu  $(S_o - S_{os})$  se vyčíslí z následující rovnice.<sup>43</sup>

$$Q_{or} = [S_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{odif}] \cdot S \quad (10)$$

kde

$S_{os}$  - osluněný povrch okna [m<sup>2</sup>]

$I_o$  - celková intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením [W/m<sup>2</sup>]

$I_{odif}$  - intenzita difusní sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením [W/m<sup>2</sup>]

$S$  - stínící součinitel vyjadřující vliv skutečného zasklení a stínících prostředků [-]

$c_o$  - korekce na čistotu atmosféry [-]

---

<sup>43</sup> GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. Brno: Era, 2005, xviii, 262 s. ISBN 80-736-6027-X, s. 72.

### Tepelné zisky stěn

Prostup tepla osluněnou stěnou je složitý tepelný děj tvořený radiací a vedením tepla. Pro praktické řešení se nahrazuje dějem kvazistacionárním s respektováním vlivu akumulace, útlumu a časového zpoždění. Vliv slunečního záření na neprůsvitnou stěnu lze popsat tepelnou bilancí dílčích tepelných toků konvekci  $q_k$ , radiací  $q_r$ , sáláním okolních povrchů  $q_{so}$  a osáláním okolních povrchů  $q_o$ . Pro účely technické praxe se zanedbávají složky  $q_{so}$  a  $q_o$  a pro zjednodušení je zavedena tzv. rovnocenná sluneční teplota  $t_r$ . Ta je závislá na teplotě vnějšího vzduchu  $t_e$ , součiniteli poměrné pohltivosti  $A$ , intenzitě dopadající radiace  $I$  a součiniteli přestupu tepla na vnější povrch  $\alpha_e$ . Vypočítá se následujícím výpočtem.

$$t_r = t_e + A \cdot I / \alpha_e \quad (11)$$

Zavedením sluneční rovnocenné teploty se problematika sdílení tepla osálanou stěnou převede na řešení prostupu tepla rovinnou stěnou. Pro zjednodušení manuálních výpočtů v projekční praxi se venkovní stěny dělí na **lehké**, **středně těžké** a **těžké**.

**Lehké** stěny s tloušťkou  $d < 0,08 \text{ m}$  a **těžké** stěny  $d > 0,45 \text{ m}$ , kde se zanedbává časové zpoždění kmitů, se počítají dle následujícího výpočtu:

$$Q_s = k \cdot S (t_r - t_i) \quad (12)$$

kde

$k$  - součinitel přestupu tepla stěnou

$S$  - plocha [ $\text{m}^2$ ]

$t_i$  - vnitřní teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

**Středně těžké** stěny o tloušťce  $d < 0,45 \text{ m}$  se vyznačují větší tepelnou kapacitou ovlivňující kolísání teplot na vnitřním povrchu, a tím i tepelný prostup  $Q_s$ , jehož hodnota se vypočte dle následující rovnice.

$$Q_s = k \cdot S (t_{rm} - t_i) + m \cdot (t_{r\psi} - t_{rm}) \quad (13)$$

kde

$t_{rm}$  - průměrná rovnocenná teplota vzduchu a 24h

$t_{r\psi}$  - průměrná rovnocenná teplota vzduchu v bodě o časové zpoždění  $\psi$  dřívější

$m$  - součinitel zmenšení teplotního kolísání

### 5.8.2 Vnitřní zisky

Tyto zisky se počítají pro nejvytíženější období využívání těchto prostor tak, aby bylo možné určit špičkový výkon vzduchotechnického systému a jeho chladicí výkon.

#### Produkce tepla lidí

Tato složka obsahuje tzv. citelné teplo, jehož hodnota závisí na teplotě vzduchu a činnosti člověka. Za výchozí hodnotu pro odvození je považována produkce citelného tepla muže **62 W** při **mírně aktivní práci** při **teplotě okolního vzduchu 20 °C**.

Pro jinou teplotu a počet osob  $n_l$  se hodnota koriguje následujícím vztahem (8). Pro různorodé složení skupiny osob v místnosti se provádí ekvivalentní přepočty podle vztahu (9) pro počet mužů  $n_m$ , žen  $n_z$  a počet dětí  $n_d$ .

$$Q_l = n_l \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i) \cdot i_i \quad (14)$$

$$n_l = 0,85 \cdot n_z + 0,75 \cdot n_d + n_m \quad (15)$$

Pro jednotlivé výpočtové oblasti byly stanoveny maximální hodnoty zatížení produkcí tepla lidmi. **Galerie** 50 lidí, **Depozitář plastiky** 1 člověk, **Depozitář obrazů a grafiky** 1 člověk, **Malý sál** 44 lidí, **Velký multifunkční sál** 100 lidí, **Studovny** 40 lidí.

#### Zisky od vnitřních zdrojů

Tyto zisky jsou dány součtem jednotlivých vnitřních zdrojů tepla, k nimž je nutno připočítat i teplo, kterým se vzduch ohřeje při proudění mezi chladičem a klimatizovanou místností, event. je nutno odečíst teplo potřebné na adiabatické odpaření vody z mokrých povrchů v klimatizovaných místnostech.<sup>44</sup>

---

<sup>44</sup> GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. Brno: Era, 2005, xviii, 262 s. ISBN 80-736-6027-X, s. 74.

### Produkce tepla svítidel

Produkce tepla svítidel  $Q_{sv}$  se počítá pro prostory bez dostatečného prosklení (kina, divadla) a místnosti s požadavky na vyšší intenzitu osvětlení (rýsovný, studovny, provozy jemné mechaniky, galerie ap.), kde nestačí přirozené osvětlení. U hlubokých místností se uvažuje s umělým osvětlením ve vzdálenosti větší než 5 m od okna. U svítidel se předpokládá, že se jejich celý elektrický příkon změní v teplo. Výchozí pro výpočet je intenzita osvětlení, ze které se odvodí celkový příkon svítidel  $P$ .

Tepelná zátěž od svítidel  $Q_{sv}$  se vyčíslí ze vztahu (10) pro součinitel současnosti používání svítidel  $c_1$  a zbytkový součinitel v případě použití odsávaných svítidel  $c_2$ .

$$Q_{sv} = P \cdot c_1 \cdot c_2 \quad (16)$$

Navržení intenzity osvětlení prostoru vychází z její účelnosti. Pro standardní prostory se počítá 5 až 7 W/m<sup>2</sup> při využití zářivek. Při využití žárovek je to 21 až 25 W/m<sup>2</sup>. Hodnoty intenzity osvětlení pro určité prostory jsou dále děleny v normě ČSN 73 0548. Já jsem dle této normy a účelovosti prostoru navrhl hodnoty a k nim odpovídající hodnoty produkce tepla takto: **Galerie** 25 W/m<sup>2</sup>, **Depozitář plastiky** 10 W/m<sup>2</sup>, **Depozitář obrazů a grafiky** 10 W/m<sup>2</sup>, **Malý sál** 20 W/m<sup>2</sup>, **Velký multifunkční sál** 20 W/m<sup>2</sup>, **Studovny** 30 W/m<sup>2</sup>.

Na konkrétní návrh a specifikace světelného řešení je zaměřena kapitola 8.1.

### Produkce tepla elektronických zařízení

Produkce tepla elektronických zařízení  $Q_e$  (počítačů, tiskáren apod.) o příkonu  $P$  nad 100 W (menší se zanedbává, pokud se nejedná o velké množství takovýchto zařízení) se určí z výpočtu (11). Hodnoty součinitele současnosti chodu elektromotorů  $c_1$  a průměrného zatížení stroje  $c_2$  lze určit dle ČSN 73 0548.

$$Q_e = c_1 \cdot c_2 \cdot \Sigma P \quad (17)$$

Pro některé prostory byly navrženy tepelné zisky z předpokládaných elektrických zařízení, které se mohou v oblastech vyskytovat. Malé tepelné zisky byly zanedbány.

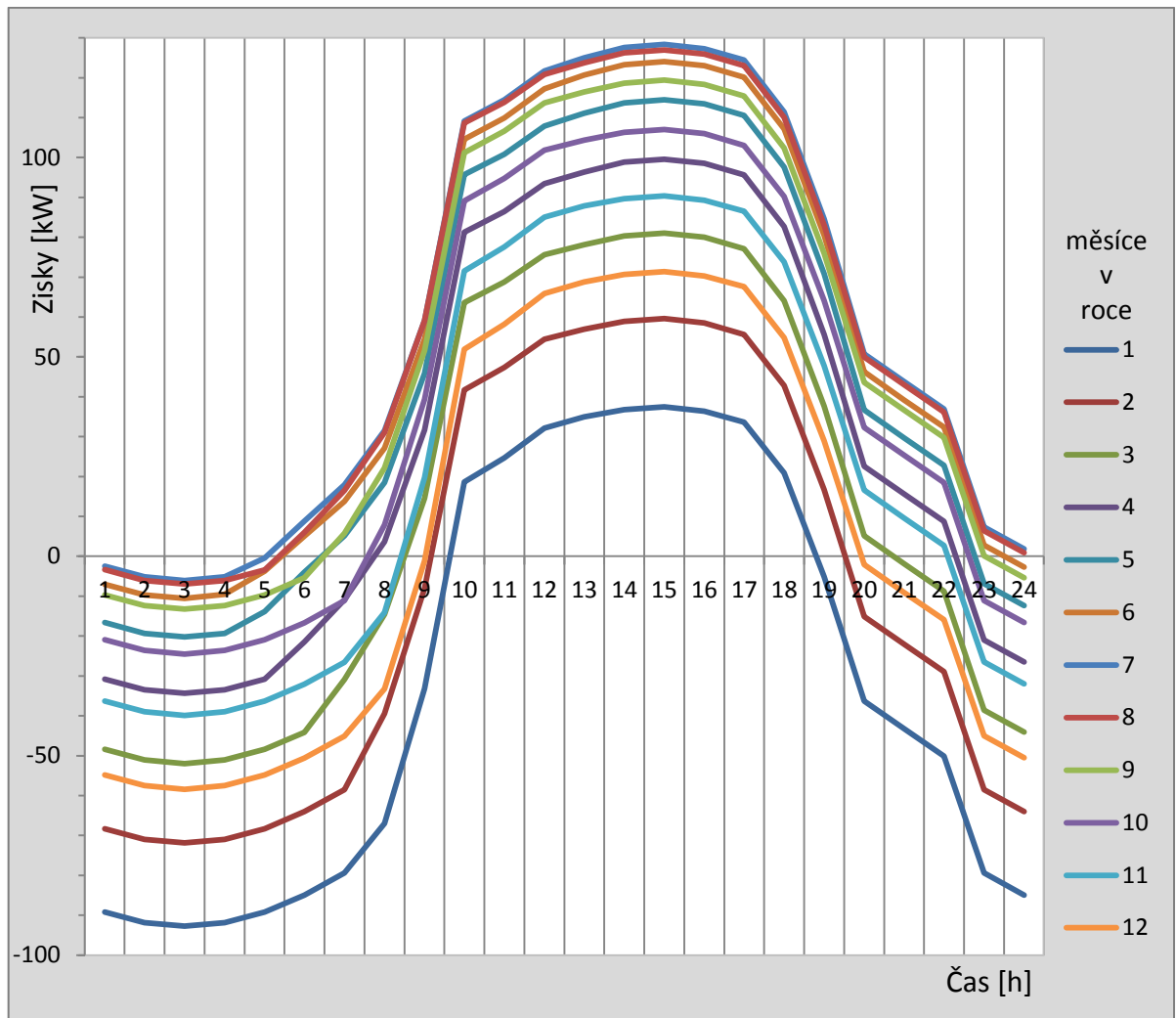
**Galerie** 5 W/m<sup>2</sup>, **Malý sál** 10 W/m<sup>2</sup>, **Velký multifunkční sál** 10 W/m<sup>2</sup>, **Studovny** 10 W/m<sup>2</sup>.

### 5.8.3 Výsledná hodnota tepelné zátěže

Pro výpočet celkových hodnot tepelné zátěže byl použit program **Tepelné zisky Qpro** od Ing. Karla Vopálky. V tomto programu byla vytvořena konstrukčně prostorová simulace místností. Tabulka 19 zobrazuje přehled výsledků výpočtů pro nejnáročnější období jednotlivých sekcí budovy.

*Tabulka 19: Přehled tepelných zisků v nejnáročnějším letním období*

Úsek stavby	Počet osob	Výpočtové zisky ze světél [W/m <sup>2</sup> ]	Výpočtové zisky elektr. zatížením [W/m <sup>2</sup> ]	Výpočtová teplota místnosti [°C]	Tepelné zisky [kW]
<b>Galerie</b>	50	25	5	19 ± 2	<b>35</b>
<b>Depozitář plastiky</b>	1	10	0	18 ± 2	<b>5</b>
<b>Depozitář obrazů a grafiky</b>	1	10	0	18 ± 2	<b>13</b>
<b>Malý sál</b>	44	20	10	20 ± 3	<b>16</b>
<b>Velký multifunkční sál</b>	100	20	10	20 ± 3	<b>36</b>
<b>Studovny</b>	40	30	10	19 ± 2	<b>24</b>
<b>Celkově</b>					<b>128</b>



Obrázek 31: Graf tepelných zisků v celé budově GASK v průběhu hodnotícího roku

Tepelné zisky se projevují i v obdobích chladnějších. Obrázek 31 zobrazuje průběhy tepelných zisků a ztrát na celé stavbě GASK. Hranici 70kW zisků přesahují všechny měsíce vyjma prosince ledna a února.

## 5.9 Stabilita objektu

Stavba depozitáře a galerie GASK je z pohledu stability mikroklimatických podmínek velice vhodně umístěna v širokém a masivním obvodovém zdivu, které zásadně napomáhá udržování stálých hodnot teploty a vlhkosti.

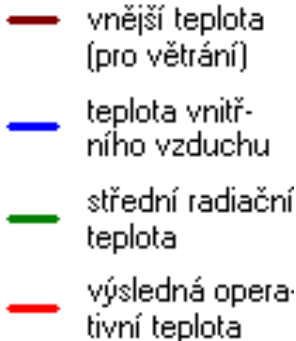
Hodnota tepelné stability objektu je pro tento objekt mimořádně významná, protože právě malý výkyv teploty a velikosti v čase, jsou klíčové hodnoty kvality objektu pro uchování uměleckých artefaktů.





Stavba GASK nebude vytápěna přerušovaně a při poruše bude mít zálohu kotle, není tedy potřeba počítat pokles teplot v zimním období.

Pro letní období norma ČSN 0540-2 stanovuje nejvyšší denní špičkovou teplotu vzduchu v místnosti v nevýrobních budovách na **27 °C**. Což se např. pro depozitář nedá považovat za relevantní hodnotu. Pro účel depozitáře (nejkritičtější úsek) jsem určil jako klíčové, dosažení maximálního výkyvu **18°C ±2K** (ostatní hodnoty Tabulka 19).

Je tedy vhodné nasimulovat chování stavby bez technického zařízení (klimatizačního systému). A to v nejnáročnějších dnech letního období, kdy jsou výkyvy teploty největší. Takto je možné ověřit chování stavby a dle něho posoudit potřeby na dodatečné klimatizační systémy.

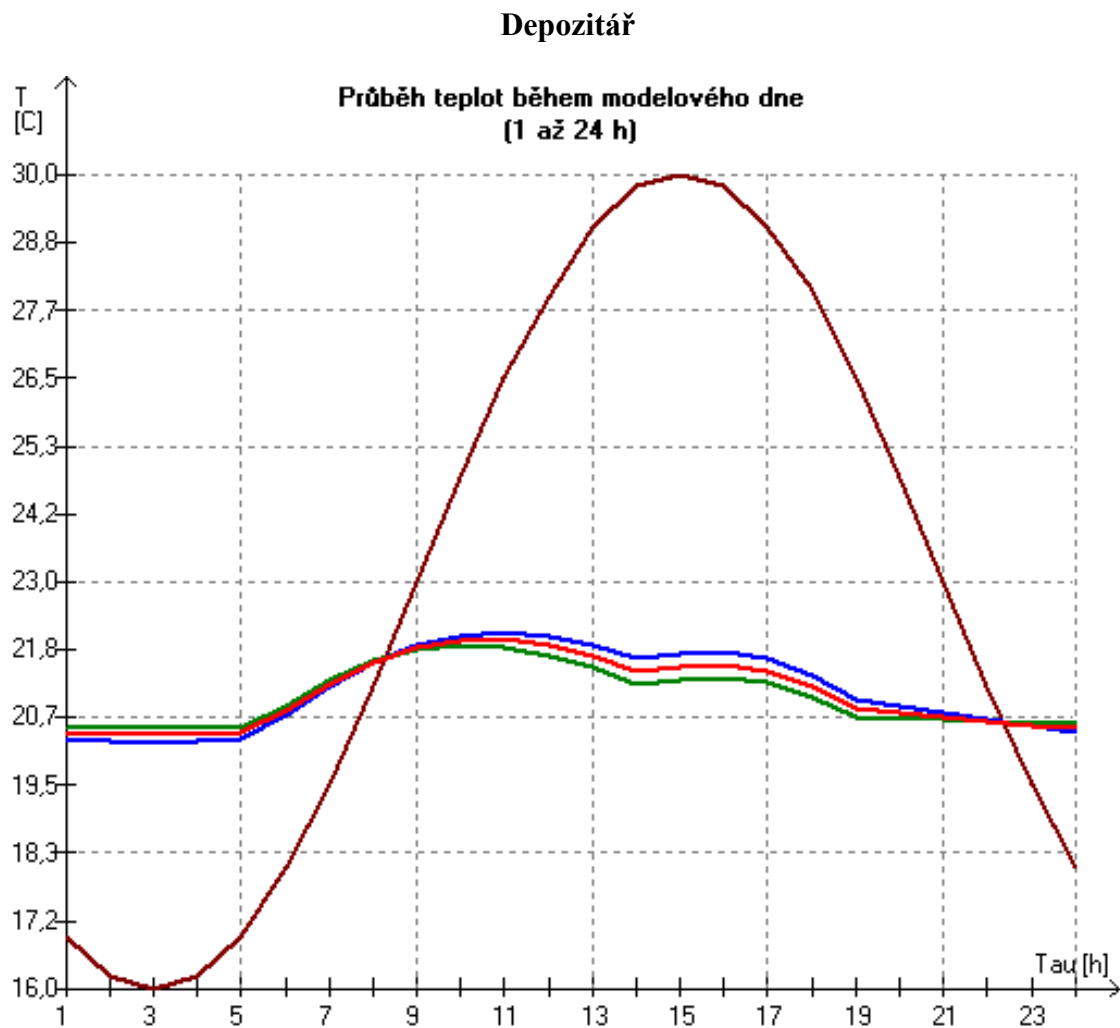
Pro posouzení a simulaci stability objektu jsem použil software Simulace 2010 (s balíku programů Stavební fyzika). Za simulační den byl zvolen normový 15. srpen, kdy přes den teploty sahají k 30°C a v noci k 16°C. Bylo počítáno s tím, že se předtím opakovalo 10 takovýchto normových dní.

Označení:  
-----  


-  vnější teplota (pro větrání)
-  teplota vnitřního vzduchu
-  střední radiační teplota
-  výsledná operativní teplota

Obrázek 32: Legenda k průběhům teplot při simulacích





Obrázek 33: Průběh teploty v oblasti depozitáře bez klimatizačního systému

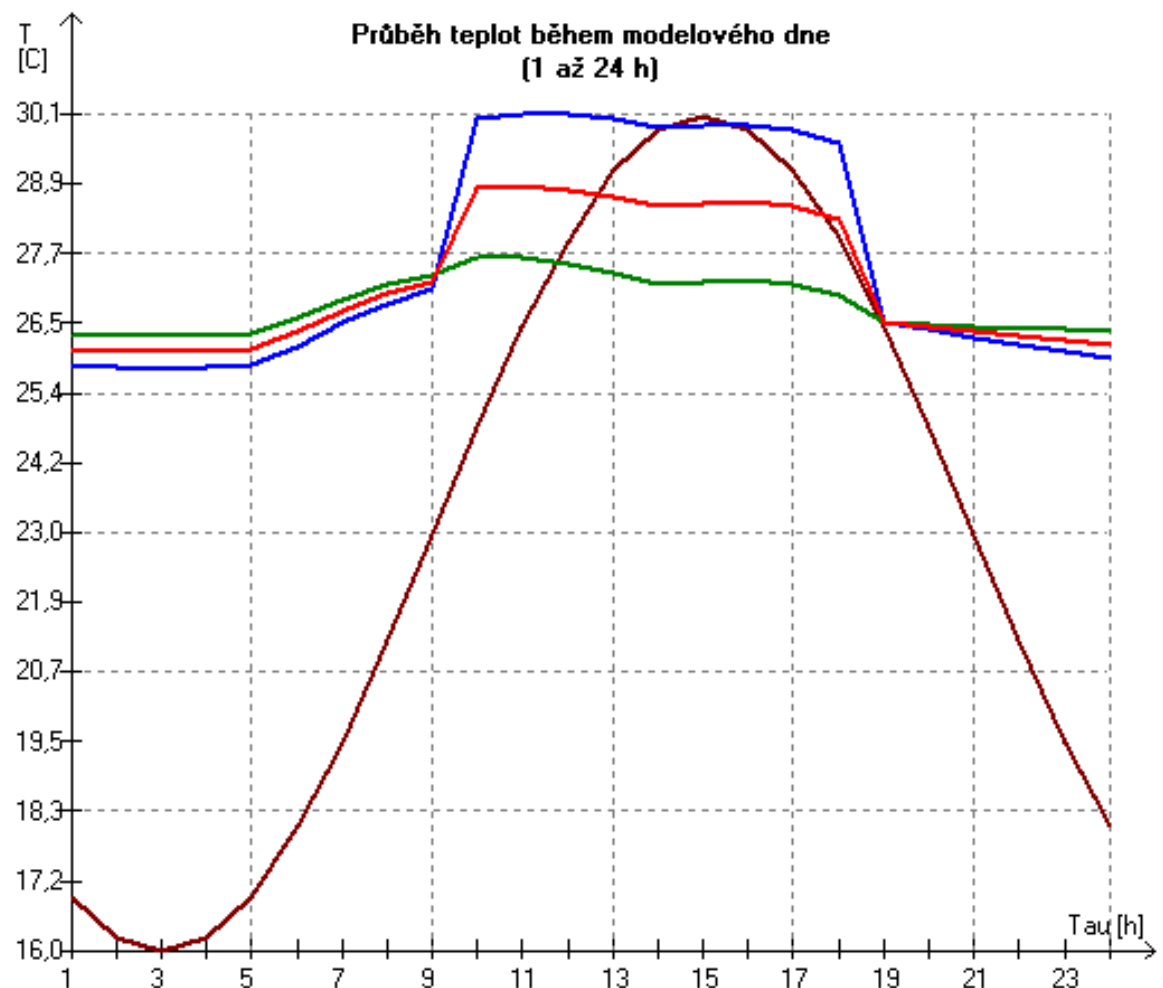
Jak je patrné z grafu, teplota uvnitř oblasti depozitáře by bez klimatizační jednotky dosahovala i v náročném letním období maximální teploty **22°C**. Při stejně horkém dni by pak depozitář v noci chladl na nejnižší teplotu **20°C**. Což jsou velice příhodné teploty např. pro obytné stavby, ale pro depozitář nevhodné.

Na tomto grafu lze velice přehledně vidět, jak se natáčí slunce přes tuto stavbu. Od 5h začne slunce osvětlovat velké jihovýchodní plochy stavby, od 11h do 14h osvětluje pouze jihozápadní křídlo, které není svou plochou tak rozsáhlé a pak se znovu natočí na západ a osvětluje rozsáhlé severozápadní stěny.

### Galerie

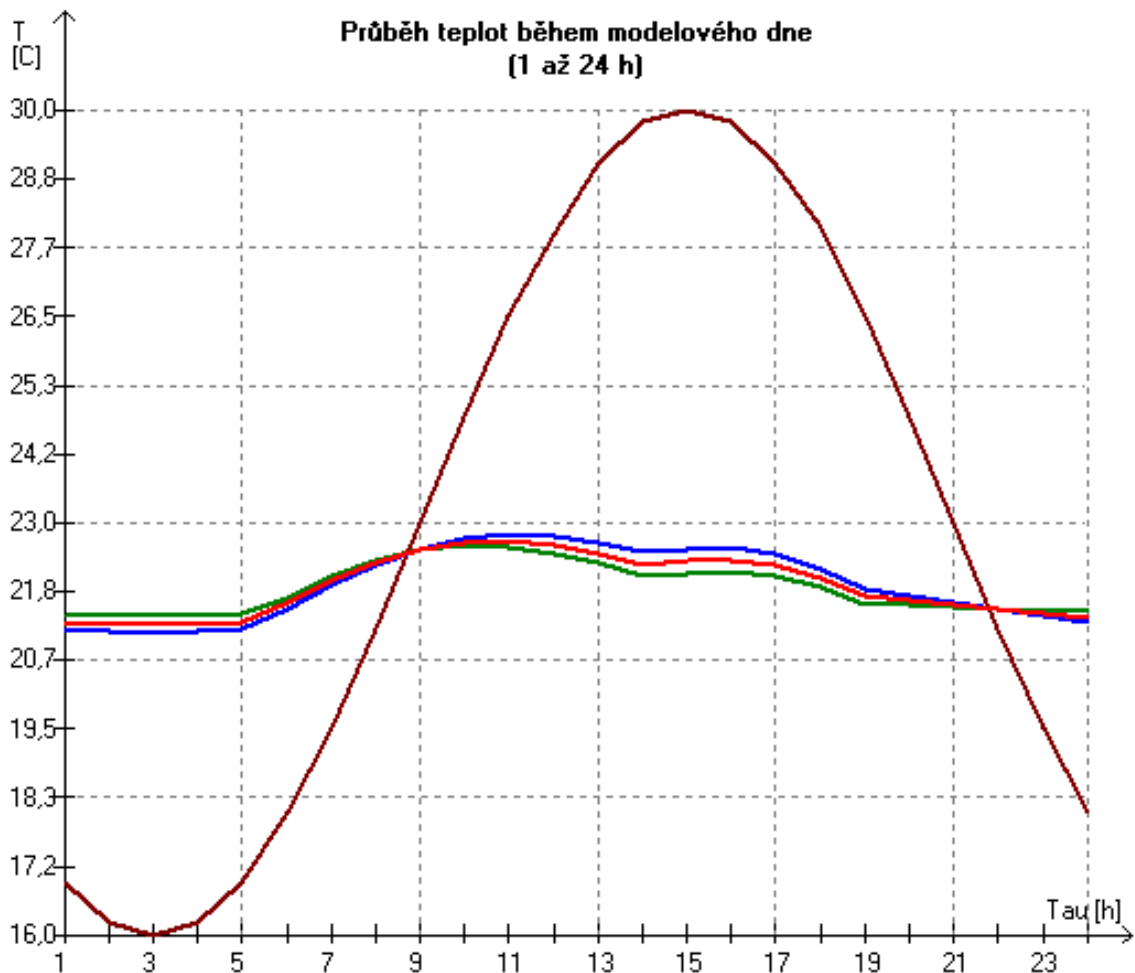
Pro porovnání jsem provedl dvě simulace prostoru galerie. Jednu simulaci se zohledněním obsazeností lidmi (v maximální míře 50 lidí) a tepelných zisků ze světel. A jednu bez zastoupení tepelných zisků. Bral jsem v potaz skutečné fungování galerii, tedy otevírací domu v 10h a konec v 18h.

Při těchto simulacích bylo počítáno pouze s minimální hygienickou výměnou vzduchu z exteriéru. Ta by byla plněna pouze neřízeným přirozeným prouděním vzduchu, ručním otevřením oken. Tedy simulace bez využití vzduchotechniky.



Obrázek 34: Průběh teploty v oblasti galerie bez klimatizačního systému se simulací tepelných zisků

Grafický výsledek simulace ukazuje, že při tepelné zátěži z osob a světly vzrůstá vnitřní teplota zásadně nad hranici a ani velice těžká a masivní stavba GASK není schopná pojmout takové tepelné zatížení. Teplota v místnosti takto vzrůstá až na teplotu **30,1 °C** a klesá pouze na **25°C**.



Obrázek 35: Průběh teploty v oblasti galerie bez klimatizačního systému

Stejně jako v případě simulace oblasti depozitáře tak i zde je z grafu bez zatížení vnitřními tepelnými zisky velice názorně vidět, jak přechází přes stavbu slunce a jakým způsobem ho tepelně zatěžuje. Zde vzrůstají teploty v průběhu dne od **21 °C** po **22,8 °C**. Teploty jsou vyšší oproti depozitáři především z důvodu nezastínění oken.

Pro testované letní období a účel depozitáře a galerie (nejkritičtější úsek) jsem určil jako klíčové dosažení maximálního výkyvu **18°C ±2K**. Ze simulace vyplývá, že je nezbytné navrhnout nucený vzduchotechnický systém.

## 5.10 Charakteristika přirozeného osvětlení

Prostory GASK jsou osvětlovány přirozeným osvětlením skrz obvodový plášť renovovanými kastlovými okny. Procentuální plochy prosklení obvodových stěn je velice malá. Činí pouze 7% plochy. Navíc jsou okna silně zastíněna zapuštěním ve velice širokých stěnách (více o konstrukcích v kapitole 5.5).

Dále jsou okna stíněna speciálním papírovým filtrem ve formě fólie se součinitelem zastínění  $s=0,4$ . V severozápadní straně depozitáře byla okna zastíněna v celém rozsahu, dřevěnými deskami. Tato opatření jsou provedena pro minimalizaci zasažení uměleckých artefaktů UV zářením, které by urychlovalo degradaci materiálů (více o UV záření v kapitole 3.4.5). K plnému zastínění severozápadní strany depozitáře vedla snaha minimalizovat vliv slunečního záření na stability vnitřního prostoru. U ostatních prostor je plné zastínění nemyslitelné z estetických a pocitových důvodů. V severozápadní části byly nainstalovány vnitřní dřevěné okenice, které mohou v případě potřeby uzavřít prostor před pronikáním slunečního záření. Toto řešení je navrženo také proto, aby bylo možné ve výstavním prostoru navodit rozličnou atmosféru.

V případě prostorů, kde budou umělecké artefakty vystaveny delší čas světelnému záření, je nezbytné, vhodně navrhnout opatření, která minimalizují dopady působení takového záření (viz kapitola 8.1).

Dále je také nezbytné navrhnout kvalitní světelné zdroje, které budou co neblíže přirozenému osvětlení a budou co nejméně ovlivňovat tzv. barevné podání. A to především ve výstavních prostorách (viz kapitola 3.4.5).



Obrázek 36: Charakter přirozeného osvětlení výstavních prostor

## 5.11 Charakteristika akustických podmínek

Z pohledu hodnocení kvality akustiky prostoru GASK jde o několik samostatných nároků pro určité typy prostorů. Hodnoty, které jsou dobré pro prostory depozitáře, nemusí platit pro prostory galerie či sálů.

Úsek sálů je velice vhodně řešen v samostatném západním křídle, čímž se minimalizuje šíření hluku do ostatních úseků. Tak jako v celém komplexu GASK, tak i zde jsou široké a těžké konstrukce, které oddělují jednotlivé úseky (více o konstrukcích v kapitole 5.5). Tyto masivní konstrukce jsou velice výhodné z pohledu ovlivňování hladiny akustického hluku šířeného konstrukcí a ochranou před tzv. kročejovým hlukem (více o akustických požadavcích v kapitole 3.4.6).

Především pro prostory, kde jsou vystavovány umělecké artefakty, je potřebné vytvořit prostředí s nízkým akustickým hlukem (tzv. klidné prostředí). Také zde se jedná o uzavřený úsek před ostatními. Je tedy především nezbytné věnovat pozornost vhodnému odstínění hluku z technických zařízení budovy (např. vzduchotechniky a vedlejších technických místností). To také platí pro ostatní úseky stavby GASK (více v návrhu opatření v kapitole 8.2).

Pro prostory studoven platí to samé jako pro prostory galerie. Všechny tyto prostory jsou odděleny těžkými zdmi s vysokou pohltivostí a nepředpokládá se tedy šíření hluku konstrukcemi a to ani kročejovým (nárazovým) efektem. To samé platí pro výplně otvorů, které jsou z těžkých a dobře izolujících (pohltivých) materiálů. Těmto požadavkům se věnuje norma ČSN 730532.

Celý objekt GASK leží v klidné turistické lokalitě a nejsou na něj kladeny žádné ze speciálních nároků na zvukovou izolaci pláště budovy.

## 6 NÁVRH VYTÁPĚCÍHO SYSTÉMU

Objekt 2.NP GASK je součástí celého komplexu bývalých jezuitských kolejí (podrobněji o objektu v kapitole 5.2 Popis objektu). Zdroje tepla, které zde navrhuji, budou tedy určeny pro celý tento komplex. Jedná se o čtyři patra, velice podobná 2.NP, o kterém je podrobně psáno v celé práci. Pro zjednodušení, celistvost a přehlednost budu počítat tepelné ztráty jako čtyřnásobné 2.NP. Je jisté, že tímto způsobem nedojdu k přesnému stanovení tepelných ztrát celého objektu bývalých jezuitských kolejí, ale to není smysl ani záměr této práce.

Navržený jmenovitý tepelný výkon vytápěcích zařízení musí být bilancován tak, aby i při nejnáročnějších zimních obdobích, které mohou v dané lokalitě nastat, bylo možné v navržených vytápěcích místnostech zajistit podmínky tepelné pohody v daném rozsahu. Otopný příkon se navrhuje dle tepelných ztrát budovy (kapitola 5.6), které byly vypočteny pro lokální nejnepríznivější klimatické podmínky.

Protože se jedná o stavbu s velice výraznými tepelnými ztrátami (560kW), rozhodl jsem se v první řadě využít pro vytápění plynových kotlů a teprve jako pomocný zdroj využít tepelného čerpadla. Toto rozhodnutí popíši v samostatné kapitole o vlastním návrhu tepelného čerpadla (kapitola 6.2). Tepelné čerpadlo bude složito na předehřívání vody pro plynové kotle.

Kotelně pro objekt je vyhrazena místnost v 1.NP. Je hodnocena kategorií II. (tedy kotelny se součtem jmenovitých výkonů kotlů nad 0,5 MW do 3,5 MW včetně).

Po zvážení potřeby na teplou užitkovou vodu jsem se rozhodl využít elektrických průtokových ohříváčů (podrobněji v kapitole 6.6).

### 6.1 Plynový kotel

Navržený hlavní zdroj tepla v objektu je dvojice kaskádovitě zapojených kotlů Hoval UltraGAS 600D. Jedná se o dva kondenzační kotle zapojené v kaskádě do jednoho kompletního zařízení. Při projektování se s těmito kotly pracuje jako se zařízením jedním a to včetně odvodu spalin i připojení vodního okruhu.

Kotel je kondenzačně akumulárního typu se spojitě řízenými hořáky (0-1V start hořáku, 1-9V modulace).



*Obrázek 37: Plynový kotel Hoval UltraGAS 600D*

Teplota topné vody na výstupu z kotlů bude regulována kaskádovým spínáním kotlů na konstantní teplotu v závislosti na venkovní teplotě. Kotlové jednotky se střídají v pravidelných intervalech. Zároveň bude snímána souhrnná porucha kotlů (více v kapitole 10). Tepelný spád kotle je **55/35°C**

Takto zapojené dva kotle v kaskádě mohou svůj výkon regulovat již od **9 %** do **100 %**, což odpovídá výkonu **50 - 600kW**. To je jedna z velkých výhod tohoto řešení oproti variantě s jedním kotlem, kde by minimální výkon podobného systému odpovídal **130 kW**. Takto navržený systém se dvěma kotly bude umožňovat větší variabilitu, rozšiřitelnost a lepší regulační schopnosti. Je velice běžné (a každým rokem častější), že chladné podmínky, na které je kotel navržen, budou v otopném období nastávat pouze ve 20% dnů. Kotel je tedy běžně provozován na nízké výkony a je tedy vhodné, když je pro to adekvátně navržen.

Kotle budou umístěny v technické místnosti kotelny v 1.NP budovy. Topná voda bude distribuována do jednotlivých větví a k jednotkám VZT pomocí čerpadel. Kotle budou napojeny na klasický rozvod zemního plynu.

## 6.2 Tepelné čerpadlo

Využití tepelného čerpadla (TČ) je realizovatelné jedině v systému **země / voda**. Okolní prostory bývalých jezuitských kolejí neumožňují zakomponování jiného systému (např. vzduch / voda) a to především z důvodů hluku pojící se ho s technologií a z estetických důvodů. V případě využití hloubkových vrtů by bylo nutné provést rozsáhlý a nákladný geologický průzkum. Objekt je umístěn na vyvýšeném skalnatém terénu, kde dlouhá léta probíhala těžba stříbra. Také cena vrtů by velice prodražila celou realizaci nad únosnou ekonomickou mez. Proto jsem rozhodl o využití TČ s **plošnými kolektory**.

### 6.2.1 Kolektory

Díky probíhající rekonstrukci přilehlých zahradních ploch je možné snadno a relativně levně zakomponovat do topného systému plošné kolektory s TČ (umístění kolektorů viz *Obrázek 38, Obrázek 39*).

Jedná se o řešení dosti atypické, protože celý návrh vytápění je pro svoje vysoké tepelné ztráty postaven na plynovém kotly a TČ bude pouze doplňkový zdroj (viz hydraulické schéma v kapitole 6.4). Při využití možnosti zasazení plošných kolektorů pod povrch právě vznikající realizace přilehlých zahrad, se zakomponování takového tepelného čerpadla zdá logické.

Kolektory budou usazeny do nemrzoucí hloubky  $\pm 1,5\text{m}$ . Terén nad kolektory bude zavezen terénem a osázen parkovými květinami, které nebudou výrazně zasahovat svým kořenovým systémem do instalace kolektorových okruhů.

Prostupy do budovy budou izolovány s ověřením na těsnost proti prostupu vody.

Smičkové okruhy budou položeny 2m od základů stavby.

Celkově bude pro položení kolektorů využito plochy  $1500\text{m}^2$  zahrady.

Teoretická výkonová výtěžnost plošných kolektorů na  $\text{m}^2$  je velice proměnlivá veličina. Udává se, že je možné získat 8 až  $40\text{ W/m}^2$  dle materiálu podloží, poloze místa, vlhkosti, vodivosti a jiných faktorek. Roli také hraje, jak často bude TČ využíváno. Při návrhu lze vycházet z ověřených hodnot pro určité podloží (viz

*Tabulka 20*). Sloupec 2400 hodin provozu je pro objekty, které využívají TČ i k ohřevu užitkové vody.

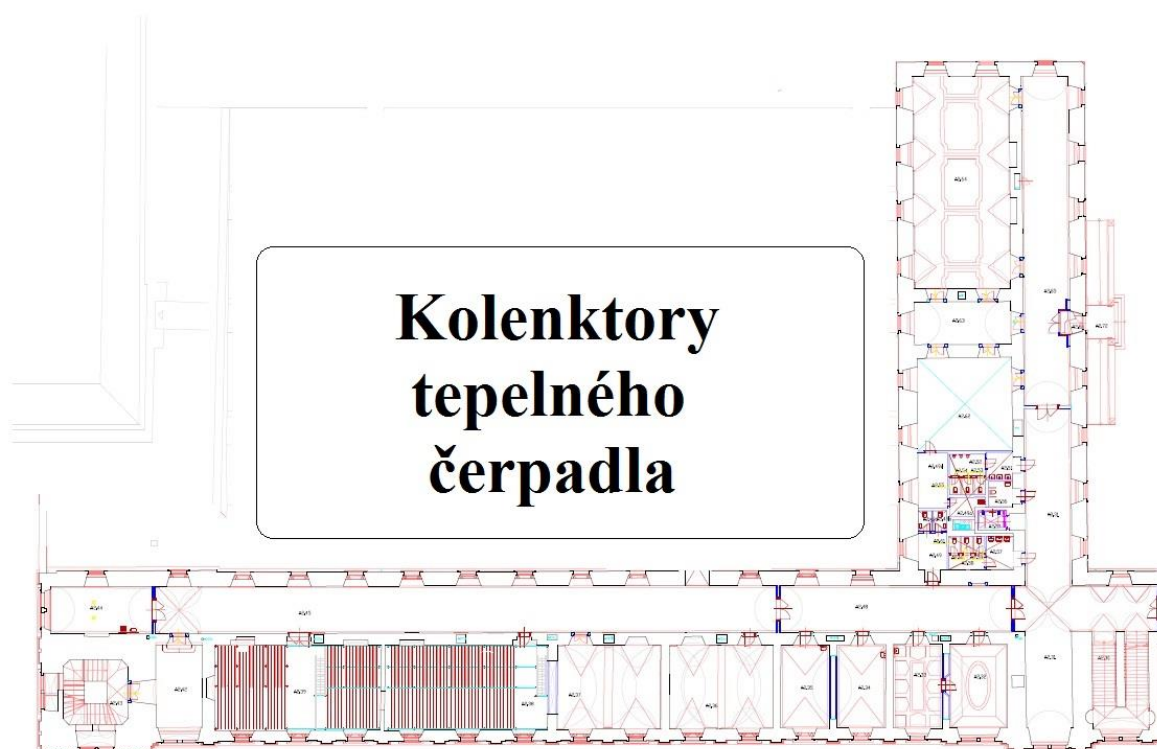


Dle těchto předpokladů lze získat z 1500m<sup>2</sup> plochy 12 až 60 Kw.

Nebudu počítat s nejzazšími možnostmi a budu předpokládat, že tyto kolektory budou moci dodávat do **40-45Kw** výkonu. Což je v měřítkách této stavby velice malá hodnota, přesto ji považuji za význačnou, protože mi dokáže pokrýt podstatné období, kdy je zapotřebí malého výkonu a plynové kotle tak nebudou muset být v provozu. Tímto řešením se dle mého předpokladu dá velice význačně ulehčit zátěži hořáků plynových kotlů a tak zvýšit jejich životnost. Nemalá úspora je předpokládána také z uspořené plynu.

*Tabulka 20: Hodnoty výkonu pro různá podloží při návrh plošného kolektoru*

podloží	možný výkon	
	1800 hodin provozu	2400 hodin provozu
Suchá nesoudržná hornina	10 W/m <sup>2</sup>	8 W/m <sup>2</sup>
Zvodněné štěrky a písky	20-30 W/m <sup>2</sup>	16-24 W/m <sup>2</sup>
Protékající spodní voda, štěrky a písky	40 W/m <sup>2</sup>	32 W/m <sup>2</sup>



*Obrázek 38: Umístění plošných kolektorů tepelného čerpadla**Obrázek 39: Rozložení kolektorů tepelného čerpadla*

Budou položeny tři okruhy potrubí kolektorů v celkové délce 600m.

Od sebe budou tato jednotlivá vedení umístěny ve vzdálenosti min. 1m.

Potrubní smyčky budou sdruženy ve venkovní jímce, kde budou umístěny rozdělovače, sběrače média s možností uzavření jednotlivých smyček a odvzdušnění.

Potrubí bude vyrobeno z extrudovaného polyetylenu a položeno do pískového lože.

### 6.2.2 Tepelné čerpadlo

Vlastní tepelné čerpadlo (TČ) bylo zvoleno od české firmy **MasterTherm**. Konkrétně typ **AquaMaster 120.2Z-2013** s dvěma kompresorovými jednotkami **Sanyo**.

Základní vlastnosti a specifikace:

- výkon až **46,8 Kw**
- topný faktor B0W35 (solanka 0°C, topná voda 35°C) **4,2**
- max. výstupní teplota **60 °C**
- integrovaná ekvitermní regulaci **MaR Carel**
- elektronicky řízený expanzní ventil
- elektronicky řízená oběhová čerpadlo obou okruhů
- bez-freonové chladivo R407C, ekol. odbouratelná



- garantovaná nízká hladina hluku kompresoru
- umístění na anti-vibračním rámu

TČ bude využíván pro pokrytí tepelných ztrát při přechodných vytápěcích obdobích. Bude tedy zapojeno pouze jako pomocné / bivalentní. Což je velice atypické řešení, přesto se zdá velice výhodné. Bylo přesto třeba kompletního ekonomického zhodnocení, aby se dalo říct, zdali je návratnost únosná či nikoliv. Vlastní zapojení do hydraulického okruhu je zobrazeno v kapitole 6.4.

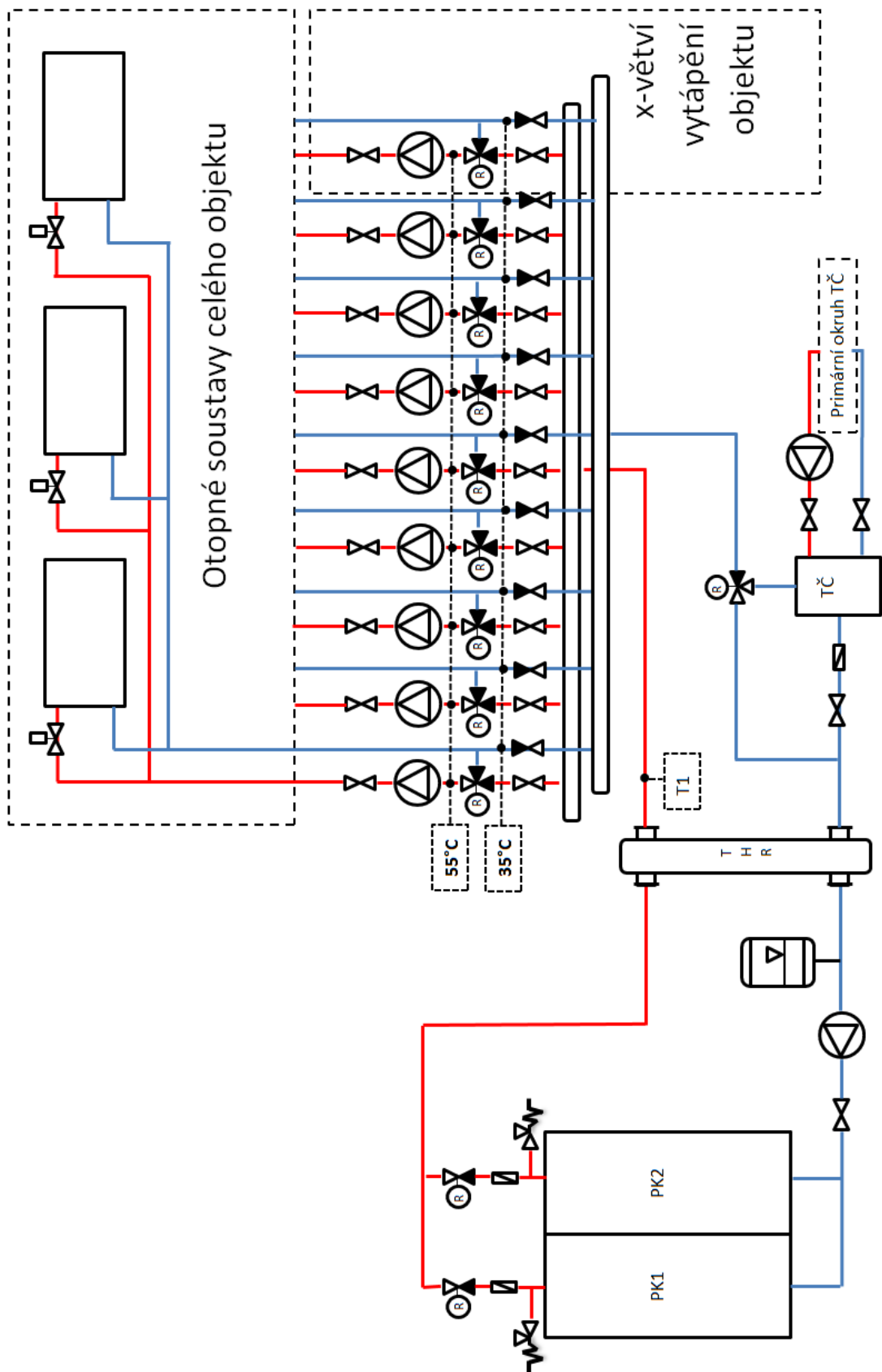
Po zvážení všech možností chlazení prostorů v letním období pomocí TČ byla tato varianta zavržena. Pro chlazení celého prostoru není výkon TČ dostačující. Navíc při zohlednění vysokých klimatologických nároků (např. na vířivost prachu) není vhodné zakomponovat do těchto prostor fan-coilové jednotky. Bude tedy nezbytné, navrhnou chlazení pomocí vzduchotechnického systému.

