



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta stavební
Katedra technických zařízení budov**

Využití moderních technických systémů pro úpravu vnitřního prostředí v historických budovách

The use of modern technical systems for the treatment of the indoor environment in historic buildings

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Barbora Janů

Studijní program: Inteligentní budovy

Studijní obor: Inteligentní budovy

Vedoucí práce: prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

Praha, 2019

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že diplomovou práci s názvem "Využití moderních technických systémů pro úpravu vnitřního prostředí v historických budovách" jsem zpracovala samostatně a s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne 18.5.2019



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Janů	Jméno: Barbora	Osobní číslo: 395814
Zadávací katedra: 11125		
Studijní program: Inteligentní budovy		
Studijní obor: Inteligentní budovy		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Využití moderních technických systémů pro úpravu vnitřního prostředí v historických budovách	
Název diplomové práce anglicky: The use of modern technical systems for the treatment of the indoor environment in historic buildings	
Pokyny pro vypracování: Zpracujte studii na téma úprava vnitřního prostředí v historických budovách. Zaměřte se na vymezení a klasifikaci pojmu historická budova, dále na přehled historických systémů používaných k úpravě vnitřního prostředí (vytápění, chlazení, větrání), stanovení návrhových podmínek pro vnitřní prostředí a na příkladech demonstруйте různé způsoby využití moderních systémů pro úpravu vnitřního prostředí historických budov. Pro konkrétní objekt zpracujte na základě poznatků získaných studií koncept zásobování teplem a chladem a větrání formou zjednodušené projektové dokumentace na úrovni rozšířené dokumentace pro vydání stavebního povolení dle vyhlášky 499/2006 Sb. Seznam doporučené literatury: Alfano, F. R. - Mazzarella L. (eds.) 2018: Energy Efficiency in Historic Buildings. Brusel. Maurerová L., SYSTÉMY TZB V NEMOVITÝCH PAMÁTKÁCH, Disertační práce VUT v Brně, 2015 Vacková, L..Historický vývoj vytápění a zdravotně-technických instalací v budovách, bakalářská práce ČVUT v Praze, 2017	
Jméno vedoucího diplomové práce: prof. ing. Karel Kabele, CSc.	
Datum zadání diplomové práce: 19.2.2019	Termín odevzdání diplomové práce: 20.5.2019 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Anotace:

Práce se v první části zabývá přehledem historických systémů pro úpravu vnitřního prostředí v historických budovách. Dále je zmíněn současný přístup k problematice, požadavky na vnitřní klima a možnosti moderních systémů, které lze využít při rekonstrukcích. Větší důraz je kladen na požadavky muzejních exponátů.

V závěru první části jsou detailněji uvedeny příklady dvou projektů na úpravu vnitřního prostředí v historických budovách.

Druhá část práce se na úrovni dokumentace pro stavební povolení zabývá návrhem konceptu systému pro úpravu vnitřního prostředí v Královském letohrádku. Navrhuje rovnotlaký vzduchotechnický systém a související stavební úpravy objektu.

Annotation:

In the first part, this thesis overviews historical systems used for the conditioning of indoor premises of historical buildings. Furthermore, the current approach to the issue is discussed, mainly regarding the requirements concerning the indoor climate. The possibilities offered, by more contemporary climate control systems, that can be used during reconstructions of said historical buildings, were explored. More emphasis is placed on the requirements of museum exhibits. At the end of the first part, examples of two projects dealing with conditioning of indoor spaces were introduced.

The second part of the thesis deals with the design of the concept of system for the conditioning of the internal environment in the Royal summer palace at the level of the building permit documentation. It proposes an equal-pressure air conditioning system and related building modifications to the existing building.

Poděkování:

Děkuji především svému vedoucímu prof. Ing. Karlu Kabelemu, CSc. za poskytnutí rad a odborných konzultací. Dále děkuji Ing. Pavlu Jakoubkovi a Ing. arch. Mikuláši Wittlichovi za mnohé zkušenosti v oblasti rekonstrukcí historických budov a Ing. arch. Magdaléně Biedermanové za cenné rady s odbornou literaturou.

V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu během celého studia.

OBSAH

1. Úvod	3
2. Vymezení pojmů	4
2.1 Systémy TZB	4
2.2 Historická budova.....	4
2.3 Tepelně-vlhkostní mikroklima	4
2.4 Výstavnictví.....	5
2.5 Výstavní akce	5
2.6 Památková péče o objekty	6
3. Historické budovy	7
3.1 Klasifikace historických objektů	7
3.1.1 Historické budovy dle provozu.....	7
4. Historické systémy	9
4.1 Vytápění.....	10
4.1.1 Pravěk - otevřená ohniště.....	10
4.1.2 Starověký Řím.....	11
4.1.3 Asie	14
4.1.4 Evropský středověk	16
4.1.5 Průmyslová revoluce	24
4.2 Větrání a chlazení	27
4.2.1 Starověk	27
4.2.2 19. - 20. století.....	30
5. Přístup k problematice	33
5.1 Památková péče	33
5.2 Průzkum, dokumentace	33
5.2.1 Dokumentace BIM	35
5.3 Fyzikální principy	36
5.3.1 Sálavé vytápění	36
5.3.2 Větrání přirozené	36
5.4 Tepelně-vlhkostní mikroklima	37
5.5 Legislativa, standardy	38
6. Návrhové podmínky	41
6.1 Požadavky na vnitřní klima z pohledu pobytu osob.....	41
6.2 Požadavky na vnitřní klima muzejních exponátů	41
6.3 Budovy	47
7. Příklady	48
7.1 Kostel Nejsvětějšího jména Ježíš - Lány	48
7.1.1 Architektonický popis objektu	48
7.1.2 Stávající stav	50
7.1.3 Stavební úpravy	51
7.1.4 Systém 1 - Větrání interiéru kostela	53
7.1.5 Systém 2 - Snížení vlhkosti obvodového zdiva	55

7.2	Královský letohrádek na Pražském hradě.....	58
7.2.1	Architektonický popis objektu.....	59
7.2.2	Požadavky na vnitřní klima z pohledu provozu.....	60
7.2.3	Požadavky na vnitřní klima z pohledu budovy	61
8.	Závěr	62
	Seznam použité literatury a pramenů	63
	Seznam použitých symbolů a zkratek	68
	Seznam tabulek	69
	Seznam obrázků	70
	Seznam příloh	71

1. ÚVOD

Většina budov už od svého samotného počátku byla vybavena - byť občas bez porozumění (nebo schopnosti vyčíslit) fyzikálními principům ze strany jejich stavitele - některým ze systémů pro úpravu vnitřního prostředí. Již od pravěku bylo zajištění tepelné pohody zásadní pro každou budovu určenou k obývání. Zpočátku byl oheň rozděláván i v jeskyních; při použití v primitivních stavbách muselo vytápění být následováno systémem pro odvod spalin. Systém horizontálního provětrávání se poprvé objevil v egyptských stavbách, zatímco vynález ústředního vytápění je přisuzován až Římanům.