### 6.3 Solární panely

Dle zadání diplomové práce jsem také zvážil zakomponování solárního systému. Po zvážení všech okolností a možností jsem se rozhodl solární panely pro tuto stavbu nevyužít a to hned z několika důvodů:

- stavba GASK je chráněná historická stavba s krásnými sedlovými střechami a z estetického hlediska by se jednalo o velice silný zásah do rázu stavby
- památkářská ochrana tohoto objektu použití solárních panelů nedovoluje, stavební úřad by takovýto zásah také nedovolil
- pro samotný provoz depozitáře a galerie 2.NP není zapotřebí výrazné množství teplé užitkové vody. Potřeby teplé užitkové vody vzrůstají pouze při využití sálů, a to velice nárazově. Sály se dle poskytnutých informací využívají pouze dvakrát v měsíci a není tedy ekonomické vytvářet řešení akumulace teplé vody, která by pak chladla a nebyla využívána.

### 6.4 Hydraulické zapojení



Obrázek 40: Hydraulické schéma zapojení tepelné soustavy

Hydraulické schéma zobrazuje navržené zapojení tepelné soustavy ke zdrojům tepla (Obrázek 40). Jak již bylo napsáno výše, otopná soustava a zdroje jsou navržené na celý komplex stavby GASK a pro moji práci je relevantní pouze 2.NP. V zapojení je pouze schematicky zakresleno 9 okruhů otopných soustav a také pouze naznačeno vlastní napojení na otopná tělesa. Konkrétní návrh otopného systému 2.NP (7 otopných okruhů) je v následující kapitole (6.5).

## 6.5 Návrh otopného systému

Pro dosažení potřebné tepelné pohody a navržených klimatických podmínek v objektu během zimního období byla navržena potřebná otopná soustava (viz hydraulické schéma zapojení v kapitole 6.4). Ta se skládá z vlastních otopných těles, oběhových čerpadel, cirkulačního čerpadla, trojcestných ventilů, termohydraulického rozdělovače, sběrače a rozdělovače tepelných okruhů, zpětných ventilů, uzavíracích ventilů a bezpečnostních prvků otopného systému. Vytápěcí systém byl zvolen po zohlednění technických a ekonomických možností. Pro prostory s vysokými klimatickými a hygienickými nároky (prostory galerie a depozitáře) by bylo nejvhodnější vytápění sálavé teplovodní, ale vysoké ztráty prostoru (kombinace vysokých stropů a špatné tepelné izolace) toto řešení neumožňují. Proto byly navrženy klasická konvekční otopná tělesa (více kapitola 6.5.1).

Jako zdroje tepla bude využito navržených plynových kotlů a tepelného čerpadla (kapitola 6.1 a 6.2). Otopná soustava bude pracovat s tepelným spádem 55/35°C.

### 6.5.1 Otopná tělesa

Vlastní otopná tělesa byla navrhována podle tepelných ztrát jednotlivých místností (viz *Tabulka 21*). Byly navrženy klasická desková otopná tělesa od české firmy Korado. Tělesa jsou v prostorách, kde se počítá se vzduchotechnickým systémem o 10% poddimenzována. Toto poddimenzování je z důvodu, že se předpokládá i částečné vzduchotechnické vytápění. Pro nejnáročnější hygienické požadavky depozitáře byla zvolena řada otopných těles HYGIENE, přesněji model těles RADIK CLEAN VK. Ta jsou přímo určená do prostředí s vysokými požadavky na čistotu. Tato tělesa jsou ale výrazně dražší a radikálně by tak celý návrh prodražily (celkový počet těles 2.NP se bude blížit ke sto kusům.), proto

budou využita pouze v depozitáři obrazů a depozitáři plastiky. V ostatních prostorech byly zvoleny klasická tělesa z modelové řady RADIK KLASIK.

*Tabulka 21: Tepelná ztráta jednotlivých vytápěných prostor*

<b>prostor</b>	<b>Navržená teplota</b>	<b>Tepelná ztráta</b>
<b>Výstavní prostor galerie</b>	19 °C	26 kW
<b>Depozitář obrazů a grafiky</b>	18 °C	18 kW
<b>Depozitář plastiky</b>	18 °C	11 kW
<b>Zázemí depozitáře</b>	20 °C	12 kW
<b>Malý sál</b>	20 °C	3 kW
<b>Velký multifunkční sál</b>	20 °C	7 kW
<b>Chodba</b>	16 °C	18 kW
<b>Studovny a badatelny</b>	19 °C	24 kW
<b>Chodba u studoven</b>	16 °C	18 kW
<b>Sociální zařízení</b>	20 °C	3 kW
<b>Sociální zařízení u studoven</b>	20 °C	1 kW

#### Charakteristika těles KORADO RADIK KLASIK

- cenově výhodné řešení
- boční připojení na otopnou soustavu
- vhodná jak do otopných soustav s vodorovným připojovacím potrubím tak svislým stoupacím potrubím
- s horní mřížkou a bočními kryty
- otopná tělesa s vloženým ventilem

#### Charakteristika těles KORADO HYGIENE RADIK CLEAN VK.

- do prostor s vyššími hygienickými nároky
- spodní nebo boční připojení na otopnou soustavu
- otopná tělesa s vloženým ventilem
- bez horní mřížky a bočních krytů

- pravé spodní připojení
- s hladkou čelní deskou a krycími rámečky po obvodu desky
- regulační ventil je součástí dodávky OT a je v něm namontován

Výkon těles lze určit ze vztahu:

$$Q = f_{\Delta\theta} \cdot Q_N \quad (18)$$

Korekční činitel  $f_{\Delta\theta}$  jde dále určit ze vztahu:

$$f_{\Delta\theta} = \left( \frac{\Delta\theta}{\Delta\theta_N} \right)^n \quad (19)$$

kde

$\Delta\theta$  – logaritmický teplotní rozdíl pro návrhové teploty z otopného tělesa [K]

$\Delta\theta_N$  – logaritmický teplotní rozdíl pro základní výpočtové podmínky [K]

$n$  – teplotní exponent pro daný typ otopného tělesa

$$\Delta\theta = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\ln \frac{\theta_1 - \theta_r}{\theta_2 - \theta_r}} \quad (20)$$

kde

$\theta_1$  – návrhová vstupní teplota do otopného tělesa [°C]

$\theta_2$  – návrhová výstupní teplota z otopného tělesa [°C]

$\theta_r$  – návrhová teplota v místnosti [°C]

$$\Delta\theta_N = \frac{\theta_{2n} - \theta_{1n}}{\ln \frac{\theta_{1n} - \theta_{rn}}{\theta_{2n} - \theta_{rn}}} \quad (21)$$

kde

$\theta_{1n}$  – původní vstupní teplota do otopného tělesa [°C]

$\theta_{2n}$  – původní výstupní teplota z otopného tělesa [°C]

$\theta_{rn}$  – původní teplota v místnosti [°C]

Návrh byl proveden při zohlednění stavebních a technických podmínek tak, aby bylo možno zasadit tělesa a pod okna. Pro některé výpočty bylo použito parametrů stanovených výrobcem. U všech těles je tak shodná výška 600mm a tepelný spád 55/35°C. Tělesa budou umístěna 150mm od podlahy. Barva smaltu byla zvolena již klasická: White RAL 9016, kód 10. Číselné označení za typem tělesa (např. RADIK KLASIK 1, 2) je pouze pomocné číslo na spojení s tabulkou počtů těles (*Tabulka 22*). Z výpočtů následně vyplývá následující návrh:

**Prostory galerie a malého sálu** budou osazeny tělesy:

**RADIK KLASIK 1**

- Délka: 1100 mm
- Tepelný výkon: 1029 W
- Teplotní podmínky: 55/35/19 °C
- Vodní objem: 9,57 l

**Prostory zázemí depozitáře** budou osazeny tělesy:

**RADIK KLASIK 2**

- Délka: 2300 mm
- Tepelný výkon: 2028 W
- Teplotní podmínky: 55/35/20 °C
- Vodní objem: 20,01 l

**Prostor velkého sálu** bude osazen tělesy:

**RADIK KLASIK 3**

- Délka: 1400 mm
- Tepelný výkon: 1234 W
- Teplotní podmínky: 55/35/20 °C
- Vodní objem: 12,18 l



**Prostory studoven** budou osazeny tělesy:

čtyřmi tělesy **RADIK KLASIK 2** a třinácti tělesy **RADIK KLASIK 3**

**Prostory chodeb** budou osazena tělesy:

**RADIK KLASIK 4**

- Délka: 2600 mm
- Tepelný výkon: 2572 W
- Teplotní podmínky: 55/35/18 °C
- Vodní objem: 22,62 l

a **RADIK KLASIK 3**

**Prostory depozitářů** budou osazeny tělesy:

**RADIK CLEAN VK**

- Délka: 2000 mm
- Tepelný výkon: 1230 W
- Teplotní podmínky: 55/35/18 °C
- Vodní objem: 17,4 l

**Prostory sociálního zázemí** budou osazeny tělesy:

**RADIK KLASIK 5**

- Délka: 700 mm
- Tepelný výkon: 617 W
- Teplotní podmínky: 55/35/20 °C
- Vodní objem: 6,09 l

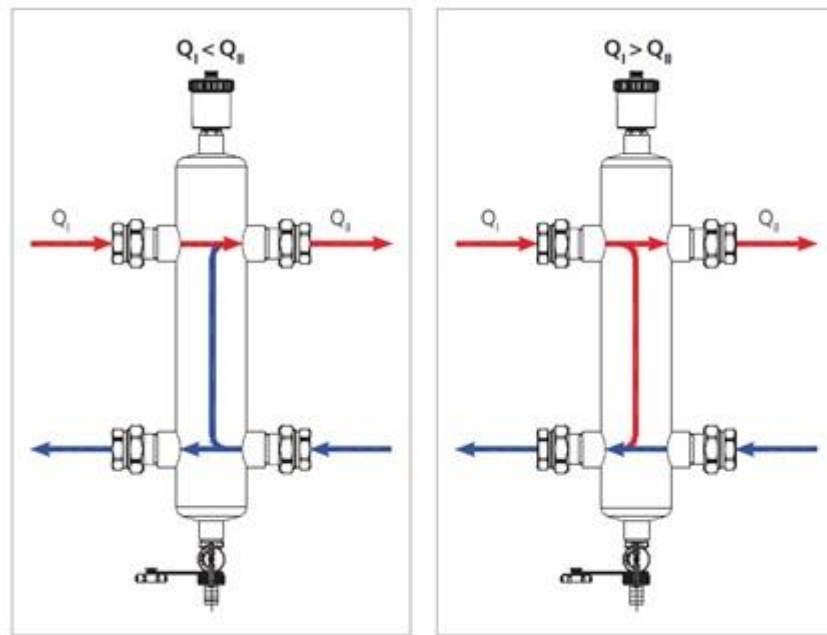
V návrhu byly zvoleny odpovídající počty těles tak, aby bylo dosaženo pokrytí tepelných ztrát a bylo technicky možno zasazení těles do prostorů (viz *Tabulka 22*). Podrobnější parametry jednotlivých navržených těles jsou umístěny v příloze P III. Radiátory budou připojeny pomocí volných kovových hadic tak, aby byla možnost lehkého posuvu vedení vůči radiátorům.

Tabulka 22: počty navržených otopných těles

prostor	typ otopného tělesa	počet
Výstavní prostor galerie	RADIK KLASIK 1	25
Depozitář obrazů a grafiky	RADIK CLEAN VK	15
Depozitář plastiky	RADIK CLEAN VK	8
Zázemí depozitáře	RADIK KLASIK 2	5
Malý sál	RADIK KLASIK 1	3
Velký multifunkční sál	RADIK KLASIK 3	6
Chodba	RADIK KLASIK 4 a 3	2 a 14
Studovny a badatelný	RADIK KLASIK 2 a 3	4 a 13
Chodba u studoven	RADIK KLASIK 4 a 3	2 a 14
Sociální zařízení	RADIK KLASIK 5	5
Sociální zařízení u studoven	RADIK KLASIK 5	2

### 6.5.2 Otopná soustava

Jednotlivé větve otopných soustav jsou napojeny na společný rozdělovač a sběrač. Do tohoto okruhu mezi zdrojem tepla a otopnými sestavami je vložen předdimenzovaný zkrat, termohydraulický rozdělovač (THR). Anuloid neboli termohydraulický rozdělovač (Obrázek 41) odděluje jednotlivé okruhy zdroje tepla a vytápěcích okruhů. Slouží pro zvýšení hydraulické stability okruhů a odděluje tlakové síly vyvolané oběhovými čerpadly a regulačními ventily jednotlivých okruhů. Zabudováním THR je docíleno konstantního průtoku bez ohledu na stav. Při nerovnovážném stavu v průtocích přebytečné množství protéká THR zpět do okruhu, ze kterého přiteklo.



Obrázek 41: Schématické zobrazení principu THR

Výstupní voda z kotlů je měřena teplotním čidlem (viz Obrázek 40). Na vratném potrubí otopné větve je napojena expanzní nádoba.

Topná voda proudí z THR do společného rozdělovače a sběrače k jednotlivým větvím tepelných okruhů. Za rozdělovačem se voda mísí ve směšovacím trojcestném ventilu na požadovanou teplotu dle ekvitermní křivky. Dále je otopná voda směřována oběhovým čerpadlem s teplotně regulovatelnými otáčkami a uzavírací armaturou k samotným deskovým tělesům. Od těles se částečně vrací okruhem přes uzavírací armaturu a filtr do společného sběrače a částečně zpátky trojcestným ventilem.

Samotná otopná tělesa mezi sebou budou propojena souproutým zapojením. Tento způsob zapojení lépe řeší problematiku tlakových ztrát v potrubí. Tímto způsobem má každé těleso stejnou tlakovou ztrátu. To je vhodné zabezpečit pro zajištění hydraulické stability otopných okruhů. Nevýhoda tohoto řešení spočívá především ve větších nákladech na vybudování tohoto propojení těles.

Vlastní otopná tělesa jsou navržena v předchozí kapitole 6.5.1 dle tepelných ztrát jednotlivých místností. Tělesa jsou umístěna pod okna tak, aby pokryla alespoň 80% šířky okna. Každé samotné navržené těleso je regulováno termostatickou hlavicí SIEMENS RTN51, která plynule ovládá radiátorový ventil a reguluje průtok teplotně nosné látky otopným tělesem dle požadované teploty.

**Výpočet**

Uvedu zde vlastní výpočet otopné soustavy pro **výstavní prostory galerie**, ostatní výpočty byly provedeny obdobně:

**Vypočítat objemového průtoku soustavou:**

$$Q_v = \frac{P}{c_p \cdot \Delta\theta \cdot \rho_v} [m^3/s] \quad (22)$$

kde

$P$  - celkový výkon otopných těles okruhu, který pokrývá tepelné ztráty [W]

$c_p$  - měrná tepelná kapacita vody [J/(kg K)]

$\Delta\theta$  – rozdíl teplot mezi přiváděnou a odváděnou vodou [°C]

$\rho_v$  – hustota vody [kg/m<sup>3</sup>]

Výsledný objemový průtok je 0,000311 m<sup>3</sup>/s

Z toho hmotnostní průtok = 1120 kg/h

**Následuje výpočet pro stanovení průměru potrubí:**

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot v}} [m] \quad (23)$$

kde

$v$  – vhodná rychlost proudění kapaliny v soustavě [m/s].

Návrhovou rychlost proudění vody v takovéto otopné soustavě je vhodné volit v rozmezí od 0,1 do 1,0 m/s. Pro výpočet byla zvolena rychlost 0,6 m/s.

Průměr potrubí v okruhu galerie byl takto stanoven na 25 mm (DN25). Potrubí bude vyrobeno z měděného materiálu o tloušťce stěny 1,5 mm.

**Výpočet pro stanovení Reynoldsova čísla:**

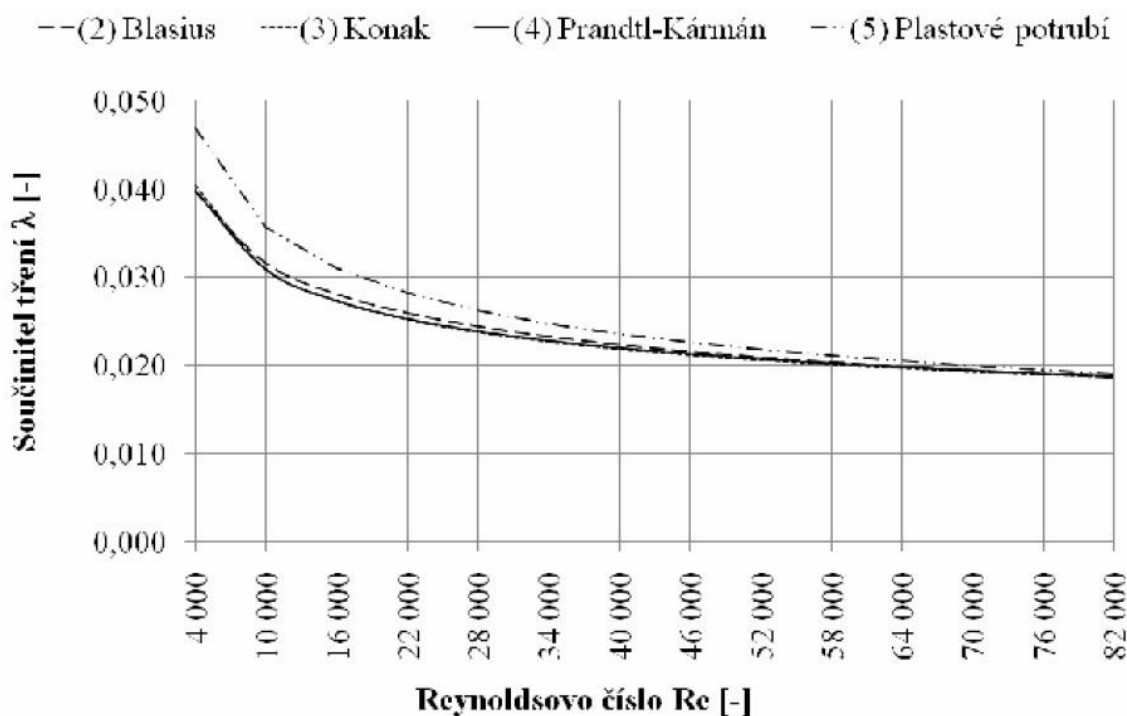
$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} [-] \quad (24)$$

kde

$\nu$  – kinematická viskozita [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]

Reynoldsovo číslo udává, jaký typ proudění bude v otopné soustavě probíhat. Limitní hodnota pro toto rozdělení je 2300. Je-li hodnota nižší, jedná se o proudění laminární, jeli vyšší, jedná se o proudění turbulentní.

Pro stanovený prostor galerie vyšla hodnota Reynoldsova čísla 15 414. Tato hodnota tedy určila, že se jedná o proudění turbulentní. Hodnota součinitele tření byla poté stanovena z grafu (Obrázek 42) podle způsobu výpočtu Konak. Graf zobrazuje závislost součinitele tření u hydraulicky hladkých potrubí na Reynoldově čísle.



Obrázek 42: Závislost součinitele tření na Reynoldsově čísle

Následně je možné vypočítat tlakovou ztrátu třením:

$$\Delta p_{zT} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho_{st} [Pa] \quad (25)$$

kde

$\lambda$  - součinitel tření [-]

$l$  - délka potrubí [m]

$\rho_{st}$  - hustota vody při střední teplotě [ $\text{kg/m}^3$ ]

Tlaková ztráta třením pak vyšla 34 052 Pa. K této ztrátě je ještě třeba připočíst samostatnou tlakovou ztrátu tzv. vřazenými odpory.

$$\Delta p = \Delta p_{ZT} + \Delta p_{ZM} \quad (26)$$

kde

$\Delta p_{ZT}$  – tlaková ztráta třením [Pa]

$\Delta p_{ZM}$  – tlaková ztráta místními odpory [Pa]

Pro složitost a rozsáhlost samotného výpočtu ztráty vřazenými odpory lze dle doporučení jednoduše stanovit procentuální hodnotu z hodnoty ztráty třením. Jako vhodná hodnota byla stanovena 50 % z tlakové ztráty třením. Celkové tlakové ztráty tohoto okruhu mají takto stanovenou hodnotu 51 078 Pa.

Pro následující výběr vhodného čerpadla je zapotřebí vypočítat tlakové ztráty směšovacího ventilu. Autorita ventilu byla zvolena na hodnotu 0,4. Tlaková ztráta takového plně otevřeného ventilu je přibližně poloviční, naproti tlakové ztrátě úseku potrubní sítě bez ventilu. Hodnoty minimální autority ventilu byla zvolena  $P_v = 0,1$  a poměrná autorita pak  $P_v' = 0,4$ .

**Následně je vypočtena požadovaná tlaková ztráta ventilu:**

$$\Delta p_v = \Delta p_v' \cdot \Delta p_s \text{ [Pa]} \quad (27)$$

kde

$\Delta p_v'$  - poměrná autorita ventilu [-]

$\Delta p_s$  - tlaková ztráta otopné sítě [Pa]

Hodnotu ventilu a jeho velikost určuje nastavení ventilu, jeho zdvih, úhel natočení a protékající množství látky. Tato hodnota se značí  $k_{vs}$ . Představuje jmenovitý průtok armaturou při maximálním otevření armatury a tlakové ztrátě 100 kPa.

Vypočítá se ze vztahu:

$$k_{vs} = Q_v \sqrt{\frac{\Delta p_o}{\Delta p_v}} \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (28)$$

kde

$Q_v$  - objemový průtok skrze ventil [ $m^3/h$ ]

$\Delta p_o$  - tlaková ztráta jednoho baru [kPa]

$\Delta p_v$  - tlaková ztráta na ventilu [kPa]<sup>45</sup>

Pro okruh galerie plastik vyšel jmenovitý průtok armaturou  $k_{vs} = 2,48 m^3/h$ . Navržené směšovací regulační ventily dle  $k_{vs}$  budou vybrány od značky HEIMEIER. Bude třeba použít svorného šroubení s vhodnou redukcí a to ideálně ze stejného materiálu. Tento zmenšený průměr ventilu zlepší jeho směšovací funkci.

**Po výběru vhodného ventilu je třeba určit skutečné tlakové ztráty ventilu:**

$$\Delta p_v = 0,01 \cdot \frac{Q_m}{k_{vs}} [kPa] \quad (29)$$

kde

$Q_m$  – hmotnostní průtok [kg/h].

Hodnota takto vypočtené tlakové ztráty ventilu pro okruh galerie je 4,52 kPa a musí být pokryta zvýšením dopravního tlaku čerpadla. Takto rostoucí autorita ventilu zlepšuje parametry regulovatelnosti soustavy, ale samozřejmě zvyšuje nároky na spotřebu energie čerpadla.

**Samotná autorita ventilu je pak určena dle vztahu:**

$$P_v = \frac{\Delta p_v}{\Delta p_{disp}} [kPa] \quad (30)$$

kde

$\Delta p_{disp}$  – dispoziční tlak soustavy [kPa]

Dispoziční tlak tohoto okruhu je vypočten na hodnotu 20,43 kPa. Výsledná autorita ventilu s hodnotou 0,23 spadá do kompromisního rozmezí autority ventilu 0,1 až 0,4.

---

<sup>45</sup> BAŠTA, Jiří. *Regulační armatury - teoretická základna*. [online]. c2004, poslední revize 12.10.2004 [cit. 2012-05-03]. <<http://www.tzb-info.cz/2181-regulacni-armatury-teoreticka-zakladna-i>> .

Tabulka 23: Vypočtené parametry jednotlivých okruhů pro návrh regul. ventilů

okruh	Výkon okruhu [kW]	Objemový průtok ventilem $Q_v$ [m <sup>3</sup> /h]	Tlaková ztráta $\Delta p$ [kPa]	Jmenovitý průtok armaturou $K_{vs}$ [m <sup>3</sup> /h]	Tlaková ztráta ventilu $\Delta p_v$ [kPa]	Autorita ventilu $P_v$ [-]
Galerie	26	1,12	51	2,48	4,52	0,23
Depozitář obrazů	18	0,78	65	1,52	5,09	0,20
Depozitář plastiky	11	0,47	90	0,79	6,01	0,17
Zázemí depozitáře chodby a sociál.	30	1,29	48	2,96	4,36	0,23
Sály	10	0,43	96	0,69	6,20	0,17
Studovny, chodba a sociál.	40	1,72	40	4,28	4,02	0,25

### 6.5.3 Návrh cirkulačního čerpadla

Pro návrh vhodného cirkulačního čerpadla je podstatný předchozí výpočet tlakových ztrát a tzv. dopravní výška čerpadla. Tu je možno vypočíst z následující rovnice:

$$H = \frac{1000 \cdot \Delta p_{RF}}{\rho \cdot g} [m] \quad (31)$$

kde

$\Delta p_{RF}$  – tlakové ztráty vlivem tření a místních odporů v potrubí [kPa]

$\rho$  – měrná hmotnost vody [kg/m<sup>3</sup>]

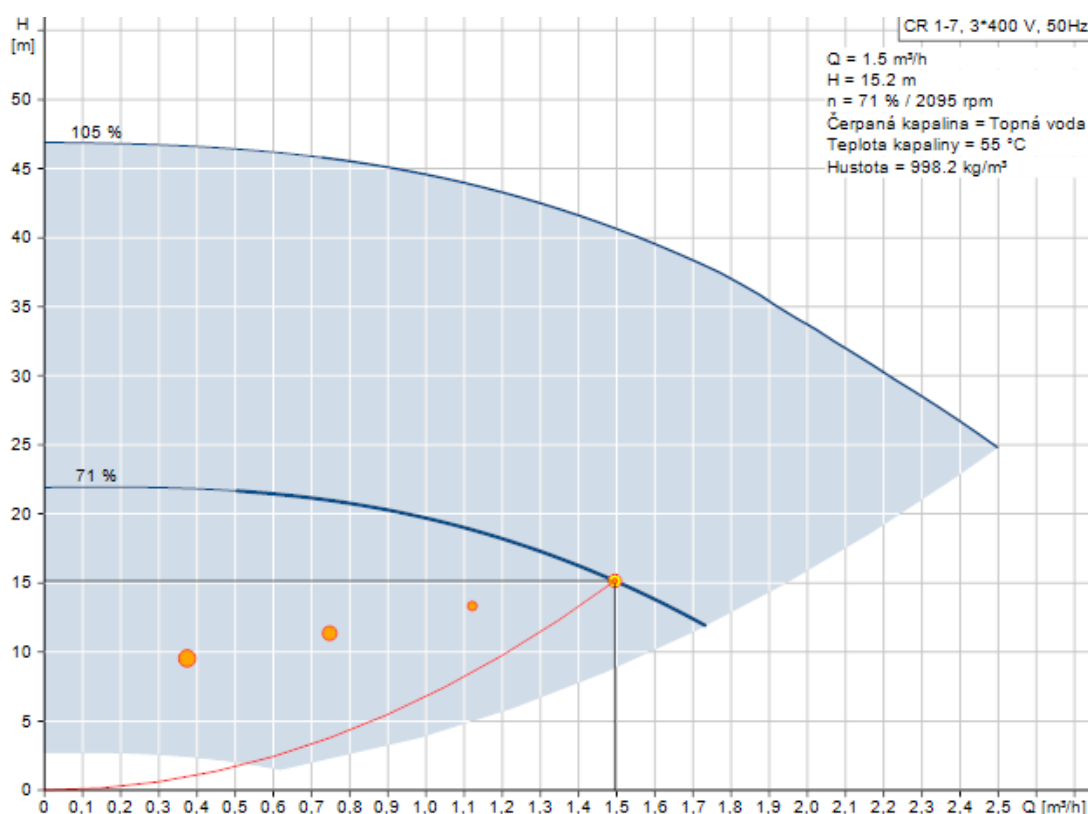
$g$  - tíhové zrychlení [m/s<sup>2</sup>]<sup>46</sup>

<sup>46</sup> VRÁNA, Jakub. *Vliv místních odporů na tlakové ztráty v potrubí* [online]. c2012 [cit. 2012-23-04]. <<http://www.tzb-info.cz/8514-vliv-mistnich-odporu-na-tlakove-ztraty-v-potrubu>>.



Tzv. dopravní výška byla pro úsek galerie vypočtena na 5,21 m. K té je třeba přičíst skutečnou výšku 10 m jako rozdíl mezi umístěním čerpadla a nejvyšším bodem 2.NP stavby.

Jako oběhová čerpadla okruhů byla zvolena čerpadla od firmy Grundfos. Díky vypočteným hodnotám dopravní výšky a objemovému průtoku je možné stanovit přesné typy těchto čerpadel. Proto je vhodné využít online konfigurátoru, který má výrobce na svých stránkách (tzv. Grundfos WebCAPS). Pro demonstrativní okruh galerie bylo takto vybráno čerpadlo **CR 1-7 A-A-A-E-HQQE**. V tomto prostředí byla také vytvořena pracovní charakteristika zvoleného čerpadla (*Obrázek 43*) s pracovním bodem pro vytápěcí okruh galerie.



*Obrázek 43: Charakteristika čerpadla pro tepelný okruh galerie*

Do ostatních vytápěcích okruhů byla tímto způsobem zvolena i další čerpadla od tohoto výrobce a to obdobným způsobem. Konkrétní typy těchto čerpadel jsou v příloze P IV.

#### 6.5.4 Zabezpečovací zařízení tepelné soustavy

Zabezpečovací zařízení je nezbytnou součástí každé otopné soustavy. Bez těchto prvků nemůže být uvedena do provozu. Při návrhu těchto zařízení je nezbytné řídit se normou ČSN 06 0830 Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení.

**Expanzní zařízení** vodních otopných soustav umožňuje změny objemu obsažené kapaliny vlivem tepelné objemové roztažnosti bez poškození součástí této soustavy v daných limitech.

**Pojistné zařízení** zabezpečuje soustavu proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku.

Při návrhu těchto zařízení je nezbytné stanovit minimální a nejvyšší pracovní přetlak a pracovní teplotu. Všechny části tepelné soustavy musí být navrženy a konstruovány pro nejvyšší hodnoty pracovního přetlaku a také nejvyšší pracovní teploty, které mohou v otopné soustavě nastat.

#### Expanzní nádrž

Návrh nejnižšího dovoleného přetlaku:

$$p_{ddov} = 1,1 \left( \frac{h \rho g}{1000} + \Delta p_z \right) [kpa] \quad (32)$$

kde

$h$  - skutečná výška otopné soustavy [m]

$\rho$  - hmotnostní objem vody [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$g$  - gravitační zrychlení [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]

$\Delta p_z$  - tlakové ztráty [kPa]

Stanovení nejvyššího provozního přetlaku soustavy dle:

$$p_h = 1,05 p_{ddov} [kpa] \quad (33)$$

Stanovení nejnižšího provozního přetlaku soustavy dle:

$$p_d = 0,95 p_{ddov} [kpa] \quad (34)$$

Po dosazení hodnot výšky, gravitačního zrychlení, hustoty a tlakové ztráty soustavy 380 kPa vyšla hodnota nejnižšího dovoleného přetlaku 525 kPa a také nejvyššího provozního přetlaku  $p_h=550$  kPa.

Hodnota minimálního objemu expanzní nádoby je určena dle vztahu:

$$V_e = 1,3 V \left( \frac{1000}{\rho_{tm}} - \frac{1000}{\rho_{10^\circ C}} \right) [l] \quad (35)$$

kde

$V$  – objem vody v soustavě [l]

$\rho_{tm}$  – hustota vody o teplotě topné vody (985 kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_{10^\circ C}$  – hustota vody o teplotě 10°C (998 kg/m<sup>3</sup>)

Určení předběžného objemu expanzní nádoby:

$$S_e = \frac{V_e (p_h + 100)}{p_h - p_d} [l] \quad (36)$$

kde

$p_h$  - nejvyšší provozní přetlak soustavy [kPa]

$p_d$  - nejnižší provozní přetlak soustavy [kPa]

Jmenovitý objem expanzní nádoby byl vypočten na hodnotu 759,6 litrů.

Z nabídky firmy Regulus byla navržena expanzní nádoba MB 800 z modelové řady SKIRT s objemem 800 litr. Nádoba je navržena na maximální pracovní tlak 6 bar.

### Pojistný ventil

Při navrhování a výběru pojistného ventilu je zapotřebí vypočítat tzv. minimální průřez sedla pojistného ventilu a průměr pojistného potrubí. To se vypočte dle následujících rovnic.

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_p}{a_w \cdot \sqrt{p_{ot}}} [\text{mm}^2] \quad (37)$$

kde

$Q_p$  – jmenovitý výkon zdroje tepla [kW]

$a_w$  – výkonový součinitel ventilu [-]

$p_{ot}$  – otevírací přetlak ventilu [kPa]

Minimální průřez sedla pojistného ventilu takto vyšel  $125 \text{mm}^2$ .

Otvírací tlak pojistného ventilu  $p_{ot}$  se vypočte dle hodnoty maximálního dovoleného tlaku v soustavě, který činí  $550 \text{kPa}$ . Otvírací tlak byl tedy stanoven na  $570 \text{kPa}$ .

$$p_{ot} = p_e + 20 = 570 \text{kPa}. \quad (38)$$

Minimální průměr potrubí k pojistnému vedení se stanoví z rovnice:

$$d = 10 + 0,6 \sqrt{Q_p} = 24 \text{mm} \quad (39)$$

Výsledný navržený pojistný ventil pro otopnou soustavu je od firmy Duco. Konkrétně typ:  $\frac{3}{4}'' \times 1''$  s otevíracím přetlakem  $550 \text{kPa}$  ( $5,5 \text{bar}$ ) a skutečným průřezem sedla  $176 \text{mm}^2$ . Ventil bude umístěn klasicky na pojišťovacím potrubí. Toto potrubí bude mít minimální světlý průměr  $24 \text{mm}$  (DN25).

Pojistný ventil má přídatnou pojistnou krytku. Ta zamezuje manipulaci nepovolanými osobami a poškození. Veškeré díly, přicházející do styku s vodou a díly pod tlakem, jsou z mosazi. Těsnění sedla ventilu je ze silikonové pryže a proto není ani při velmi vysokých teplotách vystaveno riziku přilepení na sedlo. Oddělovací membrána je vyrobena z EPDM.

Tabulka 24: Návrhové hodnoty některých pojistných ventilů značky DUCO<sup>47</sup>

Označení ventilu DUCO	$p_{ov}$ [kPa]	Jmenovitá světlost ventilu [mm]	$S_{o,min}$ [mm <sup>2</sup> ]	$\alpha_v$ [kWh/kg]
1/2" x 3/4"	150 až 550	15	113	0,444
3/4" x 1"	100 až 550	20	176	0,565
1" x 1 1/4"	50 až 550	25	380	0,684
1 1/4" x 1 1/2"	100 až 550	32	804	0,693
1 1/2" x 2"	50 až 550	40	1017	0,549
2" x 2 1/2"	50 až 550	50	1589	0,576

## 6.6 Ohřev TV

Potřeba teplé užitkové vody není v objektu natolik vysoká, aby si vyžadovala použití bojleru či jiného uskladňování vody v akumulční nádrži.

Ohřev teplé vody bude řešen průtokovými elektrickými ohřivači.

Při nejběžnějším provozu jsou na 2.NP GASK pouze 3 stálí pracovníci. Objekt je vybaven sprchou, ta je ale využívána ve zcela výjimečných případech. Mohou nastat pouze dva případy, kdy by bylo využití akumulční nádoby vhodné:

- Vernisáž výstavy, kdy může být v galerii větší množství lidí (pro vzduchotechniku je navrženo až 44 lidí)
- Společenská akce v multifunkčních sálech (pro vzduchotechniku je navrženo až 100 lidí)

Tyto události jsou ale natolik málo časté a nahodilé, že jsem po zvážení těchto předpokladů navrhl zmiňované průtokové ohřivače.

---

<sup>47</sup> VAVŘIČKA, Roman. Vytápění: Návrh pojistného a zabezpečovacího zařízení. In: [online]. ČVUT v Praze, Fakulta strojní: Ústav techniky prostředí [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: [http://www.users.fs.cvut.cz/~vavrirom / Vytapeni / VYT\\_cv\\_3\\_2011.pdf](http://www.users.fs.cvut.cz/~vavrirom / Vytapeni / VYT_cv_3_2011.pdf)

V 2.NP GASK jsou dvě místa sociálních zařízení (situační rozložení přesněji popisuje kapitola 5.4).

Každé sociální zařízení bude vybaveno elektrickým ohříváčem CLAGE MCX 6.

Sociální zařízení v úseku zázemí depozitáře bude vybaveno ohříváčem CLAGE MCX 3.

Ohříváč je elektronicky řízený s nastavitelnou výstupní teplotou (na čelním krytu). Elektronika udržuje zvolenou teplotu vody při různém průtoku. Výkon je tak regulován automaticky podle okamžitého průtoku vody a zvolené teploty.

Výstupní teplotu je možno nastavit na tři teploty: 35 °C, 38 °C nebo 45 °C.

Parametry:

- CLAGE MCX 6 - 5.7 kW, 230 V, 25 A
- CLAGE MCX 3 - 3.5 kW, 230 V, 15 A

Efektivní systém přímého ohřevu IES, pro velmi rychlý účinek ohřevu. Ochrana teplotní pojistkou. Připojení vody – vstup i výstup G 3/8. Délka připojovacího kabelu cca 65 cm.

## 7 NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY

Tento návrh vzduchotechniky řeší dva druhy prostor. Jednak klimatizaci a větrání prostor zatížených vysokým tepelným ziskem a také prostory, kde je zapotřebí udržovat vysokou hygienickou čistotu prostředí a přesně stabilní hodnoty teploty a vlhkosti. Jedná se o prostory galerie, depozitářů a multifunkčních sálů. Součástí návrhu je také větrání dalších vestavěných prostor (technických místností) a výroba ledové vody.

Klimatizace těchto prostor bude potřebně upravovat vnitřní prostředí na komfortní nastavené hodnoty. Bude využívat jak čerstvého vzduchu, tak tzv. vzduchu cirkulačního, ten bude potřebně chladit, ohřívat, vlhčit a filtrovat.

Návrh také řeší větrání kotelny 1.NP, strojovny výtahů, sociálních zařízení a ostatních prostor 2.NP.

Pro hrubou kontrolu nastavených parametrů větrání jednotlivých místností byl použit program Stavební fyzika Simulace, který vyhodnotil místnosti z hlediska stability parametrů a nasimuloval plné vytížení těchto prostor. Jedná se ale o velice hrubou kontrolu, která nebere v potaz masivní charakter stavby.

### 7.1 Stanovení parametrů prostředí

Pro návrh byly použity stanovené tepelně technické charakteristiky (kapitola 5), okrajové podmínky (kapitola 5.1), charakter prostorových dispozic (kapitola 5.4), vnitřní teplotní podmínky (*Tabulka 16*) a výsledky výpočtů tepelných zisků (kapitola 5.8).

Pro prostory zatížené produkcí tepla z pobytu osob byla stanovena minimální hodnota průběhu větrání na  $50\text{m}^3/\text{h}$  na osobu.

#### Stanovené parametry vnitřního prostředí:

- |                              |   |   |
|------------------------------|---|---|
| - Výstavní prostor galerie   | - | $19 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , $55\% \pm 5$ , max. 50 osob |
| - Depozitář obrazů a grafiky | - | $18 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , $50\% \pm 5$ , 1 osoba      |
| - Depozitář plastiky         | - | $18 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , $50\% \pm 5$ , 1 osoba      |
| - Malý sál                   | - | $20 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ , max. 44 osob                |
| - Velký multifunkční sál     | - | $20 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ , max. 100 osob               |

Hodnoty teploty a vlhkosti byly stanoveny z doporučení organizace ICOM, ASHRAE, NPS Museum Handbook a normy ČSN ISO 11799 (více v kapitole 3.4).

### **Stanovené parametry vnějšího prostředí:**

**Letní** výpočtové hodnoty – teplota vzduchu 30 °C, letní výpočtová entalpie 55 kJ/kg s, výpočtová relativní vlhkost vzduchu 37%.

**Zimní** výpočtové hodnoty – teplota vzduchu -15 °C, měrná vlhkost vzduchu 0,9 g/kg s, zimní výpočtová entalpie -8,5 kJ/kg <sup>48</sup>

## **7.2 Výpočty**

Výpočty psychometrie vzduchu slouží pro návrh klimatizačních jednotek. Pro výpočet byl použit Mollierův h-x diagram. Pro vlastní práci s h-x diagramem je vhodné použít volně dostupný program pro Microsoft Excel: **AHUSelect** (cic.cz). Pro tyto výpočty byl také používán. Do toho byly zakresleny stanovené a vypočtené hodnoty pro konkrétní prostory daného objektu 2.NP GASK. Výpočty byly provedeny jak pro období letní, tak pro období zimní. Ve výpočtech jsou zanedbány zisky z malých zařízení a ventilátorů.

**Pracovní rozdíl teplot vzduchu** byl nastaven na 4°C pro prostory depozitáře a 6°C pro ostatní prostory.

Výpočet pracovního rozdílu teplot:

$$\Delta\theta_p = \theta_i - \theta_p \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (40)$$

kde

$$\theta_i - \text{vnitřní teplota vzduchu [}^\circ\text{C]}$$

---

<sup>48</sup> GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. Brno: Era, 2005, xviii, 262 s. ISBN 80-736-6027-X, s. 13.



$\theta_p$  - přiváděná teplota vzduchu [°C]

Pro jednotlivé prostory byla z tohoto vztahu vyjádřena teplota přiváděného vzduchu.

Do následujících výpočtů a následujícího návrhu je zapotřebí zahrnout také produkci vodní páry. Ta je stanovena na 0,021 g/s tvorby vodní páry na osobu.

#### Výpočet celkové produkce vodní páry:

$$M = n \cdot g \text{ [g/s]} \quad (41)$$

kde

$n$  – počet osob [-]

$g$  – produkce vodní páry na osobu [g/s]

V h-x diagramu je stanoveno protnutí teploty přiváděného vzduchu a měrné vlhkosti, ta byla snížena o vlhkost získanou od lidí:

$$\Delta x = \frac{Q_{m,o}}{Q_{m,p}} \text{ [g/kg]} \quad (42)$$

kde

$Q_{m,o}$  – hmotností tok vody od lidí [g/s]

$Q_{m,p}$  – hmotností průtok přiváděného čerstvého vzduchu [kg/s]

Vzduch, který je přiváděný, je ponížen o pracovní rozdíl vlhkosti.

#### Výpočet pro stanovení množství přiváděného vzduchu:

$$Q_{m,po} = \frac{Q_i}{h_i - h_p} \text{ [kg/s]} \quad (43)$$

kde

$Q_i$  - celková tepelná zátěž [W]

$h_i$  - entalpie interního vzduchu [kJ/kg]

$h_p$  - entalpie přiváděného vzduchu [kJ/kg]

Je třeba stanovit výkon zařízení tak, aby množství přiváděného vzduchu  $Q_{m,p}$  bylo větší než vypočítané množství  $Q_{m,po}$ . Tím budou splněny požadavky na množství přivodního vzduchu do konkrétních prostor.

#### Výpočet výkonu chladiče pro letní období:

$$Q_{m,po} = \frac{Q_i}{h_i - h_p} \text{ [kg/s]} \quad (44)$$

kde

$Q_{m,p}$  – hmotnostní objem přiváděného vzduchu [kg/s]

$h_e$  - entalpie venkovního vzduchu [kJ/kg]

$h_p$  - entalpie přiváděného vzduchu do místnosti [kJ/kg]

#### Výpočty pro zimní období

Čerstvý venkovní vzduch nejdříve prochází rekuperačním výměníkem (více o regulaci rekuperace v kapitole 10.4.1), kde se předejde vzduchem odcházejícím (tzv. odpadním vzduchem).

Pro názornost zde byl uveden i konkrétní postup změny parametrů vzduchu průběhem vzduchotechnické jednotky v popisovaném H-x diagramu (Obrázek 44). Z rozsahu práce ale není možné popsat samostatné výpočty jednotlivých samostatných prostor.

#### Výpočet pro stanovení teploty vycházející z rekuperačního výměníku:

$$\Delta\theta_k = \eta \cdot \frac{Q_{v,od}}{Q_{v,př}} (\theta_i - \theta_e) + \theta_e \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (45)$$

kde

$\eta$  - účinnost rekuperačního výměníku [%]

$Q_{v,od}$  - objemový tok odváděného vzduchu [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$Q_{v,př}$  - objemový tok přiváděného vzduchu [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

Rekuperátor předejde venkovní vzduch z teploty  $-15^\circ\text{C}$  zhruba na střední teplotu  $0,5^\circ\text{C}$ .

Rovnice pro stanovení výkonu ohřivačů:

$$Q_o = Q_{m,p} \cdot (h_o - h_1)[kW] \quad (46)$$

kde

$Q_{m,p}$  – hmotnostní objem přiváděného vzduchu [kg/s]

$h_o$  - entalpie ohřátého vzduchu [kJ/kg]

$h_1$  - entalpie vzduchu vystupujícího z rekuperátoru [kJ/kg]

**Výpočet pro stanovení hmotnostního toku přiváděné vody obsažené ve vzduchu:**

$$Q_{m,v} = Q_{m,p} \cdot (x_p - x_o)[g/s] \quad (47)$$

kde

$x_p$  – měrná vlhkost přiváděného vzduchu do místnosti [g/kg]

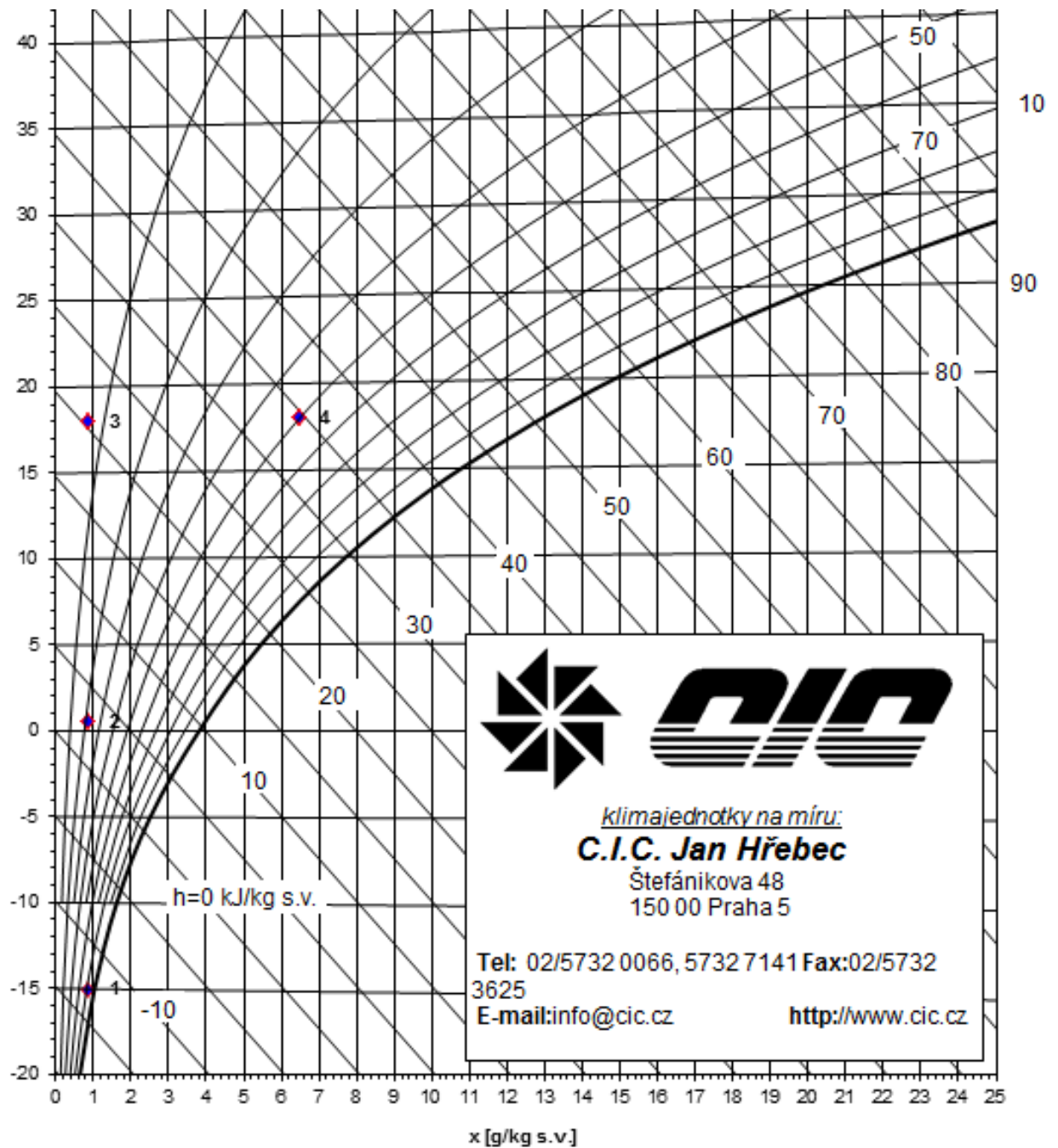
$x_o$  – měrná vlhkost ohřátého vzduchu [g/kg]

**Výpočet příkonu zvlhčovače k vyvíjení páry:**

$$N = Q_{m,v} \cdot l_{23}[g/s] \quad (48)$$

kde

$l_{23}$  – měrné výparné teplo vody [kJ/kg]



Obrázek 44: H-x diagram zimního období pro prostor deponitáře plastiky

### 7.3 Návrh vzduchotechnického potrubí

Návrh vzduchotechnického potrubí se odvíjí od navržené rychlosti potrubí vzduchu. Podle druhu prostor byla tedy navržena rychlost proudění. Ta postupně k vyústění klesá a je tedy potřeba spočítat proudění výsledné.

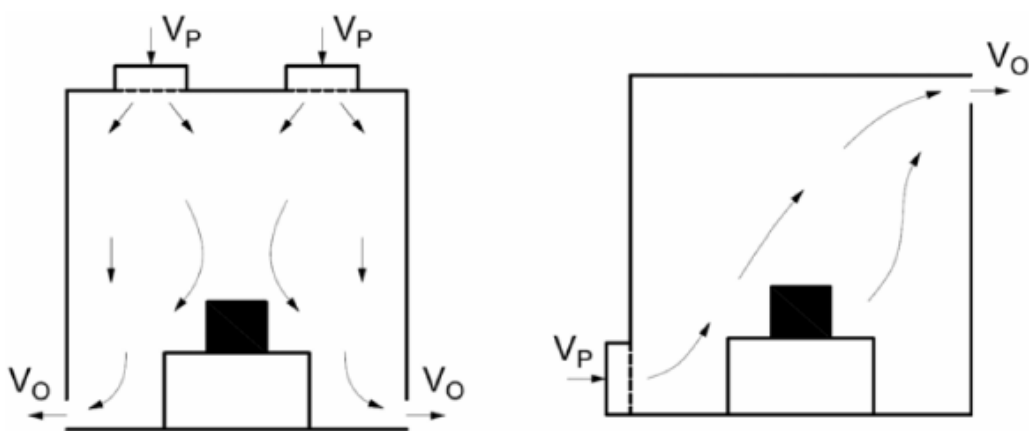
Aby bylo zamezeno prašnosti a hluku z těchto zařízení, byla navržena relativně nízká rychlost proudění vzduchu u výstí na hodnotu 0,5m/s.

Dále je potřebné spočítat tlakové ztráty vedením vzduchu. Ty jsou určovány pro nejdelší větve přívodního i odpadního vzduchovodu.

Podrobnosti a specifika jednotlivých technických řešení jsou určeny pro jednotlivé prostory v následujících kapitolách (7.4.1 až 7.4.9). Pro přívod čerstvého vzduchu jsou navrženy velkoplošné výustě, jenž přivádějí studenější vzduch při podlaze a ten následně vytěšňuje vzduch teplejší ke stropu, kde je odsáván pomocí kruhových otvorů v klenbě. Tomuto řešení se říká neusměrněné proudění VZT výustí (*Obrázek 45*). Pro místnosti depozitářů bylo využito první varianty a pro sály a galerii druhé popsané varianty se spodním přívodem.

Pro jednotlivé výustě je potřeba klasicky vypočít průměry potrubí tak, aby bylo dosaženo jednolitého proudění z každé výustě.

Naddimenzované potrubí zakreslené do půdorysu stavby 2.NP GASK je umístěno v přílohách P V - P VII



Obrázek 45: Dvě možnosti řešení tzv. neusměrněného proudění vzduchu VZT

## 7.4 Návrh vzduchotechnických zařízení jednotlivých prostor

V této kapitole jsou popsána jednotlivá navržená zařízení pro konkrétní prostory. Návrh byl stanoven dle výpočtů a postupů, které popisuje kapitola 7.2 a 7.3. Pro prostory depozitářů byly stanoveny objemy přiváděného vzduchu dle vysokých požadavků na co nejstabilnější klima (stálost parametrů teploty a vlhkosti). V těchto prostorách tedy nehraje roly odvod tepelné zátěže, ale především co nejjemnější možnost regulace a stálost parametrů. Jako standartní hodnota pro dávky vzduchu byla převzata normová hodnota 50 m<sup>3</sup>/hod. Ta je stanovena pro nenáročnou práci (třída I nebo IIa s převažující lehkou prací v sedě nebo ve stoje) při zákazu kouření.

Pro tato zařízení je také potřeba stanovit vhodné filtrační aparáty. Největší množství znečišťujících částic do čistého prostoru obvykle proniká právě přes VZT. Typický počet neživých částic o velikosti 0,3 μm ve vzduchu ve městě je 1011 (1/m<sup>3</sup>). Vliv prašnosti venkovního vzduchu se snižuje využitím filtrovaného oběhového vzduchu.

Vytápění prostor sálavými radiátory, kde bude umístěn vzduchotechnický systém, bylo o 10% poddimenzováno. Je to proto, že se předpokládá, že prostory budou vytápěny částečně i vzduchotechnicky. Více je napsáno u konkrétních návrhů v následujících kapitolách.

### Vzduchotechnická zařízení byla navržena v těchto zkratkovitých sestavách:

Galerie - F, Kp, RD, Kb, Ks, F, O, Vp(2°C), 2xCH, 2xO, 2xZ, F, Vo(2°C)

Depozitář obrazů a grafiky - Vp(2°C), F, F, O, CH, O, Z, Vpa(2°C)

Depozitář plastiky - Vp(2°C), F, F, O, CH, O, Z, Vpa(2°C)

Malý přednáškový sál - Kp, F, RR, O, CH, Vp(2°C), F, Vo(2°C), Ko

Velký multifunkční sál - Kp, F, RR, O, CH, Vp(2°C), F, Vo(2°C), Ko

Kotelna - Kp, F, Vp, El

### **Legenda:**

*Vp/Vo* - ventilátor přivodní/odvodní

*O* - ohřivač

*F* - filtrace

*CH* - chladič

*RR* - rotační rekuperátor

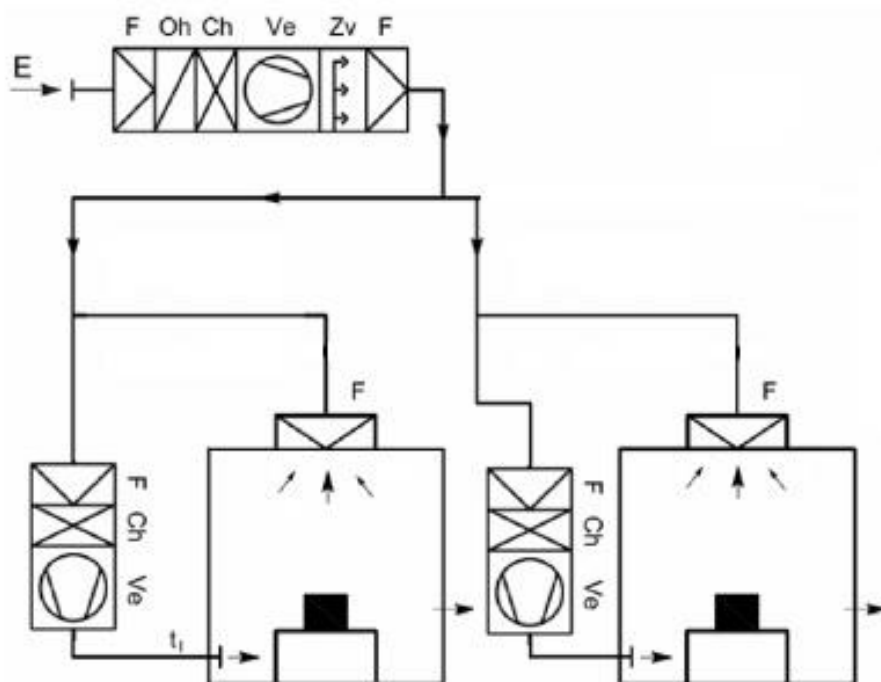
*Kp/Ko* - klapka přivodní/odvodní

*RD* - deskový rekuperátor

*Ks* - směšovací klapky

*Z* - parní zvlhčovač

*Kb* - obtoková klapka



Obrázek 46: Model vzduchotechniky deponitáře plastiky

#### 7.4.1 Galerie

Pro klimatizaci výstavní expozice v místnostech A2.22 až A2.29 + A2.70 je navržena sestavná bloková dvou-zónová jednotka HEIZBÖSCH 8600/7700 m<sup>3</sup>/h, jenž bude umístěna ve vedlejší technické místnosti číslo A2.21.

#### Popis samotné jednotky

Jednotka je složena směrem od sání venkovního vzduchu:

- sací filtrační komora (třídy filtrace G4)
- regulační klapka s pružnou manžetou (součást filtrační komory)
- deskového rekuperátoru s obtokem
- směšovací komora
- filtrační komora s kapsovými filtry F7
- komora s vodním ohříváčem a komora ventilátorová, kde je umístěn dvou otáčkový radiální ventilátor
- na konci jednotky jsou dvě zóny umístěné nad sebou, přičemž každá je složená z komory s vodním chladičem vzduchu resp. odvlhčovačem, komory s vodním dohříváčem vzduchu a komory pro parní vlhčení
- na výstupech ze zón jsou osazeny regulační klapky a pružné manžety

Pro zvlhčování vzduchu resp. výrobu páry jsou navrženy el. vyvíječe páry Condair CP2, jenž jsou zavěšeny nad zvlhčovací dílem sestavné jednotky. Vyvíječ páry je vybaven vlastní autonomní regulací výkonu zvlhčovače podle požadavků externí regulace 0 až 10V. Součástí parního vyvíječe je i parní a kondenzační hadice, vč. distribuční trubice, jenž bude osazena do parní zvlhčovací komory blokové jednotky.

Odsávací horní část jednotky je postupně složena směrem od sání prostorového vzduchu:

- sací filtrační komora (třídy filtrace G4)
- regulační klapka s pružnou manžetou (součást filtrační komory)
- odsávací radiální dvou otáčkový ventilátor
- směšovací komora
- deskový rekuperátor
- výfuková komora opatřená regulační klapkou a pružnou manžetou.

Ve vzduchotechnické jednotce je vzduch upravován na požadované parametry dle čidel prostorové teploty a relativní vlhkosti vzduchu. Prostor galerie obsahuje dvě zóny. Zóna č.1. slouží pro expozice orientované na východ a zóna č. 2. slouží pro chodbu expozic jenž jsou orientovány na západ. V zimním období bude vzduch ohříván ve vodním ohříváči a zvlhčován v parní komoře. V letním období bude vzduch ochlazován ve vodním chladiči, popř. z důvodů snížení relativní vlhkosti odvlhčován (max. výkon chladiče na  $t_{ch}=12^{\circ}\text{C}$ ) s následným dohřevem.

Klimatizační jednotka bude v běžném provozu pracovat cca s 25% venkovního vzduchu, což představuje 50 m<sup>3</sup>/h na osobu. Celkový výkon zařízení je dimenzován pro odvod vnitřní tepelné zátěže vznikající především ze světel, pobytu lidí a tepelnými zisky ze stěn a oken (více o tepelné zátěži v kapitole 5.8). Odvod tepelné zátěže zajistí maximální teplotní pracovní spád přívodního vzduchu 6°C a použitý způsob distribuce přívodního vzduchu a odsávání vzduchu.

Pro přívod vzduchu jsou navrženy velkoplošné výustě jenž přivádějí studenější vzduch při podlaze a ten následně vytěšňuje vzduch teplejší ke stropu, kde je odsáván pomocí kruhových otvorů ve stropě. Do odsávacích otvorů v klenbě budou osazeny regulační klapky, jenž musí být z tohoto důvodu nastavitelné z vnitřní strany klapky.

Upravený vzduch bude do větraných prostor přiveden potrubím v provedení z ALP, jenž bude uloženo 230mm pod podlahu, nad klenbu 1.NP. Zpětný vzduch z prostoru bude odsáván pozinkovaným potrubím, jenž bude vedeno nad klenbou chodby 2.NP. Sání a

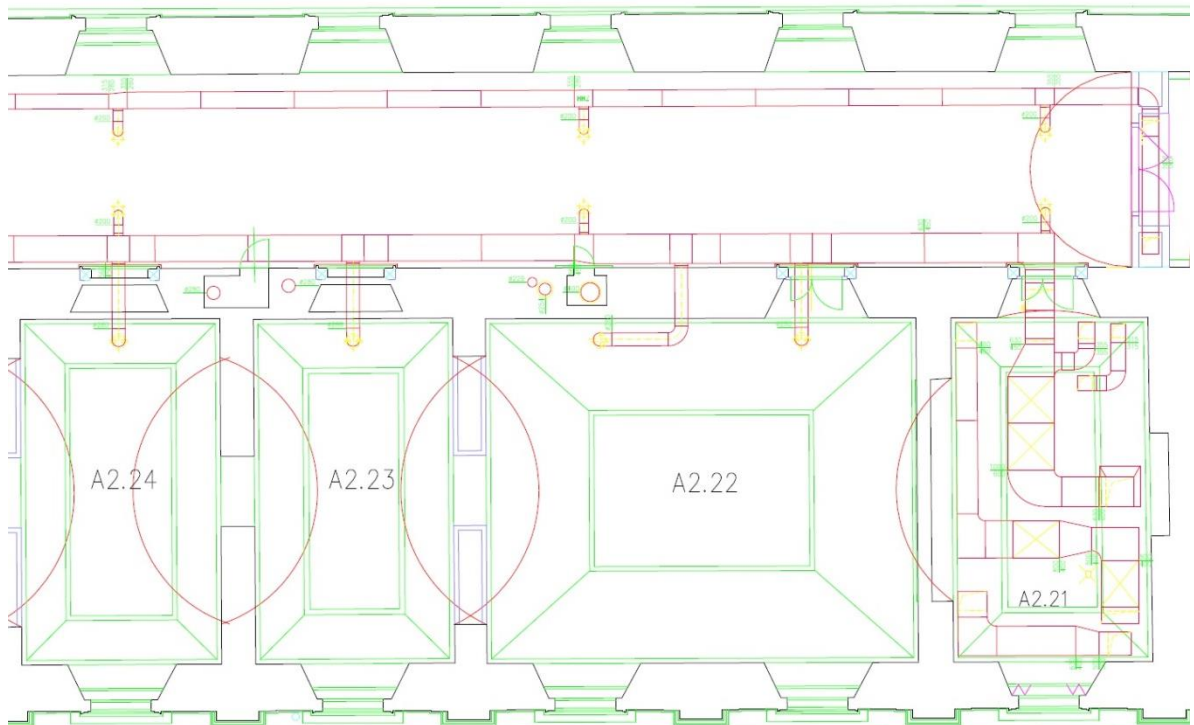


výfuk vzduchu směrem ven je proveden do vikýřů ve střeše. Pro sání venkovního vzduchu bude použito ohebné tepelně izolované potrubí ISODEC a pro výfuk vzduchu bude použito ohebné potrubí COMBIDEC.

Pro přívod jsou použity dva typy velkoplošných výústí, a to čtvrtkruhové a obdélníkové. Čtvrtkruhové jsou stejně jako u zařízení umístěny v rozích místnosti. Obdélníkové přívodní výústě jsou osazeny do niky ve zdi a budou tam zapuštěny. Čelní otvory budou překryty interiérovou mříží s velkými oky, jež nebude výrazně ovlivňovat proudění vzduchu. Přívodní výústě budou osazeny nad podlahou a budou napojeny spodem. Na vstupu do výústky bude osazena regulační klapka.

Mimo výstavní dobu bude jednotka provozována na poloviční výkon s minimálním cca 10 až 20% podílem venkovního vzduchu a to automaticky řízeným. Hlídaná bude nastavená odchylka od požadované vnitřní teploty a relativní vlhkosti.

Celkový max. vzduchový výkon zajišťuje v prostoru cca 3 cirkulace za hodinu. Poloviční vzduchový výkon s 20% podílem venkovního vzduchu zajišťuje v prostoru 0,3 výměny venkovním vzduchem za hodinu.



Obrázek 47: Část VZT rozvodu přívodního vzduchu v galerii

#### 7.4.2 Depozitář obrazů a grafiky

Pro klimatizaci depozitářů obrazů a grafiky orientovaných na východ (místnosti A2.36 až A2.39) je navržena sestavná bloková jednotka HEIZBÖSCH 4850 m<sup>3</sup>/h, jenž je umístěna ve společné strojovně vzduchotechniky v sousední místnosti A2.44.

##### Popis samotné jednotky

Jednotka je složena směrem od sání venkovního vzduchu:

- sací filtrační komora (třídy filtrace G4)
- regulační klapka s pružnou manžetou (součást filtrační komory)
- filtrační komora s kapsovými filtry F7
- komora s vodním ohříváčem
- komora s vodním chladičem vzduchu resp. odvlhčovačem
- komora s vodním dohříváčem vzduchu a komora pro parní vlhčení
- na konci přívodní části je ventilátorová komora, kde je umístěn dvou otáčkový radiální ventilátor s manžetou

Pro zvlhčování vzduchu resp. výrobu páry je navržen el. vyvíječ páry Condair CP2 jenž je zavěšen na pomocné konstrukci nad zvlhčovacím dílem sestavné jednotky. Vyvíječ páry je vybaven vlastní autonomní regulací výkonu zvlhčovače podle požadavků externí regulace 0 až 10 V. Součástí parního vyvíječe je parní a kondenzační hadice, vč. distribuční trubice, jenž bude osazena do parní zvlhčovací komory blokové jednotky. Jednotka je 100% cirkulační. Minimální výměnu venkovního vzduchu zajišťuje potrubní ventilátor na 700 m<sup>3</sup>/h, což představuje v depozitáři cca 0,3 výměny za hodinu venkovním vzduchem. Potrubní ventilátor v jehož těsné blízkosti je regulační těsná klapka ovládaná servomotorem přivádí vzduch do potrubí těsně před sáním do klimatizační jednotky. Při venkovních extrémních podmínkách bude přívodní ventilátor vypnut a klapka uzavřena. Celkové množství vzduchu zajišťuje v prostoru 2,5 cirkulace za hodinu při 15% podílu venkovního vzduchu.

Ve vzduchotechnické jednotce je vzduch upravován na požadované parametry dle prostorových čidel teploty a relativní vlhkosti vzduchu. V zimním období bude vzduch ohříván ve vodním ohříváči a zvlhčován v parní komoře. Ohříváč je dimenzován pro ohřev větracího vzduchu + 2 kW pro přitápění prostoru. V letním období bude vzduch ochlazován ve vodním chladiči, popř. z důvodů snížení relativní vlhkostí odvlhčován (max. výkon chladiče na  $t_{ch}=12^{\circ}\text{C}$ ) s následným dohřevem.

Upravený vzduch je z jednotky do prostoru depozitáře přiváděn pomocí kruhového potrubí vedeného pod stropem po celé délce místnosti. Přívodní potrubí je ve větraných prostorách v celé délce opatřeno tepelnou izolací. Přívodní i odsávací vyústky, jež jsou osazeny do potrubí, jsou opatřeny ruční regulací průtoku vzduchu. Odsávací potrubí vedené ve větraných prostorách není tepelně izolováno.

Sání venkovního vzduchu je ze společného sání, jako v případě následujícího zařízení depozitáře plastiky. Sací potrubí je napojeno do výměny oken. Ty jsou opatřeny dřevěnou protidešťovou žaluzií.

### **7.4.3 Depozitář plastiky**

Pro klimatizaci depozitáře plastiky orientovaného na západ (místnost A2.45) je navržena sestavná bloková jednotka HEIZBÖSCH 3650 m<sup>3</sup>/h, jež je umístěna ve společné strojovně vzduchotechniky v místnosti A2.44. Funkčně se zařízení shoduje popisem předchozího zařízení s tím rozdílem, že pro přívod venkovního vzduchu je použit potrubní ventilátor na 500 m<sup>3</sup>/h a vodní ohříváč bude dimenzován pro ohřev větracího vzduchu + 1kW pro přitápění.

Pro rozvod přívodního upraveného vzduchu v místnosti depozitáře je použito kruhové potrubí tepelně izolované v celé délce. Pro odsávání bude použito rovněž kruhové potrubí, ale tepelně neizolované. Do potrubí budou osazeny vyústky určené pro montáž do kruhového potrubí a to šikmo směrem dolů.

### **7.4.4 Víceúčelový sál**

Pro větrání víceúčelového sálu, který je v místnosti A2.64, je navržena sestavná bloková jednotka HEIZBÖSCH 5000/4500 m<sup>3</sup>/h, jež je umístěna ve společné strojovně VZT v 1.NP GASK.

#### **Popis samotné jednotky**

Větrací jednotka je složena směrem od sání venkovního vzduchu:

- sací filtrační komora (třídy filtrace G4)
- regulační klapka s pružnou manžetou (součást filtrační komory)
- rotační výměník s přenosem vlhkosti

- komora s vodním ohříváčem
- komora s vodním chladičem vzduchu
- na konci přívodní části je ventilátorová komora, kde je umístěn dvouotáčkový radiální ventilátor s manžetou

Odsávací horní část jednotky je postupně složena směrem od sání prostorového vzduchu:

- sací filtrační komora (třídy filtrace G4)
- regulační klapka s pružnou manžetou (součást filtrační komory)
- rotační výměník
- odsávací radiální dvouotáčkový ventilátor s pružnou manžetou

V klimatizační jednotce je vzduch upravován na požadované parametry dle čidel prostorové teploty. V zimním období bude vzduch ohříván ve vodním ohříváči a v letním období bude vzduch ochlazován ve vodním chladiči. Větrací jednotka bude vždy pracovat se 100% venkovního vzduchu. Celkový vzduchový výkon 5000 m<sup>3</sup>/h je dimenzován pro odvod tepelné zátěže od pobytu lidí, světel a radiací okny. Při plné obsazenosti 100 osobami je dávka větracího vzduchu 50 m<sup>3</sup>/h na osobu. Při menší, než poloviční obsazenosti, bude zařízení provozováno na nižší otáčky. Celkový vzduchový výkon vytváří v prostoru 5 výměn vzduchu za hodinu.

Odvod tepelné zátěže zajistí maximální teplotní pracovní spád přívodního vzduchu 6°C. Pro přívod vzduchu jsou navrženy velkoplošné obdélníkové výustě, jenž přivádějí studenější vzduch při podlaze a ten následně vytěšňuje vzduch teplejší ke stropu, kde je odsáván pomocí kruhových otvorů.

Upravený vzduch bude do větraných prostor přiveden tepelně izolovaným potrubím vedeným v podlaze. Teplý vzduch z prostoru bude odsáván pozinkovaným potrubím, jež bude vedeno nad klenbou chodby a do prostoru sálu bude vyústěno do čtyř lunet potrubím o průměru 400mm. Sání a výfuk vzduchu je proveden do společných sacích a výfukových potrubí ve strojovně VZT v 1.NP GASK. Velkoplošné vyústky budou v rámci interiéru překryty mříží s velkými oky, jenž nebude výrazně ovlivňovat proudění vzduchu.

#### 7.4.5 Malý přednáškový sál

Pro větrání malého přednáškového sálu (místnost A2.62) je navržena sestavná bloková jednotka HEIZBÖSCH 2200/2000 m<sup>3</sup>/h, jenž je umístěna ve společné strojovně VZT v 1.NP GASK.

Jednotka je opatřena dvouotáčkovými ventilátory a deskovým rekuperátorem. Funkčně se zařízení shoduje se zařízením popsáním výše (kapitola 7.4.4).

Přívodní potrubí vedené ve stavebním kanále v podlaze v 1.NP bude provedeno z ALP. Odsávání vzduchu ze sálu je řešeno zaústěním potrubí do dvou sacích komor umístěných v podhledu. Na nasávání do komor stavba zajistí okrasné mřížky d800mm. Celkový vzduchový výkon 2200 m<sup>3</sup>/h byl dimenzován pro odvod tepelné zátěže z pobytu od lidí, světla a radiace okny. Při plné obsazenosti 44 osobami je dávka větracího vzduchu 50 m<sup>3</sup>/h na osobu.

#### 7.4.6 Plynová kotelna

Pro prostor navržené plynové kotelny je potřeba vytvořit její větrání. To je provedeno na základě návrhu vytápění (kapitola 6) a ze stanovení maximálních přípustných technických hodnot teploty v místnosti.

Parametry pro prostor kotelny:

- výkon kotelny v zimě 600 kW ( $t_e -15^{\circ}\text{C}$ )
- výkon kotelny v létě 100 kW ( $t_e +30^{\circ}$ )
- min. teplota v kotelně v zimě  $+15^{\circ}\text{C}$  (tepelná ztráta kotelny 3 kW)
- max. teplota v kotelně v létě  $+35^{\circ}\text{C}$
- množství spalovacího vzduchu v zimě 750 m<sup>3</sup>/h (600kW) a v létě 150 m<sup>3</sup>/h (100kW)
- tepelný zisk od technologie kotlů v zimě cca 4 kW
- tepelný zisk od technologie kotlů v létě cca 1,5 kW

Pro takto stanovený prostor kotelny bylo navrženo větrání nucené, přetlakové. Pro přívod venkovního vzduchu bude použita malá závěsná jednotka ve složení filtr a dvou-otáčkový ventilátor. Pro bezproblémový ohřev vzduchu je navržen elektrický 14kW ohříváč, jenž je umístěn v přívodním potrubí. Přiváděný vzduch je vyfukován do prostoru kotelny přívodními vyústkami směrem pod stropem kotelny a směrem k podlaze. Tímto je

zajištěno dokonalé provětrání kotelny. Přebytečný vzduch bude přetlakem odcházet do venkovního prostředí neuzavíratelným otvorem u podlahy a pod stropem. Tyto otvory slouží k zajištění minimální výměny 0,5 za hodinu, tj. 80m<sup>3</sup>/h.

Přívodní jednotku bude řídit automatický systém a její chod bude nutným předpokladem pro provoz kotelny (více v kapitole 10.5).

V případě odvodu tepelné zátěže bude přívodní ventilátor spuštěn na plný výkon a bude otevřen doplňkový otvor na výfuku. Automaticky bude řízen provoz přívodní jednotky, třístupňové řízení výkonu el. ohříváče dle prostorové teploty v kotelně, otevírání klapky na přívodu a výfuku při překročení teploty v kotelně 20°C a max. vzduchový výkon při překročení teploty v kotelně 28°C. Vzduchový výkon 1500m<sup>3</sup>/h zajistí v kotelně 9,8 výměny vzduchu za hodinu.

#### 7.4.7 Split systém

Split systém bude fungovat pouze pro odvod tepelné zátěže z technických místností a od technologie slaboproudu. Tam je požadována max. vnitřní teplota 25°C. Proto jsou navrženy samostatné split systémy pracující na principu přímého odparu chladiva. Jedná se o místnosti A2.49d, A2.44, A2.21. Jednotky pracují v průběhu celého roku v rozsahu venkovních teplot od -15°C do 43°C. Pro každou místnost je navrženo samostatné chladicí zařízení. To se skládá vždy z jedné venkovní kondenzační jednotky ( $Q_{chl}=3,5\text{kW}$  pro A2.49d) a ( $Q_{chl}=5\text{kW}$  pro A2.44, A2.21) a jedné vnitřní nástěnné jednotky. Jednotky jsou propojeny měděným izolovaným potrubím pro vedení chladiva R410A. Navrhované zařízení DAIKIN o velikost jednotek 35, resp. 50 může pracovat až při výškovém rozdílu vnitřní a venkovní jednotky 15 m, resp. 20m a celkové vzdálenosti 20m, resp. 30m. Součástí jednotky je i regulační automatika s funkcí autorestartu, jenž umožňuje naskočení jednotky do původního režimu po předchozím výpadku el. proudu.

#### 7.4.8 Strojovny výtahů

Jedná se o odvod tepelné zátěže ze dvou strojoven výtahů a to nuceným přívodem a odvodem vzduchu. Za tímto účelem budou umístěny potrubní přívodní a odsávací ventilátory. Při předepsané vnitřní teplotě max. 40°C zajistí vzduchový výkon 1100 m<sup>3</sup>/h odvod tepelné zátěže 3,5 kW.

#### 7.4.9 Sociální zařízení

Toto zařízení řeší podtlakové odsávání všech vestavěných sociálních zařízení (ne pouze 2.NP) a není tedy navrženo žádné konkrétní zařízení.

K tomuto účelu budou v podkroví umístěny radiální potrubní ventilátory, jenž budou odsávat vždy určitou provozní skupinu. Znehodnocený vzduch bude z prostoru odsáván přes jednořadá odsávací vyústky. Odsávaný znehodnocený vzduch bude vyfukován do vikýřů zakrytých dřevěnými žaluziemi.

Odsávané vzduchové množství je navrženo při dávkách 110 m<sup>3</sup>/h na sprchu, 50 m<sup>3</sup>/h na WC a úklid, 30 m<sup>3</sup>/h na umyvadlo a 25 m<sup>3</sup>/h na pisoár.

Prisávání náhradního vzduchu bude zajištěno z okolních prostor pod podříznutými dveřmi, nebo pomocí stěnových mřížek.

#### 7.5 Zdroj ledové vody

Pro potřebu chlazení vzduchu ve vodních VZT (vzduchotechnických) chladičích je navržena centrální výroba chladicí vody o teplotním spádu 5/10°C. Zdroj ledové vody je navržen pro celou stavbu GASK (pouze teoretiky stanoven dle předpokladu potřeby na chlad). K tomuto účelu jsou navrženy dva stroje pro chlazení kapalin CLIVET WSA SC 65D o celkovém chladícím výkonu 320 kW (2 x 160 kW). Stroje chladí vodu na výstupní teplotu, tedy 5°C. Jsou ve vnitřním provedení, chlazené venkovním vzduchem pomocí čtyř vestavěných radiálních ventilátorů s extérním tlakem 270Pa a jsou opatřeny chladivem R407c. Stroje budou umístěny ve strojovně chlazení ve 1.NP GASK..

Další údaje: 4 kompresory, 4 regulační stupně, teplota nasávaného vzduchu 32°C, vzduchový výkon ventilátorů 2 x 52000 m<sup>3</sup>/h.

Ve strojovně chlazení budou dále umístěna oběhová čerpadla, potřebné uzavírací, měřicí a regulační armatury a automatická expanzní nádoba Olymp sloužící pro vyrovnání objemových změn vody při teplotních změnách. Chladicí voda bude rozvedena do strojovny VZT, kde se provede napojení jednotlivých vodních chladičů vzduchu regulovaných škrtícími ventily. Jednotlivé chladicí stroje a čerpadla bude spouštět a vypínat MaR (automatický systém řízení). Chladicí výkon si jednotky budou řídit vlastní automatikou podle nastaveného rozdílu teplot vody.

## 7.6 Uvedení do provozu a údržba VZT

Před uvedením VZT do trvalého provozu je zapotřebí ověřit výkon zařízení co do dodržení projektem stanovených množství vzduchu pro jednotlivé místnosti, včetně proudění vzduchu na pracovních nebo pobytových místech. Pokud by to bylo možné, bylo by vhodné pro prostory depozitářů provést kouřovou zkoušku. Ta by nejlépe prokázala, zda bylo dosaženo kompaktního provětrání celého prostoru čerstvým vzduchem.

Pro provoz depozitářů musí být navržen vhodný způsob testování a měření. Především, aby bylo možné dokladovat tlakové poměry tak, aby čisté části byly v přetlaku a opačně. Přitom musí být pamatováno na určité povolené zanesení filtrů. Pro takto čisté prostory by měly být povolené hodnoty poklesu tlaku při zanesení filtrů předem určeny a zapisovány při zkouškách.

Pro prostory, kde přichází umělecké artefakty do kontaktu se vzduchem, je třeba stanovit pravidelné kontroly na vzdušné znečištění (viz kapitola 3.4.4).

Měl být také vypracován provozní řád, kde bude kromě mnoha jiných skutečností třeba uvést četnost kontrol, údržby, výměny filtrů apod. Dále je pak nutno uvést způsob spínání jednotlivých zařízení, dobu chodu těchto zařízení i jednotlivé popisy všech zařízení a zodpovědné osoby za chod a údržbu těchto zařízení. To samé ale platí i o ostatních technických zařízení budovy.



## 8 NÁVRH SVĚTELNĚ-AKUSTICKÝCH ŘEŠENÍ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ OBJEKTU

Tato kapitola navrhuje možná řešení osvětlení prostor a akustických opatření. Nejnáročnější je návrh těchto opatření pro úsek galerie, kde jsou nejvyšší nároky na tichost prostředí a kvalitu osvětlení. Komplikovanost tohoto řešení tkví především ve spojení nároků na vysoké hodnoty prosvětlenosti prostoru, kvality barevného podání a nízkého tepelného zatížení prostoru z těchto svítidel (více o této problematice v kapitole 3.4.5 a 3.4.6). Tato kapitola se zaměřuje na specifické řešení prostoru galerie a depozitáře, ostatním prostorům se věnuje pouze velice okrajově.

### 8.1 Návrh osvětlení

#### 8.1.1 Přirozené osvětlení

Charakter přirozeného osvětlení popisuje také kapitola 5.10. V případě historických budov je vhodné veškeré úpravy, které mají zajistit ochranu proti dennímu světlu, vytvářet tak, aby nezměnily historický charakter oken.

Speciálně upravené sklo, reflexní sluneční filmy a polymethylmethakrylátové či polykarbonátové desky určené pro filtraci světla jsou většinou výrazně zabarvené – mají zelenou, šedou nebo bronzovou barvu a navíc často zrcadlový charakter. Je proto vhodné použít filtrační materiál skel s ohledem na estetický dopad.

Prostory 2.NP GASK spojuje s venkovním prostorem 99 oken. Jedná se o okna, která byla v minulých letech opravena nebo repasována. Jsou to dvojitá okna se dvěma až šesti křídly opatřené vnějším kováním.

Okna v části vlastní depozitáře byla vybavena kompletním zastíněním. Z jihovýchodní části depozitáře byla vybavena zastíněním částečným a to speciálním UV filtrem ve formě fólie se součinitelem zastínění  $s=0,4$ . Ze strany severozápadní byla okna zastíněna v celém rozsahu dřevěnými deskami. Tato opatření jsou provedena pro minimalizaci zasažení uměleckých artefaktů UV zářením, které by urychlovalo degradaci materiálů (více o UV záření v kapitole 3.4.5).

Je třeba dbát zvýšené pozornosti při návrhu výstavních ploch, aby nebyly osvětlovány přímým přirozeným osvětlením. Dále bylo nutné zohlednit toto pronikající světlo při návrhu vzduchotechnických systému tak, aby byly správně bilancovány na tepelné zisky, které z pronikání světla do prostoru vznikají.

### 8.1.2 Umělé osvětlení

Světla v prostorách, kde dochází ke kontaktu s uměleckými díly, jsou navrhována dle doporučení v kapitole 4.5. A to se zohledněním typických vlastností světelných zdrojů (*Tabulka 4*).

#### Galerie

Osvětlení výstavních prostor musí umožňovat bezproblémové pozorování objektů návštěvníkem. Musí být nejen přijatelně intenzivní, ale také musí být řešeno tak, aby upoutávalo pozornost na zajímavé detaily pozorovaného objektu. S tím se pojí také potřeba jisté variability tohoto osvětlení. Návrh osvětlení je třeba řešit s kurátorem výstav a zodpovědnou osobou za technické vybavení stavby.

Osvětlení bude řešeno kombinací stropních osvětlovadel zapuštěných ve stropu a úzkouhlými stropními reflektory. Ty budou otočné a výkyvné, zavěšené na konzoly.

Při nastavování výkyvných světlovodů je zapotřebí řešit problém odrazu světla od skel a oslnění, které může nevhodným směřováním osvětlovadel vznikat. Při nesvětlování pomocných vitrín úzkouhlými stropními reflektory je zapotřebí sledovat možnost vytváření „skleníkového efektu“, ten je případně nutné omezit použitím dichroických filtrů. Pro svou tepelnou stálost mohou být tyto filtry součástí reflektorů s halogenovými žárovkami, které emitují „studené“ světlo. V tomto případě je dichroický filtr nanesen na zadní stěnu reflektoru a propouští „dozadu“ IČ záření. To má za následek, že podíl IČ záření ve světelném svazku se sníží až o cca 66 %. Pokud by se na výstavy používaly často výstavní vitríny, bylo by vhodné navrhnout tyto zdroje již s filtry.<sup>49</sup>

---

<sup>49</sup> ANONYM: Lichtprogram 1999/2000. *Informační materiál firmy OSRAM*, GmbH, München 1999.

**Dodatečně je třeba řídit se těmito doporučeními:**

- Předměty nesmí být vystaveny přímému slunečnímu světlu a neměly by být vystavovány trvale
- Je také vhodné udržovat stálou hladinu osvětlení na určené úrovni ve všech výstavních místnostech. Oko návštěvníka se postupně adaptuje na nižší osvětlenost a je schopné rozeznat i poměrně malé detaily či barevné rozdíly. Adaptace je podstatně pomalejší, když návštěvník přechází náhle z místností o vysoké osvětlenosti do místnosti o nízké osvětlenosti

**Depozitář**

Pro prostor depozitáře bylo navrženo osvětlení stropními zářivkami s polymerovými filtry se stabilizačními UV absorbéry. Toto řešení je vhodné především z důvodu nízkého tepelného zatížení prostorů depozitáře plynoucího z takovýchto zdrojů. Pro zvýšení ochrany depozitních artefaktů před světlem a UV zářením ze zářivek byla navržena mírná intenzita osvětlení 130 lx. Tu zajistí dvoutrubicové zdroje pro 16 mm zářivky. Konkrétně lineární zářivky značky Philips - TL5 HO 90 de Luxe 54W/965. Ve verzi- přirozené denní světlo 6800K. Ty umožní relativně kvalitní podání barev (barevné podání > 90) a nízké tepelné zatížení depozitáře.

Není zapotřebí navrhování speciálních a nákladných světelných zdrojů, protože se nepředpokládá dlouhodobé osvětlování artefaktů v prostorách depozitáře. Zářivkové zdroje světla budou rovnoměrně rozmístěny po prostoru depozitáře plastiky i depozitáře obrazů a grafiky.

**Dodatečně je třeba řídit se těmito doporučeními:**

- Je třeba zajistit obsluhou a směrnicemi, aby světla, s výjimkou nouzového osvětlení, byla trvale vypnuta a zapnuta pouze v době potřeby

- Archivní materiály je vhodné vložit do krabic profesionálně vyrobených z nekyselých kartonů. Tyto krabice chrání sbírky nejen před světlem, ale zároveň je chrání před kolísáním vlhkosti a teploty.<sup>50</sup>

## 8.2 Návrh akustických opatření

Jedná se o akustická opatření k minimalizování pronikání hluku z exteriéru, o návržení opatření pro nepronikání hluku technických zařízení a ochranou před pronikání hluku z okolních prostoru stavby (např. kročejovým efektem). Řešení pak spočívá v návržení vhodných stavebně-technických konstrukčních prvků.

Podrobnostmi a specifiky těchto opatření se věnuje kapitola 3.4.6. Akustický charakter stavby je také popsán v kapitole 5.11.

**Aby se zabránilo šíření hluku a vibrací od VZT zařízení do prostor vnitřních i venkovních, jsou navržena tato opatření:**

- jednotky musí být s potrubím spojeny přes pružné vložky, které nebudou dál rozšiřovat hluk
- na konstrukci je zapotřebí jednotky uložit přes rýhované pryžové podložky, které zabezpečí omezení šíření vibrací do podlahových konstrukcí
- do přívodního a odsávacího potrubí musí být vřazeny tlumiče hluku
- v nejkřivějších úsecích stavby je zapotřebí izolovat celá potrubí vhodnou protihlukovou izolací

Je zapotřebí provést následné měření pronikání hluku tak, aby hluk od VZT zařízení byl na takové úrovni, aby byly dodrženy příslušné hlukové limity.

---

<sup>50</sup> Závěrečná zpráva grantového úkolu: *Vliv světla a ultrafialového záření na archivní dokumenty*. Státní ústřední archiv v Praze. Praha, 2004. Dostupné z: <http://web.nacr.cz/soubory/svetlo.pdf>, s. 131.

**Hluk z výroby chladu:**

- Mezi jednotku a základy musí být umístěny izolátory chvění
- Na potrubí u výrobku a na sání čerpadel budou gumové kompenzátory chvění

Stavba GASK je masivního charakteru (více o konstrukcích stavby 5.2 a 5.5), výplně otvorů jsou také z těžkých a masivních materiálů, proto není potřeba dodatečného konstrukčního řešení těchto stavebních a technických částí.

Je nezbytné navrhnout provozní řád se zohledněním faktu, že prostory galerie jsou klidová zóna. Navrhnout vhodné informační panely, které by na tento fakt upozorňovaly a také informovat provozní personál.

Pokud by nastal stav, kdy budou využívány prostory sálů a zároveň probíhat nezávislá výstava v galerii, je třeba zabezpečit, aby byly tyto prostory hlukově odděleny. V tomto případě bude uzavřen vchod do galerie z hlavního schodiště a to bude využíváno pouze pro návštěvníky sálů. Do galerie se potom bude vstupovat ze schodiště vedoucího ke studovnám.

## 9 NÁVRH ELEKTROINSTALACE

V této kapitole jsou sepsána projektová doporučení pro tvorbu elektroinstalace v prostotu 2.NP GASK. Tato doporučení jsou určena pro navržené technologie v předchozích kapitolách i pro kapitoly následující (obvody pro řízení). Protože se při návrhu elektroinstalace nemusí dodržovat žádná speciální nařízení nutná pro prostor depozitáře a galerie, a protože kapacita této práce není schopna pojmout návrh celé elektroinstalace v takto rozsáhlém komplexu, popíší pouze dílčí doporučení pro tvorbu elektroinstalace na konkrétním objektu GASK. V rámci relevantnosti, zaměření a rozsahu práce bude věnována větší pozornost návrhu instalace regulace.

### 9.1 Silnoproudá elektroinstalace

Hlavní domovní skříň vedení (HDS) je umístěna na hranici pozemku v severovýchodní části. Je umístěna tak, aby byla snadno přístupná a umožnila případnému technikovi přístup i bez vstupu na pozemek. Koncová přípojka je opatřena třemi pojistkami. Přípojka je přivedena zemním vedením. HDS je také umístěna se zohledněním možných evakuačních únikových cest. Elektrické vedení je do stavby přivedeno pomocí hlavního domovního vedení do hlavní domovní rozvodnice (HDR), která je umístěna v přízemí stavby (1.NP).

Vlastní HDR je složena klasicky z hlavního vypínače a modulů pro rozvod. Na HDR jsou pak následně rozvětveně připojovány další podružné rozvodnice do určitých pater. V rozvodnicích jsou obvody rozděleny na obvody světelné a zásuvkové pomocí svorkovnice. Řídící obvody mají vlastní samostatné rozvodné skříně.

Elektro rozvody budou rozděleny dle napěťové soustavy (nn a mn) a možného rušení. Kabely pro řízení budou ve strojovnách pevně uloženy do samostatných kabelových žlabů, kabely vedené mimo prostory strojoven budou převážně vedeny podlahou nebo částečně pod omítkou. Prostupy mezi patry budou vedeny na společných nosných konstrukcích a stoupačkách, kde budou vedeny odděleně (silové, řídicí).

Kabelové prostupy mezi jednotlivými požárními úseky budou protipožárně utěsněny.

Při návrhu je třeba vypočíst proud přes hlavní jistič následujícími výpočty:

$$P_S = \sum P_i \cdot \beta \quad [W] \quad (49)$$

kde

$P_S$  – soudobý příkon [W]

$P_i$  – instalovaný příkon objektu [W]

$\beta$  – koeficient soudobnosti (určuje norma ČSN 33 21300)

$$I_S = \frac{P_S}{\sqrt{3} \cdot U_S \cdot \cos\varphi} \quad [A] \quad (50)$$

kde

$I_S$  – velikost hlavního jističe [A]

$P_S$  – soudobý příkon objektu [W]

$U_S$  – napájecí napětí (230/400 V)

$\cos\varphi$  – fázový posun

A dále je potřeba vypočíst velikosti průřezů hlavních vedení dle následujícího výpočtu:

$$S = \frac{P \cdot \sigma \cdot l}{U_f \cdot u \cdot \cos\varphi} \quad [m^2] \quad (51)$$

kde

$P$  – soudobý příkon [W]

$\sigma$  – specifický měrný odpor [ $\Omega \cdot m$ ]

$l$  – délka vodiče [m]

$U_f$  – fázové napětí [V]

$u$  – úbytek napětí na přípojce [V]

$\cos\varphi$  – fázový posun

Dle těchto výpočtů se stanoví vhodné kabely pro vedení (CYKY 5x).