Systémy byly v průběhu věku vyvíjeny zdokonalovány, přizpůsobovány místním podmínkám a aktuálním technickým možnostem dané společnosti. Mnohé byly zapomenuty, některé znovu vzkříšeny, jiné se ve více či méně pozměněné podobě používají dodnes.

Součástí snahy současného člověka vylepšovat aktuální systémy je kromě vývoje nových technických prostředků i co nejdokonalejší poznání minulosti. Během stovek a tisíců let byly vynalézány systémy, které dnes jsou již zapomenuty. Proč nevyužít met dosažených v minulosti, proč znovu vynalézat již vynalezené jen pro pouhou ignoranci, neochotou poznávat a zachovávat staré? Jde o zbytečné mrhání lidskou silou a prostředky, které již dříve byly vynaloženy k dosažení stejného cíle.

Špatně navrženými parametry vnitřního prostředí nebo systému na jeho úpravu může dojít až k nevratnému poškození samotné stavby nebo vybavení jejího interiéru.

2. VYMEZENÍ POJMŮ

2.1 SYSTÉMY TZB

Systémy TZB v této práci se myslí pouze ty systémy, které zajišťují úpravu vnitřního prostředí v budovách. Práce se tudíž nezabývá zdravotně-technickými instalacemi ani elektroinstalacemi jako takovými, pouze okrajově. Systémy, které jsou v této práci zmiňované, jsou pouze systémy pro vytápění, chlazení a větrání.

Protože jsou v historických objektech často nestandardní požadavky, je často vhodné použít i monitorovací a řídicí systém (systém MaR).

2.2 HISTORICKÁ BUDOVA

Pod označením historická budova si často představíme nemovité kulturní památky. Ty však tvoří pouze zlomek budov, o kterých bychom mluvili jako o historických.

Vymezení pojmu historie je obecně vcelku složité. Hranice mezi historií a současností je velmi nejasná a hlavně se pořád posouvá. Intuitivně bychom řekli, že historií je to, co nějak bylo a dnes je jinak, a nežijí již lidé, kteří to považují za normální a standardní. Z mého pohledu potom aplikováno na budovy to vypadá tak, že historické budovy jsou ty, které užívají prvky (ať už architektonické, konstrukční, materiálové a technologické nebo jiné), které dnes už užívané nejsou, přinejmenším ne v hlavním proudu.¹

Ve výčtu historických systémů proto končím na přelomu 19. a 20. století.

2.3 TEPELNĚ-VLHKOSTNÍ MIKROKLIMA

Z pohledu péče o objekt i z pohledu vnitřního provozu (nároky technologií, vnitřního vybavení i osob) jsou nejdůležitější zejména tři parametry:

- Teplota v interiéru (t_i)
- Relativní vlhkost interiéru (φ_i)
- Charakter proudění vzduchu

Vzhledem k tomu, že v případě rekonstrukcí budov není možno pružně přizpůsobovat stavební část požadavkům provozu a ani systém TZB není všemocný,

¹ Tímto narážím asi nejvíce na moderní trendy související s ekologickým smýšlením, kdy jsou stavěny i domy ve stylu staveb historických (domy z balíků slámy a podobně). Ty samozřejmě nejsou historickými budovami, jakkoliv při rekonstrukci stavby, která byla moderně postavena za použití tradičních (historických) technologií, budeme pravděpodobně postupovat stejně jako u stavby skutečně historické.

dochází v případě historických budov často k požadavkům na omezení provozu (k nelibosti provozovatele).

Tato práce se v příslušné kapitole zabývá vnitřním prostředím pouze z hlediska oněch tří parametrů; ostatní, často méně problematické a obvykle na oněch základních třech závislé, parametry zmiňuje jen okrajově. Jedná se především o koncentrace určitých plyných látek, pevné polutanty a nežádoucí plísň či škodlivý hmyz a hlodavci.

2.4 VÝSTAVNICTVÍ

Protože součástí práce je i případová studie zabývající se stavbou v současnosti užívanou k výstavám, je v ní problematika specifických požadavků na vnitřní klima z hlediska (často historicky hodnotných) exponátů rozebrána více podrobně. V této kapitole jsou představeny základní pojmy týkající se výstavnického provozu, samotné požadavky na vnitřní klima jsou rozebrány zvlášť (viz kap. č. 6.2 "Požadavky na vnitřní klima muzejních exponátů", str. 41).

2.5 Výstavní akce

Sbírkové předměty prezentujeme zejména dvěma způsoby – dlouhodobými expozicemi či v rámci krátkodobých (ev. putovních) výstav – z nichž každá má své specifické požadavky na celkové architektonické a technické řešení.

EXPOSICE

Expozicemi rozumíme dlouhodobé instalace – zpravidla trvající od 5 do 15 let. Obvykle v rámci nich bývají prezentované stěžejní sbírky muzeí. Vzhledem k dlouhodobějšímu trvání je přípravě i následné realizaci věnována větší pozornost – a také finanční prostředky. Kromě nadčasovosti daného architektonického řešení je kladen zvláštní důraz na trvanlivost jednotlivých instalací a ostatního vybavení.

Z hlediska vnitřního prostředí jsou podstatně náročnější; dané exponáty jsou v prostorech uloženy (vystaveny) poměrně dlouho a jakákoliv chyba se za tu dobu násobí. Na druhou stranu se - narozdíl od univerzálních výstavních prostor - interiér projektuje už na míru konkrétním exponátům a jejich požadavkům, není tedy tolik třeba dělat kompromisy.

Architektonicky bývají expozice nápaditěji podané a dovolují tak stavebními úpravami napomoci technice pro prostředí staveb (např. uzavřenými vitrínami, kde

se vzduch uvnitř upravuje odděleně od vzduchu celého sálu a podobně).

VÝSTAVY

Oproti expozicím trvají výstavy mnohem kratší dobu – obvykle v řádu měsíců. Presentovány bývají aktuální výzkumné projekty, příležitostně vystavované sbírky nebo např. umělecká díla. Součástí výstav bývají často předměty zapůjčené. Specifickou podobou jsou potom výstavy putovní, které jsou na krátkou dobu postupně instalovány v různých výstavních prostorech.

Prostředí v sálech určených pro krátkodobé vystavování musí být řešeno co nejvíce univerzálně. Obvykle není schopno zajistit moc přesně regulované podmínky, a to zpravidla ani samostatně upravovanými vitrínami (takové vitríny nebývají snadno manipulovatelné), proto se skladba vystavovaných exponátů přizpůsobuje prostoru (a ne naopak, jako je tomu spíše u dlouhodobých výstav).

2.6 PAMÁTKOVÁ PÉČE O OBJEKTY²

Velká část historických staveb je památkově chráněna³. Kulturní památky jsou evidovány (podle §7 daného zákona) v Ústředním seznamu kulturních památek (ÚSKP). Způsob evidence je upraven §3 a §6 vyhlášky 66/1988 Sb. V elektronické podobě jsou základní informace k záznamům k dispozici na webovém portálu Památkového katalogu NPÚ⁴.