### 9.1.1 Zásuvkové obvody

Při návrhu je vhodné řídit se platnými normami pro návrh elektroinstalací. Jmenovitě ČSN 33 2130 *Elektrické instalace nízkého napětí*, ČSN 33 2000. *Elektrické instalace nízkého napětí* a ČSN 33 2180 *Připojování elektrických přístrojů a spotřebičů*.

Zásuvkové přípojky se zřídí podle individuálních potřeb daných prostor. Klasické vidlicové 230V zásuvky budou umožňovat připojení spotřebičů pro krátkodobé použití do celkového příkonu 2000VA. Spotřebiče, které přesahují 2000VA a jsou určeny pro pevné připojení, a je pro ně nutné vytvoření samostatně jistitelných okruhů. Zásuvky musí obsahovat ochranný kolík, který bude napojen na ochranný vodič vedení. Zásuvky jednofázové se připojí tak, aby při pohledu zepředu byl ochranný vodič připojen na ochranný kolík umístěný nahoře, fázový vodič na levou zdířku a nulový vodič na pravou zdířku. Na jeden takový zásuvkový okruh může být připojeno 10 zásuvek (s tím, že dvojjásuvka je považována jako zásuvka jedna).

Celkový odebíraný výkon nesmí přesáhnout pro jistič 10 A - 2300 VA a pro jistič 16 A - 3680 VA. Veškeré elektrické rozvody budou provedeny v provedení TN-S. Požadavky pro zapojení okruhů je uvedeno v normě ČSN EN 33 2180. Zásuvkové okruhy budou instalovány pod omítku. Zásuvkové obvody budou jištěny jističem odpovídajícím nejvyšším jmenovitým proudům navržených zásuvky. Pro rozvody budou vytvořeny elektroinstalační zóny dle ČSN 332130. Vodorovné a svislé zóny se vytvářejí za účelem definování prostorů pro vlastní vedení elektroinstalace. V těchto zónách bude vedení pokládáno do 30 mm pod vrstvu omítky.

### 9.1.2 Světelné obvody

Ve stavbě budou rozčleněny jednotlivé světelné okruhy dle počtu a typu světelných zdrojů, tj. dle součtu jmenovitých proudů svítidel. Dle tohoto součtu budou také navrženy jistící prvky okruhů. Regulace a ovládání osvětlení bude řešeno napojením na sběrníkový systém LON. Jedná se částečně o bezpečnost a částečně o ochranné opatření. Bude tak minimalizováno zatížení uměleckých artefaktů světlem (více o této problematice v kapitolách 3.4.5 a 4.5).

- automaticky hlídány prostory depozitářů před zbytečným svícením
- automaticky regulovány světla v galerii dle pronikání světla přirozeného



- automaticky snímán pobyt osob v prostoru galerie a s návazností na to spouštěna světla (s dostatečně velkým zpožděním)

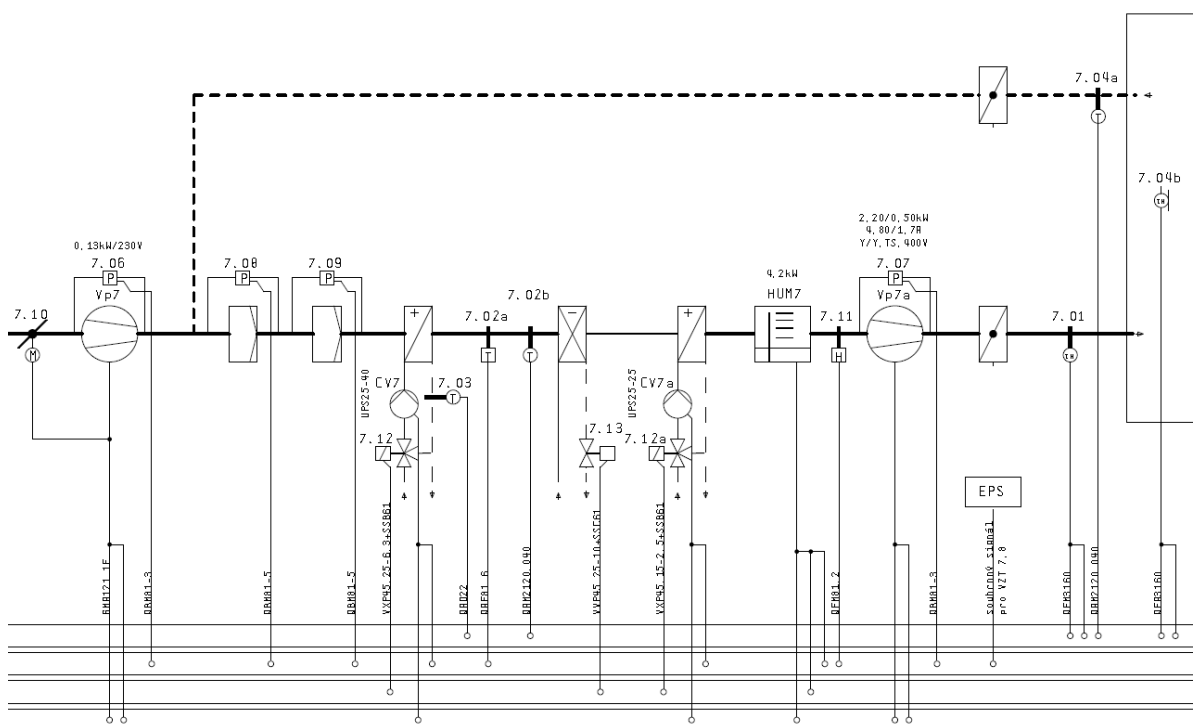
Jako další podstatné pozitivum tohoto automatického systému je snížení spotřeby el. energie za svícení v objektu.

Ve všech prostorách s výjimkou galerie budou umístěny klasické vypínače umožňující také ruční ovládání světla. V prostorách vstupu do galerie a přímo v galerii budou umístěny snímače pohybu, které budou ovládat vlastní akční členy. Světelné obvody budou chráněny jističem navrženým pro daný světelný okruh a konkrétní světelné zdroje (více o navržených zdrojích světla v kapitole 8.1) a zapojeny trojžilovým vodičem CYKY.

## 9.2 Instalace regulace a měření

Tato kapitola podrobně popisuje navrženou elektroinstalaci regulace a měření (MaR). Jedná se především o řízení vzduchotechniky a technologického vybavení stavby. Vlastní funkční popis regulace a řízení je rozepsán v kapitole 10.

Protože se jedná o rozsáhlý projekt, byl vybrán pro popis elektroinstalace řízení pouze jeden dílčí prostor a to prostor depozitáře obrazů a grafiky. Ostatní bloková elektro schémata řízení jsou umístěna v příloze P VIII.

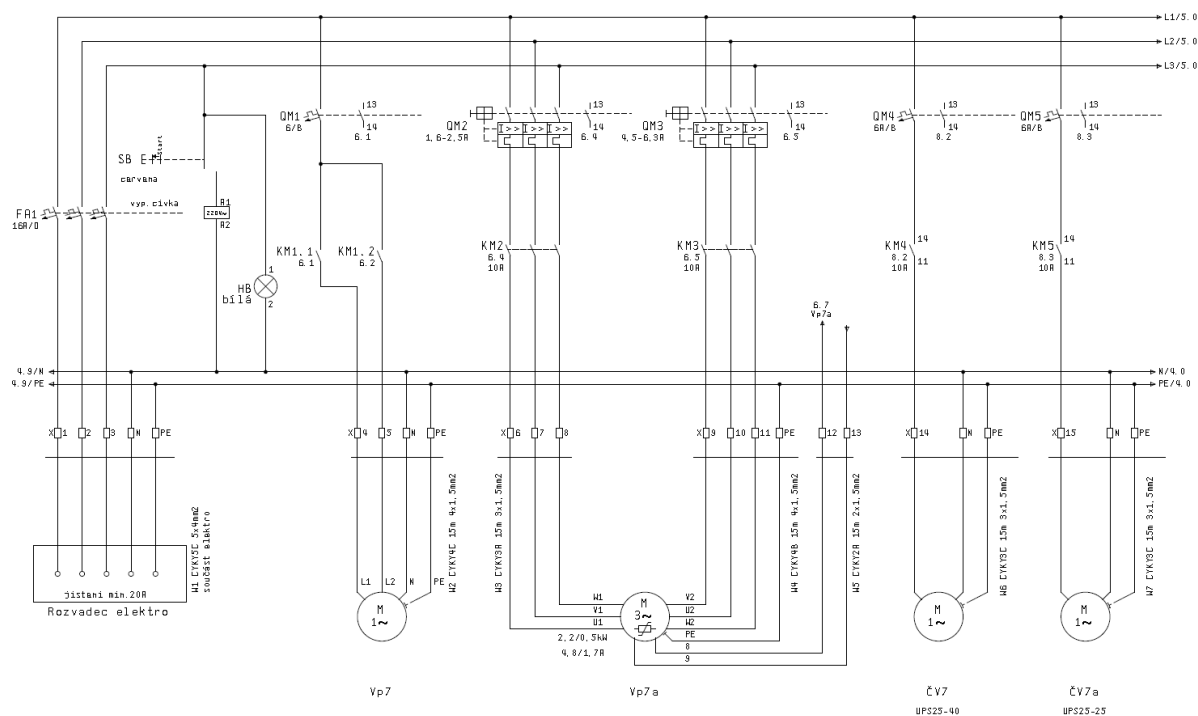


Obrázek 48: Regulační schéma VZT depozitáře obrazů a grafiky

Prostor depozitáře obrazů a grafiky se tak stal demonstrativní příklad instalace (viz *Obrázek 48 až Obrázek 64*). Ostatní prostory jsou vypracovány velice obdobně. Ostatní podrobnosti o použitých zařízeních a modulech pro MaR jsou rozepsány v následující kapitole 10.

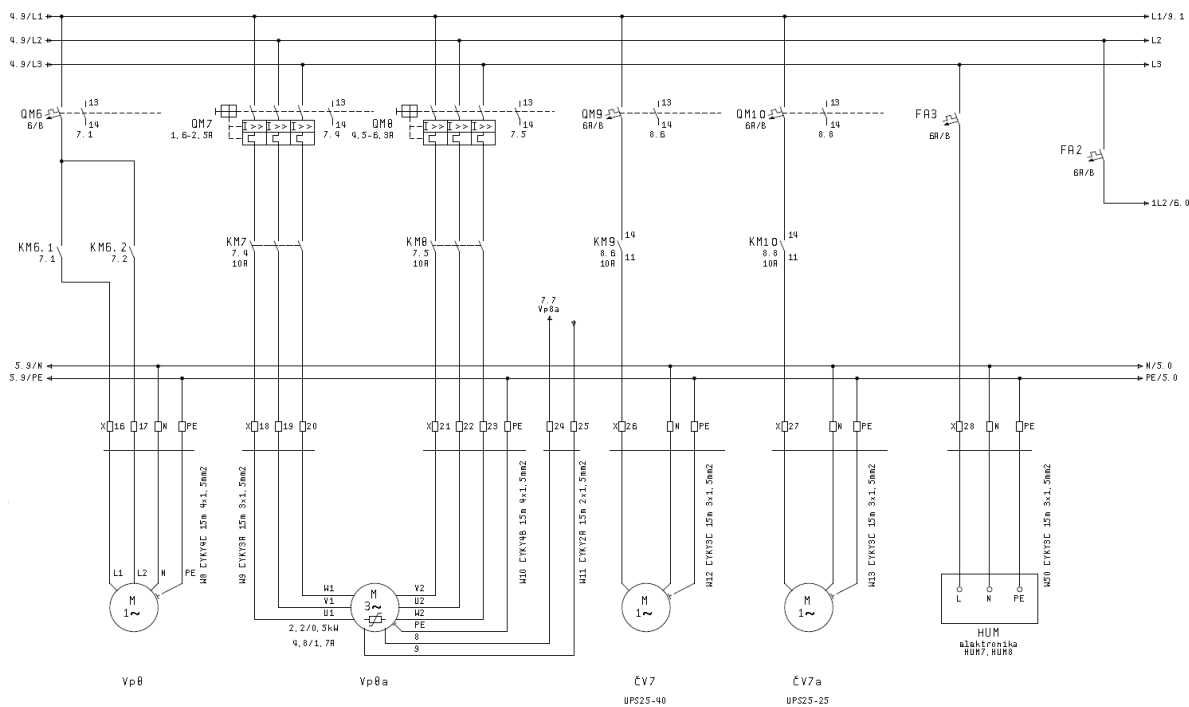
Pro regulaci a měření byly použity prvky z regulační řady Desigo PX firmy Siemens. Provázanost mezi jednotlivými moduly umožňuje sběrnice Profibus. Sloučení jednotlivých větví z rozvaděčů pak sběrnice LON (viz *Obrázek 65: Blokové schéma regulace*).

*Obrázek 48* zobrazuje vypracované schéma VZT s regulačními a měřicími prvky. Konkrétně pro vybraný prostor depozitáře obrazů a grafiky. Ostatní regulace VZT jsou vypracované velice obdobně a jsou umístěny v příloze P VIII.



*Obrázek 49: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – Silová část – Motory VZT II*

Napěťová soustavu obvodů řízení byla postavena na síti 3NPE 50Hz, 230/400V, TN-S, 50Hz, +24V. Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím samočinným odpojením od zdroje dle normy ČSN 33 20 00 – 4 – 41 FELV. Zařízení oddělena bezpečnostním ochranným trafem.



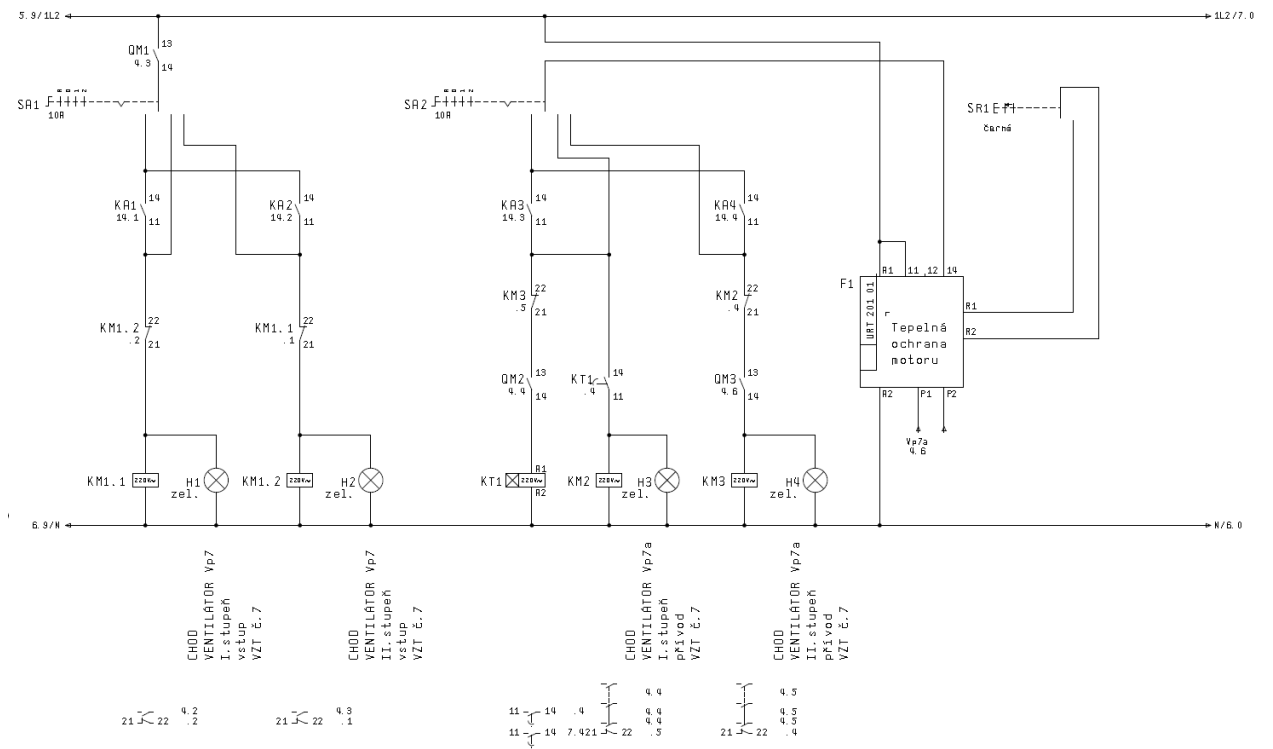
Obrázek 50: Elektroinst. deponitáře obrazů a plastiky – Silová část – Motory VZT II

Z rozvaděčů pro měření a regulaci (MaR) je zajištěno silové napájení řízených technologií (Obrázek 50). Na přívodu do rozvaděčů jsou osazeny výkonové jističe s vyrážecí cívkou. Na dveřích rozvaděče budou umístěny přepínače „R-0-A“ pro ovládání ventilátorů a čerpadel. Poloha „zapnuto“ a „vypnuto“ bude určena pouze pro servisní účely. Pro automatický chod zařízení musí být nastaveny přepínače motorů na dveřích příslušného rozvaděče v poloze „automaticky“ (tak také budou standardně nastaveny).

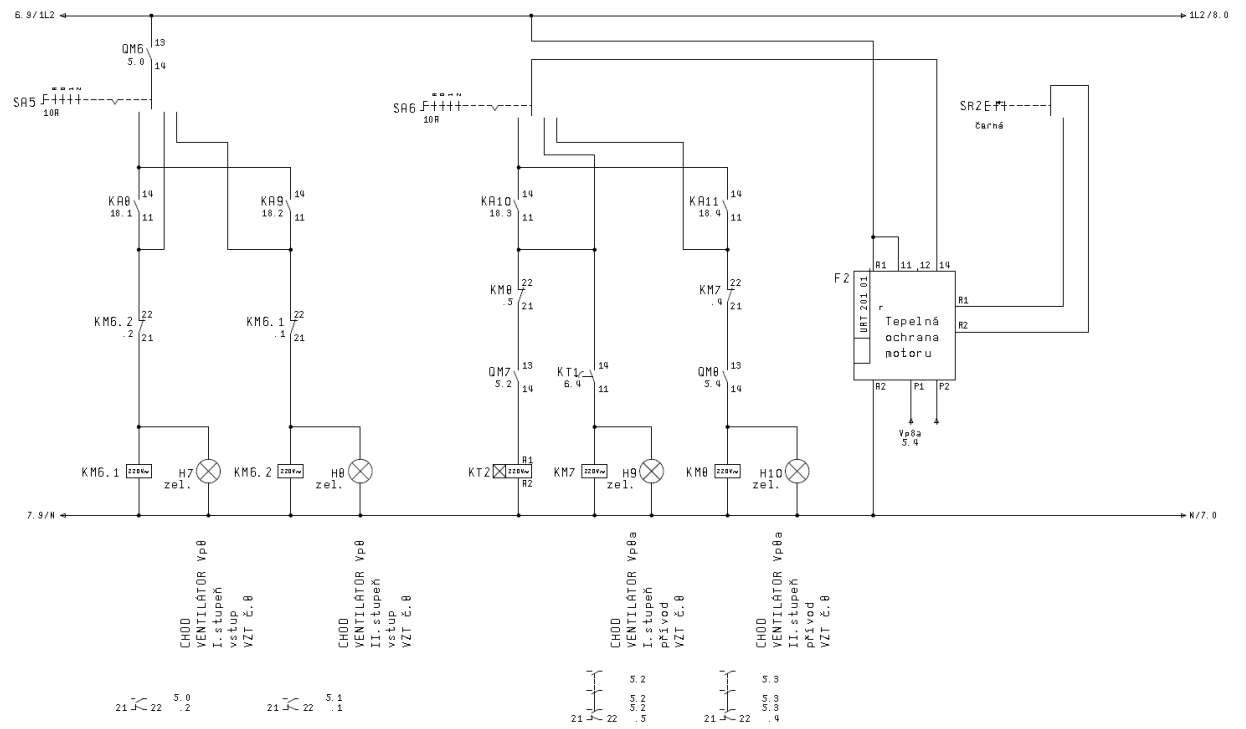
Chod čerpadel a ventilátorů signalizují zelené signálky. STOP tlačítkem na dveřích rozvaděče je vypínán pomocí vyrážecí cívky hlavního jističe.

Napájecí obvod rozvaděče MaR obsahuje na vstupní straně hlavní jistič, odjištěnou zásuvku pro připojení laptopu, osvětlení, odjištěnou ovládací fázi 230V a přepětovou ochranu třídy C.

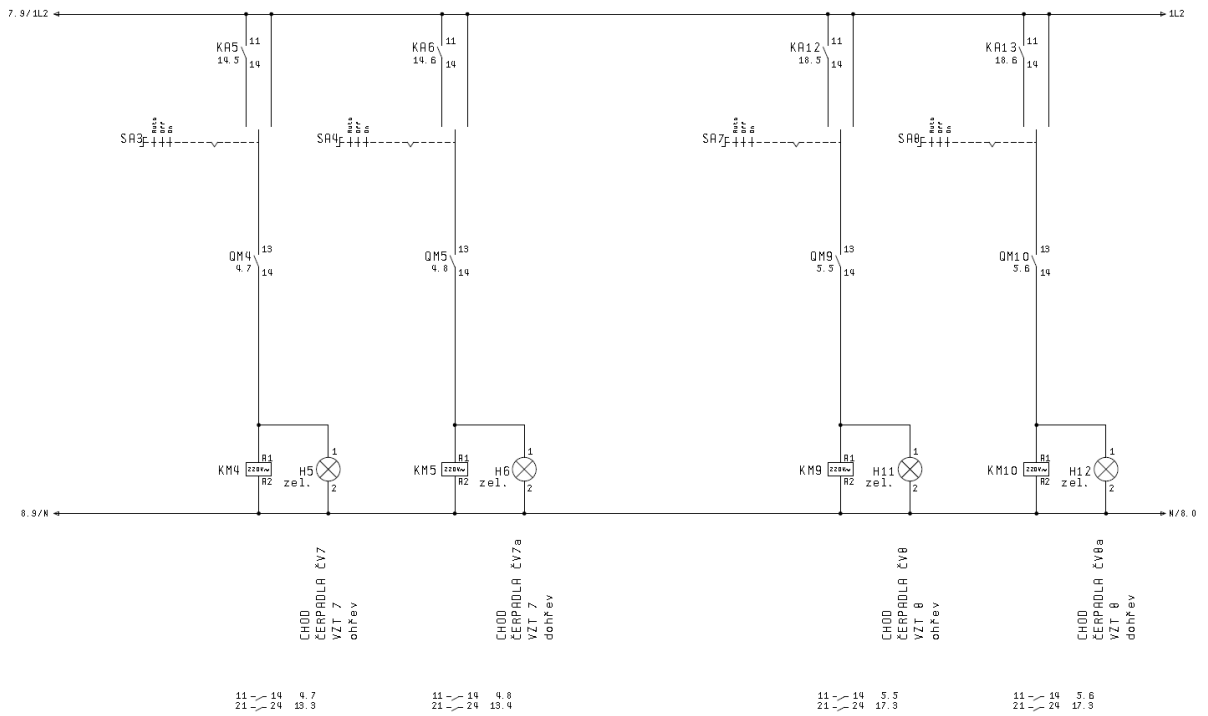
Regulátor je napájen z transformátoru, který slouží jako galvanicky oddělený zdroj bezpečného napětí 24VAC. Veškerá specifika jsou patrná z následujících obrázků (Obrázek 51 až Obrázek 64)



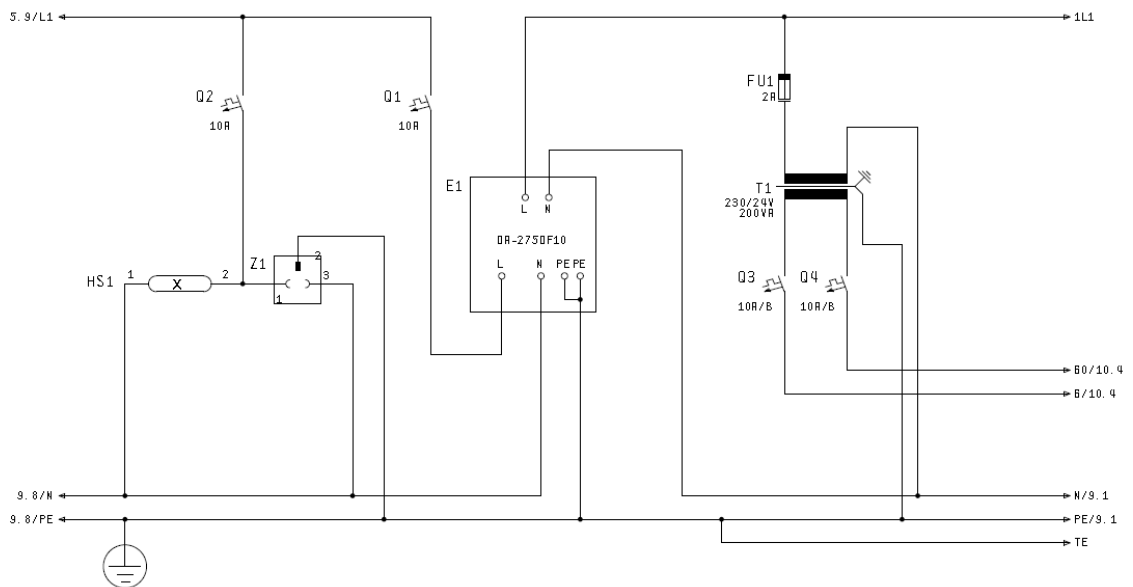
Obrázek 51: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – Ovládací část – ventilátory VZT I



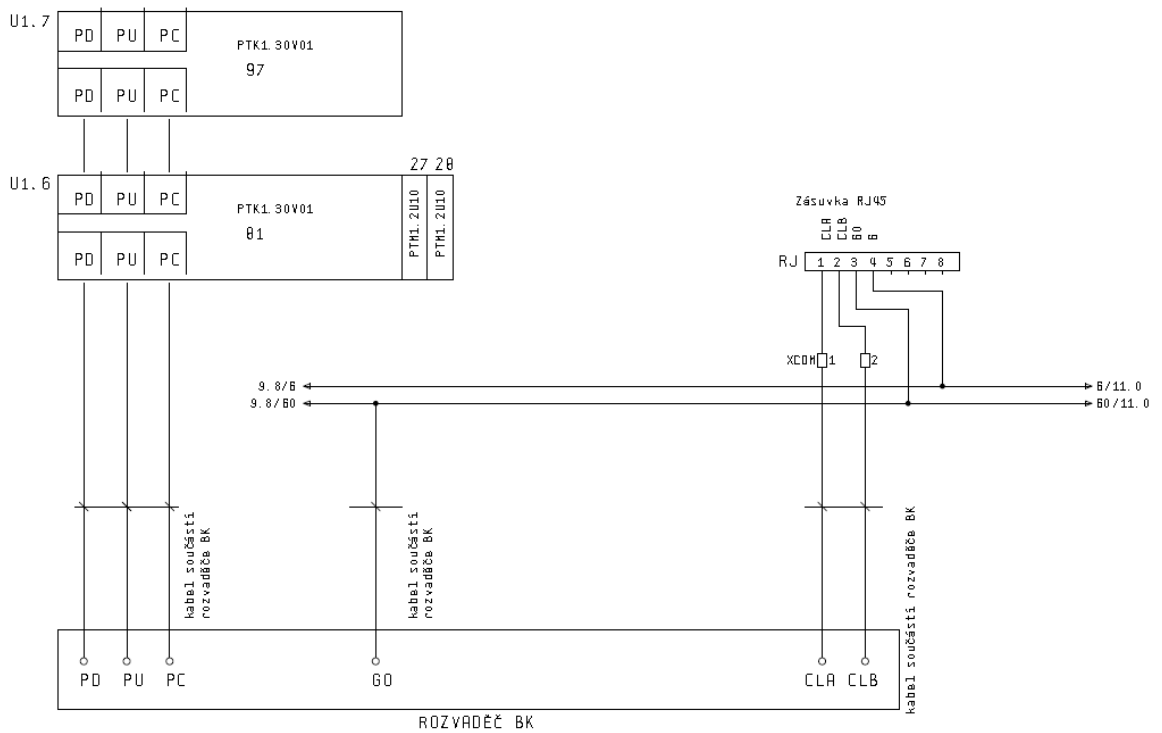
Obrázek 52: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – Ovládací část – ventilátory VZT II



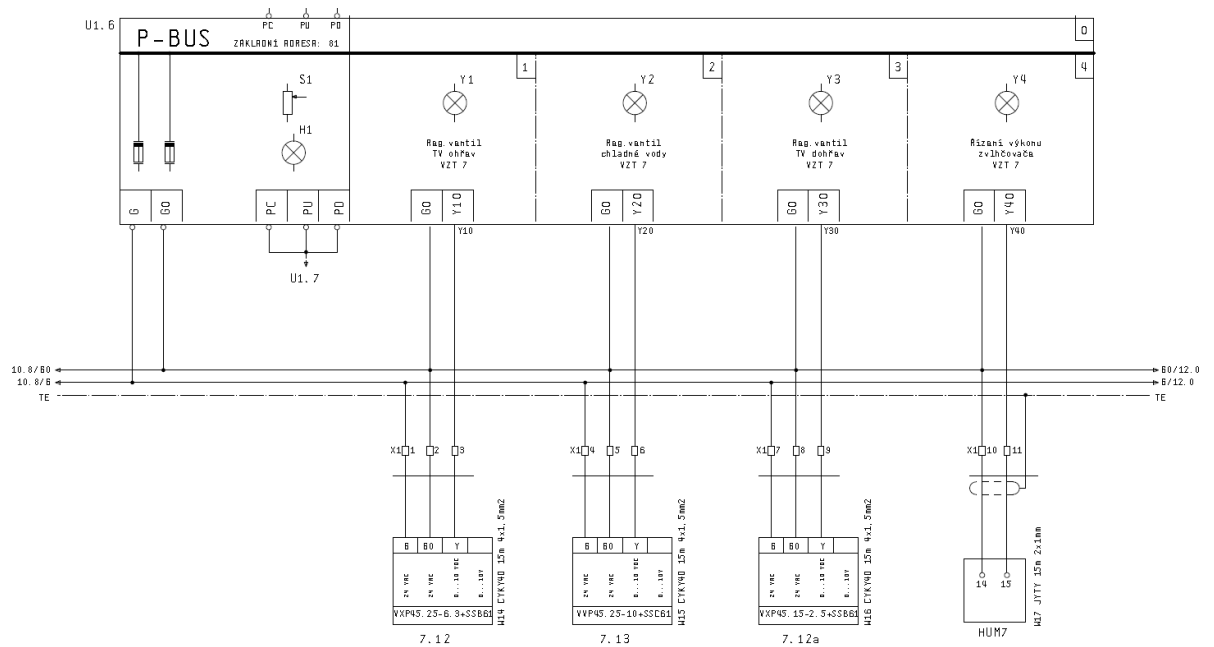
Obrázek 53: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – Ovládací část – čerpadla VZT



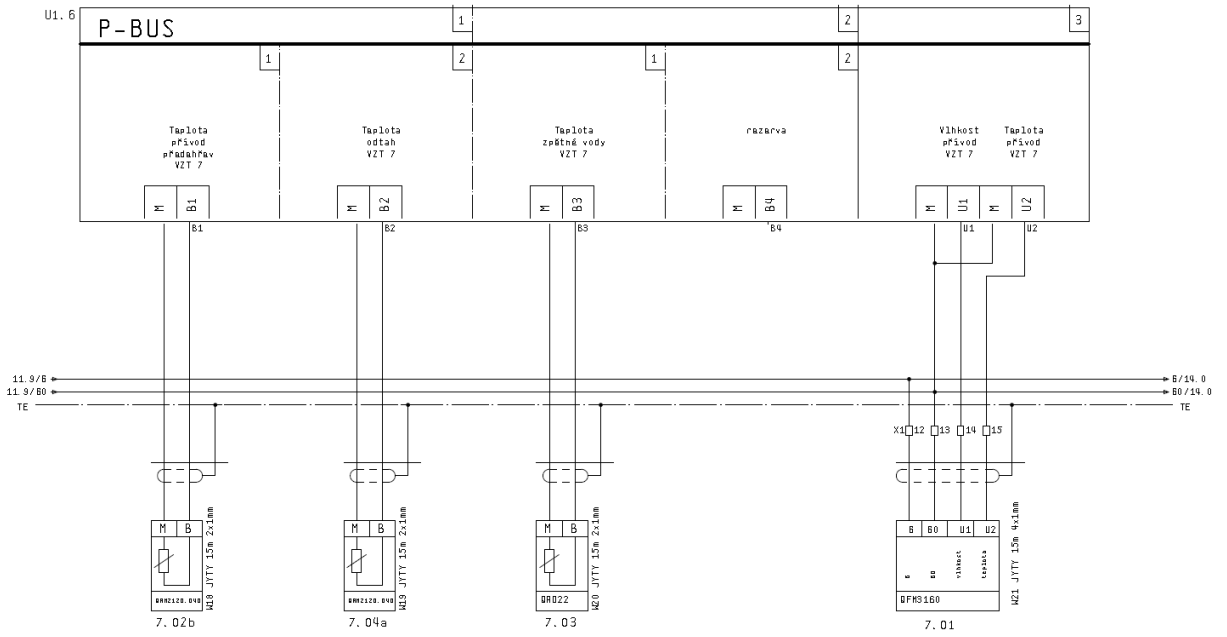
Obrázek 54: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – Napájení řídicího systému



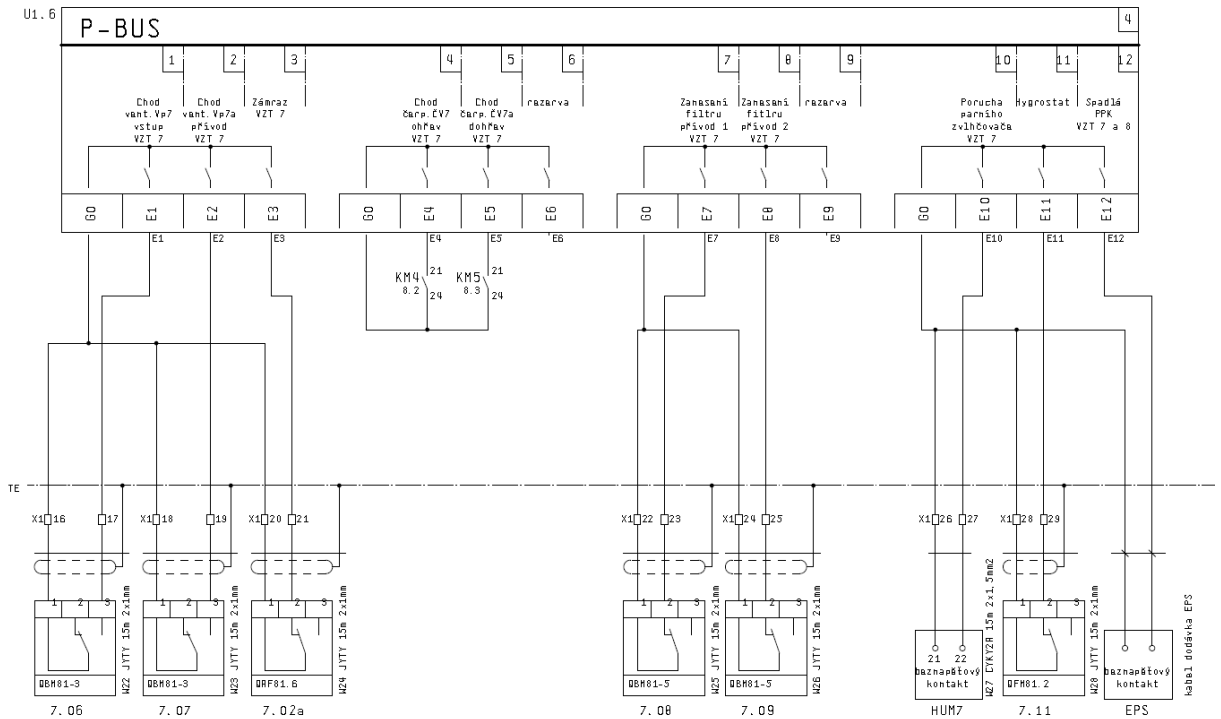
Obrázek 55: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – U1.6 – Komunikace



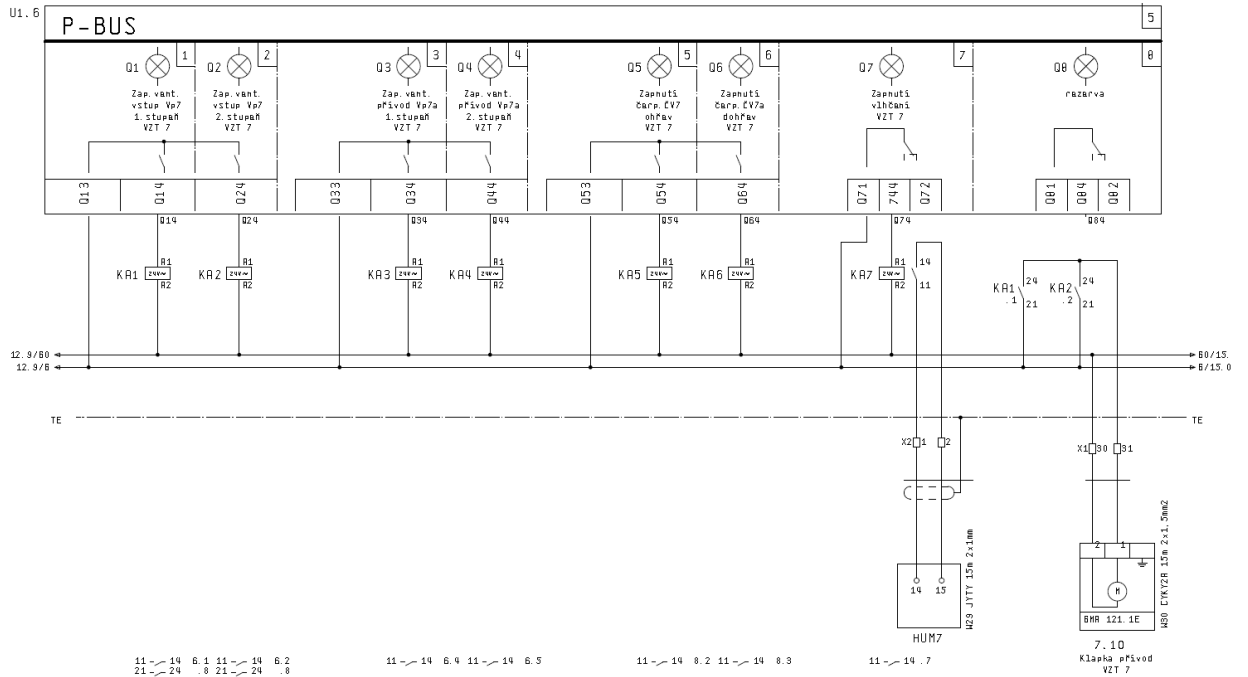
Obrázek 56: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – U1.6 – Analogové výstupy



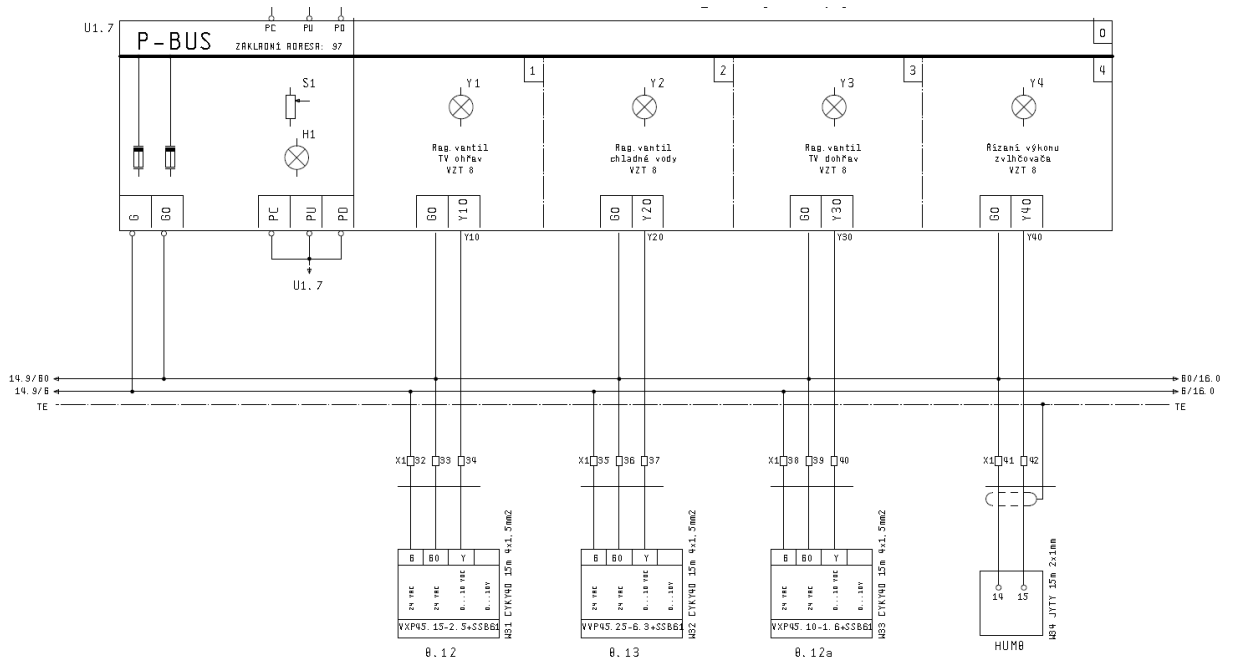
Obrázek 57: Elektroinst. deponitáře obrazů a plastiky – U1.6 – Analogové vstupy



Obrázek 58: Elektroinst. deponitáře obrazů a plastiky – U1.6 – Digitální vstupy

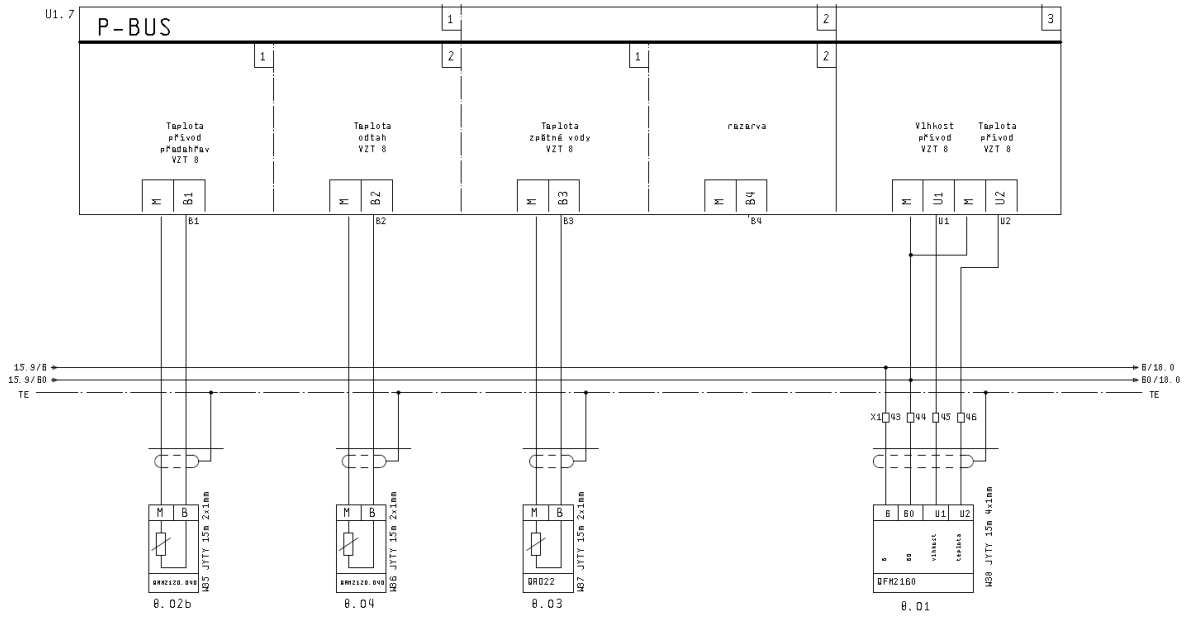


Obrázek 59: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – U1.6 – Digitální výstupy

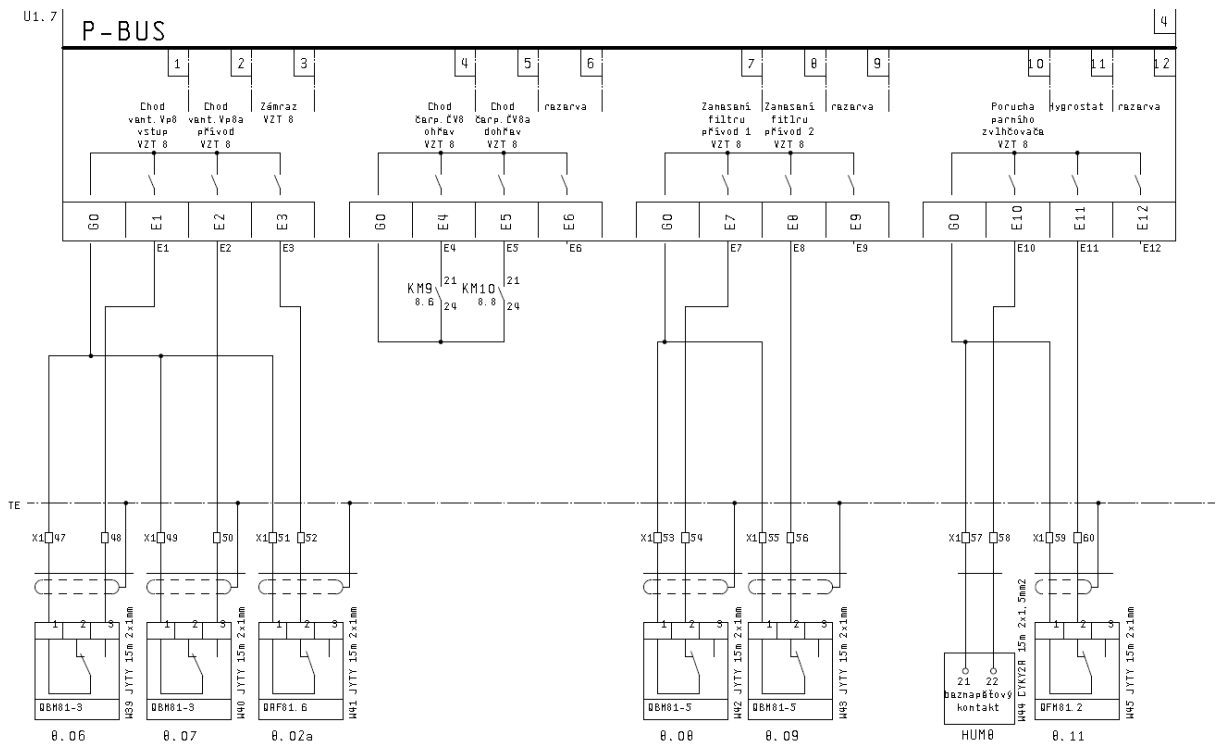


Obrázek 60: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – U1.7 – Analogové výstupy

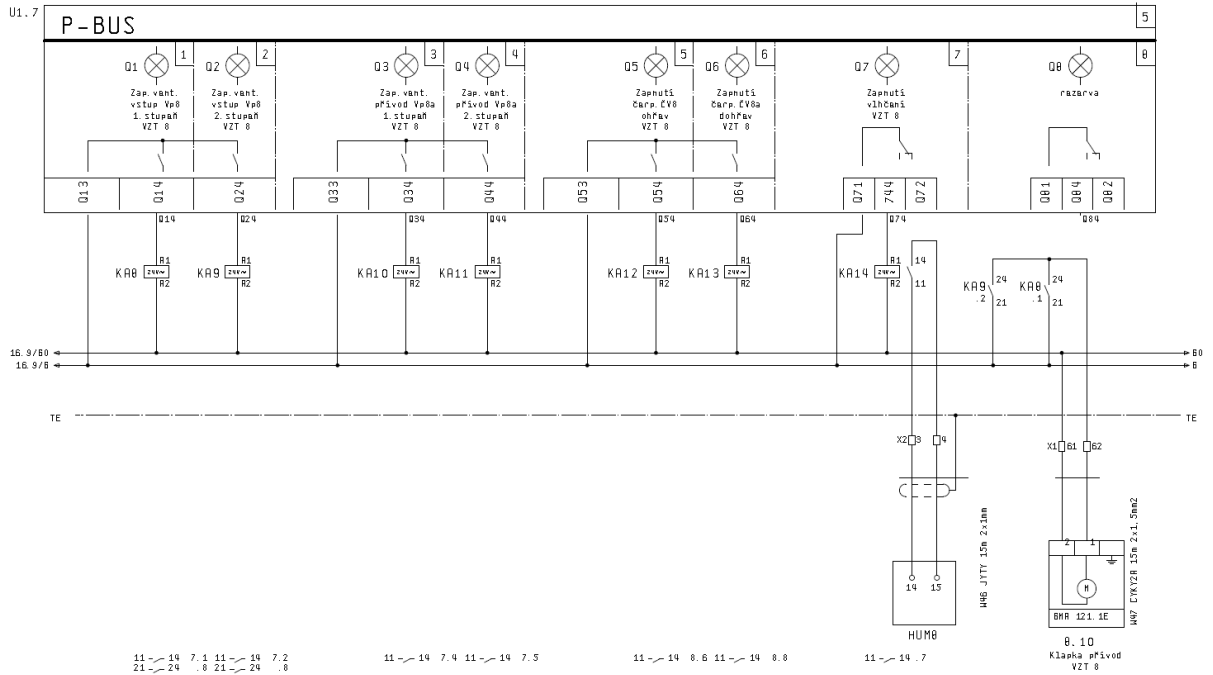




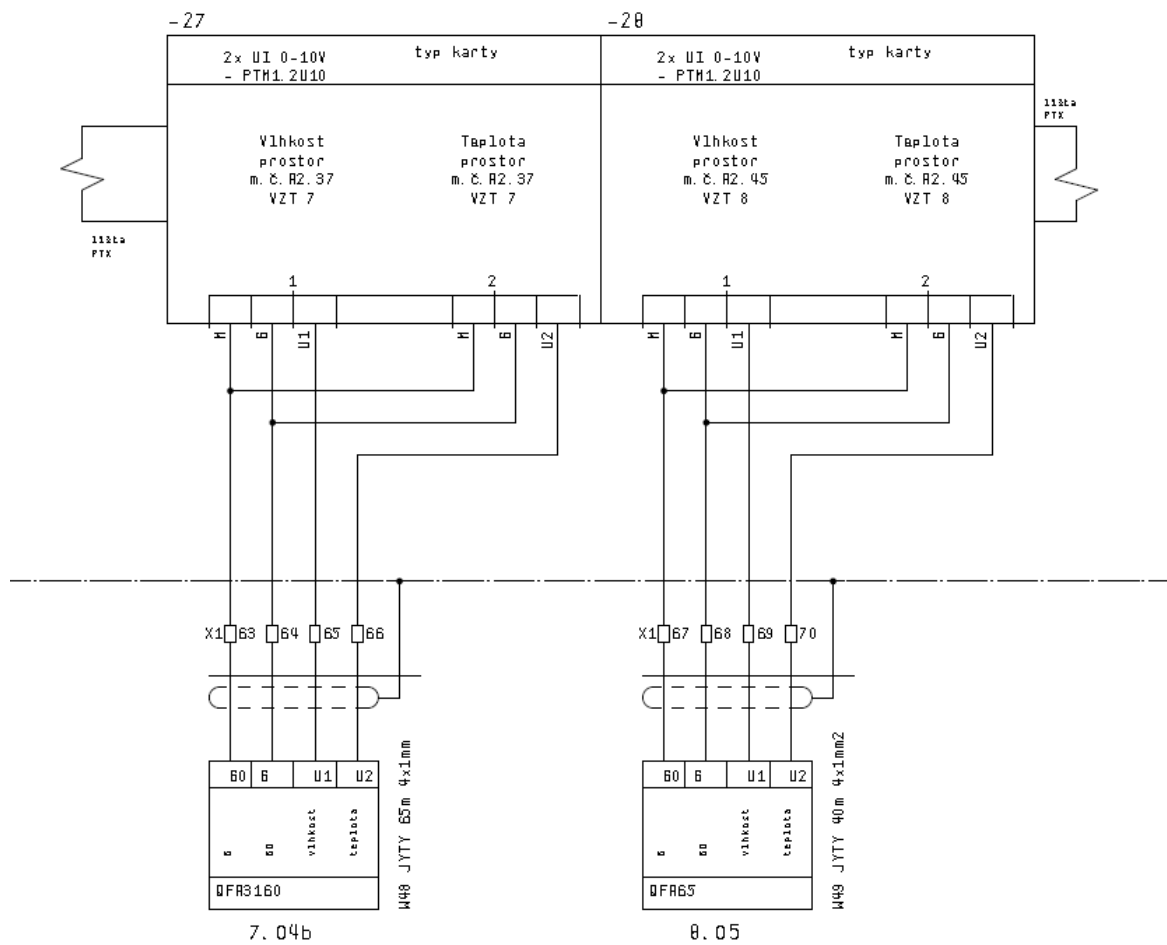
Obrázek 61: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – U1.7 – Analogové vstupy



Obrázek 62: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – U1.7 – Digitální vstupy



Obrázek 63: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – U1.7 – Digitální výstupy



Obrázek 64: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – Modul analogových vstupů

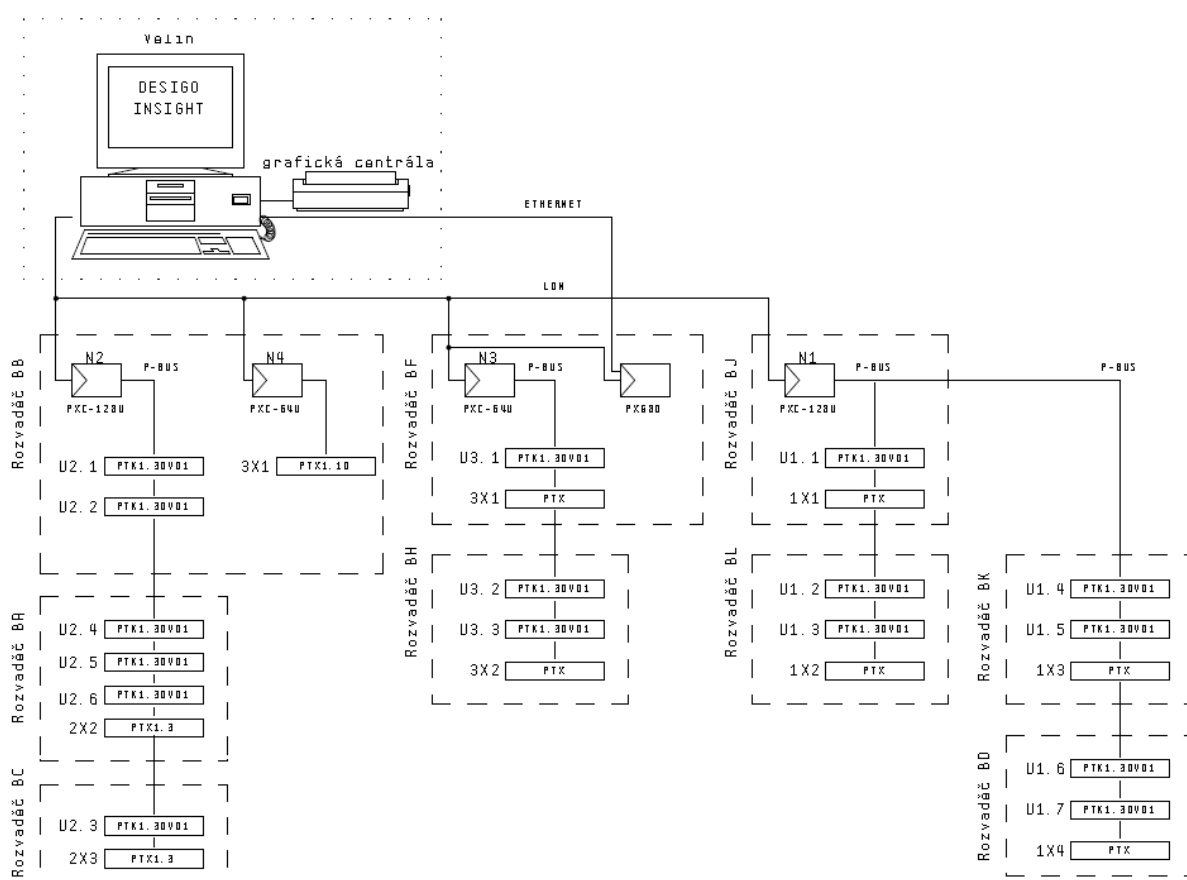
## 10 NÁVRH ŘÍDICÍHO SYSTÉMU

Popis řídicího systému bude zaměřen především na konkrétně zobrazený projekt pro prostor depozitáře obrazů a plastiky, který je zobrazen v předchozí kapitole 9.2. Pro ostatní prostory platí tento popis ale velice obdobně.

Celý projekt měření a regulace (MaR) byl postaven na řídicím systému **Desigo PX V5** od firmy Siemens. Jedná se o nejnovější generaci modulárního systému pro řízení a regulaci vytápění, vzduchotechniky a klimatizace (HVAC) a dalších technických zařízení v budovách. Nejvýznamnější vlastností Desigo PX je rozšiřitelnost systému volně programovatelných procesních podstanic, obsáhlý sortiment ovládacích přístrojů a otevřenost pro připojení cizích systémů (více o instalaci regulace v kapitole 9.2).

Pro procesní vizualizaci a řízení (SCADA) bylo využito nadstavbového systému **DESIGO Insight** od stejné značky a produktové řady (viz *Obrázek 65*).

Propojení a komunikace mezi jednotlivými rozvaděči probíhá po sběrnici LON. Jednotlivé moduly jsou pak propojeny sběrníci Profibus. Pro dálkové řízení pak slouží Ethernet.



Obrázek 65: Blokové schéma regulace

## 10.1 Popis jednotlivých prvků regulace

Pro projekt MaR byly použity klasické PID regulátory. Okruhy vytápění (radiátory) jsou řízeny dle ekvitermních křivek. Každý radiátor má pak ještě přímočinnou termostatickou hlavici (viz *Obrázek 40: Hydraulické schéma zapojení tepelné soustavy*).

U vzduchotechniky je možné řídit a udržovat požadovanou teplotu a vlhkost. Řízená je také rekuperace, směšování, přehřev, chlazení/odvlhčování, dohřev, vlhčení. Všechny tyto parametry jsou řízeny standardně dle algoritmů vycházejících z H-X diagramu (např. viz *Obrázek 44: H-x diagram zimního období pro prostor deponitáře plastiky*).

- PXC..-U** Volně programovatelná automatizační podstanice pro řízení a regulaci vytápění, větrání a klimatizace (VVK) a technických zařízení budov. Sběrnice P-bus umožňuje připojit volitelnou kombinaci I/O bodů a tak splnit požadavky nejrůznějších technologických systémů.
- PTK1.30V01** Kompaktní I/O modul s integrovanými vstupy a výstupy pro funkce "hlášení, měření, spínání a řízení". Je speciálně určen pro aplikace v oblasti VVK (vytápění, větrání a klimatizace).
- PXG80-W** Modul pro dálkové sledování a ovládání jedné nebo více podstanic DESIGO PX pomocí internetového prohlížeče nebo mobilu (více v kapitole 10.6).
- PTM1.2U10** Kompaktní I/O měřicí modul, 2 vstupy, 0-10V. Pro snímače vlhkosti, tlaku, tlakové difference a snímače proti mrazové ochraně. Převádí měřený analogový signál 0...10 V<sub>ss</sub> ze zařízení na digitální P-Bus signál zpracováváný v procesní jednotce.
- PTM1.4Y10S** Kompaktní I/O modul 4 vstupy, 0-10VDC, 1mA. Převádí digitální signál P-Bus z procesní jednotky na analogový výstupní signál DC 0...10 V pro dané zařízení.
- QBM81-3** Snímač diferenciálního tlaku 20-300Pa.
- QAM2120.040** Kanálové čidlo teploty.
- QFM2160** Kanálové čidlo teploty/vlhkosti 0-10V.
- QAD22** Příložné čidlo teploty.

## 10.2 Regulace vytápění

Zdrojem tepla v objektu je dvojice kotlů Hoval se spojitě řízenými hořáky (0-1V start hořáku, 1-9V modulace). Teplota topné vody na výstupu z kotlů bude regulována kaskádovým spínáním kotlů na konstantní teplotu (55/35°C) v závislosti na venkovní teplotě. Kotlové jednotky se střídají v pravidelných intervalech. Zároveň bude snímána souhrnná porucha kotlů.

Topná voda je distribuována pomocí rozdělovače a sběrače do jednotlivých větví a dále hnaná čerpadly (viz *Obrázek 40*). Topná voda v jednotlivých větvích je regulována ekvitermně v závislosti na venkovní teplotě pomocí třičestného ventilu (viz *Obrázek 66* a *Obrázek 67*).

### **Kotelna je II.kategorie a také proto jsou monitorovány následující stavy:**

Poruchy, které jsou pouze signalizované:

- porucha oběhových čerpadel topných větví ÚT

Poruchy, které jsou signalizované a zároveň blokují provoz kotlů:

- porucha kotlů a kotlového čerpadla
- zvýšení a snížení tlaku v systému
- překročení teploty v prostoru kotelny nad 40°C
- přetopení TV 80°C
- porucha VZT jednotky nuceného přívodu vzduchu

Poruchy, které odstavují kotelnu (uzavření hlavního uzávěru plynu (HUP) a odpojení napájení kotlů a čerpadel):

- tlačítko „STOP“
- zaplavení kotelny

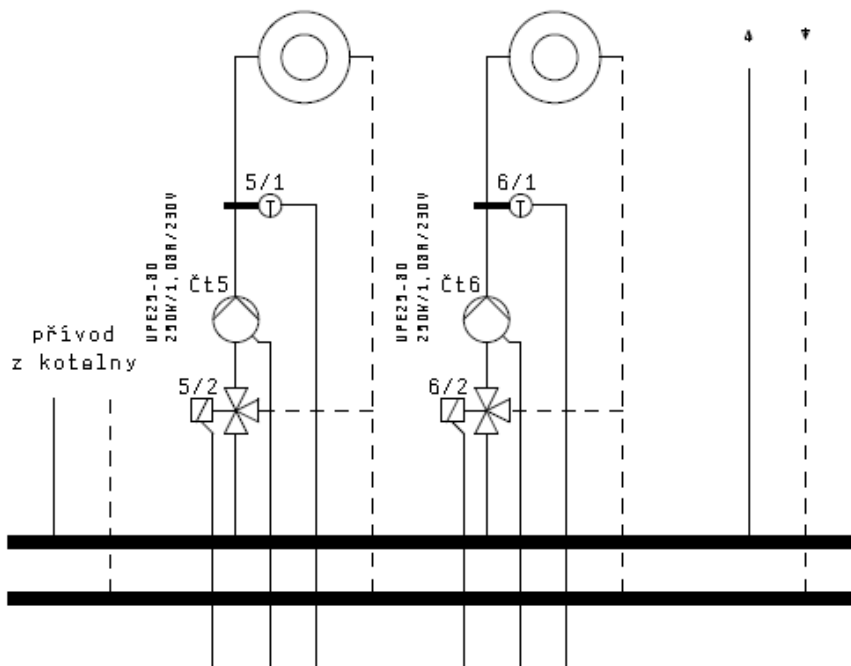
Poruchy, které odstavují kotelnu (uzavření HUP) a spuštění havarijního větrání:

- výskyt plynu 2.stupeň

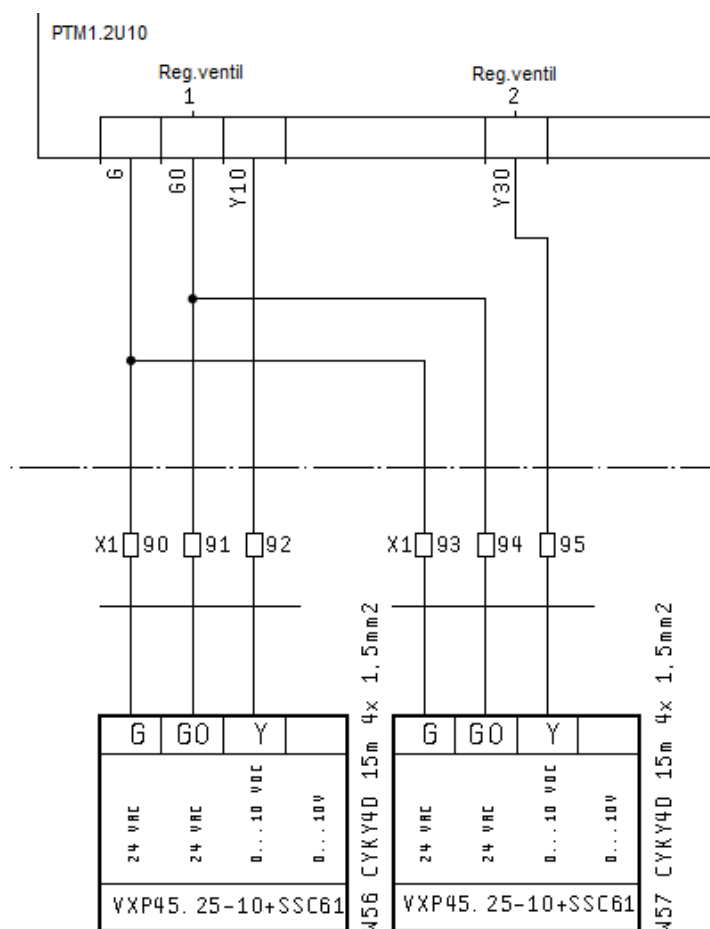
Porucha akusticky signalizovaná:

- výskyt plynu 1.stupeň

Poruchový stav bude zobrazen na řídicí centrále DDC a zároveň bude paralelně signalizován do velína na SCADA systém (s možností využití graf. centrály PC). V případě poruchy bude dotčená technologie odstavena od provozu.



Obrázek 66: Regulační schéma dvou okruhů vytápění a napojení VZT na rozvod teplé vody



Obrázek 67: PTM1.2U10 propojený s regulačními ventily vytápění

### 10.3 Regulace chlazení

Pro zajištění chladné vody (CHV) pro centrální VZT jednotky budou použity dva chladicí kompresorové stroje (CLIVET) umístěné ve strojovně chlazení v 1.NP. Z těchto výrobníků bude přes anuloid do strojoven VZT dopravována chladná voda pomocí dvojice čerpadel oběhových čerpadel (100% záskok). Systém MaR zajistí povolení chodů kaskádové regulace na základě požadavku na chladnou vodu.

Nejprve bude povolen chod první jednotce a při dosažení výkonu na čtvrtý stupeň (pomocí zpětného hlášení) bude připnuta druhá jednotka. Při poklesu výkonu u obou jednotek na první stupeň bude druhá chladicí jednotka vypnuta.

Obě chladicí jednotky mají svá oběhová čerpadla ČCH1a a ČCH1b, která budou spuštěna společně s příslušnou jednotkou a vypnuta s doběhem.

Dále budou v zimním období čerpadla (ČCH2a,b) zapnuta, pokud teplota vody na výstupu z BCHJ klesne pod  $+4^{\circ}\text{C}$ . Čerpadlo bude zapnuté do té doby, dokud teplota vody v potrubí nestoupne nad  $8^{\circ}\text{C}$ . V případě, že během 30minut nedojde ke zvýšení teploty, bude zvukově signalizován stav nebezpečí zamrznutí. Při spuštění chladicích jednotek budou otevírány klapky na přívodu vzduchu. Odpadní vzduch bude dle teploty v prostoru vyfukován ven nebo do kompresorovny.

CHV o teplotním spádu  $5/11^{\circ}\text{C}$  bude dále rozvedena k centrálním VZT jednotkám. Regulace chl. výkonu jednotlivých zařízení bude kvantitativní změnou průtoku (škrcení – dvoucestný ventil na zpátečce).

Na expanzních potrubí okruhů CHV budou namontovány snímače tlaku. Systém MaR bude navíc monitorovat expanzní zařízení OLYMP. Pokles tlaku pod stanovenou mez bude blokovat chod kaskádové regulace.

#### **Poruchy, které budou signalizovány a zároveň budou blokovat chod chl. jednotky:**

- souhrnná porucha kaskádové regulace
- porucha čerpadel
- pokles tlaku v chladicím okruhu

Stejně jako v případě vtápění budou poruchové stavy zobrazeny na řídicí centrále DDC a zároveň budou paralelně signalizovány do velína na SCADA systém (s možností využití graf. centrály PC). Dotčená technologie bude odstavena od provozu.

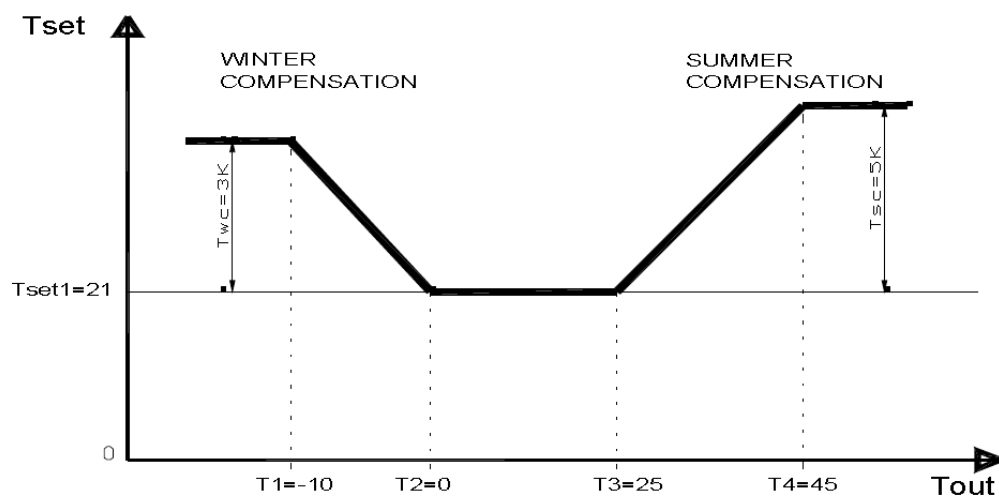
## 10.4 Regulace vzduchotechniky

Všechna VZT zařízení budou umístěna ve strojovnách VZD. Zde budou instalovány rozvaděče, které budou obsahovat řídicí centrály DDC a další komponenty řídicího systému MaR.

Názorná ukázka regulačního schématu VZT pro prostor depozitáře obrazů a grafiky ukazuje *Obrázek 48* v kapitole 9.2. Schémata regulace VZT ostatních prostor jsou umístěny v Příloze P VIII. Popis funkce vzduchotechniky popisuje kapitola 7.

### Řízení teploty

Požadovaná teplota vzduchu v přívodním kanále je regulována kaskádní regulací tj. požadovaná teplota vzduchu v přívodním kanále je stanovena na základě rozdílu skutečné a požadované teploty v prostoru a tento základní požadavek je ještě korigován s ohledem na venkovní teplotu kompenzační křivkou a ohraničen volitelným pásmem minimálních a maximálních hodnot. Tvar kompenzační křivky včetně parametrů, které ji definují, je na následujícím obrázku.



*Obrázek 68: Kompenzační křivka výstupní teploty*

Důvodem pro kompenzaci v letním období je úspora energie a zamezení teplotního šoku při přechodu z/do budovy. V zimním období vyšší teplota vháněného vzduchu zlepšuje tepelnou pohodu. Rekuperátor, směšovací klapky a ventily výměníků VZT jsou pak řízeny tak, aby této hodnoty bylo v kanále na výstupu skutečně dosaženo. Při otevření topného ventilu je současně zapnuto oběhové čerpadlo příslušného výměníku, po zavření ventilu čerpadlo vypne po proběhu o délce 5 minut. Čerpadlo bude v mimoprovozní době vzduchotechnické jednotky spínáno preventivně na cca 2 minuty jednou týdně.



**Poruchová stavy, které budou u jednotlivých VZT zařízení indikovány:**

- zámraz na straně vzduchu a vody
- porucha ventilátorů
- porucha čerpadel ohřevu
- zanesení filtrů
- porucha chladicí kondenzační jednotky
- monitoring protipožární klapky (PPK)

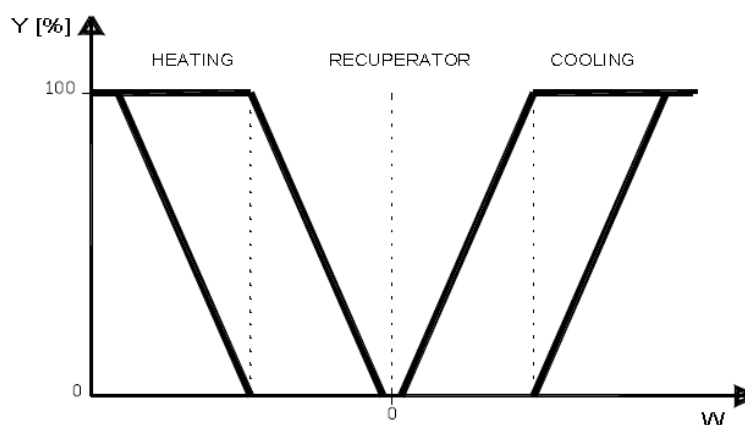
Poruchový stav bude zobrazen na podstanici a zároveň bude paralelně signalizován do velína na SCADA systém (s možností využití graf. centrály PC). Dotčená technologie bude odstavena.

**10.4.1 Regulace rekuperace**

Řízení rekuperace (plynulé řízení otáček rotačního rekuperátoru nebo řízení klapky obtoku od 0 do 100% u deskových rekuperátorů) předbíhá otevírání topných ventilů, jsou-li splněny energetické podmínky pro rekuperaci a to:

- potřeba topení a teplota venkovního vzduchu je nižší než teplota vzduchu odváděného
- potřeba chlazení a teplota venkovního vzduchu je vyšší než teplota vzduchu odváděného

Statické topné a chladicí sekvence jsou na následujícím obrázku:



Obrázek 69: Řízení rekuperace

Pro zamezení namrzání rotačního (deskového) rekuperátoru je snímána teplota vzduchu na výstupním potrubí za rekuperátorem. Při snížení teploty ve výstupním potrubí se sníží otáčky rekuperátoru na minimum (otevře se klapka obtoku rekuperátoru na 100%) a je hlášen alarm do řídicí centrály.

#### 10.4.2 Signalizace zanesení filtrů

Zanesení filtrů je signalizováno prostřednictvím snímačů diferenčního tlaku jako alarm do řídicí centrály. Zodpovědná obsluha zajistí vyčištění nebo výměnu zasažených filtrů.

#### 10.5 Regulace kotelny

Regulace bude v případě výpadku přívodní jednotky blokovat uzávěr plynu do kotelny.

Dále bude regulace dle provozů kotlů přepínat přívodní ventilátor na nižší, či vyšší otáčky. V případě odvodu tepelné zátěže bude přívodní ventilátor spuštěn na plný výkon a bude otevřen doplňkový otvor na výfuku. Automatické řízení bude také zajišťovat provoz přívodní jednotky, třístupňové řízení výkonu el. ohřívače dle prostorové teploty v kotelně, otevírání klapky na přívodu a výfuku při překročení teploty v kotelně 20°C a max. vzduchový výkon při překročení teploty v kotelně 28°C. Vzduchový výkon 1500m<sup>3</sup>/h zajistí v kotelně 9,8 výměny vzduchu za hodinu.

#### 10.6 Dálková správa

Pro sledování, ovládání na dálku a napojení na Ethernet slouží popsany modul **PXG80-W**.

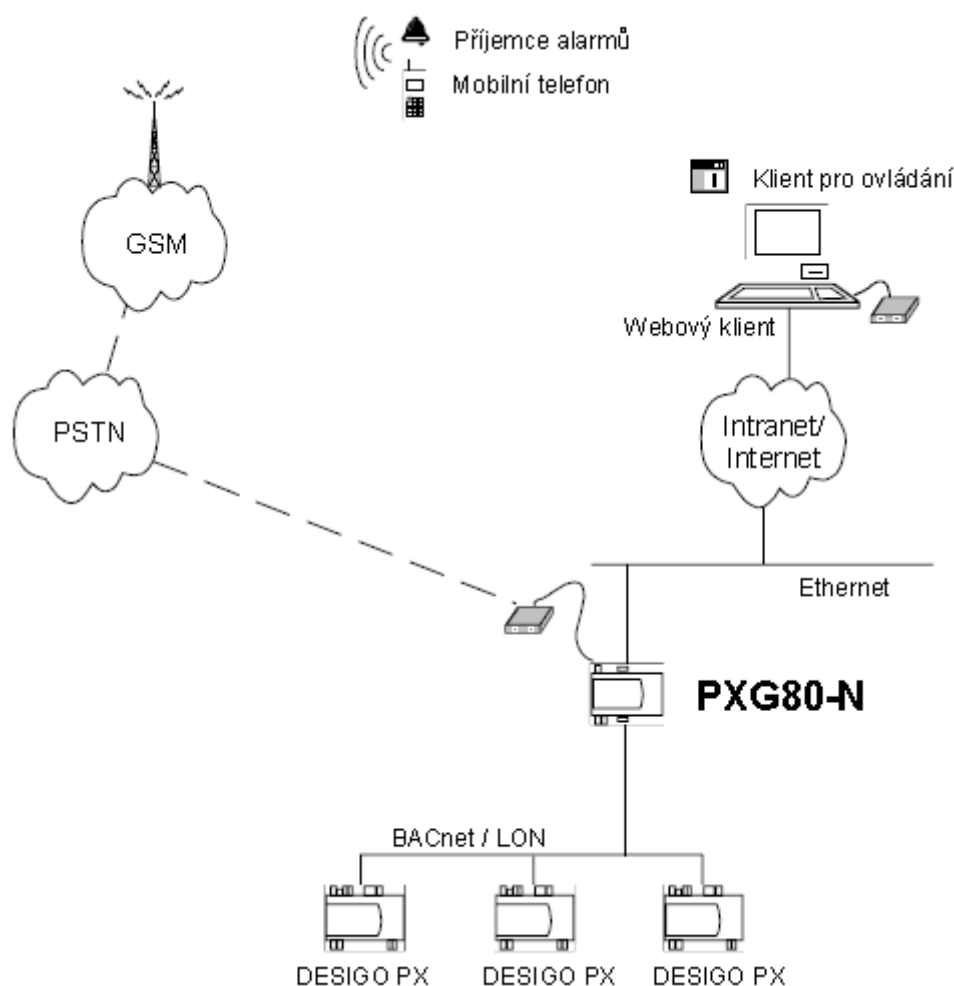
Ten v zapojení umožní:

- dálkové sledování a ovládání jedné nebo více podstanic DESIGO PX pomocí standardního internetového prohlížeče
- generické ovládání a zobrazení funkcí zařízení (správa alarmů, časové programy, kalendáře, nastavení požadované hodnoty, zobrazení měřených hodnot atd.)
- přenos alarmů pomocí SMS
- přístup k zařízení přes modem
- jednoduché ovládání pomocí grafiky zařízení

Do projektu byl tento modul zařazen, aby umožnil propojení s mobilním zařízením a také aby systém dokázal varovat v případě alarmu. Přenos alarmu bude umožněn klasicky pomocí SMS a k ovládání zařízení se má využít tzv. tenký klient (viz *Obrázek 70*).

Pomocí webového rozhraní se snadno zvýší funkčnost systémů. Vzhledem k tomu, že při oživení systému není nutná složitá konfigurace ani úprava stávajících programů nebo zapojení, rozšíření je realizovatelné snadno a rychle.

Webové rozhraní PXG80-W umožňuje přenos alarmů na mobilní telefon pomocí SMS zpráv. K rozhraní může být připojen jakýkoli přístroj, který obsahuje webový prohlížeč a má ethernetové rozhraní, např. PC, notebook, Simpad atd. Podrobný popis ovládání je rozepsán ve volně dostupné uživatelské příručce na webu Siemens. Sériový port přístroje se pro přenos SMS zpráv připojuje na standardní modem nebo na GSM modem (např. Siemens M20 Terminal, Siemens TC35).<sup>51</sup>



Obrázek 70: Dálková správa a napojení na ethernet pomocí modulu PXG80-N

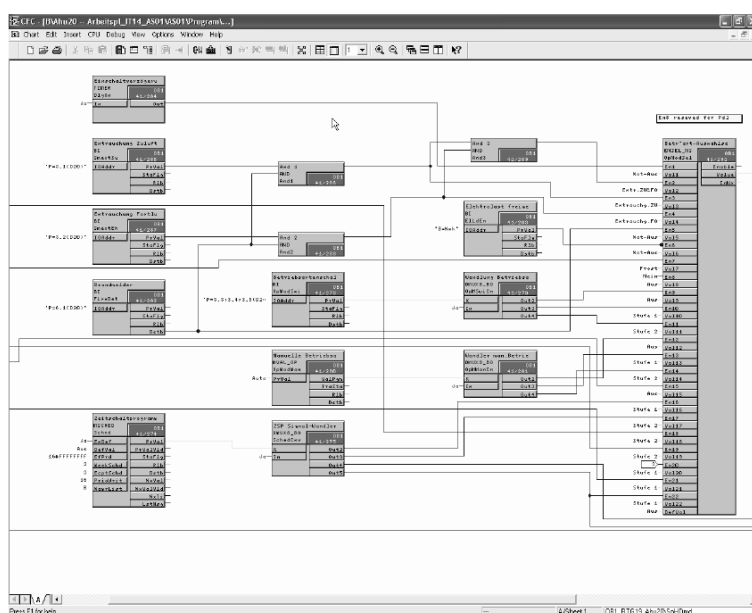
<sup>51</sup> Desigo™ PX: Příručka pro projektování, montáž a instalaci. V5. Praha, Building Technologies, Siemens, s.r.o. 2012, s. 23.

## 10.7 Programovací jazyk

Pro naprogramování podstanic DESIGO PX bude využito programovacího jazyka D-MAP (DESIGO Modular Application Programming). Je to nástroj vyvinutý pro programování a parametrování regulace TZB. Funkční bloky jazyka D-MAP jsou přizpůsobeny technice řízení budov a vycházejí z normy IEC1131. Programování probíhá v grafickém prostředí, takže dokumentace je přehledná a snadno čitelná.

Pro projektování a přímý vývoj aplikačních programů je vhodné využít softwarového nástroje **Desigo Xworks Plus**. Vývojové prostředí Desigo Xworks Plus nabízí uživatelsky příjemný, přehledný a intuitivní softwarový nástroj. Je vytvořen pro projektování, programování, konfiguraci, uvedení do provozu a konečně zaregulování procesních podstanic s aplikačním programem. Průběh přípravy projektu, programování a uvedení do provozu podstanic lze dokumentovat pomocí funkce reportů. Desigo Xworks Plus byl vytvořen tak, aby se v tomto prostředí dalo pracovat i bez nutnosti dlouhodobého zaškolení. Desigo Xworks Plus se skládá z nástrojů, které za pomoci knihovny aplikací slouží k vytváření aplikačního programu a k nastavení parametrů a oživení systému.

Jako základní nástroj pro tyto činnosti se používá **CFC Editor**. Editor slouží ke konfiguraci, programování, uvádění do provozu a servisu uživatelských programů. CFC Editor je grafický editor, pomocí něhož se do programu vkládají, konfigurují a navzájem propojují funkční bloky. Předdefinované a testované aplikační programy tvoří složené bloky (makra), které jsou k dispozici v knihovnách (viz *Obrázek 71*).



Obrázek 71: Návrh v CFC editoru

## 10.8 Vizualizace

Pro návrh SCADA systému (supervisory control and data acquisition) bylo využito kompatibilního systému **DESIGO Insight**, který se přímo nabízel pro zvolené technologie značky Siemens.

Modulární, objektově orientovaný a přehledně navržený software řídicí stanice DESIGO Insight vychází ze standardní 32bitové technologie Windows. Tento systém pro stavbu GASK byl zařazen do velína stavby (viz *Obrázek 65: Blokové schéma regulace*). Řídicí centrála Desigo Insight slouží pro ovládání a sledování systému uživateli. To buď centralizovaně, tak jak je navrženo pro tuto stavbu, anebo z více míst. Z takovéto centrály lze poté sledovat a ovládat veškeré technologie budovy.

Modulární struktura systému Desigo je schopna pokrýt všechny typy prostor, nebo také vzdálených objektů. Řídicí centrála Desigo Insight obsahuje řadu programových modulů, z nichž je možné vybrat jen ty, které mají pro uživatele význam:

- **Přihlašovací lišta:** Nabízí rychlý přehled o systému, slouží k přihlašování, k navazování spojení a ke spouštění dalších programů.
- **System Configurator:** Pro nastavení parametrů stanice DESIGO Insight a vlastností programových modulů.
- **Object Viewer:** Nástroj pro navigaci stromovou strukturou k jednotlivým datovým bodům, pro prohlížení nebo změnu hodnot.
- **Time Scheduler:** Centrální programování všech časově řízených dějů a funkcí.
- **Alarm Viewer:** Přehled o alarmech pro rychlou lokalizaci a odstranění poruchy.
- **Alarm Router:** Přesměrování alarmů na tiskárny, faxy, mobilní telefony a e-maily.
- **Plant Viewer:** Grafická schémata TZB pro přehlednou obsluhu zařízení.
- **Trend Viewer:** Komfortní analýza historických dat pro optimalizaci technologií.
- **Log Viewer:** Alarmy, poruchy, události v systému i akce uživatelů se zaznamenávají do databáze a při analýze systému se vypisují pomocí filtrovacích a třídících funkcí.
- **Web Access:** Poskytuje přístup pomocí webového prohlížeče ke grafice, k tabulkám alarmů, k funkcím Log Vieweru a k sestavám pro tisk.
- **Graphics Builder:** Nástroj pro tvorbu grafických stránek pro Plant Viewer.
- **Komunikační moduly pro OPC, EIB, LON:** Pro přímou integraci OPC, EIB, LON a dalších komunikačních protokolů.

- **Přijímače alarmů:** Pro některé přijímače (pager, mobilní telefon...) musí být systém dovybaven příslušným modulem.
- **Report Viewer:** Reporty ze získaných hodnot.
- **Reaction Processor:** Monitorování procesů v systému s určeným zásahem v případě vzniku události.
- **Database Audit Viewer:** Nadstavba pro audity podle standardů pro validaci.
- **Insight-Open:** Integrace cizích systémů.
- **Eco Viewer:** Datová analýza pro strategii optimálního energetického režimu.<sup>52</sup>

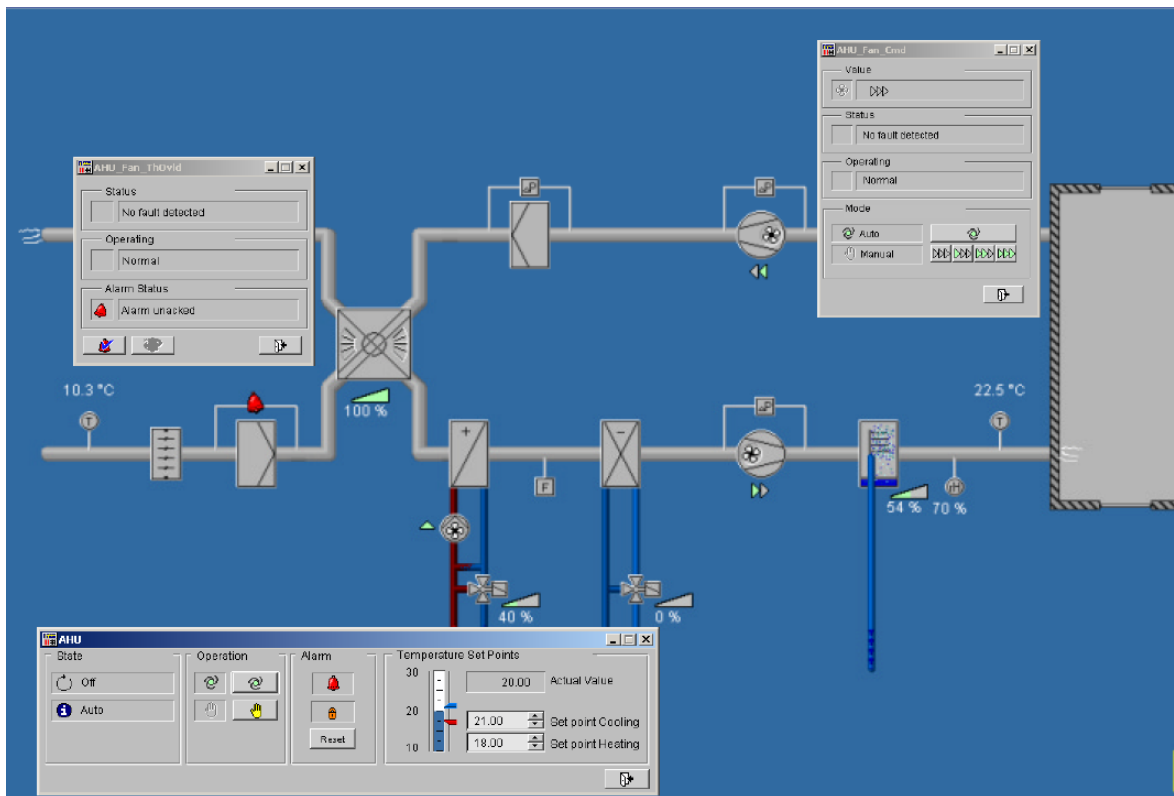
Nejpodstatnější částí navrženého SCADA systému DESIGO Insight je **Plant Viewer**. Ten zobrazuje schémata TZB a doplňuje je aktuálními hodnotami. Dohledový uživatel se poté ve schématické grafice pohybuje interaktivněji a tak má přehledný přístup k datovým bodům z celé budovy.

Základem modulu Plant Viewer je vizualizační program Citect firmy Citect Pty. Ltd. Citect je jedním z vedoucích světových dodavatelů systémů SCADA. Je možné zobrazovat najednou i více oken různých velikostí (okna se pak překrývají nebo jsou vedle sebe). Bez problémů lze tvořit i velkoformátové stránky, jakými jsou například půdorysy pater. Velikost stránky se nastaví podle velikosti půdorysu, jehož plán můžeme importovat ze stavební dokumentace (AutoCAD). Požadované hodnoty, alarmy atd. se ovládají přímo v grafice. Stačí pouze kliknout na příslušný objekt a v malém okénku se snadno nastaví nová hodnota nebo se potvrdí či smaže alarm.

Ze skutečných schémat TZB, která jsou umístěna v příloze P VIII, je třeba abstrahovat zjednodušené podoby takovýchto plánů TZB. Ty je třeba tvořit s co možná největším důrazem na přehlednost a jasnost. Vlastní návrh probíhá v popsaném programu **Plant Viewer**. *Obrázek 72* zobrazuje takovýto plán pro prostor malého sálu. Pro ostatní prostory jsou vytvořena schémata velice obdobně (viz příloha P VIII).

---

<sup>52</sup> [Chyba! Pouze hlavní dokument.] Desigo™ PX Systém řízení budov: *Popis systému*. 2.2. Praha, Building Technologies, Siemens, s.r.o. s. 17.



Obrázek 72: Navržený SCADA systém pro místnost sálů

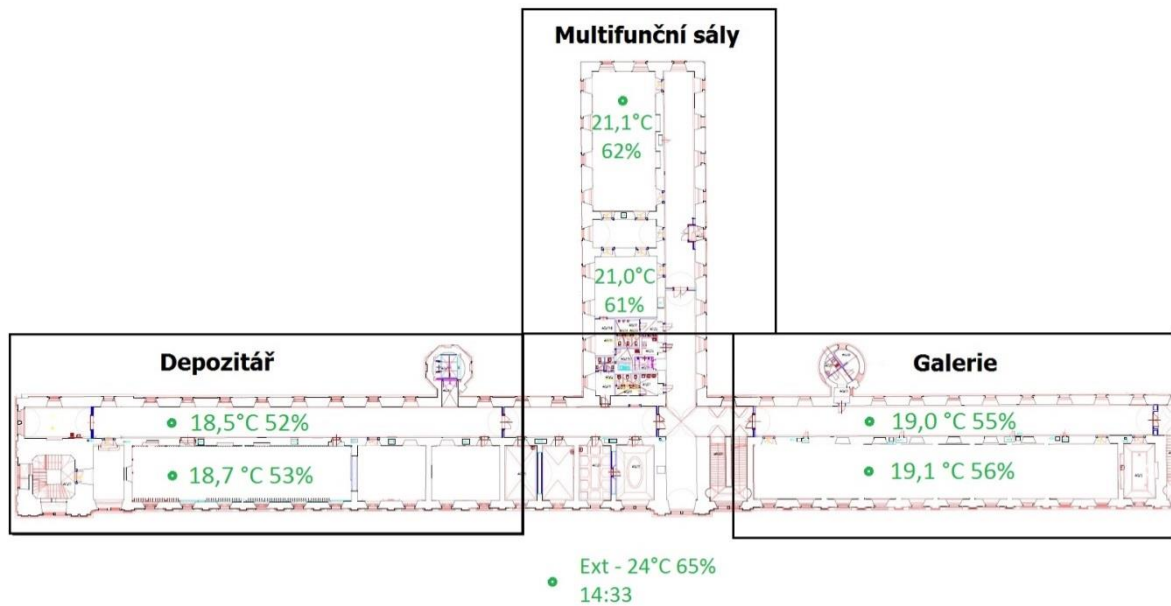
Vlastní stanice DESIGO Insight zobrazuje hodnoty a stavy zařízení pomocí animované grafiky, obsluha se tak značně zpřehlední a zjednoduší. Centrální časové programy, celkový přehled alarmů, statistika událostí a řada dalších funkcí přispívají k optimálnímu provozu zařízení. Měřené hodnoty, požadované hodnoty, provozní stavy i alarmy se na obrazovce průběžně aktualizují. Vzhled symbolu se nastaví při tvorbě grafických stránek. Buď se mění vlastnosti celého symbolu, např. pohyb, tvar, barva apod., nebo je vedle něj umístěna číselná hodnota nebo text, který vypisuje aktuální stav datového bodu.