Dokumentace památkově chráněných objektů je přílohou k evidenčním listům, a to jak fyzicky, tak i v elektronické podobě v rámci integrovaného informačního systému památkové péče (IISPP).

2 Vzhledem k tomu, že se práce zabývá i prostředím v muzeích a galeriích, týká se památková ochrana i některých sbírkových předmětů. Stejný zákon se tedy vztahuje i k nim.

3 Zákon č. 20/1987 Sb.

4 <http://www.pamatkovykatalog.cz/>.

3. HISTORICKÉ BUDOVY

Jak už je uvedeno v předchozí kapitole, většina historických budov je pod památkovou ochranou, není to však podmínkou. Přístup ke stavbám se podle toho trochu liší, i když samozřejmě záleží především na osvědčenosti investora/uživatele.

Zatímco u památkově chráněných objektů se v co největší míře snažíme především o zachování stávajícího a jeho prezentaci veřejnosti, provoz tomu bývá ve větší či menší míře zpravidla přizpůsoben. Ne u všech staveb to však je nutností, občas se uživateli vyplatí "obětovat" nějakou konstrukci, protože k její totální degradaci třeba dojde až po morálním dožití rekonstruované stavby.

3.1 KLASIFIKACE HISTORICKÝCH OBJEKTŮ

3.1.1 Historické budovy dle provozu

Zásadním dělením z pohledu problematiky vnitřního prostředí je podle toho, zda jsou budovy při rekonstrukci navrženy ke stejnému provozu, jako byl jejich původní účel, nebo k jinému. Zcela pochopitelně pak je jednodušší obnovovat stejnou funkci, i když ne vždy to musí být pravda, protože nároky na kvalitu vnitřního prostředí se v průběhu věku (a především v moderní době) značně vyvinuly a zpravidla zvýšily.

Stejně jako u novostaveb je základní dělení na budovy obytné a veřejné stavby. Zatímco v obytných budovách je nejdůležitější vliv prostředí na lidské zdraví, v některých veřejných budovách jako jsou muzea, galerie, kostely jsou požadavky na vnitřní prostředí dány i potřebami vybavení. To bývá nezřídka mnohem náchylnější na výkyvy v kvalitě prostředí než osoby.

OBYTNÉ BUDOVY

I v novostavbách jsou dnes často do obytných budov navrhovány systémy přirozeného větrání, případně jednoduché systémy řízené. Stejně tak i v rekonstrukcích obytných budov je často možno zachovat stávající systém nebo ho podpořit systémem nuceným (např. podtlakové větrání), který v malých objemech nebývá velkým zásahem do konstrukcí domu.

SHROMAŽĎOVACÍ SÁLY, DIVADLA

V případě rekonstrukcí větších historických staveb, které jsou nadále využívány ke stejnému účelu jako byly postaveny, bývá výhoda v tom, že zpravidla v nich už nějaký systém vytápění, resp. větrání je. Dovolí-li to okolnosti, dají se k vedení rozvodů otopných soustav nebo vzduchotechnického potrubí využít stávající

šachty, průduchy a otvory, jako strojovny potom někdejší kotelny.

MUZEA, GALERIE

V případě muzeí a galerií je situace trochu složitější; v dobách, kdy byly stavěny, ještě nebyl kladen takový důraz na ochranu exponátů vhodným prostředím. Obvykle se provoz (a skladba vystavovaných exponátů) v muzeích značně přizpůsobuje technickým možnostem. Je-li to možné, nejvhodnější je upravovat vnitřní prostředí nuceným rovnotlým větráním, při kterém je nejlépe možno kontrolovat a řídit kvalitu vzduchu.

Není-li to možno, budovy bývají alespoň temperovány, případně lokálně odvlhčovány. Prostor, v němž jsou uloženy samotné exponáty je buď řízeno v rámci uzavřených vitrín nebo boxů (v případě archivů a depositářů i skříní), nebo jsou přemístěny do nově postavených budov, kde se již od počátku projektu s náročnými podmínkami počítá.

4. HISTORICKÉ SYSTÉMY

U pravěkých staveb bylo základním cílem vytopit obytný prostor a zajistit energii pro přípravu pokrmů. Proto hlavní potřebou pro vnitřní prostředí bylo vyvinutí komínových průduchů a následně komínových těles, aby odvod spalin z ohniště byl bezpečný. Veškerý rodinný život se odehrával kolem ohně a jeho udržování bylo jednou z hlavních starostí hospodyně.

Ve starověkém světě předního východu a Egypta byla především potřeba provětrávání, resp. ochlazování kamenných budov. Vynalezli systém provětrávání pomocí tzv. větrných věží, které jsou funkční dodnes.

Svět antiky byl poznamenán především učením filosofů a architektů (Vitruvius, Plinius, Palladio). Řekové a především Římané dbali velmi na kvalitu prostředí ve svých stavbách. Především Římané kladli velký důraz už na prostředí, ve kterém zakládali svá města. Okolí domu muselo být vysušeno (odvodňovací systémy, např. *cloaca maxima* v Římě), daleko od mokřadů a bažin, daleko od odpadních vod a příkopů. Správně si vážili především čistého ovzduší. Snaha o zbudování co nejlepších podmínek pro život se velmi odrazila v urbanismu; domy stály dostatečně daleko od sebe tak, aby si navzájem nestínily (případně ve velmi horkém podnebí naopak dostatečně blízko tak, aby si stínily), ulice byly dlážděné a spádované, střechy s dostatečným sklonem, aby odtékala dešťová voda⁵. Všechna voda musela po dešti ihned pryč, protože v teplém podnebí se taková voda snadno kazila a znečišťovala ovzduší. Ulice musely být orientovány tak, aby jimi váł slabý vítr a provětrával tak nejen ulice, ale i jednotlivé domy. V interiérech bylo také dbáno na provětrávání - dveře se stavěly naproti sobě (zpravidla uprostřed stěny místnosti), okna byla velká na sever a malá, zastíněná žaluziemi v jižních fasádách.

Na domech římských měst bývaly často užívány různé balkony a pavlače, které zesložitovaly povrch domů (kvůli větru) a hlavně stínily ulicím a otvorům do domů. Klasický římský městský dům měl také dvě nádvoří - jedno reprezentativní a druhé hospodářské - díky kterému bylo v interiérech zajištěno více světla. Ve dvorech domu bývala po celém obvodu loubí.

Důraz byl kladen také na vodní prvky a zeleň; ve městech bývalo velké množství fontán a pitek, v nádvořích jednotlivých domů také obvykle nechybělo malé *impluvium*, neboli bazének či kašna. V ideálním případě byly tyto napájeny ze vzdálených horských zdrojů velmi čistou vodou. Voda byla do měst přiváděna až desítky kilometrů dlouhými akvadukty.⁶

Ve středověku se setkáváme hlavně s vývojem vytápění, a to především z

5 Dešťová voda tekoucí po ulicích byla klíčová pro jejich čištění.

6 GÄRTNEROVÁ - LAIN - URIE 2001.

výtvarného hlediska. Krby a kamna byly zdobeny nejrůznějšími motivy a tvořily srdce obytných místností.