Je třeba věnovat pozornost návrhu vhodných alarmových řešení (hlášení přímo ve velině, odesílání upozornění na mobil..) tak, aby byly dostatečně výrazné a jasné. A to především proto, aby bylo možno co nejrychlejšího zásahu pro odstranění závady.

Dále je třeba navrhnout vhodné (zálohované) systémy pro logování a uchovávání historických dat pro kontrolu a sledování hodnot v širším časovém horizontu. Díky tomu je také možné navrhovat předběžná opatření a tak vyladit systém do nejvyššího výkonu. V této souvislosti je třeba především podotknout možnost dosažení co nejstabilnějšího klimatu v depozitářích právě pomocí sledování chování systému v širším časovém horizontu.

Pro celkový náhled skutečných hodnot teploty a vlhkosti v prostorách s řízenou klimatizací byla vypracována obrazovka (*Obrázek 73*), která byla zakreslena do půdorysu stavby 2.NP GASK.

Udává průměrnou hodnotu teploty a vlhkosti daných řízených prostor společně s logováním aktuálního času a hodnot exteriérových.



*Obrázek 73: Navržený SCADA systém se zjednodušeným náhledem pro celou stavbu*

Pokud by hodnoty teploty a vlhkosti překročili nastavené meze, došlo by k vystavení varování. Jednak by došlo ke změně barvy písma hodnot a dále k vytvoření varovného okna a zasláním varování na mobil zodpovědné osobě.



## 11 NÁVRH PROTIPOŽÁRNÍHO SYSTÉMU

Požáry spolu s povodněmi, krádežemi a činy vandalismu nejčastěji poškozují archivní objekty, což vede k nenahraditelným ztrátám kulturního dědictví. V případě povodní při použití vhodné technologie se často podaří archivní sbírky alespoň částečně zachránit. V případě krádeže je vždy naděje, že se podaří v budoucnu získat ukradené objekty zpět. Vandalové většinou poškozují cenné objekty chemicky nebo mechanicky. Tato poškození díky pokročilé technologii ve většině případů mohou být rekonstruována. Požáry bohužel patří k neštěstím, které poškozují památky nevratně. Neexistuje konzervační metoda, která by umožnila vrátit do původního stavu spálené archivní sbírky, která by dokázala rekonstruovat spálené papírové či pergamenové listiny, fotografie atp. Co shořelo je ztraceno na věky. Jedinou možností, jak chránit archivní sbírky před nevratnou ztrátou, je věnovat se jejich preventivní ochraně před požárem a vytvořit takové podmínky uložení, aby požár vůbec nevznikl, a když vznikne, aby byl uhašen tak rychle a účinně, že vzniklé škody na archivních materiálech jsou minimální.<sup>53</sup>

Depozitáře obsahují vždy četné hořlavé látky. Patří k nim především archivované materiály, jakou jsou malby, knihy, grafika a rukopisy. Pokud tedy požár vznikne v depozitáři, většinou má za následek větší škody na archivních materiálech než je schopen způsobit požár vzniklý v jiných prostorech. Přesto depozitáře nejsou z hlediska vzniku požáru při dodržování základních požárních pravidel významně nebezpečné. Nejvyšší rizika vzniku požáru představují laboratoře (konzervátorské, restaurátorské, atp.), technické prostory zařízení a kotelny. Vyplývá to z charakteru práce uskutečňované v těchto prostorech a z materiálů, které jsou zde používány.

Základem prevence proti katastrofám je krizové plánování. **Krizový plán** představuje předpokládanou reakci instituce na všechny katastrofy, které připadají v dané oblasti v úvahu, tedy většinou bude zahrnovat plán prevence proti požáru, proti povodni a krádeži.

Je třeba rovněž dbát na zajištění **únikových a záchranných cest** z různých prostor budovy pro návštěvníky a pro personál. Počet a typ cest je určen příslušnými stavebními předpisy. Požadavky jsou většinou závislé na velikosti místa, které má být evakuováno, na počtu

---

<sup>53</sup> Závěrečná zpráva grantového úkolu: *Ochrana archivních materiálů před živelnými pohromami v síti archivů české republiky*. Státní ústřední archiv v Praze. Praha, 2004, s. 82.

osob, které se nacházejí v prostoru, na typu hasicího systému použitého v budově, na typu stavebního materiálu atp. Únikové a záchrané cesty musí zajistit při ohrožení bezpečný odchod přítomných osob z budovy.<sup>54</sup>

Dle normy ČSN 73 0802 je stanoveno, že každý objekt musí mít zařízení umožňující protipožární zásah vedený vnějším nebo vnitřním objektem. Zařízení pro účinné vedení protipožárního zásahu požárními jednotkami se myslí:

- přístupové komunikace včetně nástupních ploch
- zásahové cesty, které komunikačně musí navazovat na přístupové komunikace
- technické zařízení<sup>55</sup>

A právě poslednímu bodu ustanovení se bude věnovat tato kapitola.

## 11.1 Přenosné hasicí přístroje

Úspěšné potlačení požáru je závislé na tom, zda hašení bylo zahájeno před vznikem plamenného spalování nebo bezprostředně na počátku plamenného spalování. Když je hašení zahájeno až v rozvinuté fázi plamenného spalování, požár je již tak intenzivní, že ve většině případů již není možná záchrana objektu. Během počátečního období vycvičené osoby s přenosnými hasicími přístroji mohou účinně chránit objekty. Když zásah není účinný nebo když oheň roste příliš rychle, možnosti přenosných hasicích přístrojů mohou být vyčerpány během několika minut. V tom případě je nezbytné použít účinnější hasební metody a to především proudnice hasičů.

Počet přenosných (ručních) hasicích přístrojů  $n_r$  v požárním úseku se určí dle vzorce:

$$n_r = 0,15 (S \cdot a \cdot c_3)^{\frac{1}{2}} \geq 1,0, \quad (52)$$

kde

---

<sup>54</sup> Závěrečná zpráva grantového úkolu: *Ochrana archivních materiálů před živelnými pohromami v síti archivů české republiky*. Státní ústřední archiv v Praze. Praha, 2004, s. 94.

<sup>55</sup> ČSN 73 0802. *Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty*. Praha: Český normalizační ústav, 2009, s. 81.

- S - je celková půdorysná plocha požárního úseku v m<sup>2</sup>
- a - součinitel odhořívání (úbytek hmotnosti hořlavé látky) je vypočten pro daný typ prostoru a konkrétní hořlaviny dle vzorců a tabulek v normě ČSN 73 0802
- c<sub>3</sub> - součinitel vyjadřující proporce daného požárního úseku ( $c_3 \leq 1,0$ ) dle tabulky umístěné v příloze PX

Počet hasicích přístrojů je určen pro přístroje s náplní hasební látky 9kg u vodních nebo pěnových přístrojů, 6kg u práškových nebo sběhových přístrojů a 2,5 u halonových (dnes již halotronových) přístrojů, případně s ekvivalentní náplní. Hasicí schopnost musí být stanovena podle ČSN EN 3-7+A1. Pro

Specialista na požární bezpečnost musí rozčlenit prostor do odpovídajících požárních úseků s tím, že objekt depozitáře je vždy maximálně oddělen a nezávislý na úsecích ostatních.

Dle těchto výpočtů byly určeny počty hasicích přístrojů:

- Depozitář plastiky – 3
- Depozitář obrazů a grafiky – 3
- Malý sál – 1
- Velký Sál – 2
- Galerie – 4
- Studovny a badatelny – 3
- Chodba k sálům – 2
- Chodba u studoven – 2

Budou použity práškové hasicí přístroje. Jsou nejuniverzálnější volbou pro tento typ objektu. Hasicí přístroje budou umístěny na viditelných a označených místech.

Přenosné hasicí přístroje podléhají pravidelné **kontrole**, při níž se provádí povrchová prohlídka, kontrola značení, prohlídka vnitřku nádoby, zkouška pevnosti a těsnosti nádoby a zkouška těsnosti spouštěcí armatury nebo ventilu. Pro každý typ přenosného hasicího přístroje je stanoveno, za jakou dobu se má kontrola provádět. Kontrolu mohou provádět pouze oprávněné osoby podle postupů schválených výrobcem. O provedené kontrole vystaví kontrolující osoba záznam a přístroje, u nichž nebyla zjištěna závada, opatří kontrolním štítkem a plombou.

## 11.2 Požární signalizace

Klíčovým problémem ochrany proti požáru je rozpoznat včas nebezpečí požáru a uvést do pohotovosti osoby přítomné v budově archivu a ostrahu budovy. To je úkolem požárních detekčních systémů a poplachových systémů. V závislosti na předpokládaném průběhu požáru, typu budovy a jejím použití, počtu a typu přítomných osob, nebezpečnosti obsahu a poslání, tyto systémy musí splnit několik funkcí. V případě naší stavby jde o poskytnutí prostředku k identifikaci požáru automatickými elektrickými metodami a dále k uvedení obyvatel budovy do podmínek požární pohotovosti. Další funkcí je předání poplašného signálu do oddělení požární ochrany, sepnutí požárních klapek klimatizačních zařízení a uzavření úseku. V neposlední řadě ke spuštění automatického hasicího systému.

### Detektor kouře a teploty JABLOTRON SD-282ST

Kombinovaný detektor kouře a teplot. Kouř se přenáší do detektoru prouděním vzduchu. Musí být proto namontován tak, aby kouř do detektoru proudil například po stropě.



Obrázek 74: Detektor kouře a teploty

### Manuální tlačítkový hlásič FMC-420RW-GSGRD

Slouží k vyhlášení poplachu osobou, která zjistí požár nebo jiný nebezpečný jev. Hlásič bude instalován do prostoru únikových cest a prostoru obsluhy.



Obrázek 75: Manuální tlačítkový hlásič

Rozbitím krycího skladu dojde k vyhlášení požárního poplachu. a přenesení signálu do PCO (pultu centrální ochrany).

Detektor je vhodný do obytných objektů, ale nevhodný do volného prostoru nebo venkovního prostředí. V bytech musí být detektor vždy umístěn v části vedoucí k východu (úniková cesta). Na každých 150 m<sup>2</sup> podlahové plochy daného prostoru bude umístěn jeden detektor.

### **Poplachová siréna JABLOTRON JA-110A**

Sběrníková siréna pro vnitřní prostředí JA-110A je určena k akustické signalizaci poplachu, dále příchodového a odchodového zpoždění a aktivace výstupů PG v zabezpečovacím systému. Siréna je vybavena tlačítkem s programovatelnými reakcemi. Nabízí funkci Alarm Verification (ověřování poplachů). Siréna komunikuje se sběrní ústředny a je z ní napájena.



*Obrázek 76: Poplachová siréna*

### **Signalizace požárních klapek (PPK)**

Informaci o zapůsobení protipožárních vzduchotechnických klapek předá systém EPS do systému MaR. Tento stav způsobí:

- signalizaci alarmu do řídicí centrály
- okamžité odstavení příslušného vzduchotechnického zařízení z provozu

### **Ostatní**

S návrhem hasicího systému také souvisí vhodně koncipovaný bezpečnostní řád a směrnice pro užívání prostor. Dále je také zapotřebí vytvořit vhodný systém pro hlídání revizí a kontrol zařízení odpovědnými osobami např. pomocí systému pro management budovy (ten bude popsán v kapitole následující).

V nejkritičtějších prostorách, vzhledem k možnosti vzniku požáru, tedy v kotelnách, se provádí kontrola funkce zařízení kotlů nejméně 1x ročně. Kontrola funkce detekčních

systemů a detektorů se provádí ve lhůtách a podle pokynu jejich výrobce a podle zásad uvedených v provozním řádu.

Pro prostory kotelen Vyhl. ČÚBP (Český úřad bezpečnosti práce) č. 91/1993 Sb. stanovuje: V kotelnách II. postačí instalovat přenosný hasicí přístroj CO<sub>2</sub> s hasební schopností minimálně 55 B. Pouze, pokud by projektant při řešení kotelny II. kategorie dospěl z řádně zdůvodněných technických požadavků a po konzultaci s příslušným orgánem HZS, že je potřebné instalovat v kotelně stabilní hasicí zařízení, pak by toto nahradil přenosný hasicí přístroj.

### 11.3 Plynový hasicí systém

V návaznosti na detekční systém bude také navržen autonomní plynový hasicí systém pro prostor depozitářů. Plynový systém je pro účel těchto prostor často upřednostňován před systémem vodním. Toto upřednostnění vychází z předpokladu, že v případě, kdy není použita voda k hašení, neobjeví se poškození vodou a následné problémy záchrany se zjednodušují. Pro tyto účely se ještě do nedávna (do roku 2003) nejčastěji používali halony (Halon 1301 – bromtrifluormethan a Halon 1211 – bromchlorodifluormethan) Ty byly z ekologických důvodů zakázány a nyní je nahrazují jiné alternativní látky.

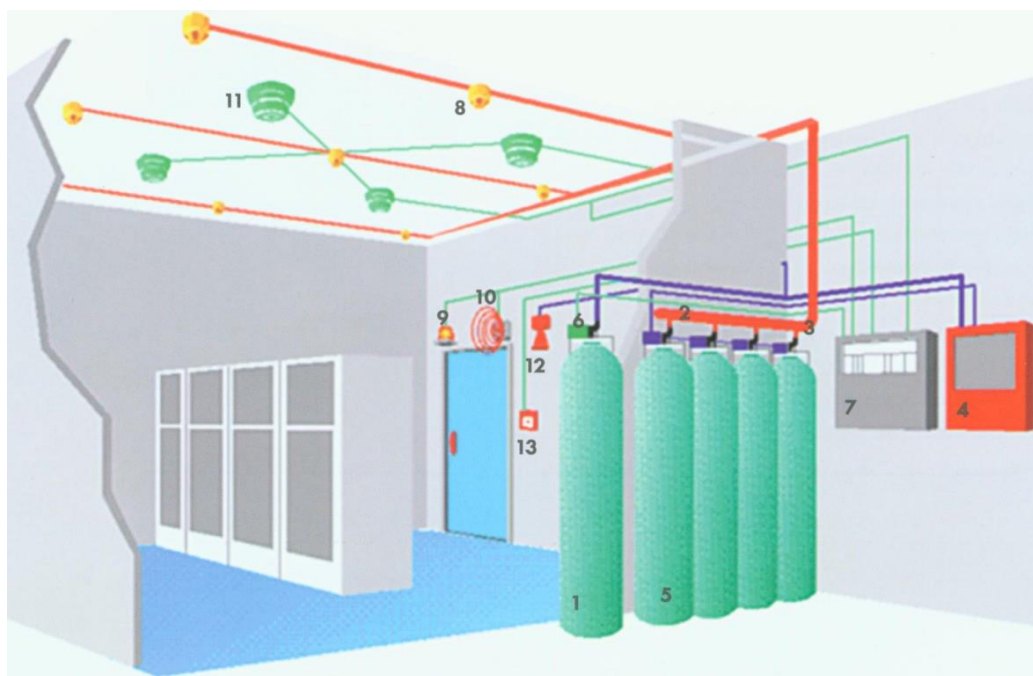
Zatím, co účinek hasebních prostředků na vodní bázi závisí na chladicím a dusícím efektu, účinek halonů má jiný mechanismus. Halony jsou zkapalněné plyny pod tlakem, které jsou efektivními inhibitory ohně a zároveň vykazují nízkou toxicitu a korozní vlastnosti. Halony inhibují spalování chemickou interakcí s radikály přítomnými v ohni a zároveň omezují přístup vzduchu. Při normální koncentraci nejsou účinné proti doutnání ohně.

Při hašení v depozitních prostorech je důležité, aby hašení bylo zahájeno co možná nejdříve, tedy dříve, než se požár rozmůže. Pro účinnost hašení je významné, aby systém byl automatický, používající vhodný detekční systém a aby plyn úplně zaplavil chráněný prostor. Místnosti, především jejich dveře, okna, větrací otvory atp., musí být upraveny tak, aby plyn neunikal netěsnostmi. Systémy používající halony jsou relativně nákladné a většina zařízení je omezena na ochranu vysoce cenných sbírek v malém až středně velkém prostoru (méně než 1500 m<sup>3</sup>). Se zvětšujícím objemem místností se účinnost hašení snižuje. Úplné a kompletní hašení požáru halony v prostorech, kde je skladován papír není zaručené, protože později se může objevit doutnání. V každém případě je hašení plynými

systemy nezbytné pokládat za první linii ochrany před požárem. Ve většině vážnějších požárů hašení plynem musí být v následující fázi dokončeno hašením vodou. Důvodem je, že hašení plynem nemá chladicí efekt a po uniknutí plynu z prostoru může požár znovu vypuknout. Proto byly do prostoru umístěny i ruční hasící přístroje.

Plynové SHZ (stabilní hasící zařízení) se skládají z následujících základních součástí (viz Obrázek 77) :

- ocelové lahve sloužící jako zásobníky plynu
- trubkový systém sloužící k rozvodu plynu do chráněných prostor
- trysky umocňující rozptýlení plynu při hašení požáru.



Obrázek 77: Systém vysokotlakého INERGENového plynového hašení

Jak již bylo naznačeno, jsou halony v současné době z ekologických důvodů nahrazovány „měkkými“ halony, a jinými alternativními látkami, nejčastěji 1,1,1,2,3,3,3 heptafluorpropanem – FM-200, trifluormethanem – FE-13, INERGENem a oxidem uhličitým (CO<sub>2</sub>). Výhodou v případě měkkých hlonů je, že v je možné použít v podstatě stejná zařízení jako v případě zakázaných látek Halonu 1211 a Halonu 1301. Nevýhodný je většinou nižší hasební účinek zmíněných prostředků a z toho plynoucí jejich vyšší spotřeba. Nepříznivá je rovněž jejich vysoká cena. Z toho vyplývá, že velikost nákladů na současnou výstavbu hasebnímu systému je výrazně vyšší (cca 6x) proti systému systému před rokem 2003. Také proto jsem se rozhodl pro alternativní typ plynu INERGENem

**INERGENem**

Pro ochranu depozitářů před požáry je vhodná SHZ pracující se **směsmi inertních plynů**. Tato směs běžně obsahuje dusík a argon. V některých případech je přidáváno malé množství oxidu uhličitého. Možnost použití inertních plynů je známa již cca 50 let, ale o jejich využití se začalo znovu uvažovat až po objevení ekologických potíží při použití halonů. Ukázalo se, že i když takové směsi jsou bezpečnější pro lidi než pouhý CO<sub>2</sub>, přesto i jejich použití musí zahrnovat opatření zajišťující bezpečnou evakuaci personálu z ohroženého prostoru.

Hasební systémy pracující s **INERGENem**, tedy se směsí dusíku, argonu a oxidu uhličitého hasí rychle, účinně, bezpečně a je zcela nezávadný pro prostředí. Důležitá je čistota hasebního prostředku, který nezanechává zbytky, které by mohly poškodit materiály sbírek. Mimo to je relativně bezpečný pro osoby, které by zůstaly náhodně uzavřené v hašeném prostoru. V prostoru, kde byl použit INERGEN, lidé mohou dýchat po určitou dobu téměř normálně, přičemž hoření již není podporováno kyslíkem. Technické řešení vysokotlakého INERGENového SHZ viz *Obrázek 77*. Směs dusíku, argonu a oxidu uhličitého je skladována v ocelových lahvích při tlaku 200 bar. V redukčním zařízení se tlak plynu z lahví zredukuje na 60 bar a plyn pod tímto tlakem při hasebním zásahu proudí do trysek. Obsah plynů v lahvích je stanoven na základě tlaku. Při požáru vypuštěné množství plynu je vypočítáno tak, aby koncentrace kyslíku v hašeném prostoru poklesla na 10–15 %. Zároveň koncentrace CO<sub>2</sub> nesmí překročit pro zdraví bezpečnou hranici 5 %. Místnosti, kde je používán INERGEN, musí být dostatečně těsné. Stěny, dveře, okna, větrací otvory atp. musí být upraveny tak, aby doba, po kterou INERGEN zajišťuje nízkou koncentraci kyslíku nezbytnou pro uhašení požáru, byla 20 minut. Okna se nesmí rozbít tlakovým nárazem, který vzniká při vypuštění INERGENu. Pokud dveře chráněných místností jsou vybaveny elektromagnetickými zámky, musí být tyto zámky otevřeny při vyhlášení poplachu po celou dobu tzv. zpoždovacího času (cca 20–30 s). Toto zpoždění umožňuje evakuaci osob z chráněné místnosti. Po uplynutí zpoždovacího času a před vlastním vypuštěním INERGENu musí být magnetické zámky opět uzavřeny až do příjezdu zásahové jednotky hasičů.<sup>56</sup>

---

<sup>56</sup> Závěrečná zpráva grantového úkolu: *Ochrana archivních materiálů před živelnými pohromami v síti archivů české republiky*. Státní ústřední archiv v Praze. Praha, 2004, s. 160.



Při návrhu je potřeba zohlednit stavebních požadavků na místnosti chráněné SHZ INERGEN:

- místnosti nesmí mít neodůvodněné a nezajištěné otvory ve zdech, stropěch a podlahách
- případné netěsnosti (např. pod dveřmi do chráněných místností, průchod kabelové lávky stěnou, průchod potrubí stěnou) je nutno minimalizovat
- místnosti musí být vybaveny přetlakovými klapkami, které umožňují odvod přetlaku plynu vzniklého vpuštěním INERGENU při hasební zásahu. Velikost klapek závisí na povoleném přetlaku v místnosti a na jejím celkovém objemu. Přetlak je odváděn mimo budovu klapkou umístěnou v obvodové zdi, kanálem, chodbami, přes jiné místnosti.
- systém vzduchotechniky musí být opatřen na vstupu a výstupu z chráněné místnosti uzavíracími klapkami. Jejich uzavření, ovládané řídicím systémem SHZ (případně ústřednou EPS), zamezí úniku INERGENU mimo chráněnou místnost a tím zajistí potřebnou hasební koncentraci plynu po nezbytnou dobu (většinou 20 min.).

V prvním poschodí stavby GASK bude vyčleněna místnost pro uchování plynu INERGEN, z které bude rozvedeno vedení plynu do depozitářů viz *Obrázek 77*.

Pro správný účinek hasiv je potřeba, aby byla v chráněném prostoru zachována požadovaná koncentrace po dobu alespoň 10 minut (dle ČSN EN 12094, v USA je dle NFPA 2001 požadavek udržet koncentraci min. 10 minut, nejméně však do doby příjezdu hasičů, což je smysluplnější nařízení). Z toho důvodu se po zabudování systému SHZ musí provést zkouška těsnosti prostoru (tzv. Door Fan Test).

## 12 MANAGEMENT BUDOVY

Pro správu TZB budovy, evidenci sbírek a logistiku artefaktů, je třeba vypracovat vhodný informační systém, který bude odrážet potřeby konkrétní stavby GASK. Tento obor, který se touto problematikou zabývá, bývá také někdy označován jako Facility management.

Tato kapitola obsahuje upravenou seminární práci, kterou jsem vypracoval do předmětu Management budov a která byla již zadávána s úmyslem toho, že jí bude možno zde použít. Protože není možné pojmout v rozsahu této práce celou problematiku takového návrhu, budu se věnovat pouze nejdůležitějším prvkům takového systému.

### Hlavní moduly systému pro management budovy:

- Kalendář údržby a záruk pro TZB, EZS, EPS – včetně protokolu o testování a certifikátu
- Systém inventury depozitáře a galerie, včetně verifikace kapacit jednotlivých úložišť.
- Graf průběhu teplot a vlhkosti v jednotlivých úsecích stavby pro zkoumané časové období.

Pro návrh a implementaci bylo zvoleno klasické databázové aplikaci RDBMS (Relational database management system) MS Access. Řešení obsahuje návrh struktury databáze, vstupně/výstupních formulářů, základních tiskových sestav a základní uživatelské logiky (validace vstupních dat)

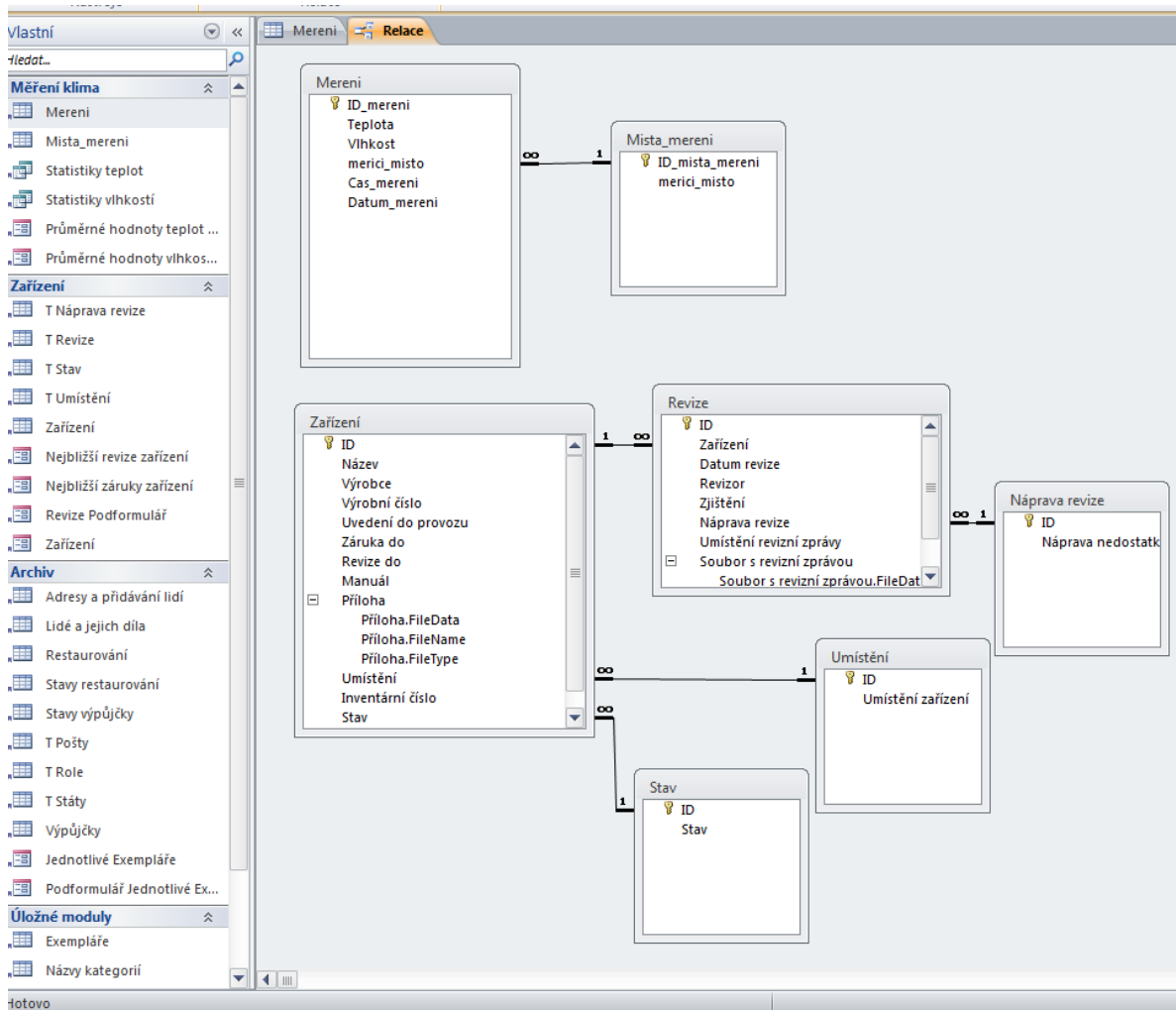
### Popis návrhu

Po stanovení základní premisy systému jsem navrhl vhodné řešení tabulek pro vlastní uchování dat. Zvolil jsem analytický postup dle informací o reálné skutečnosti. Nejprve je potřeba určit entity, které budou tabulkami reprezentovány. Při jejich určování vycházím z předem určeného seznamu entit odrážející skutečnost. Po té jsem jim přiřadil jednotlivá definovaná pole. Pro zhotovení návrhu jsem ručně rozkreslil jednotlivé tabulky na papír.

Následuje definování atributů záznamu. Při vývoji řešení lze datový formát velmi snadno změnit, ale jelikož na něj veškeré následující kroky navazují, je zapotřebí co nejpřesnějšího zhotovení a tedy také důsledného rozvrhnutí a promyšlení. Tato část návrhu vznikala souběžně s návrhem tabulek. Vytvořil jsem ji z části ručně nákresem na papír a z části v programu Toad Data Modeler. Ten jsem následně využil i při návrhu relací. Tento program jsem použil kvůli jeho jednoduchosti a přehlednosti.

V další fázi došlo k návrhu relací (vztahů). Bylo potřeba určit vztahy a charakteristiky vztahů a také zavést integritu na úrovni vztahů. Logická spojení mezi tabulkami jsem vytvořil klasicky pomocí primárních a cizích klíčů. Volba vhodného způsobu zřízení vzájemných vztahů závisí na povaze zřizovaného vztahu. Dále bylo zapotřebí určit typ a stupeň účasti tabulek v každém z definovaných vztahů. Tuto část jsem vytvořil z části ručně nákresem na papír a z části v programu Toad Data Modeler. V příloze P IX je umístěn konkrétní návrh navrženého ER modelu (Entity-relationship model) v Toad Data Modeleru.

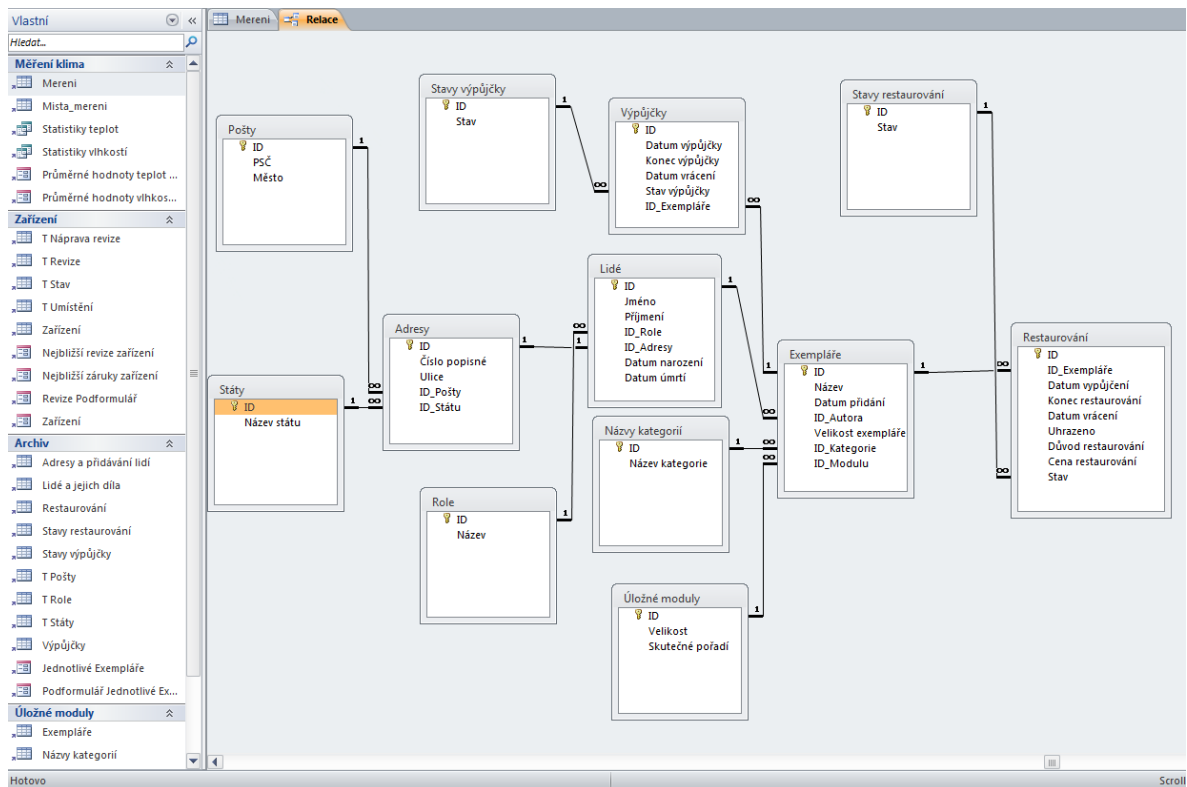
V závěru návrhu databáze jsem provedl kontrolu integrity dat a ověření normální formy. Poté již bylo třeba vytvořit přehledný systém výstupu dat. Stanovení výstupních formulářů a tabulek, které jsem si definoval na začátku návrhu.



Obrázek 78: Relační schéma návrhu managementu budovy - část A

## Vypracování

Databáze byla vytvořena podle výše uvedeného postupu a vypracována v programu Microsoft Access. Finální řešení relační logiky mezi jednotlivými entitami a celkový návrh datové struktury byl vytvořen s ohledem na zadání (Obrázek 78 a Obrázek 79).



Obrázek 79: Relační schéma návrhu managementu budovy - část B

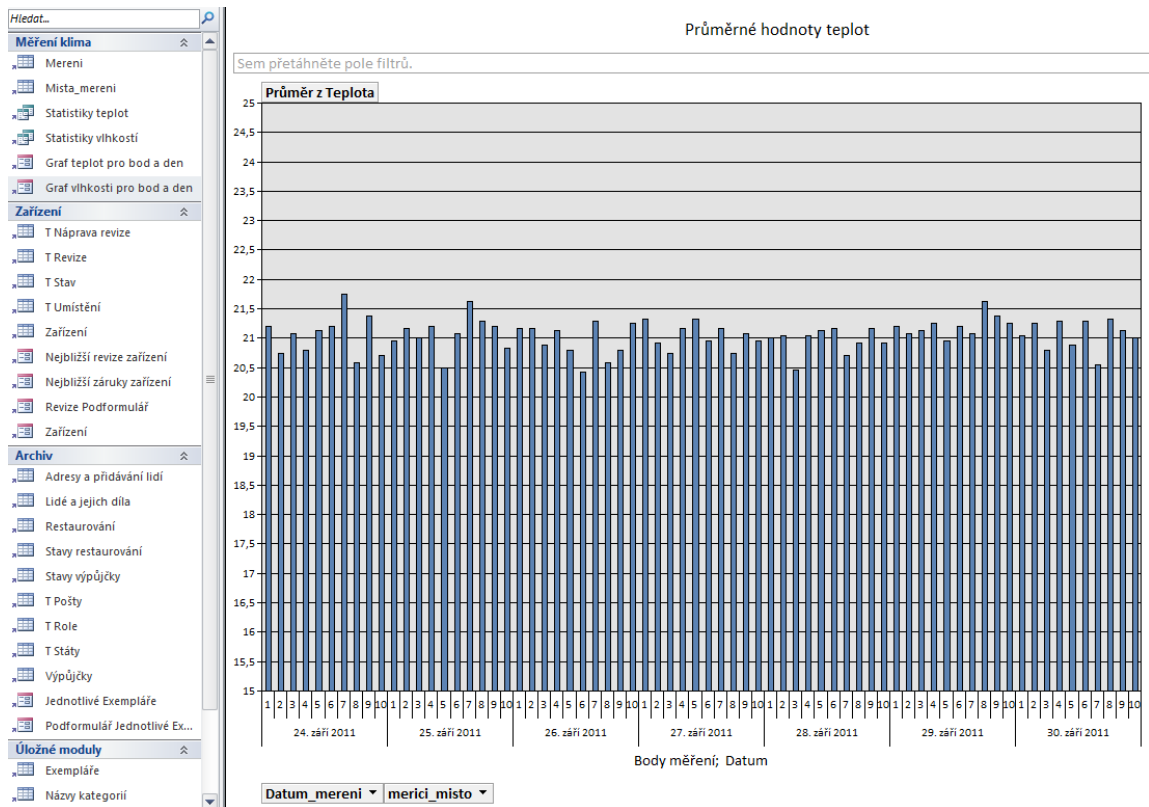
Samotné řešení lze rozdělit do čtyř základních částí:

- Měření klimatu
- Zařízení
- Archiv
- Úložné moduly

### Měření klimatu

Jedna z velice důležitých částí databáze je uchovávání hodnot klimatu. Je předpokládáno měření dvou základních veličin, teploty a vlhkosti. Protože prakticky půjde především o zjišťování trendu a velikostí vychýlení hodnot z normálu, vytvořil jsem kontingenční grafické výstupy pro zobrazení průběhů teplot a vlhkostí v čase (Obrázek 80).

Jako testovací data jsem vygeneroval data pro 7 dní s předpokladem 10 měřících sond snímající každou hodinu údaj o teplotě a vlhkosti (viz příloha P IX).



Obrázek 80: Kontingenční graf teplot v čase

Dále byly také vytvořeny tabulky s jednotlivými statistikami pro vlhkost a teplotu, kde jsou minimální, maximální a průměrné hodnoty pro určitý bod a datum (Obrázek 81).

Průměrné hodnoty teplot						
merici_mist	Datum měř	Avg Of Teplota	Min Of Tepl	Max Of Tepl	Count Of Mě	
1	24. září 2011	21,62500	19,5	23,5	24	
1	25. září 2011	21,44583	19,8	23,2	24	
1	26. září 2011	21,51250	19,5	23,5	24	
1	27. září 2011	21,74583	19,7	23,5	24	
1	28. září 2011	21,55417	19,5	23,4	24	
1	29. září 2011	21,67917	19,5	23,1	24	
1	30. září 2011	21,41250	19,8	23	24	
2	24. září 2011	21,25000	19,7	23,5	24	
2	25. září 2011	21,61667	19,6	23,5	24	
2	26. září 2011	21,60000	19,8	23,4	24	
2	27. září 2011	21,36250	19,5	23,5	24	
2	28. září 2011	21,41250	19,6	23,5	24	
2	29. září 2011	21,45000	19,5	23,5	24	
2	30. září 2011	21,65000	19,6	23,3	24	
3	24. září 2011	21,58750	19,9	23,4	24	
3	25. září 2011	21,35000	19,6	23,3	24	
3	26. září 2011	21,31667	19,6	23,1	24	
3	27. září 2011	21,21667	19,5	23,2	24	
3	28. září 2011	20,88750	19,5	23,5	24	
3	29. září 2011	21,57500	19,5	23,5	24	

Obrázek 81: Výřez dat ze statistik měření teplot

## Zařízení

Byl vytvořen formulář, který přehledně zobrazuje jednotlivá zařízení implementovaná v daném objektu. Každé takové zařízení má povinně určené umístění, stav a revizi. Revize nabízí uložení souborové přílohy, která jde přímo otevírat z databáze. Dále má také pole výrobce, název, datum uvedení do provozu. Do přílohy je možné přidat manuál nebo naskenovaný záruční list a dopsat popis zařízení. Pro ověření a prezentaci těchto funkcí jsem vložil dostupná data výrobců daných zařízení. Neodpovídají ale skutečnému řešení. Jsou pouze testovací. To samé platí i pro vložené protokoly o revizi a manuály.

**Zařízení**

Název: EVO192 Příloha:

Výrobce: Digiplex EVO Manuál:

Inventární číslo: 1

Výrobní číslo: 112363524

Popis: Ústředna elektrická zabezpečovací signalizace

Uvedení: 9.9.2011 Umístění: Archiv

Záruka do: 9.9.2018 Stav: Nový

Revize do: 9.9.2012

Revize	Datum revize	Revizor	Zjištění	Umístění revizní zprávy	📄
*	8.8.2011	Bedřich Hlavas	Plně vyhovující		📄(1) 📄(0)

Záznam: 1 z 1 Bez filtru Vyhledávání

Obrázek 82: Přehledový formulář pro jednotlivá zařízení

Pod formuláři jsou pak zobrazeny informace o revizi na tomto konkrétním zařízení. Dále je součástí databáze přehledná tabulka nadcházejících revizí a nejbližše ukončených záruk jednotlivých zařízení.

Naplánovaná revize	Název	Výrobce	Výrobní číslo	Záruka do	Inventární číslo
8.2.2012	DG457 GLASSTREK	Digiplex EVO	158634524	9.9.2013	3
9.2.2012	DG457 GLASSTREK	Digiplex EVO	136337524	9.9.2013	4
7.8.2012	ZC1	Digiplex EVO	126345511	7.8.2013	10
7.8.2012	ZC1	Digiplex EVO	126345510	7.8.2013	9
7.8.2012	DM50	Digiplex EVO	126345521	7.8.2013	8
7.8.2012	DM50	Digiplex EVO	126345522	7.8.2013	7
7.8.2012	DM50	Digiplex EVO	126345523	7.8.2013	6
7.8.2012	DM50	Digiplex EVO	126345524	7.8.2013	5
8.9.2012	TM40	Digiplex EVO	136334524	9.9.2015	2
9.9.2012	EVO192	Digiplex EVO	112363524	9.9.2018	1

Obrázek 83: Přehledový formulář nejbližších revizí zařízení

## Archiv a úložní moduly

Samotný systém pro archivaci uložených děl byl vytvořen tak, aby bylo možné sledovat, kde je který exemplář fyzicky umístěn a také, aby bylo možné sledovat, jaké exponáty jsou umístěny na konkrétním úložném modulu. Dále je také integrovaná funkce, která informuje o tom, jak hodně je každý zásuvný modul využit svou plochou. Standardně je pak artefakt identifikován informací o autorovi a majiteli jednotlivých děl. Pro to je pak vytvořeno zbezpečnění pro duplicitnost adres. Informace o uložení a jiné podrobnosti neodpovídají skutečnosti. Jsou pouze testovací. To samé platí i pro vložené informace o restaurování a výpůjčkách. Další funkcionalita je přidání možnosti výpůjčky díla a odeslání na restaurování.

**Exempláře**

Název: Podzimní vitr

Datum přidání: 16.12.2011

Velikost exempláře: 1

Název kategorie: Rámová malba

Jméno: Jiří

Příjmení: Anderle

Skutečné pořadí: 1

Důvod restaurování	Cena restaurování	Stav
poškozený rám	2 000 000,00 Kč	

Záznam: 1 z 1

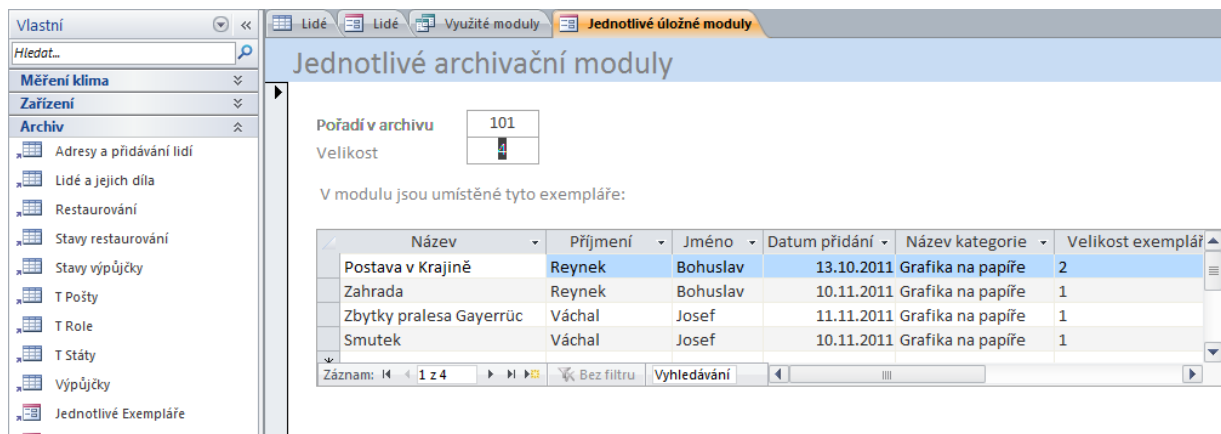
ID	Datum výpůj	Konec výpůj	Datum vráce	Stav výpůjčky
*(Nové)				

Záznam: 1 z 1

Obrázek 84: Formulář artefaktu se zobrazením Restaurátorských prací a výpůjček

Skutečné pořadí	Velikost	Využití	Název kategorie	ID_Modulu
1	6	5	Rámová malba	1
2	6	6	Rámová malba	2
3	6	5	Rámová malba	3
4	6	6	Rámová malba	4
5	6	3	Rámová malba	5
6	6	2	Rámová malba	6
101	4	5	Grafika na papíře	11

Obrázek 85: Formulář zásuvných modulů s hodnotou jejich plošného využití



Obrázek 86: Formulář jednotlivých zásuvných modulů a děl k nim náležících

Protože jsem nepřišel na jakékoliv jednoduché řešení fyzického rovnání obrazů na archivační desky, využil jsem pouze sčítání ploch jednotlivých děl umístěných na desku. Tak samozřejmě vzniká velká chyba a nelze podle toho hledět na skutečnost, jestli se na desku ještě nějaký obraz reálně podaří umístit nebo ne. Tato hodnota je tedy pouze jakási pomocná veličina při vyhledávání místa v depozitáři.



## ZÁVĚR

Jako cíl této práce jsem si stanovil, v co možná nejkompaktnější míře popsat specifika a nároky na techniku a technologii budov depozitářů s galerií. Zachytil tyto konkrétní podmínky v co možná nejcelistvějším technickém pohledu tak, aby práce mohla případně sloužit jako vhodný manuál pro projektanta těchto prostor. Z tohoto důvodu jsem se také rozhodl pro techniku citování materiálů přímo v textu práce, a to s odkazem na konkrétní stranu dokumentu. Již z podstaty práce není možné popsat takto komplexní problematiku dopodrobna ze všech úhlů a profesí. Přesto jsem se pokusil o co možná nejhlubší pohled při udržení vhodného rozsahu práce a dostatečném odkazování na rozsáhlejší studie.

Jako hlavní zdroj pro stanovení klíčových specifik pro prostory depozitáře a galerie jsem využíval podkladů organizace ICOM (Mezinárodní muzejní rada), publikace **NPS Museum Handbook** Washingtonské organizace Museum Management Program, organizace **ASHRAE** (Americké asociace pro vytápění, chlazení a klimatizace) a příslušných norem.

Práce je rozčleněna do několika oddělených celků, které se zabývají jednotlivými specifiky a navzájem na sebe navazují stejně tak, jako na sebe navazují samotné technické realizace. V nejširším pohledu je práce rozdělena na dvě klasické části, na část teoretickou a na část praktickou.

Teoretická část stanovuje a popisuje z širšího pohledu specifika prostorového a organizačního členění, technické a technologické požadavky a vlastní technické možnostmi řešení technologií pro tvorbu vhodného klimatu pro prostory depozitářů s galerií.

Praktická část práce pak aplikuje tyto poznatky na konkrétní řešení stavby Galerie Středočeského kraje a jejího depozitáře v Kutné Hoře (GASK), přesněji jejího 2.NP bývalých Jezuitských kolejí, kde je umístěna přímo galerie a depozitář. Tato stavba se tak stala pro mou práci ukázkovým příkladem, jak navrhnout technické řešení jako jednotný a funkční celek, který je ještě navíc značně omezen skutečnou prostorovou stavbou historické budovy, ve které se GASK nachází. Aby nedošlo k omylu, musím ještě jednou podotknout, že mé řešení na této stavbě je přirozeně odlišné od skutečně realizovaného a dnes funkčního řešení. S reálnou stavbou má moje realizace společné především stavební podklady, zasazení do reálného místního kontextu a některé technické vybavení. Více je popsáno v úvodu práce.

Protože se jedná o stavbu výrazně rozsáhlou, jsou u některých částí praktického projektu vypracované pouze jeho typické fragmenty a nejpodstatnější části jednotlivých úkolů pro realizaci. Pro ostatní méně podstatné části jsou vypracovány pouze doporučení pro realizaci. V každé části návrhu je pak vypracován alespoň jeden dílčí prostor do finální podoby, a pro ostatní prostory je díky jejich podobnosti využito srovnání s touto kompletní částí. Tento systém platí individuálně od konkrétního dílčího úkonu a je dopodrobna popsáno v každé kapitole návrhu samostatně.

Práce vychází ze svého zadání tak, aby splnila všechny její body. V praktické části se po zvážení konkrétních podmínek ukázalo, že využití fotovoltaických panelů je pro tuto realizaci nemožné, a to hned z několika hledisek. Z toho vyplynulo, že nebyly do projektu začleněny. Pro zasazení některého z obnovitelných zdrojů energie bylo využito tepelné čerpadlo s plošnými kolektory. To bylo následně zařazeno do otopné soustavy poměrně atypickým způsobem, předřazeně před vlastní kaskádové plynové kotle. Důvody pro tuto realizaci jsou podrobně rozepsány v příslušné kapitole. Pro řízení, regulaci a měření je využito komplexního řídicího systému Desigo PX od firmy Siemens. Jako plynový hasicí systém bylo využito centrálního rozvodu s INERGENem.

Ve zkrácené podobě, je pro tuto práci také vyhotoven projekt Managementu budovy tzv. Facility management. Pro tento účel bylo využito upravené seminární práce, kterou jsem vypracovával do předmětu Management budov, a která byla již zadávána s úmyslem toho, že jí zde bude využito.

Praktická realizace byla navrhována dle skutečných podmínek a zohledňovala jak reálné technicko-technologické dispozice odpovídající lokalitě, tak ekonomickou únosnost projektu.

## CONCLUSION

As an objective of this thesis I have tried to describe the specifics and technological demands of depositories with a gallery as comprehensively as possible. To capture these specific technical conditions compactly enough, so that it could serve as a suitable handbook for a project architect and designer of such buildings. That is why I have decided to use citations inside the text, always with a reference to the particular page of the document. From the very principle it is barely possible to contain such a complex matter from all the perspectives and for all the professions. Anyway I have tried to describe the topic as thoroughly as possible, while maintaining the range of the thesis and sufficiently referring to larger studies.

As a main resource of the core specifics for the depositories and galleries I have used materials of ICOM (The International Council Of Museums), publication NPS Museum Handbook from the Washington's Museum Management Program, some others from ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) and adequate standards.

The thesis is divided into several separated chapters, each dealing with a specific issue, that are connected together in the same way technical realizations are. On a larger scale, the thesis consists of two parts - the theoretical and practical one. The theoretical part describes in a broader scope the particularities of special and organisational layout, technological requirements and the very technical options for creating an appropriate climate for the depositories with a gallery.

The practical part then applies this knowledge to a realization of the building for a Gallery of the middle bohemia and its depository in Kutná Hora (GASK), particularly the second floor of former Jesuit college, where both the gallery and depository are located. Thus, I chose this building to be an example of designing various technical solutions to create a cohesive and functional unit, even when limited by the actual structure of an old historical building. To avoid misunderstanding, I do point out that my solutions concerning this building are different to the implemented ones, which are operational at the moment. With this real structure, mine has in common the building base, the context and some of the technical equipment. You can find more in introduction.

Because the solutions are large and complicated, some parts of the practical project consist only of typical fragments and the most important parts of particular implementation tasks. Nevertheless some recommendations are offered even for the less crucial topics. In each part of the project, at least one special unit is followed through and finalized, for the rest I mostly consider a simple comparison with the previous completed space as sufficient, due to the similarities. I use this system individually - task by task and it is described more in each chapter. The thesis follows the assignment in order to fulfill all the items. In a practical part, usage of photovoltaic has shown to be impossible after consideration of particular setting conditions. Thus it was removed from the project. To use a renewable source of energy I have chosen a heat pump with planar collectors. That was subsequently placed quite atypically to the heating system, in front of cascade boilers. It is explained thoroughly in relevant chapter. For the management, control and measurement was used a complex control system Desigo PX by Siemens. Gas extinguishing system is distributed centrally with Inergen.

A building management (Facility management) project is also included in the thesis, although in a short version. For this purpose I used a modified seminary work I had done for Building management class, which was designated to be covered in the thesis.

Practical project was designed on the basis of real conditions and it reflects both the real technical-technological dispositions of the setting and economic acceptability.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] HATCHFIELD, Pamela. *Pollutants in the Museum Environment: Practical Strategies for Problem Solving in Design, Exhibition and Storage*. London: Archetype Books, 2002. ISBN 9781873132968.
- [2] BARTL, Benjamin, Hana PAULUSOVÁ a Roman STRAKA. *Ochrana archivních fondů a sbírek: Aby na nic a na nikoho nebylo zapomenuto*. K jubileu ústředního archivu českého státu. Praha, 2004.
- [3] CIHELKA, J. a kol. *Vytápění, větrání a klimatizace*. SNTL Praha, 1985.
- [4] DANIELS, K.: *TECHNIKA BUDOV*. Jaga Group, v.o.s. Bratislava 2003. ISBN 80-88905-63-X.
- [5] *ASHRAE HANDBOOK . Díl 1-4 . American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc.* 1791 Tuttle Circle, N.E., Atlanta, GA 30 329. ISBN 1-931862-73-7. ISSN 1549-2370.
- [6] CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: *Větrání a klimatizace. Technický průvodce*. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8.
- [7] SMOLÍK, J. a kol.: *Technika prostředí . SNTL Praha 1970*.
- [8] VALENTA, V. a kol.: *TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 1, 2, 3*. Agentura ČSTZ, Praha 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.
- [9] JELÍNEK, V., HOUŠKOVÁ, M., PAVLÍČEK, I., PETROVÁ, M.: *Technická zařízení budov. Podklady pro projekty*. Vydavatelství ČVUT Praha, 1993. ISBN 80-01-00586-0.
- [10] LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T.: *Výpočtové tabulky pro vytápění. Vztahy a pomůcky*. Vydavatelství Společnosti pro techniku prostředí Praha, 2001. ISBN 80-02-01466-9. Platné ČSN řada 06, 07, 34, 35, 36, 37, 38, 73, 74, 83, 91.
- [11] MERZ, H., HANSEMANN, T., HUBNER, C.: *Automatizované systémy budov*. GRADA 2007. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [12] ČSN ISO 11799. *Informace a dokumentace: Požadavky na ukládání archivních a knihovních dokumentů*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [13] *ASHRAE Handbook: Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Applications. Amer Society of Heating*, 2007, roč. 2007. ISSN 1933742143.

- [14] *Zásady vystavování archiválií v Národním archivu v Praze*. [online]. [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <http://www.nacr.cz/F-akce/zasady.aspx>.
- [15] *Bulletin Moravské galerie 62: Historie a geografie umění v uměleckém muzeu*. Brno: Moravská galerie v Brně, 2006, s. 121-130. ISBN Moravská galerie v Brně.
- [16] KESNER, Ladislav. *Marketing a management muzeí a památek*. Praha: Grada, 2005, 304 s. Expert. ISBN 80-247-1104-4.
- [17] *Závěrečná zpráva grantového úkolu: Ochrana archivních materiálů před živelnými pohromami v síti archivů české republiky*. Státní ústřední archiv v Praze. Praha, 2004. Dostupné z: [http://web.nacr.cz/soubory/zivelnipohromy\\_opt.pdf](http://web.nacr.cz/soubory/zivelnipohromy_opt.pdf).
- [18] ČSN EN 15757. *Ochrana kulturního dědictví: Požadavky na teplotu a relativní vlhkost prostředí s cílem zamezit mechanickému poškození organických hygroskopických materiálů, k němuž dochází v důsledku klimatu*. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [19] *Závěrečná zpráva grantového úkolu: Monitorování plynných polutantů v depozitářích státních archivů ČR a způsoby jejich odstranění*. Státní ústřední archiv v Praze. Praha, 2009. Dostupné z: <http://web.nacr.cz/soubory/polutanty.pdf>
- [20] ŠUBRT, Roman. *Dodatečné tepelné izolace jako ochrana historických budov*. Časopis stavebnictví. 2009, roč. 09, č. 10. ISSN 1802-2030.
- [21] ČSN EN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [22] ČSN EN 12 831. *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [23] GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. Brno: Era, 2005, xviii, 262 s. ISBN 80-736-6027-X.
- [24] ICOM 14TH TRIENNIAL MEETING THE HAGUE. *Preprints 2005: 14th triennial meeting*. Paris: International Council of Museums, 2005. ISBN 18-440-7253-3.
- [25] Česká republika. Zákon 499: o archivnictví a spisové službě a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů č. 309*. 2004, roč. 2009, 93. Dostupné z: <http://www.cesarch.cz/legislat/2004-499.htm>.

- [26] BAŠTA, Jiří. *Regulační armatury - teoretická základna*. [online]. c2004, poslední revize 12.10.2004 [cit. 2012-05-03]. <<http://www.tzb-info.cz/2181-regulacni-armatury-teoreticka-zakladna-i>>.
- [27] OBECNÁ CHARAKTERISTIKA MUZEJNÍHO DEPOZITÁŘE. In: SELUCKÁ, ŠTĚPÁNEK a MRÁZEK. *Metodické centrum konzervace: Metodické pokyny* [online]. TMB MCK, 2011 [cit. 2013-04-19]. Dostupné z: [http://mck.technicalmuseum.cz/images/stories/clanky/metodika/obecna\\_charakteristika\\_muzejniho\\_depozitare.pdf](http://mck.technicalmuseum.cz/images/stories/clanky/metodika/obecna_charakteristika_muzejniho_depozitare.pdf).
- [28] Koroze a degradace materiálů: kapitola 3.7 Zásady preventivní péče v depozitářích. DOUBRAVOVÁ, Kateřina. *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. Ústav chemické technologie restaurování památek, 2006. Dostupné z: [http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/predmety/koroze\\_materialu\\_pro\\_restauratory/kadm/pdf/3\\_7.pdf](http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/predmety/koroze_materialu_pro_restauratory/kadm/pdf/3_7.pdf).
- [29] ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor*. Praha: Český normalizační institut, 1985.
- [30] *Závěrečná zpráva grantového úkolu: Vliv světla a ultrafialového záření na archivní dokumenty*. Státní ústřední archiv v Praze. Praha, 2004. Dostupné z: <http://web.nacr.cz/soubory/svetlo.pdf>.
- [31] VRÁNA, Jakub. *Vliv místních odporů na tlakové ztráty v potrubí* [online]. c2012 [cit. 2012-23-04]. <<http://www.tzb-info.cz/8514-vliv-mistnich-odporu-na-tlakove-ztraty-v-potrubi>>.
- [32] ANONYM: Lichtprogram 1999/2000. *Informační materiál firmy OSRAM*, GmbH, München 1999.
- [33] VAVŘIČKA, Roman. Vytápění: Návrh pojistného a zabezpečovacího zařízení. In: [online]. ČVUT v Praze, Fakulta strojní: Ústav techniky prostředí [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: [http://www.users.fs.cvut.cz/~vavrirom / Vytapeni / VYT\\_cv\\_3\\_2011.pdf](http://www.users.fs.cvut.cz/~vavrirom / Vytapeni / VYT_cv_3_2011.pdf)
- [34] ČSN 33 2180. *Elektrotechnické předpisy ČSN: Připojování elektrických přístrojů a spotřebičů*. Praha: Český normalizační ústav, 1980.
- [35] ČSN 33 2130. *Elektrické instalace nízkého napětí - Vnitřní elektrické rozvody*. Praha: Český normalizační ústav, 2009.

- [36] ČSN 33 2000. *Elektrické instalace nízkého napětí*. Praha: Český normalizační ústav, 2007.
- [37] Desigo™ PX: *Příručka pro projektování, montáž a instalaci*. V5. Praha, Building Technologies, Siemens, s.r.o. 2012.
- [38] Desigo™ PX Systém řízení budov: *Popis systému*. 2.2. Praha, Building Technologies, Siemens, s.r.o.
- [39] ČSN 73 0802. *Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty*. Praha: Český normalizační ústav, 2009.



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

VOC	Jsou těkavé organické sloučeniny (Volatile Organic Compounds). Zjednodušeně řečeno, obsahují organická rozpouštědla.
HVAC	Technický systém pro udržování klimatu ve stavbách (Heating, Ventilation and Air-Conditioning).
GASK	Galerie středočeského kraje v Kutné Hoře
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
TZB	Technická zařízení budov
ICOM	Mezinárodní muzejní rada (The International Council of Museums)
ASHRAE	Americké asociace pro vytápění, chlazení a klimatizace (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers)
TČ	Tepelné čerpadlo
THR	Termohydraulický rozdělovač
VZT	Vzduchotechnika
MaR	Automatický systém řízení, Měření a regulace
HDS	Hlavní rozvodová skříň
HDR	hlavní domovní rozvodnice
HUP	hlavní uzávěr plynu
CHV	chladná voda
VVK	vytápění, větrání a klimatizace
SCADA	dispečerské řízení a sběr dat (supervisory control and data acquisition)
PPK	protipožární klapky
D-MAP	DESIGO Modular Application Programming
RDBMS	Systém řízení relační báze dat (Relational database management system)
EZS	Elektronická zabezpečovací signalizace
EPS	Elektrická požární signalizace

ČÚBP	Český úřad bezpečnosti práce
PCO	Pult centrální ochrany
SHZ	Stabilní hasicí zařízení

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obrázek 1: Slovenský národní depozitář Bratislava .....</i>	15
<i>Obrázek 2: Technické řešení firmy Bruynzeel Storage Systems .....</i>	18
<i>Obrázek 3: Trias Art Gallery v Torontu .....</i>	20
<i>Obrázek 4: Budova Lewis Glucksman Gallery .....</i>	23
<i>Obrázek 5: Konzervátorská dílna Národní historické galerii v Chicagu .....</i>	29
<i>Obrázek 6: Ukázka uskladňovacího systému pro knihy.....</i>	53
<i>Obrázek 7: Ukázka centrálního rozvodu HVAC.....</i>	59
<i>Obrázek 8: Ukázka samostatné variabilní klimatizační jednotky.....</i>	60
<i>Obrázek 9: Závislost absolutní vlhkosti na teplotě a zobrazení tzv. komfortní zóny .....</i>	61
<i>Obrázek 10: Pohled na budovu GASK z východní strany .....</i>	70
<i>Obrázek 11: Letecký snímek budovy GASK.....</i>	71
<i>Obrázek 12: Pohled na budovu GASK z jižní strany .....</i>	75
<i>Obrázek 13: Výstavní prostory galerie v 2.NP .....</i>	76
<i>Obrázek 14: Půdorys celého 2.NP.....</i>	77
<i>Obrázek 15: Půdorys depozitáře .....</i>	78
<i>Obrázek 16: Půdorys kanceláří depozitáře .....</i>	79
<i>Obrázek 17: Půdorys galerie.....</i>	80
<i>Obrázek 18: Půdorys sálů.....</i>	81
<i>Obrázek 19: Půdorys střední části stavby .....</i>	83
<i>Obrázek 20: Půdorys detailu sociálního zázemí.....</i>	83
<i>Obrázek 21: Půdorys knihovny a studoven.....</i>	84
<i>Obrázek 22: Půdorys detailu sociálního zázemí studoven .....</i>	85
<i>Obrázek 23: Půdorys studoven .....</i>	86
<i>Obrázek 24: Legenda a okrajové podmínky výpočtu.....</i>	89
<i>Obrázek 25: Rozložení tlaků a difúze vodní páry v původním zdivu .....</i>	89
<i>Obrázek 26: Rozložení tlaků a difúze vodní páry v upravené skladbě zdiva .....</i>	92
<i>Obrázek 27: Tepelné ztráty původní konstrukce.....</i>	100
<i>Obrázek 28: Tepelné ztráty nové skladby konstrukcí .....</i>	100
<i>Obrázek 29: Energetický štítek původní skladby budovy .....</i>	103
<i>Obrázek 30: Energetický štítek pozměněné skladby budovy .....</i>	104
<i>Obrázek 31: Graf tepelných zisků v celé budově GASK v průběhu hodnotícího roku .....</i>	111
<i>Obrázek 32: Legenda k průběhům teplot při simulacích.....</i>	112

<i>Obrázek 33: Průběh teploty v oblasti depozitáře bez klimatizačního systému.....</i>	113
<i>Obrázek 34: Průběh teploty v oblasti galerie bez klimatizačního systému se simulací tepelných zisků .....</i>	114
<i>Obrázek 35: Průběh teploty v oblasti galerie bez klimatizačního systému .....</i>	115
<i>Obrázek 36: Charakter přirozeného osvětlení výstavních prostor .....</i>	116
<i>Obrázek 37: Plynový kotel Hoval UltraGAS 600D .....</i>	119
<i>Obrázek 38: Umístění plošných kolektorů tepelného čerpadla .....</i>	122
<i>Obrázek 39: Rozložení kolektorů tepelného čerpadla .....</i>	122
<i>Obrázek 40: Hydraulické schéma zapojení tepelné soustavy .....</i>	124
<i>Obrázek 41: Schématické zobrazení principu THR.....</i>	131
<i>Obrázek 42: Závislost součinitele tření na Reynoldsově čísle.....</i>	133
<i>Obrázek 43: Charakteristika čerpadla pro tepelný okruh galerie .....</i>	137
<i>Obrázek 44: H-x diagram zimního období pro prostor depozitáře plastiky.....</i>	148
<i>Obrázek 45: Dvě možnosti řešení tzv. neusměrněného proudění vzduchu VZT .....</i>	149
<i>Obrázek 46: Model vzduchotechniky depozitáře plastiky.....</i>	151
<i>Obrázek 47: Část VZT rozvodu přívodního vzduchu v galerii .....</i>	153
<i>Obrázek 48: Regulační schéma VZT depozitáře obrazů a grafiky .....</i>	169
<i>Obrázek 49: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – Silová část – Motory VZT II.....</i>	170
<i>Obrázek 50: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – Silová část – Motory VZT II.....</i>	171
<i>Obrázek 51: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – Ovládací část – ventilátory VZT I .....</i>	172
<i>Obrázek 52: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – Ovládací část – ventilátory VZT II .....</i>	172
<i>Obrázek 53: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – Ovládací část – čerpadla VZT.....</i>	173
<i>Obrázek 54: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – Napájení řídicího systému.....</i>	173
<i>Obrázek 55: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – U1.6 – Komunikace.....</i>	174
<i>Obrázek 56: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – U1.6 – Analogové výstupy.....</i>	174
<i>Obrázek 57: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – U1.6 – Analogové vstupy .....</i>	175
<i>Obrázek 58: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – U1.6 – Digitální vstupy.....</i>	175
<i>Obrázek 59: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – U1.6 – Digitální výstupy .....</i>	176
<i>Obrázek 60: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – U1.7 – Analogové výstupy.....</i>	176
<i>Obrázek 61: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – U1.7 – Analogové vstupy .....</i>	177

<i>Obrázek 62: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – U1.7 – Digitální vstupy .....</i>	177
<i>Obrázek 63: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – U1.7 – Digitální výstupy .....</i>	178
<i>Obrázek 64: Elektroinst. depozitáře obrazů a plastiky – Modul analogových vstupů .....</i>	178
<i>Obrázek 65: Blokové schéma regulace .....</i>	179
<i>Obrázek 66: Regulační schéma dvou okruhů vytápění a napojení VZT na rozvod teplé vody .....</i>	182
<i>Obrázek 67: PTM1.2U10 propojený s regulačními ventily vytápění .....</i>	182
<i>Obrázek 68: Kompenzační křivka výstupní teploty.....</i>	184
<i>Obrázek 69: Řízení rekuperace.....</i>	185
<i>Obrázek 70: Dálková správa a napojení na ethernet pomocí modulu PXG80-N .....</i>	187
<i>Obrázek 71: Návrh v CFC editoru .....</i>	188
<i>Obrázek 72: Navržený SCADA systém pro místnost sálů.....</i>	191
<i>Obrázek 73: Navržený SCADA systém se zjednodušeným náhledem pro celou stavbu ...</i>	192
<i>Obrázek 74: Detektor kouře a teploty.....</i>	196
<i>Obrázek 75: Manuální tlačítkový hlásič .....</i>	196
<i>Obrázek 76: Poplachová sirénay.....</i>	197
<i>Obrázek 77: Systém vysokotlakého INERGENového plynového hašení .....</i>	199
<i>Obrázek 78: Relační schéma návrhu managementu budovy - část A.....</i>	203
<i>Obrázek 79: Relační schéma návrhu managementu budovy - část B.....</i>	204
<i>Obrázek 80: Kontingenční graf teplot v čase .....</i>	205
<i>Obrázek 81: Výřez dat ze statistik měření teplot .....</i>	205
<i>Obrázek 82: Přehledový formulář pro jednotlivá zařízení .....</i>	206
<i>Obrázek 83: Přehledový formulář nejbližších revizí zařízení .....</i>	206
<i>Obrázek 84: Formulář artefaktu se zobrazením Restaurátorských prací a výpůjček .....</i>	207
<i>Obrázek 85: Formulář zásuvných modulů s hodnotou jejich plošného využití .....</i>	207
<i>Obrázek 86: Formulář jednotlivých zásuvných modulů a děl k nim náležících .....</i>	208

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1: Doporučené podmínky pro dlouhodobé uložení archivních materiálů .....</i>	40
<i>Tabulka 2: Doporučené limitní hodnoty osvětlenosti exponátů z hlediska fotochemického poškození. ....</i>	46
<i>Tabulka 3: Vhodné materiály pro depozitáře .....</i>	54
<i>Tabulka 4: Typické vlastnosti některých použitelných světelných zdrojů.....</i>	65
<i>Tabulka 5: Doporučené intenzity osvětlení pro konkrétní pracoviště .....</i>	67
<i>Tabulka 6: Charakteristické okrajové podmínky objektu .....</i>	72
<i>Tabulka 7: Četnosti teplot a roční střední intenzity globálního slunečního záření.....</i>	72
<i>Tabulka 8: Průměrné měsíční parametry venkovního vzduchu v ročním cyklu .....</i>	73
<i>Tabulka 9: Popis geometrie jednotlivých místností depozitáře .....</i>	78
<i>Tabulka 10: Popis geometrie jednotlivých místností kanceláří depozitáře .....</i>	79
<i>Tabulka 11: Popis geometrie jednotlivých místností galerie.....</i>	80
<i>Tabulka 12: Popis geometrie jednotlivých místností sálů .....</i>	81
<i>Tabulka 13: Popis geometrie jednotlivých místností střední části budovy.....</i>	82
<i>Tabulka 14: Popis geometrie jednotlivých místností studoven a knihovny .....</i>	84
<i>Tabulka 15: Pokračování tabulky z předchozí stránky.....</i>	85
<i>Tabulka 16: Vnitřní teploty jednotlivých celků stavby.....</i>	94
<i>Tabulka 17: Přehled ztrát původní konstrukce jednotlivých bloků stavby .....</i>	98
<i>Tabulka 18: Přehled ztrát nové skladby jednotlivých bloků stavby.....</i>	99
<i>Tabulka 19: Přehled tepelných zisků v nejnáročnějším letním období .....</i>	110
<i>Tabulka 20: Hodnoty výkonu pro různá podloží při návrh plošného kolektoru .....</i>	121
<i>Tabulka 21: Tepelná ztráta jednotlivých vtápěných prostor .....</i>	126
<i>Tabulka 22: počty navržených otopných těles .....</i>	130
<i>Tabulka 23: Vypočtené parametry jednotlivých okruhů pro návrh regul. ventilů.....</i>	136
<i>Tabulka 24: Návrhové hodnoty některých pojistných ventilů značky DUCO .....</i>	141

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha PI	tabulka doporučených klimatických podmínek pro dlouhodobé uložení archivních materiálů (ČSN iso 11799)
Příloha PII	příklad stanovení přijatelných mezí relativní vlhkosti (ČSN EN 15757)
Příloha PIII	parametry jednotlivých typů otopných těles
Příloha PIV	typy oběhových čerpadel jednolitých vytápěcích okruhů
Příloha PV	návrh VZT depozitářů
Příloha PVI	návrh VZT galerie
Příloha PVII	návrh VZT sálů
Příloha PVIII	schéma instalace řízení
Příloha PIX	management budovy
Příloha PX	hodnoty součinitele $c_3$

**PŘÍLOHA P I: TABULKA DOPORUČENÝCH KLIMATICKÝCH  
PODMÍNEK PRO DLOUHODOBÉ ULOŽENÍ ARCHIVNÍCH  
MATERIÁLŮ (ČSN ISO 11799)**

Typ materiálu	Teplota [°C]			Relativní vlhkost [%]		
	min.	max.	Přípustná denní změna v rozmezí	min.	max.	Přípustná denní změna v rozmezí
Papír, optimální ochrana	2	18	± 1	30	45	± 3
Papír, úseky manuálního ukládání, pravidelně užívané předměty	14	18	± 1	35	50	± 3
Pergamen, kůže	2	18	± 1	50	60	± 3
Fotografický film: černobílý stříbro-želatinový na podložce z acetátu celulózy						
BUĎ		2	± 2	20	50	± 5
NEBO		5	± 2	20	40	± 5
NEBO		7	± 2	20	30	± 5
Fotografický film: černobílý stříbro-želatinový nebo filmy s vybělováním barviv pomocí stříbra na polyesterové podložce		21	± 2	20	50	± 5
Fotografický film: barevný (chromogenní) na podložce z acetátu celulózy						
BUĎ		- 10	± 2	20	50	± 5
NEBO		- 3	± 2	20	40	± 5
NEBO		2	± 2	20	30	± 5
Fotografické desky: černobílé, stříbro-želatinové		18	± 2	30	40	± 5

*(pokračování)*

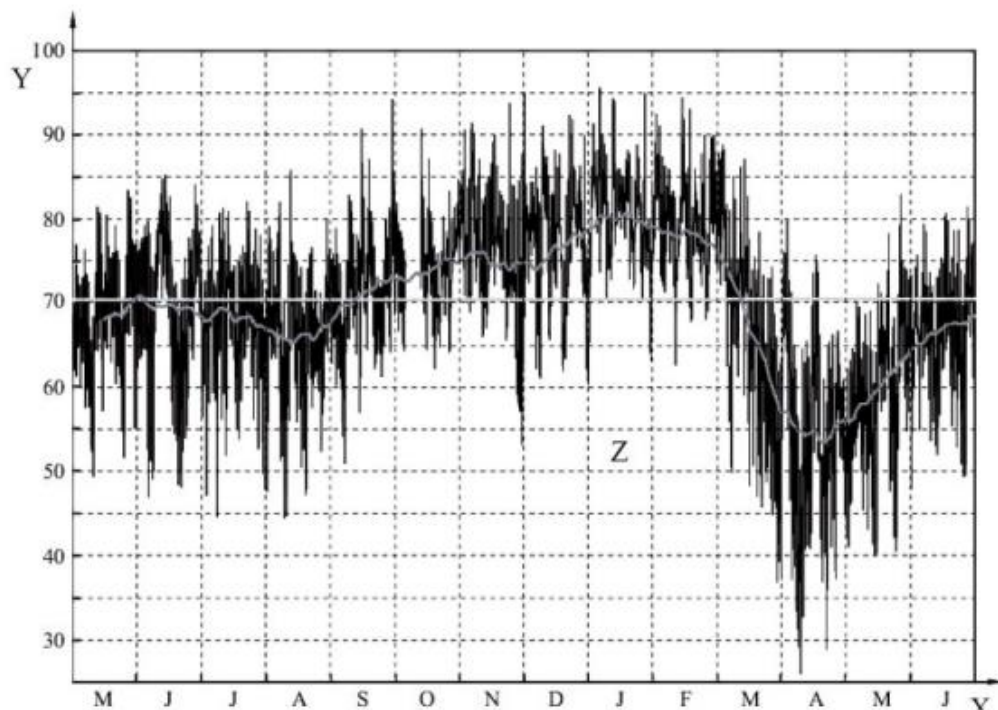


Typ materiálu	Teplota [°C]			Relativní vlhkost [%]		
	min.	max.	Přípustná denní změna v rozmezí	min.	max.	Přípustná denní změna v rozmezí
Papírové fotografie: černobílé stříbro-želatinové nebo s vybělováním barviv pomocí stříbra nebo diazografické kopie		18	± 2	30	50	± 5
Papírové fotografie: barevné (chromogenní)		2	± 2	30	40	± 5
Papírové fotografie: všechny ostatní tisky		- 3	± 2	30	50	± 5
Mikrofilm: černobílý stříbro-želatinový na podložce z acetátu celulózy						
BUĎ		2	± 2	20	50	± 5
NEBO		5	± 2	20	40	± 5
NEBO		7	± 2	20	30	± 5
Mikrofilm: černobílý stříbro-želatinový na polyesterové podložce nebo tepelně zpracovaný stříbrný na polyesterové podložce nebo vesikulární film na polyesterové podložce		21	± 2	20	50	± 5
Gramofonové desky (acetát, šelak, vinyl)	16	20	± 2	30	40	± 5
Magnetické pásky (datové, audio, video) na polyesterové podložce						
BUĎ	8	11	± 2	15	50	± 5
NEBO	8	17	± 2	15	30	± 5
NEBO	8	23	± 2	15	20	± 5
Magnetická média (ostatní)	12	18	± 2	30	40	± 3
Optické disky	- 10	23	Zatím nejsou k dispozici žádné údaje	20	50	± 10
POZNÁMKY						
1 Jsou-li pro uložení zvoleny nízké teploty a nízká relativní vlhkost, má se věnovat pozornost řádnému zabalení a aklimatizaci viz 6.7						
2 Tato tabulka neobsahuje údaje o přijatelných dlouhodobých změnách klimatu, neboť je o nich velmi málo spolehlivých poznatků s výjimkou toho, že by se jim mělo bránit. Pro papírové záznamy se v odkazu [5] v bibliografii navrhuje, aby se při znalosti denních výkyvů tolerovaly maximální měsíční odchylky o 1,5 °C a 3 % relativní vlhkosti, vše v rozmezí absolutních maximálních a minimálních hodnot.						
3 U smíšených fondů obsahujících různá média, např. při společném ukládání papíru a pergamenu, musí být nalezena kompromisní hodnota teploty a relativní vlhkosti.						

## PŘÍLOHA P II: PŘÍKLAD STANOVENÍ PŘIJATELNÝCH MEZÍ RELATIVNÍ VLHKOSTI (ČSN EN 15757)

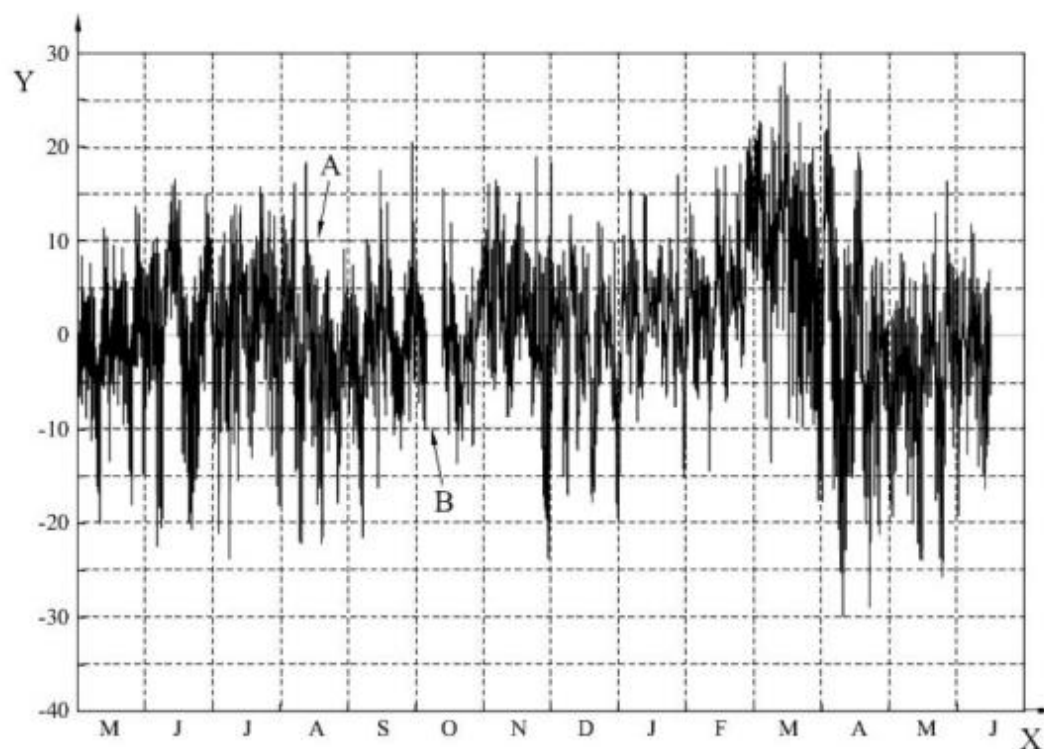
### A.5 Příklad

Pro objasnění postupu je zde uveden praktický příklad z reálné studie. Obrázky A.1 až A.3 představují příklady zápisů, které byly získány výše popsaným postupem. Uvedené údaje jsou pouze informativní, specifické vlastnosti konkrétního historického klimatu nejsou posuzovány.



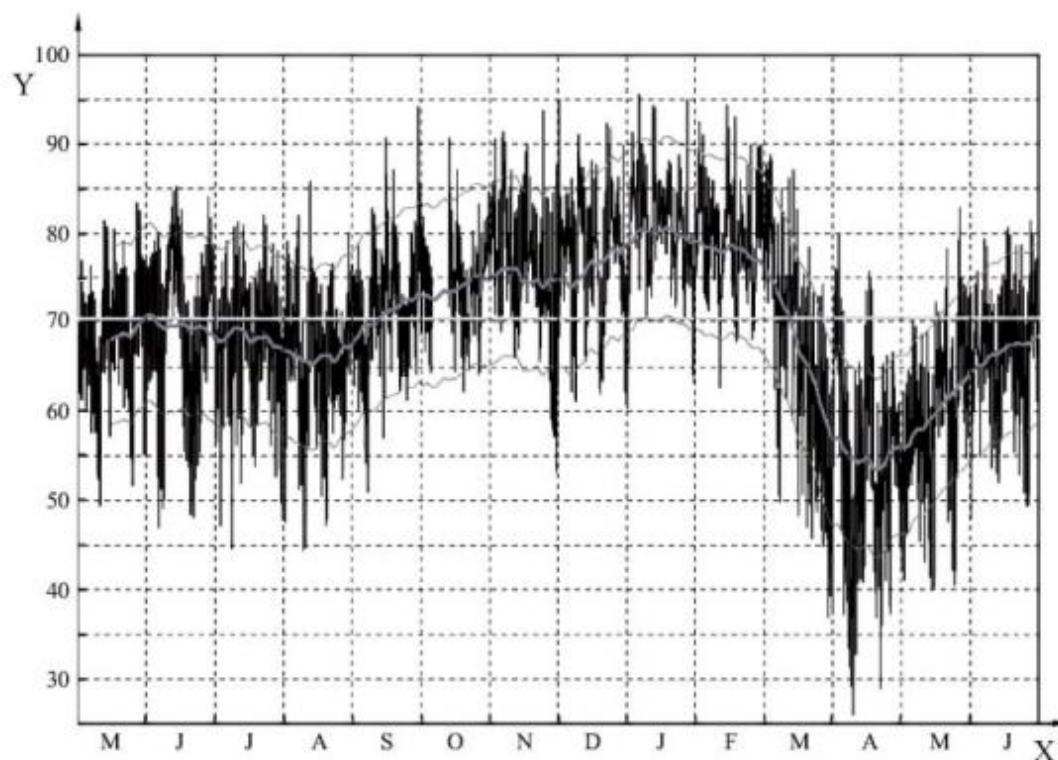
POZNÁMKA Roční průměr RV je vyznačen šedou horizontální linií.

Obrázek A.1 – Zápisy hodnot RV měřených v průběhu jednoho roku (tečkovaná černá čára) a sezónní cykly RV (plná šedá čára) 30-ti denních středních klouzavých průměrů počítaných pro všechny odečty



POZNÁMKA Nejvyšší a nejnižší meze rozsahu jsou vypočítány jako 7. a 93. percentil kolísání amplitudy.

Obrázek A.2 – Přijatelné rozmezí výkyvů RV



Obrázek A.3 – Přijatelné hodnoty RV tohoto konkrétního naměřeného souboru dat

## **PŘÍLOHA P III: PARAMETRY JEDNOTLIVÝCH TYPŮ OTOPNÝCH TĚLES**

**Prostory galerie a malého sálu** budou osazeny tělesy:

### **RADIK KLASIK 1**

- Výška: 600 mm
- Délka: 1100 mm
- Hloubka: 155 mm
- Tepelný výkon: 1029 W
- Teplotní podmínky: 55/35/19 °C
- Hmotnost: 49,22 kg
- Vodní objem: 9,57 l
- Teplotní exponent: 1,3434
- Průtokový součinitel:  $1,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
- Součinitel odporu: 5,8

**Prostory zázemí deponitáře** budou osazeny tělesy:

### **RADIK KLASIK 2**

- Výška: 600 mm
- Délka: 2300 mm
- Hloubka: 155 mm
- Tepelný výkon: 2028 W
- Teplotní podmínky: 55/35/20 °C
- Hmotnost: 99,02 kg
- Vodní objem: 20,01 l
- Teplotní exponent: 1,3434
- Průtokový součinitel:  $1,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
- Součinitel odporu: 5,8

**Prostor velkého sálu** bude osazen tělesy:

**RADIK KLASIK 3**

- Výška: 600 mm
- Délka: 1400 mm
- Hloubka: 155 mm
- Tepelný výkon: 1234 W
- Teplotní podmínky: 55/35/20 °C
- Hmotnost: 61,7 kg
- Vodní objem: 12,18 l
- Teplotní exponent: 1,3434
- Průtokový součinitel:  $1,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
- Součinitel odporu: 5,8

**Prostory studoven** budou osazeny tělesy:

čtyřmi tělesy **RADIK KLASIK 2** a třinácti tělesy **RADIK KLASIK 3**

**Prostory chodeb** budou osazena tělesy:

**RADIK KLASIK 4**

- Výška: 600 mm
- Délka: 2600 mm
- Hloubka: 155 mm
- Tepelný výkon: 2572 W
- Teplotní podmínky: 55/35/18 °C
- Hmotnost: 111,36 kg
- Vodní objem: 22,62 l
- Teplotní exponent: 1,3434
- Průtokový součinitel:  $1,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
- Součinitel odporu: 5,8

a **RADIK KLASIK 3**

**Prostory depozitářů** budou osazeny tělesy:

**RADIK CLEAN VK**

- Výška: 600mm
- Délka: 2000 mm
- Hloubka: 155 mm
- Tepelný výkon: 1230 W
- Teplotní podmínky: 55/35/18 °C
- Hmotnost: 63,07 kg
- Vodní objem: 17,4 l
- Teplotní exponent: 1,3299

**Prostory sociálního zázemí** budou osazeny tělesy:

**RADIK KLASIK 5**

- Výška: 600 mm
- Délka: 700 mm
- Hloubka: 155 mm
- Tepelný výkon: 617 W
- Teplotní podmínky: 55/35/20 °C
- Hmotnost: 31,45 kg
- Vodní objem: 6,09 l
- Teplotní exponent: 1,3434
- Průtokový součinitel:  $1,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
- Součinitel odporu: 5,8

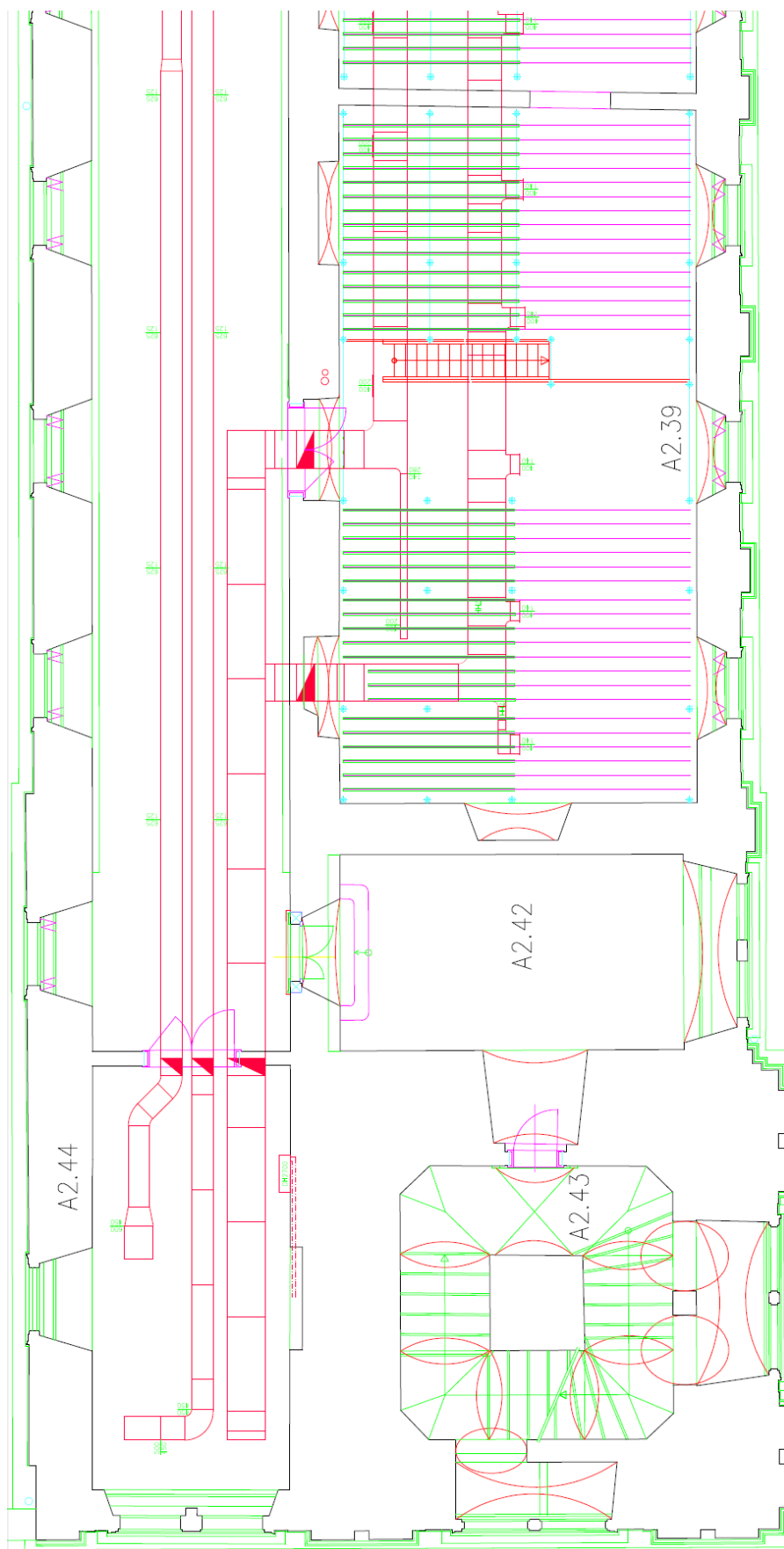
## **PŘÍLOHA P IV: TYPY OBĚHOVÝCH ČERPADEL JEDNOLITÝCH VYTÁPĚCÍCH OKRUHŮ**

<b>okruh</b>	<b>Typ čerpadla</b>
<b>Galerie</b>	CR 1-7 A-A-A-E-HQQE
<b>Depozitář obrazů</b>	CR 1-7 A-A-A-E-HQQE
<b>Depozitář plastiky</b>	CR 1S-9 A-A-A-E-HQQE
<b>Zázemí depozitáře chodby a sociál.</b>	CR 1-7 A-A-A-E-HQQE
<b>Sály</b>	CR 1S-10 A-A-A-E-HQQE
<b>Studovny, chodba a sociál.</b>	CR 1-6 A-A-A-E-HQQE

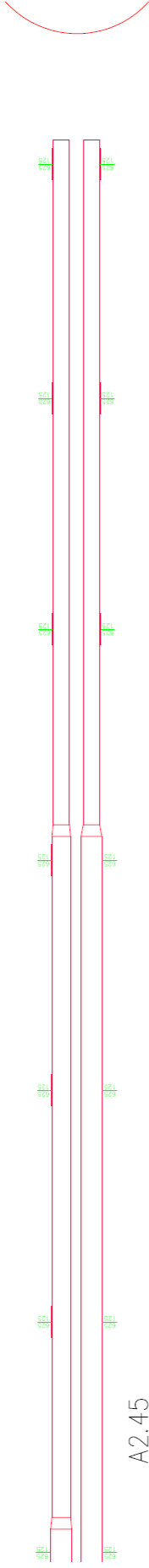
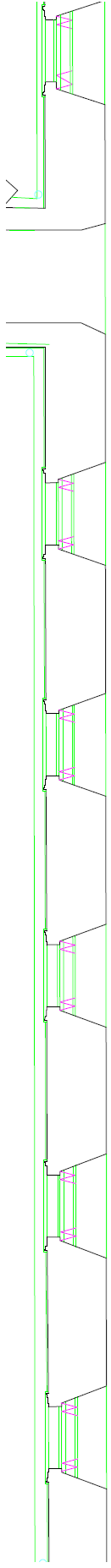
Jedná se o vertikální, vícestupňová odstředivá čerpadla se sacími a výtlačnými hrdly na stejné úrovni (v jedné ose) umožňují instalaci v horizontálním systému s jedním potrubím. Hlava a základna čerpadla jsou z litiny - všechny ostatní smáčené části jsou z korozi-vzdorné oceli. Hřídelová ucpávka v zásobníku zvyšuje spolehlivost, zajišťuje bezpečnou manipulaci a umožňuje jednodušší servis a přístup. Přenos sil je prostřednictvím dělené spojky. Potrubí je připojeno oválnými přírubami s vnitřními Rp závity.

Čerpadlo je instalováno s 3-fázovým asynchronním motorem chlazeným ventilátorem.