Při průmyslové revoluci došlo k urbanizaci, tedy zvýšení počtu obyvatel a jejich koncentraci ve městech, a s tím spojenými vyššími nároky na prostředí. V důsledku toho začala být větší potřeba kvality prostředí v obytných budovách. V těch se začaly hromadně používat centrální systémy vytápění a (nově) především větrání.

4.1 VYTÁPĚNÍ

4.1.1 Pravěk - otevřená ohniště

Historie vytápění sahá tak hluboko do historie jako schopnost lidí používat oheň. Nejstarší známky řízeného užívání ohně jsou z území Izraele z období před 790 000 lety.⁷

Na našem území jsou první otevřená ohniště doložena už od dob před minimálně 600 tisíci lety.⁸ Zpočátku byla zřizována především v jeskyních, případně na volných plochách v podobě mělké prohloubeniny v terénu vyskládané plochými kameny, díky které byl oheň chráněn před větrem.

Hned od počátku usidlování byla ohniště zřizována v příbytcích.⁹ Nejprve v jednoprostorových, zpravidla uprostřed a po vzoru těch venkovních pouze na hlíněné podlaze vyskládané kameny. Později, kdy byly používány dřevěné podlahy, se prostor ohniště pod kameny vymazával jílem. Pravděpodobně kvůli zvýšení pohodlí při vaření bývala později ohniště podezdívána cca 30-50 cm podezdívkou z kamene spojeného jílem. Na této konstrukci byly třeba 2 až 3 prohlubně, ve kterých hořel oheň, na němž se vařilo.



Obr. 1: dlouhý neolitický dům (v tomto případě tzv. lengyelské kultury) byl stavebně rekonstruován v archeologické experimentální stanici a skanzenu Březno u loun na místě, kde byl odkryt půdorys jeho pravěkého předchůdce (GOJDA 2014, 1.3-1)..

Stavby obvykle bývaly dřevěné omazané hlínou, se slaměnou nebo rákosovou

7 ALPERSON-AFIL 2012.

8 GOJDA 2014.

9 Je známo, že i kočovné národy stavěly provizorní příbytky, většinou však mívali ohniště venku (CIHELKA 1968, 286).

střechou. Kouř unikal různými otvory a netěsnostmi, vzduch v interiéru musel být poměrně nepříjemný a kouřem nezřídka prosycený). Aby byl kouř lépe odváděn, začal se okolo 6. století našeho letopočtu do štítu pod střechy dělat otvor. Střecha byla přetažena, aby byl otvor chráněn před deštěm a sněhem. Stříška mohla být doplněna kouřovou klapkou, která ovládním tyčí v interiéru regulovala velikost kouřového otvoru. Otvor mohl být umístěn také ve prostřed střechy, v tom případě ale měl vlastní stříšku. Ty bývaly posléze bohatě zdobeny a připomínaly následné zděné komíny.¹⁰

Kvůli jiskrákům ohrožujícím střechu býval nad ohništěm instalován kryt z proutí a hlíny, později sbitý z prken.¹¹ Později se začaly stavět domy i s půdním prostorem, skrz který od zachycovače kouře vedl krátký průduch, který vypouštěl kouř v prostoru pod střechou.

Oheň býval udržován i přes noc, a to pomocí keramických nebo později kovových nádob¹², do nichž se přesouvaly žhavé uhlíky. Otvory v nich zajišťovaly přístup vzduchu a odvod spalin. Pro vaření se používalo kovových roštů nebo se nádoby nad oheň zavěšovaly na příčné trámy a trojnožky.¹³

4.1.2 Starověký Řím

Kromě níže popsaných vytápěcích systémů měli Římané k vytápění svých domů ještě jeden zdroj (zcela přírodní) tepla - termální zřídla. Vodou z nich tryskající byly zahřívány kovové desky s dutinami. Nálezy známe především z lázní (v Anglii nebo jižní Francii), voda mohla být podlahou vedena keramickým potrubím nebo dutými cihlami.¹⁴

OTEVŘENÁ OHNIŠTĚ

I v domech starověkých civilizací bylo otevřené ohniště velmi časté. Jak se postupně začaly stavět domy vícepodlažní, bylo ohniště přesunuto do rohu místnosti a případně doplněno o vertikální průduchy, které postupně daly vzniknout

10 Obraz těchto stříšek se dochoval ještě ze 13. století, používalo se jich zejména u výstavných panských domů v Anglii - zvané *turred* nebo *smoke-lower* (CIHELKA 1969a).

11 Tento zachycovač kouře byl zejména na venkově častokrát oblíbenější než klasický komín a užíval se nejméně do 17. století (CIHELKA 1968, 287).

12 Známo minimálně od doby římské. Variantně se používaly poklapy na celé ohniště.

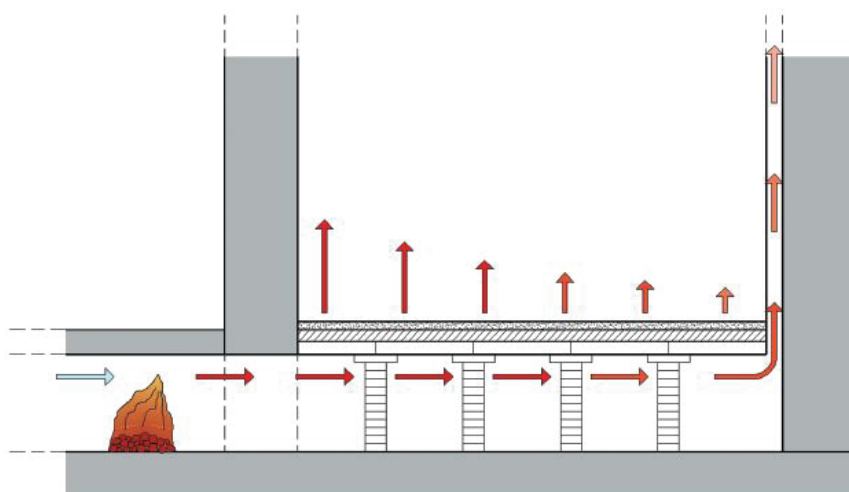
13 CIHELKA 1968.

14 CIHELKA 1970b, 59.

komínům.¹⁵

HYPOKAUSTUM

Za první historické podlahové vytápění a zároveň první ústřední vytápění vůbec je považováno římské *hypokaustum*¹⁶. Věří se, že jeho vynálezcem byl v 1. století př. n. l. římský obchodník a stavitel Sergius Orata¹⁷. V rámci římského imperia bylo užití tohoto systému vytápění velmi rozšířené, je k nalezení kromě dnešní Itálie i v zemích celé jižní Evropy, západní Asie i severní Afriky. Obvykle ho bylo užíváno ve veřejných stavbách, zpravidla lázních, není ale výjimkou, že se pomocí *hypokausta* vytápěla i leckterá obytná sídla vlivných občanů. Mnohem běžnější v římských domech ovšem bylo vytápění malými přenosnými kamínky (viz oddíl "Přenosná kamínka", str. 13). *Hypokaustum* mělo oproti kamínkům však četné přednosti - kromě lepší a rovnoměrnější tepelné pohody v rámci vytápěné místnosti je to určitě velká tepelná setrvačnost a čistý provoz. Dostatečně vysokou dutinu bylo též možno pravidelně kontrolovat a čistit.



Obr. 2: Princip vytápění hypokaustem (LEHAR 2017, Abb. 2)..

Topeniště umístěné mimo dům pod úroveň podlahy vytápěné místnosti bylo kanálem napojeno na dutinu vysokou zhruba 80 - 100 cm pod celou podlahou. Vícevrstvá podlaha byla podepřena sloupky z plochých čtvercových cihel, méně často pak vyzděné z kamenů. Sloupky z cihel byly horkému spalinovému plynu v

¹⁵ Latinsky se otevřeným resp. částečně obezděným ohništěm vytápěné místnosti říkalo *caminata*, z toho pak slovo *camino* či česky *komín*.

¹⁶ Slovo je řeckého původu: *hypo* = zdola, *kauein* = hořet.

¹⁷ Konkrétně je uváděn rok 80 př. n. l. (CIHELKA 1970a).

dutině překážkou a napomáhaly rovnoměrnějšímu rozložení teplot a proudění.¹⁸

Z podlahy byly spaliny odvedeny buď komínem u druhé fasády domu, nebo, aby byla energie co nejlépe využita a dosaženo co nejvyššího tepelného komfortu, stěnami tvořenými dutinovými cihlovými díly.

V topeništi bylo spalováno zpravidla tvrdé (dubové) dřevo, případně dřevěné uhlí. V zimním období se vytápělo nepřerušovaně. Spotřeba dřeva byla značná; podle experimentálního zjištění provedeného v Park Carnuntum činila zhruba 170 kg/h nebo 50 kg/h dřevěného uhlí (z 210 kg dřeva) na jeden metr čtvereční vytápěné plochy.¹⁹ Teplota kouře pod podlahou byla mezi 90 a 180 °C (s povrchovou teplotou podlahy okolo 25-30 °C) a ve stěnách přibližně o 5 °C méně. Vzduch v podlaze proudil rychlostí mezi 0.05 a 0.5 m/s.²⁰

Zděné topeniště umístěné mimo budovu se nazývá *praefurnium*. Na jedno topeniště mohlo být napojeno více vytápěných místností. Velmi důležitá byla možnost regulace přívodu vzduchu. Spaliny byly od topeniště vedeny buď rovnou do otevřeného prostoru dutiny, nebo, aby bylo zajištěno lepšího rozložení teplot, kanálem do prostředku místnosti a odváděno dutinami ve stěnách rozmístěnými v pravidelných vzdálenostech po obvodu.

System zvednuté podlahy začal později být nahrazován kanály, princip vytápění však zůstával obdobný. Ve středověku tento způsob centrálního vytápění zcela chybí. Kanálové vytápění bylo znovuobjeveno teprve až na přelomu 18. a 19. století (viz oddíl "Vytápění kouřovými plyny", str. 22).²¹

PŘENOSNÁ KAMÍNKA

Přenosná kamínka, která se těšila velké oblibě, neměla žádný komín pro odvod spalin. Topilo se v nich hlavně dřevěným uhlím, při jehož spalování nevniká tolik kouře, proto to tolik nevadilo. I tak ale mohlo hrozit zadušení z plynů vznikajících při spalování. Alternativně (v zemích, kde není k dispozici tolik dřeva) se spaluje zvířecí trus.

Vyrobena byla nejčastěji ze železa či bronzu a obvykle bývala velmi zdobná. Bylo možno na niuch také vařit. Aby se ve vytápěné místnosti nenadělal nepořádek, zpravidla se v kamínkách zatápělo jinde a do obytné místnosti byla donesena s již řádně rozhořenými uhlíky.

Tato kamínka používaly i jiné starší národy a Římané je od nich převzali. Nálezy dokazují, že kovová nebo keramická kamínka byla používána už Foiničany; na

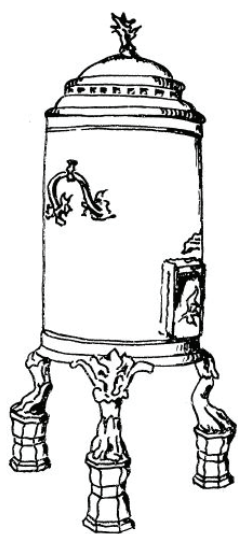
18 LEHAR 2012.

19 LEHAR 2017.

20 Hodnoty vyšly z experimentů prováděných ve stavbě zvané *Aula Palatina* (CIHELKA 1970a).

21 CIHELKA 1970a.

předním východě, v Číně i Japonsku. V některých zemích jsou takováto kamínka užívána dodnes.



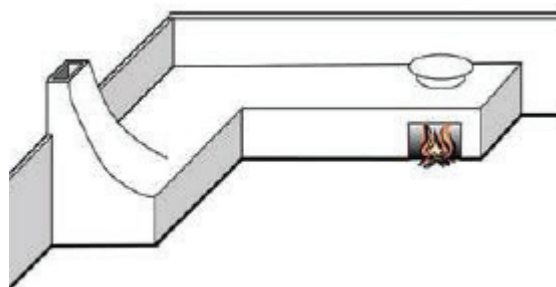
Obr. 3: Kovová přenosná kamínka ze starého Říma (CIHELKA 1969, Obr. 2)..

4.1.3 Asie

Na základě archeologických výzkumů v oblasti Shenyang usuzujeme, že osídlení v Číně bylo už před více než 7 tisíci lety. Nálezy ukazující na použití vytápěných zvýšených podlahových ploch jsou datovány do období mezi 4800 až 4300 před naším letopočtem. Nejstarší nálezy ondolu jsou na základě radiokarbonové analýzy staré zhruba 3000 let.²² Nazývané je to "vypálená země", kde pod zděnou stavbou jsou v zemi vykopány vyhřívací kanály a zemina okolo nich je průchodem spalin vypálená.

KANG

V Číně, Tibetu i jiných zemích východní Asie²³ byl s oblibou užíván systém velmi obdobný římskému hypokaustu, který se nazývá *kang*. Do Evropy byla znalost tohoto systému podlahového vytápění donesena až na konci 18. století. Počátky užívání čínského vytápění jsou pravděpodobně také v období starověku²⁴, narozdíl od Evropy však v Číně byl užíván i v období středověku.



Obr. 4: Lavicový *kang* v uspořádání do tvaru L (BEAN - OLESEN - KWANG-WOO 2010)..