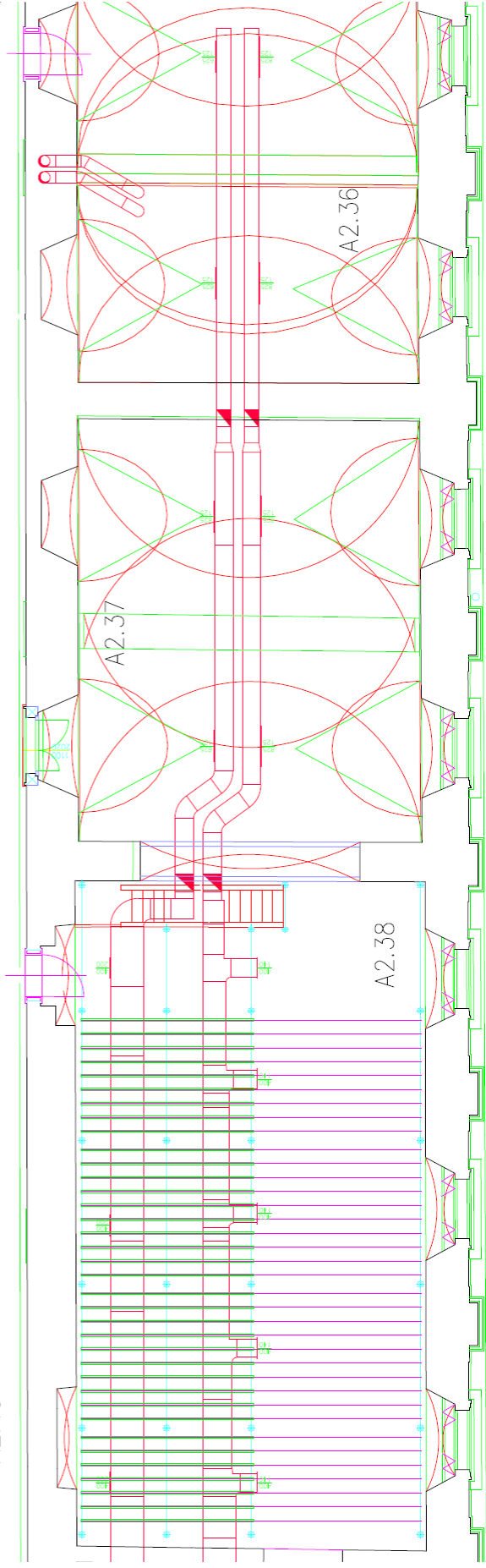
# PŘÍLOHA P V: NÁVRH VZT DEPOZITÁŘŮ



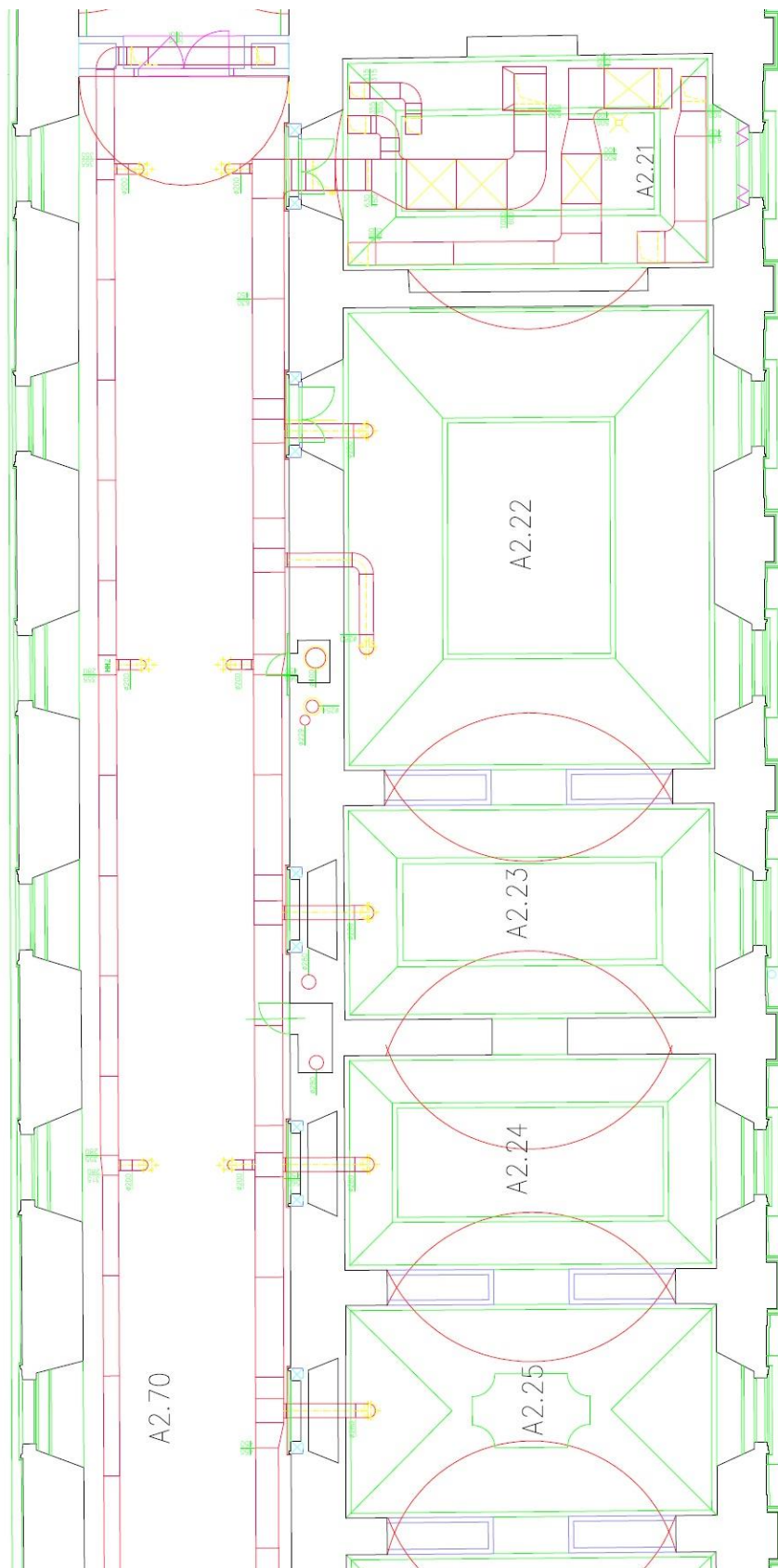




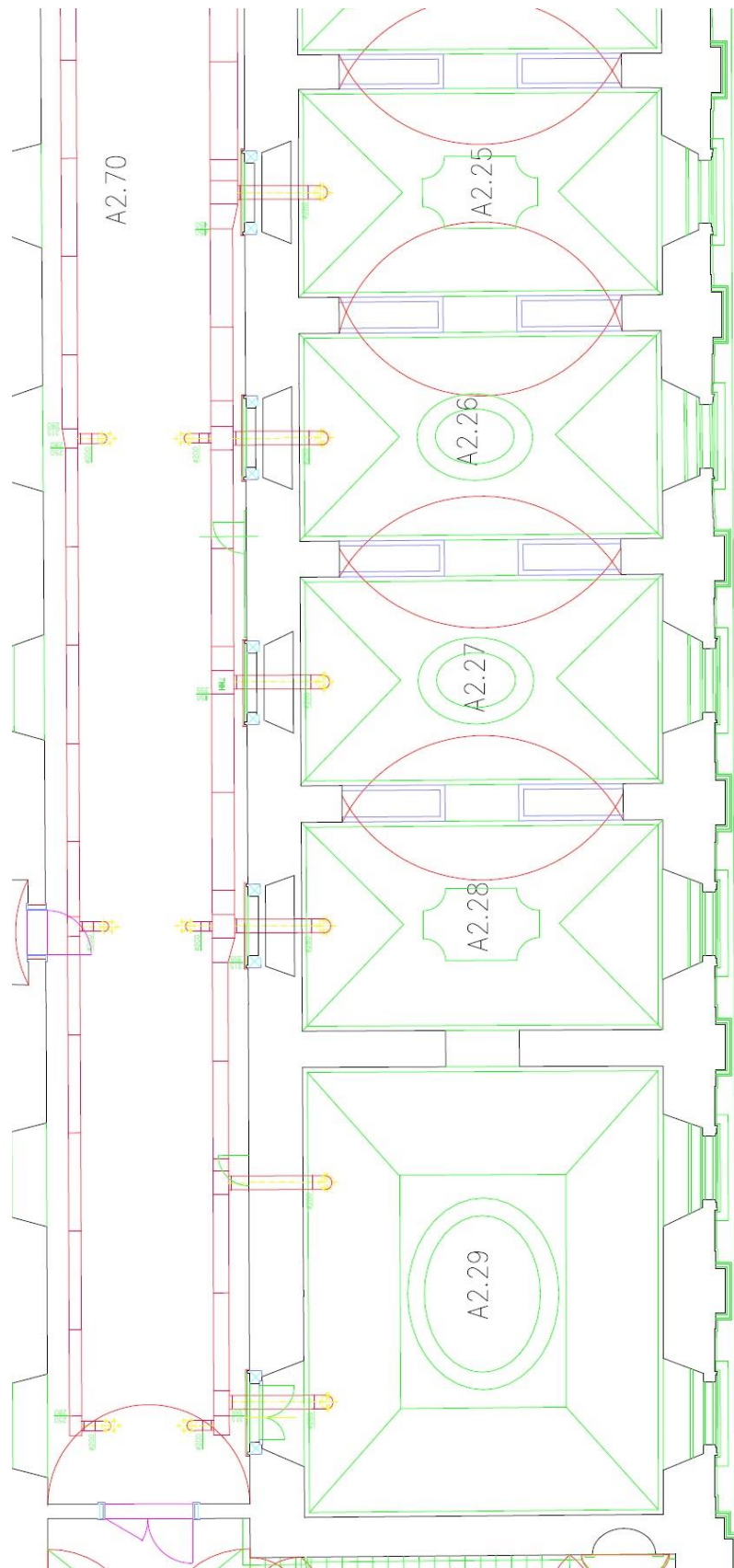
A2.45



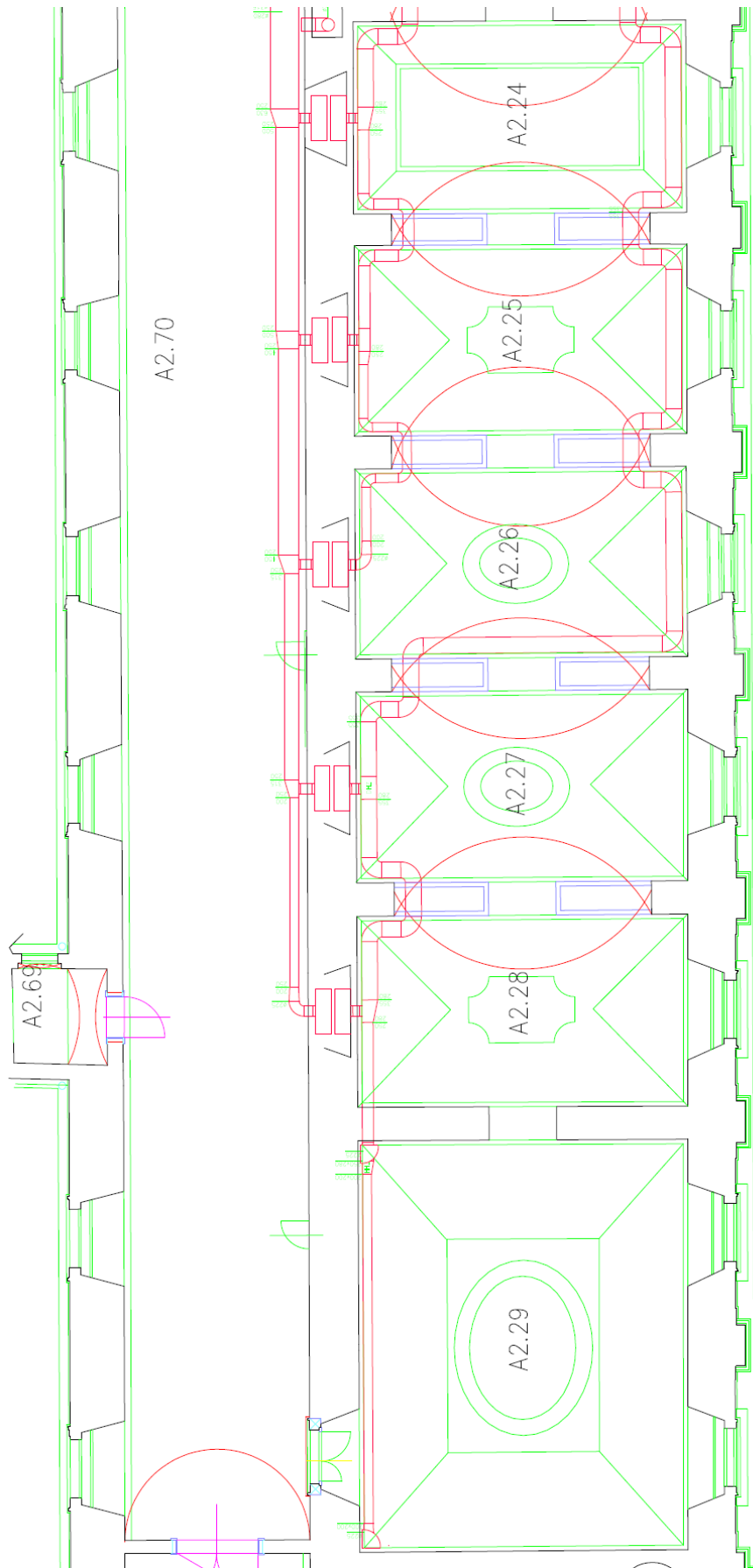
## PŘÍLOHA P VI: NÁVRH VZT GALERIE



*Potrubí VZT pro přívod vzduchu do galerie I*

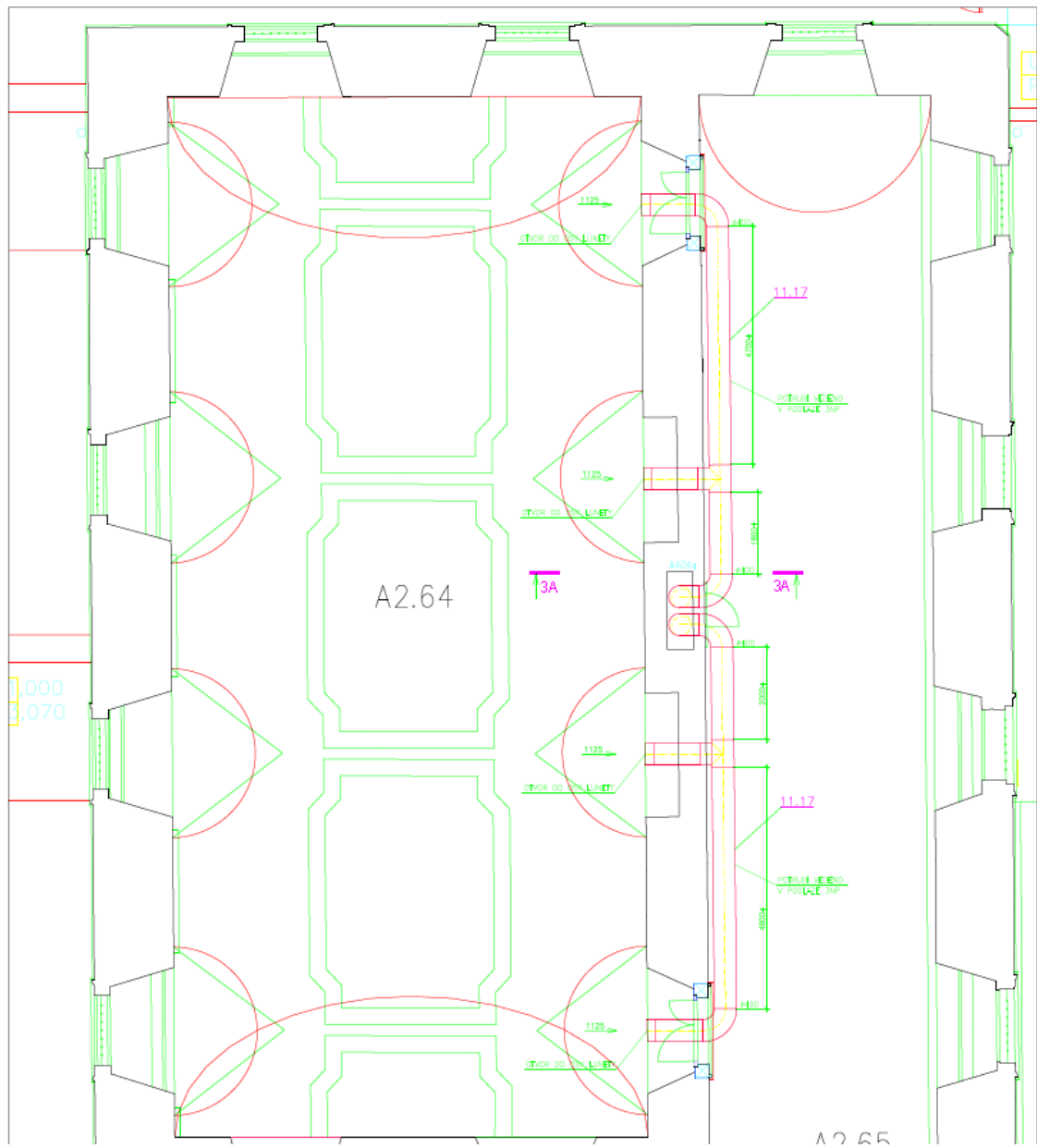


*Potrubí VZT pro přívod vzduchu do galerie II*

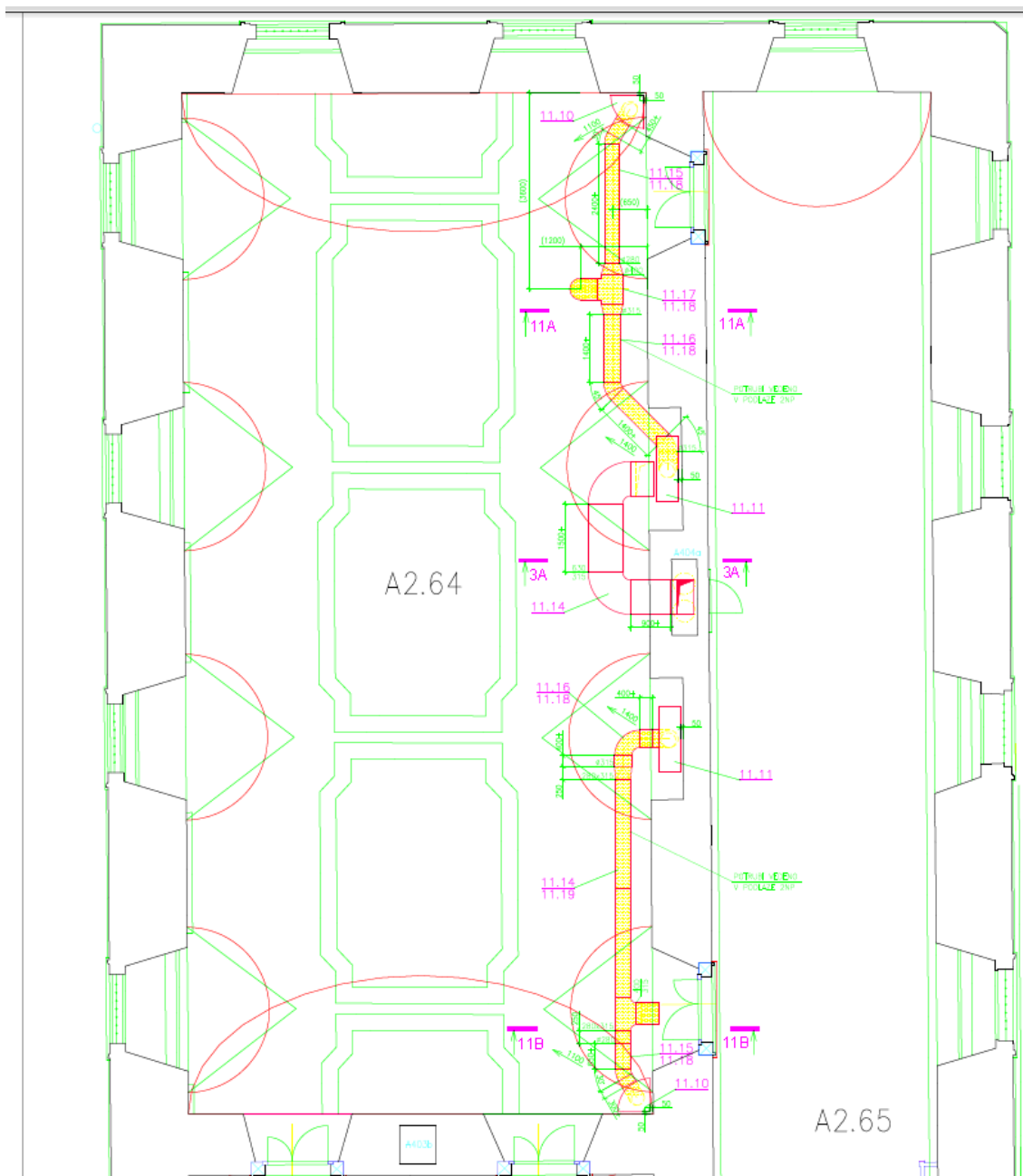


*Potrubi VZT pro odvod znehodnoceného vzduchu z galerie*

# PŘÍLOHA P VII: NÁVRH VZT SÁLŮ



*Potrubi VZT pro přívod vzduchu do velkého sálu*



*Potrubi VZT pro odvod vzduchu z velkého sálu*



# PŘÍLOHA P VIII: SCHÉMA INSTALACE ŘÍZENÍ

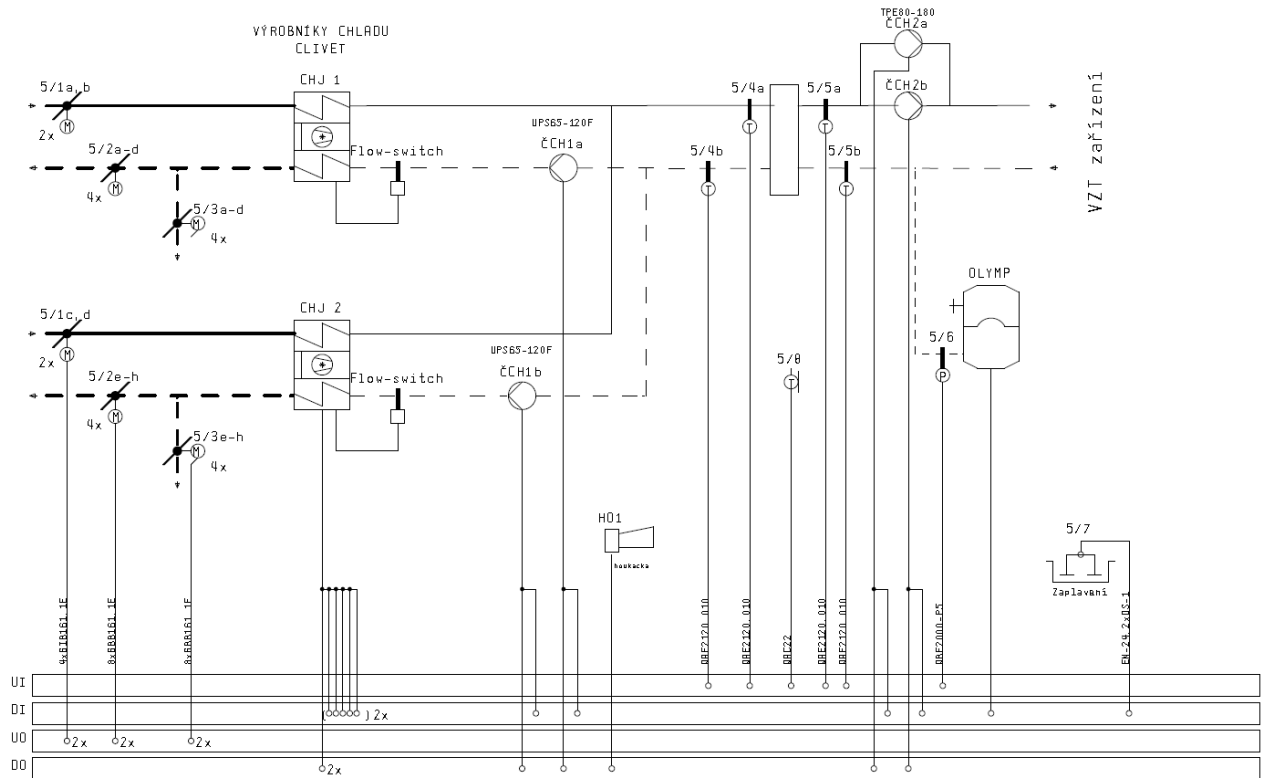


Schéma zapojení - zdroj chladu

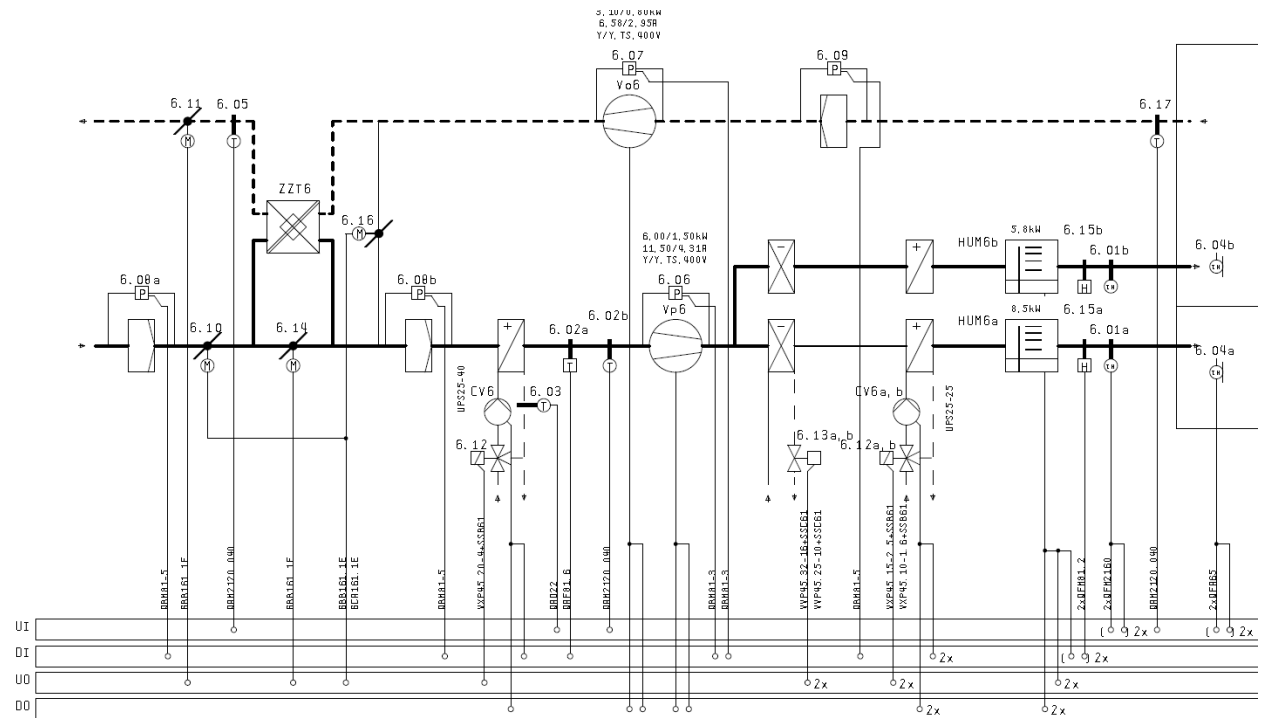
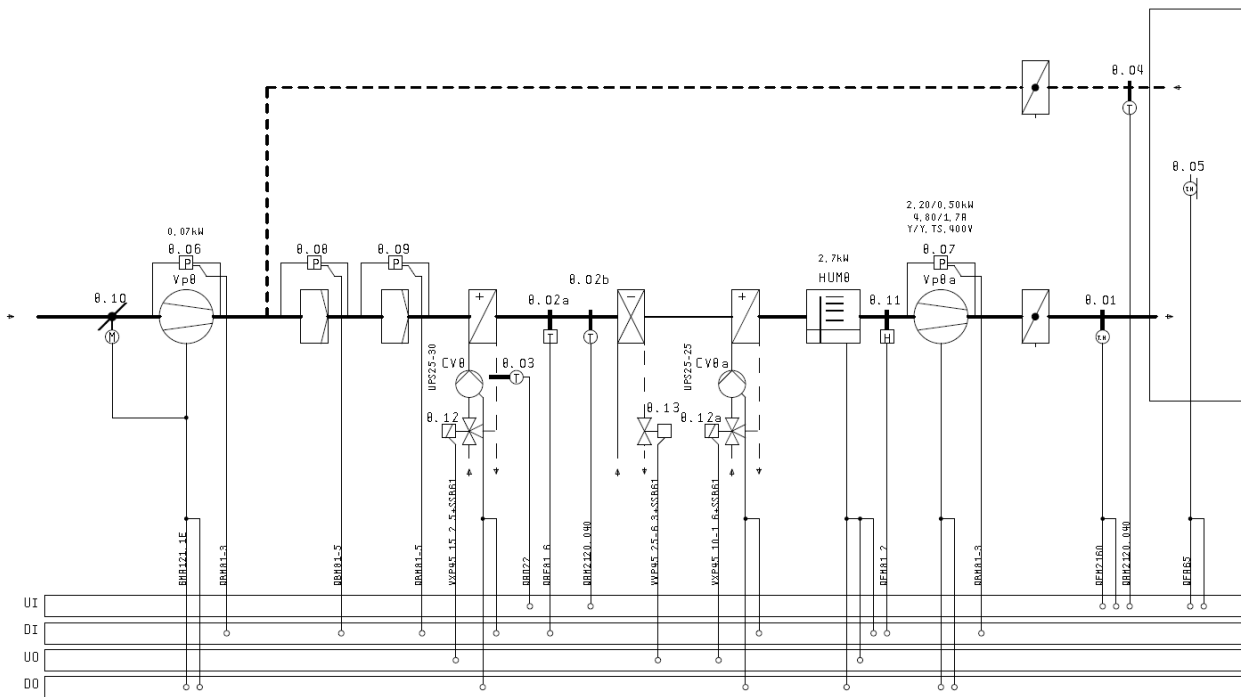
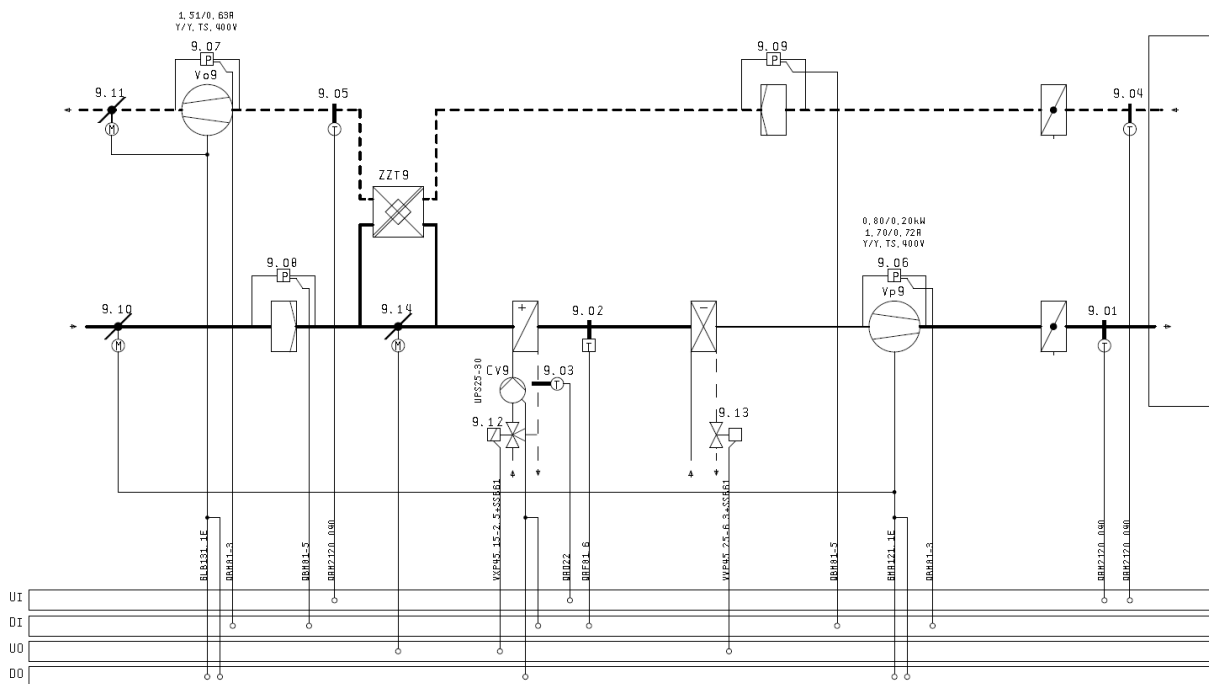


Schéma zapojení VZT - Galerie

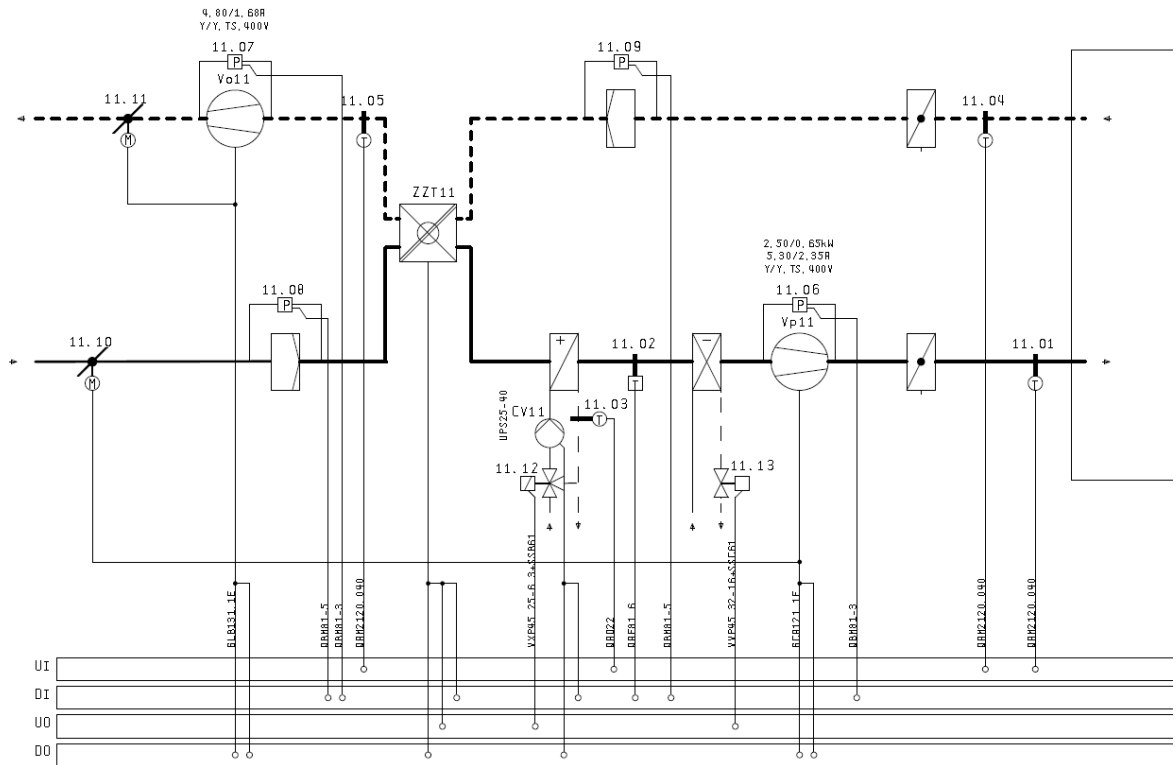




*Schéma zapojení VZT - Depozitáže plastiky*

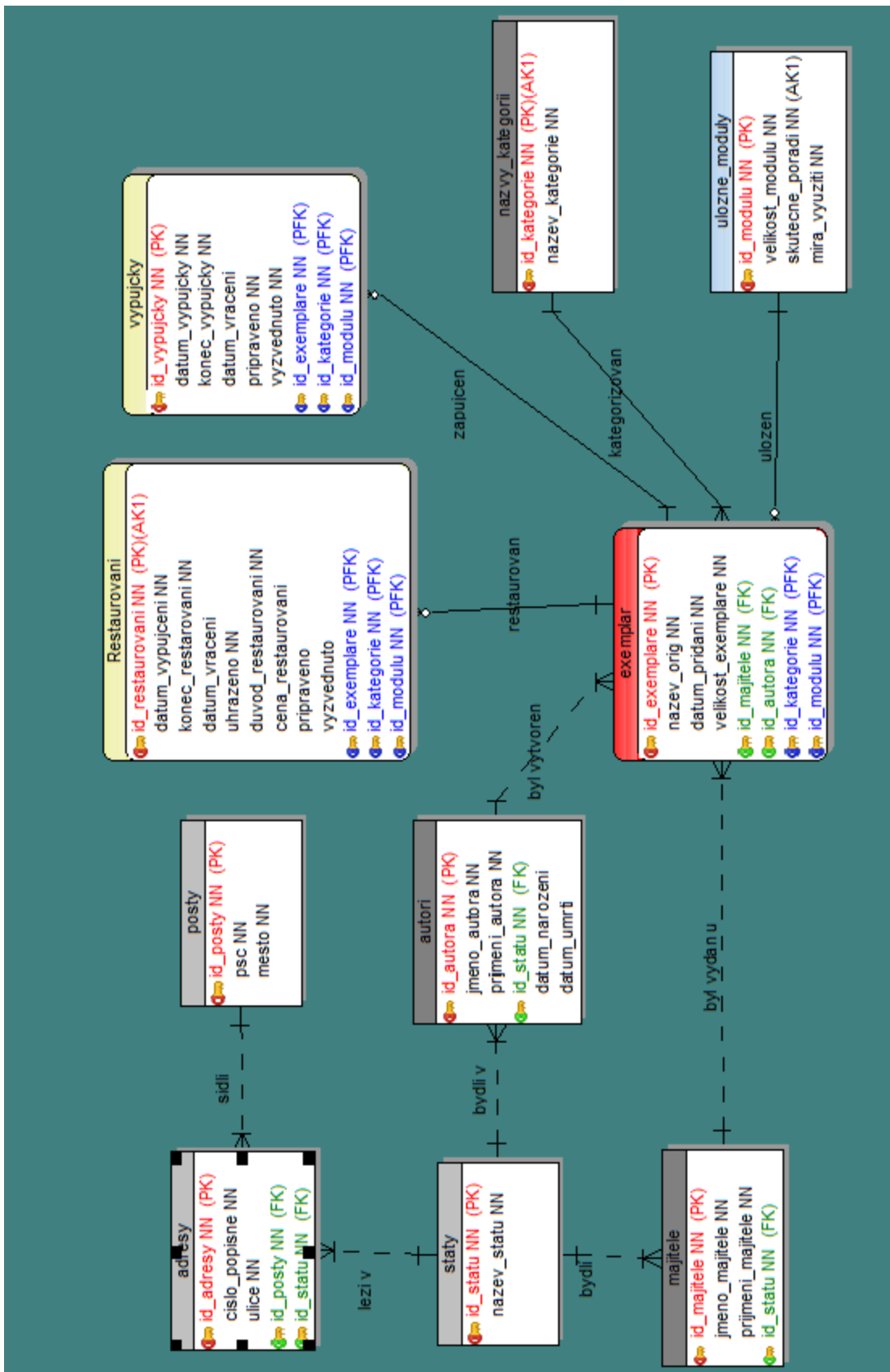


*Schéma zapojení VZT - Malý sál*



*Schéma zapojení VZT – Valký sál*

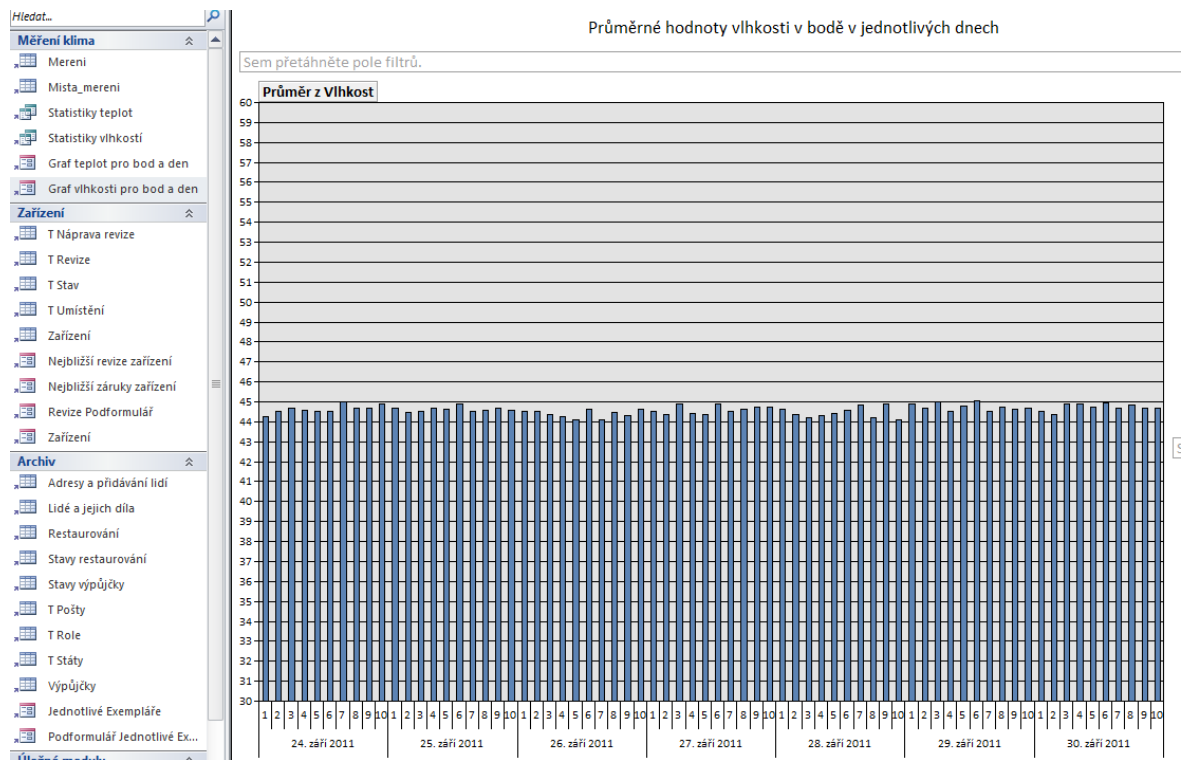
## PŘÍLOHA P IX: MANAGEMENT BUDOVOY



Navržený ER model (Entity-relationship model) v Toad Data Modeleru

ID_mereni	Teplota	Vlhkost	merici_mist	Cas_mereni	Datum měře	Klíč
1706	22,6	46,5	4	3:00:01	24. září 2011	
1707	23,3	43,3	4	4:00:01	24. září 2011	
1708	22,8	44,7	4	5:00:01	24. září 2011	
1709	21,3	44,2	4	6:00:01	24. září 2011	
1710	20,4	44,5	4	7:00:01	24. září 2011	
1711	21,4	43,6	4	8:00:01	24. září 2011	
1712	21,7	45,5	4	9:00:01	24. září 2011	
1713	20,3	46,3	4	10:00:01	24. září 2011	
1714	21,2	45,1	4	11:00:01	24. září 2011	
1715	22,1	44	4	12:00:01	24. září 2011	
1716	20	45,1	4	13:00:01	24. září 2011	
1717	21,1	43,8	4	14:00:01	24. září 2011	
1718	19,6	45,9	4	15:00:01	24. září 2011	
1719	22,9	46,3	4	16:00:01	24. září 2011	
1720	22,8	46,1	4	17:00:01	24. září 2011	
1721	21,1	44,8	4	18:00:01	24. září 2011	
1722	19,5	43,9	4	19:00:01	24. září 2011	
1723	22,3	46,6	4	20:00:01	24. září 2011	
1724	19,9	43,2	4	21:00:01	24. září 2011	
1725	19,6	43,8	4	22:00:01	24. září 2011	
1726	20,5	46,7	4	23:00:01	24. září 2011	
1727	19,9	45,2	5	0:00:01	24. září 2011	
1728	23,2	43,3	5	1:00:01	24. září 2011	
1729	21,2	45,5	5	2:00:01	24. září 2011	
1730	21,8	47	5	3:00:01	24. září 2011	
1731	21,9	44,6	5	4:00:01	24. září 2011	
1732	20,2	45,5	5	5:00:01	24. září 2011	
1733	22,5	44,5	5	6:00:01	24. září 2011	
1734	19,8	45,6	5	7:00:01	24. září 2011	
1735	21,1	46,1	5	8:00:01	24. září 2011	
1736	22,2	46,4	5	9:00:01	24. září 2011	
1737	21,1	44,5	5	10:00:01	24. září 2011	
1738	23,5	43,6	5	11:00:01	24. září 2011	
1739	21,6	43,9	5	12:00:01	24. září 2011	
1740	21,9	46,8	5	13:00:01	24. září 2011	

Výřez dat z měření teploty a vlhkosti



Kontingenční graf vlhkostí v čase

Záruka do	Název	Výrobce	Výrobní číslo	Inventární číslo	Popis
7.8.2013	ZC1	Digiplex EVO	126345511	10	BUS magnetický kontakt
7.8.2013	ZC1	Digiplex EVO	126345510	9	BUS magnetický kontakt
7.8.2013	DM50	Digiplex EVO	126345521	8	Duální infrapasivní detektor
7.8.2013	DM50	Digiplex EVO	126345522	7	Duální infrapasivní detektor
7.8.2013	DM50	Digiplex EVO	126345523	6	Duální infrapasivní detektor
7.8.2013	DM50	Digiplex EVO	126345524	5	Duální infrapasivní detektor
9.9.2013	DG457 GLASSTREK	Digiplex EVO	136337524	4	detektor tříštění skla
9.9.2013	DG457 GLASSTREK	Digiplex EVO	158634524	3	detektor tříštění skla
9.9.2015	TM40	Digiplex EVO	136334524	2	Barevná grafická dotyková klávesnice EZS
9.9.2018	EVO192	Digiplex EVO	112363524	1	Ústředna elektrická zabezpečovací signalizace

*Přehledový formulář, zobrazující nejbližše ukončené záruky zařízení*

<p><b>Lidé</b></p>													
Jméno	Jiří												
Příjmení	Anderle												
Datum narození	14.9.1936												
Datum úmrtí													
Název kategorie	Autor												
Exempláře	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Název</th> <th>Datum přidě</th> <th>Velikost exempláře</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Podzimní vítr</td> <td>16.12.2011</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Krokodýl</td> <td>5.4.2011</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>*</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Název	Datum přidě	Velikost exempláře	Podzimní vítr	16.12.2011	1	Krokodýl	5.4.2011	4	*		
Název	Datum přidě	Velikost exempláře											
Podzimní vítr	16.12.2011	1											
Krokodýl	5.4.2011	4											
*													

*Přehledový formulář jednotlivých autorů v databázi obsažených a děl k nim náležícím*

## PŘÍLOHA P X: HODNOTY SOUČINITELE $C_3$

Celková plocha posuzovaného požárního úseku $S$ $m^2$	Hodnota součinitele $c_3$					
	Výšková poloha požárního úseku $h_p$ m					
	do 22,5		nad 22,5 do 45		nad 45	
	Počet podlaží v požárním úseku					
	$z = 1$	$z > 1$	$z = 1$	$z > 1$	$z = 1$	$z > 1$
do 250	0,50	0,55	0,55	0,60	0,60	0,65
nad 250 do 500	0,50	0,60	0,55	0,60	0,60	0,65
nad 500 do 1 000	0,55	0,65	0,60	0,65	0,65	0,70
nad 1 000	0,60	0,65	0,65	0,70	0,70	0,75