Topeniště bylo, stejně jako u římského *hypokausta*, umístěno mimo vytápěnou

22 BEAN - OLESEN - KWANG-WOO 2010a, 42.

23 Tradičně ovšem tento systém patří především do severní Číny (BEAN - OLESEN - KWANG-WOO 2010a)

24 V současné době se na základě archeologických nálezů a historických literárních pramenů začínáme přiklánět k názoru, že naopak Čína používala tento vytápěcí systém ještě před Římany. Není zcela nepravděpodobné, že i *hypokaustum* bylo vytápěním *kang* inspirováno. Slovo *kang* je možné vysledovat až do 11. století př. n. l., mělo však význam nejprve související s vysoušením, než se z toho stalo synonymum pro vytápěná lůžka a posléze čínský systém vytápění kouřovými plyny (Guo 2005).

místnost, ale mohlo být i v ní. Dutina v podlaze je v tomto případě oproti hypokaustu podstatně nižší a podlaha nad ní se skládá už jen z keramických destiček (narozdíl od římské podlahy nemá složitější souvrství). Stejně jako u *hypokausta* bylo možno vytápět jen samotnou podlahu (pak se systém nazývá *ti-kang*), otopnou plochou ve stěnách s velkými hliněnými lavicemi nebo lůžky (vytápění *kao-kang*) nebo s otopnou plochou ve stěně se zapuštěným polouzavřeným ohništěm (*tong-kang*) připomínajícím krb.²⁵ Nejčastěji byla vytápěna zvýšená část podlahy sloužící v noci jako lůžka a přes den jako pracovní plocha. Obvykle byla tato část pormována do tvaru U, nebo tvořila v rámci místnosti samostatný výklenek. Tradičně zabírala až 50 plochy místnosti.

Oproti *hypokaustu* bývalo v topeništi páleno také černé uhlí.²⁶ V taskovém případě nebyl vždy konstruován komín.²⁷

Vytápění *kang* má stejné výhody jako římské *hypokaustum*. Narozdíl od toho bylo rozšířenější i ve středních vrstvách obyvatelstva.

DIKANG

Slovo *dikang* v doslovném překladu znamená "vytápěná podlaha". A to je přesně to, o co v tomto systému jde. Systém je opět obdobný jako u předchozího systému, oproti *kang* však má vytápěná část podlahy větší plochu. Tradičně byl využíván především v severovýchodní oblasti Mandžuska.

Volba mezi *kang* a *dikang* byla založena na kulturních zvyklostech souvisejících s tradicí sedět a ležet na zemi nebo naopak použít nábytek. Na základě rozšířenosti jednoho či druhého systému jsme schopni v jednotlivých obdobích sledovat kulturní geografické souvislosti a mapovat migrace.²⁸

ONDOL

Tradiční korejský vytápěcí systém se nazývá *ondol*, což lze přeložit jako "vyhřátý kámen". Narozdíl od čínských systémů *kang* a *dikang* pokrývá *ondol* celou plochu podlahy vytápěné místnosti.²⁹ Obdobně vyvinutým systémem v čínském prostředí je *gudeul*.³⁰ Vytápěny byly celé samostatné místnosti sloužící pouze pro spaní.

Vytápěcí systém je tvořen topeništěm a soustavou keramických kouřovodů, které vyhřívají ploché kamenné bloky s velkou tepelnou kapacitou, které potom radiací

25 CIHELKA 1970a.

26 GRAMONT 1771.

27 BEAN - OLESEN - KWANG-WOO 2010a, 40.

28 BEAN - OLESEN - KWANG-WOO 2010a, 41.

29 SONG 2006.

30 KNAPP 2003.

vytápějí podlahu, jejíž nášlapná vrstva je většinou tvořena tlustým naolejovaným papírem. Největší rozmach zaznamenal *ondol* v 15. století.

Na korejskou kulturu měl systém celoplošného vytápění dopad v otázce zouvání obuvi při vstupu do místnosti nebo sezení a spaní přímo na zemi. To se projevuje i v současnosti.

4.1.4 Evropský středověk

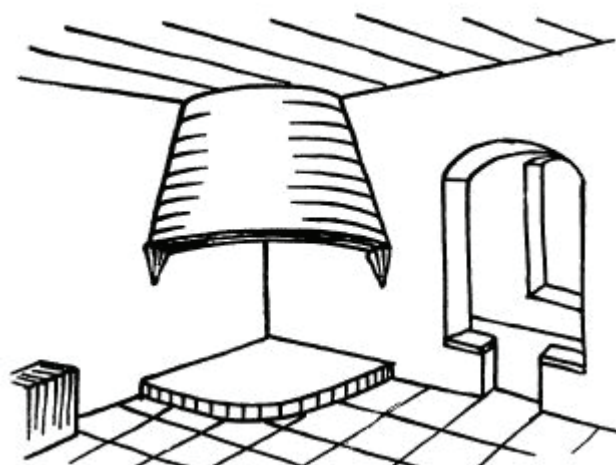
OTEVŘENÁ OHNIŠTĚ

Postupně se z podezděného ohniště s dřevěným zachycovačem kouře stal krb se zděným zaklenutím. Rozšířily se také vícepodlažní domy, takže místo ve středu místnosti již stávalo ohniště spíše v rohu.

První doložená otevřená ohniště v poloobezděné podobě jsou z 8. a 9. století na franckých hradech.³¹ První zmínky o krbech jako takových máme od 11. století. Od této doby se také ojediněle začaly vyskytovat první skutečné komíny, ačkoliv rozšířenější byly, stejně jako samotné krby, až od století 15.

Z původních kouřových zachytávačů se postupně vyvinuly tzv. plášťové komíny, které jsou časté ve středověkých hradech a panských sídlech. Jsou typické pro tzv. černou kuchyni, což bývala samostatná místnost bez oken, které celé bylo místo zastropení zaústěny do odtahu kouře. Do tohoto masivního komínu byla zaústěna i topeniště z okolních místností. Dole bylo otevřené ohniště, na kterém se vařilo.

Tyto zděné kouřové odtahy byly velmi časté a v podobě černé kuchyně byly používány až do 18. století, kdy byla otevřená topeniště nahrazena uzavřenými



Obr. 5: Středověký krb s kamennou klenbou postavený v rohu místnosti - 13. století (CIHELKA 1968b, Obr. 3).

31 CIHELKA 1968, 286.

kamínky.

KRBY

Nejrozšířenější jsou krby v Anglii, velké oblibě se těšily také v jižní a západní Evropě, na území dnešní Itálie, Francie či Španělska. Obecně se krby užívaly spíše v honosnějších zděných domech.

Nejprve byly krby čistě užitkovou záležitostí, ale postupem času se z nich stal ozdobný středobod domácnosti. Není tedy výjimkou, že je krb obložen ušlechtilými materiály a hojně zdoben.

Italský stavitel Vincenzo Scamozzi žijící ke konci 16. století dělí krby následovně:³²

- První druh, zvaný lombardský, je jakýsi pavilon vycházející ze zdi, kde různé zdobné oblouky, vlysy a římsy jsou podepřeny sloupy. Nazývá se *a padiglione*, jehož římsy a vlysy mají tvar pavilonu. Je vynikající formy a přiměřené výzdoby.
- Druhý druh je prý francouzský, vystupuje od vrcholu ke dnu téměř celý ve zdi, používaný je často v Římě a jiných místech, kde zdi jsou dobré tloušťky, proto jej nazýváme *alla romana*.
- I třetí a poslední druh je nazýván napůl francouzský nebo *a mezzo padiglione*, napůl pavilon, tedy půl ve zdi a půl vně. Proto, že je nejčastěji v Benátkách, nazýváme jej *alla veneziana*.

Jiné dělení bylo také dle poměru mezi šířkou a výškou stran obdélníkového otvoru na typ holandský nebo vestfálský (větší výška než šířka a otvor dosahuje až k podlaze), francouzský (větší šířka než výška a otvor nedosahuje až k podlaze) a švédský krb (má hradítko v odtahu kouře, jedná se o dodnes používaný prvek).^{33,34}

Zejména zadní stěnu krbu byla potřeba ochránit před plameny. Proto se začala vyvíjet podoba jejího obkladu. Nejprve byla obkládána kamennými deskami, od 15. století postupně i deskami z litiny. Kromě samotné ochrany napomáhala deska ke zvýšení účinnosti krbu díky svým akumulacím a sálavým vlastnostem. Občas bývala do krbu instalována i odklopná deska na přední stranu, aby bránila v úniku kouře. Litinové desky mohly být hladké, ale často se zdobily i různými reliéfy.

Velkým problémem otevřených jednoduchých krbů je zejména jejich malá účinnost - v základní podobě mezi 5 a 10 %. Roku 1620 byla do krbu v Louvru navržena francouzským lékařem a architektem Luisem Savotem dutina oddělena

32 ZANETTI 2012, 32.

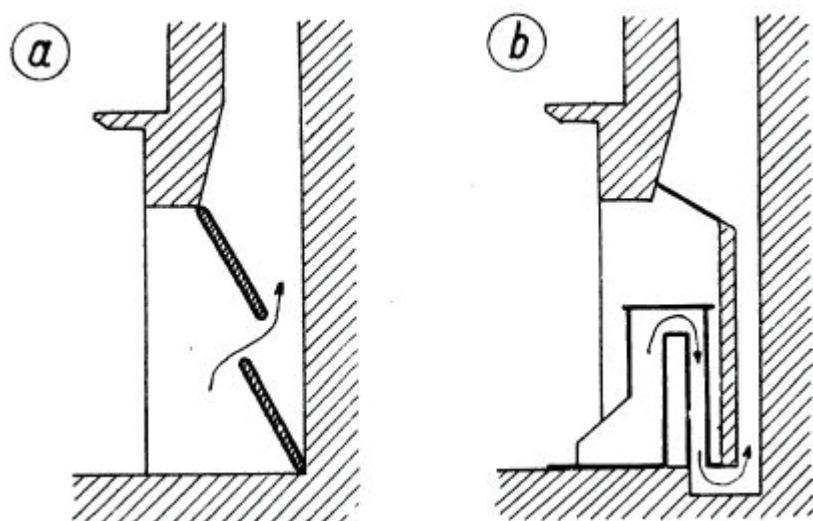
33 CIHELKA 1968, 289.

34 Dnes dělíme krby především dle konstrukce na ty s otevřeným nebo uzavřeným (takzvaná krbová kamna) ohništěm a na krby s krbovou vložkou (MORÁVEK 1955).

kovovými deskami při dně a u zadní straně krbu. Díky cirkulaci vzduchu, který dole byl nasát, při průchodu kolem ohniště ohřát a nahoře vyfouknut do místnosti, byla účinnosti vytápění mnohem lepší. Kromě toho byl Savotem navržen ještě kovová rošt pro možnost spalování černého uhlí. V té době byla velká poptávka na byla úpravu starších krbů právě pro možnost spalování nejen dřeva, ale i uhlí, které rozhodně bylo žádanější pro svou výhřevnost. John Winter navrhl roku 1658 rošt ve tvaru koše, kterýžto se stal nejpoužívanějším.

Později byly vynalezeny systémy se sofistikovanějším způsobem proudění spalin a hlavně jeho zpomalením. Okolo roku 1740 byla Benjaminem Franklinem navržena soustava desek, jejichž náklonem se dalo škrcení odtahu regulovat. Stejně jako desky u zadních stěn i tyto tvořily další akumulční hmoty zlepšující účinnost vytápění. Dále vynalezl také vložku (komoru), která opět měla stejný účel.

Na základě Franklinova návrhu byl další vývoj krbů směrem ke vkládaným konstrukcím. Bývaly z litiny a jejich smyslem bylo prodloužit trasu odvodu spalin a zvětšit otopnou plochu v prostoru krbu. Občas tedy vznikaly hybridní konstrukce připomínající občas spíše kamna vestavěná do výklenku, nejoblíbenější však stále i v 19. století byly klasické otevřené krby.³⁵



Obr. 6: Krby podle návrhu V. Franklina z doby kolem 1740. a) krb se dvěma vloženými kovovými deskami, b) krb s kovovou vložkou (CIHELKA 1968b, Obr. 7).

Až do konce 18. století se používaly tzv. široké komíny, které měly čtyřhranný nebo kruhový průřez a byly podobně jako ve formě černé kuchyně (popsané výše) společné pro více topenišť otevřeného nebo polouzavřeného typu. Tzv. úzký komín určený pouze pro jedno topeniště souvisí s rozšířením užití kamen a ačkoliv v průběhu 19. století byly pochybnosti o jeho vhodnosti, používá se dodnes.³⁶

Na venkově a v chudších domech byly stále nejčastější zděné pece, které kromě

35 CIHELKA 1968, 291.

36 CIHELKA 1969a, 107.

vytápění místnosti sloužily i pro pečení chleba. Bývaly spojeny s vyvýšenými zděnými plochami pro spaní (srov. *Kang*).

Od přelomu 18. a 19. století se začaly používat tzv. krbové vložky, které nabízely lepší účinnost. V podstatě šlo o systémy na bázi kamen (viz níže), která byla do dekorativního pláště krbu (nebo později i kachlových kamen) vestavěna. Často bylo využíváno dvouplášťových konstrukcí pro cirkulaci vzduchu v mezeře.

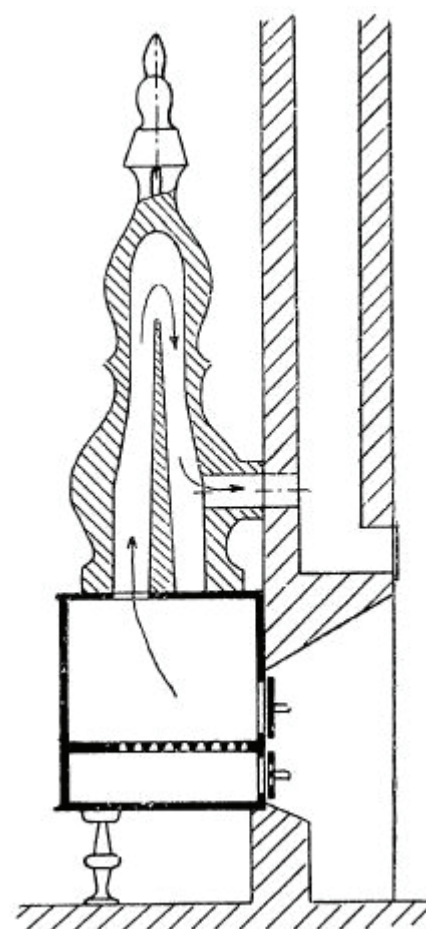
Ke konci 19. století se začala používat krbová kamna, která v sobě spojovala výhody krbů a kachlových kamen. Obě části se mohly používat zvlášť, ale měly společný komínový průduch na odvod spalin.

KAMNA

Otevřená topeniště v obytných místnostech s sebou neslo značné nevýhody - malou účinnost nebo únik kouře do místnosti. Kromě starověkých přenosných kamínek (viz oddíl "Přenosná kamínka", str. 13) se přibližně od 7. - 8. století našeho letopočtu začala objevovat uzavřená topeniště. Nejstarší dochovaná jsou kamna z roku 820 v základech románské baziliky v klášteře St. Gallen ve Švýcarsku.³⁷

Nejprve byla kamna stavěna z jílu (kamnářské hlíny) na způsob pravěkých pecí, později začala být i zděná z cihel nebo kamenů. Tato kamna sloužila, stejně jako otevřená topeniště, nejen k vytápění, ale samozřejmě také vaření. Mívala poměrně složitý tvar, kdy na základ byly doplňovány přístavky.

Kamna byla stavěna ke stěně (případně do rohu místnosti), kouř byl, podobně jako u krbů, odváděn buď ve stěně pod střechu, nebo přes samostatnou



Obr. 7: Pokojová kamna s kovovým topeništěm a s kachlovým nástavcem (CIHELKA 1969, Obr. 4).

37 CIHELKA 1969b, 155.

místnost (černá kuchyně, popsáno výše).

Kachlová kamna

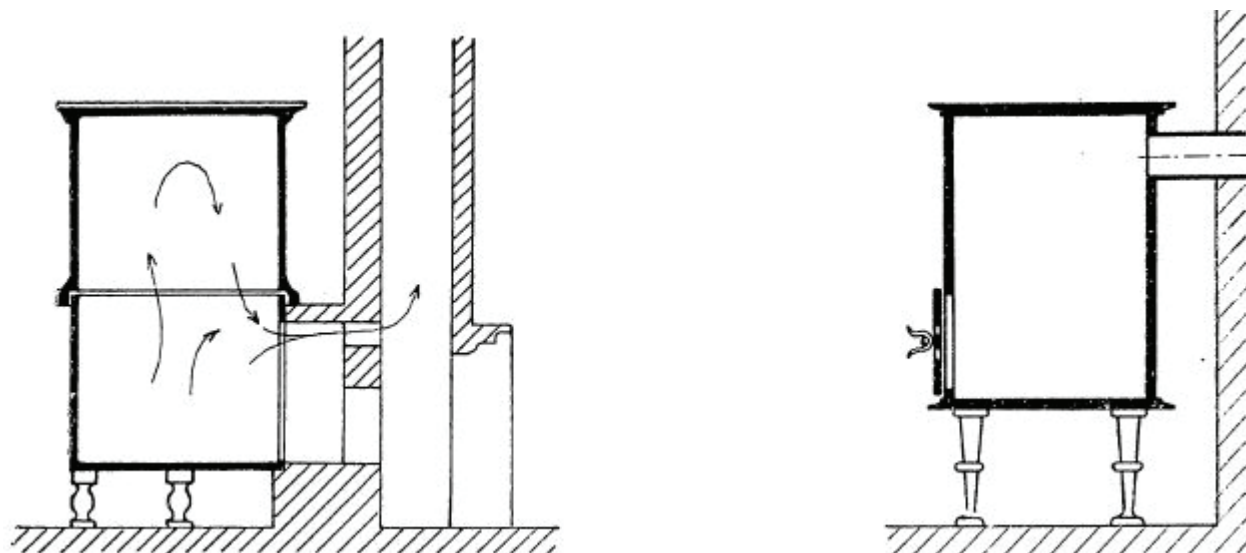
Od 13. století se začala objevovat kamna ve své horní části zdobená. Zpočátku pouze reliéfní neglazovanou keramikou, později se z tohoto vyvinuly glazované dílce zvané kachle. Následně se kachle staly obkladem celých kamen.

Kamna byla oproti krbům paradoxně záležitostí spíše chudších vrstev a do panských domů se dostala až mnohem později.

Největší rozkvět v používání kamen a tedy i jejich výzdobě byl v období renesance a baroka. Kamna a jejich vývoj byl především záležitostí uměleckou. Až do 18. století byla po technické stránce kamna v podstatě stejná a rozvoj začal až v souvislosti s vývojem komínů (viz výše) a v kombinaci s kamny kovovými. V té době se v kachlových kamnech začala používat kovová topeniště s rošty (obdobně jako u krbů) a kachlové už měly v podstatě opět jen horní části, které prodlužovaly kouřové cesty a tvořily větší sálavou plochu.

Kovová kamna

Nejstarší zpráva o kamnech sestavených z litinových plátů je z roku 1475 z Frankfurtu nad Mohanem. Vzhledem k pořádku vysoké ceně materiálu byla nejprve užívána spíše v panských sídlech, následně se rozšířila i do středních vrstev.



Obr. 18: Nástěnná desková kamna (vlevo) a skříňová desková kamna s dvířky pro přikládání paliva a s kouřovou trůbkou (CIHELKA 1969, Obr. 5 a 6).

Zdobení na kovových plátech bylo tvořeno odlitými reliéfy s nejrůznějšími motivy. Jako první typ se vyvinula tzv. *nástěnná kamna*, která poskládaná z pěti litinových

desek visela na zdi a příkladací otvor byl ze sousední místnosti. Kouř byl obvykle odváděn právě tou sousední místností (např. kuchyní, kde bylo i otevřené ohniště) skrz příkladací otvor.

Tzv. *skříňová kamna* byla už samostatně stojící a potřebovala tedy ještě jednu litinovou desku, aby byla kryta zadní stěna. Odvod spalin byl opět přes sousední místnost, ale příkladací otvor tentokrát již z vytápěné místnosti. Zároveň byl do kamen vzduch nasáván tímto příkladacím otvorem, což bylo možno dvířky regulovat. Díky tomu byla místnost zároveň provětrávána.

Taková kamna se dala rozžhavit do vysokých teplot (bez akumulačního prvku až 550 °C) a velmi rychle vychládala. Účinnost těchto deskových kamen nebyla o mnoho vyšší než v případě krbů, přibližně okolo 20 %. Celková spotřeba dřeva i nesnadnost přizpůsobení typu pro spalování uhlí vedla ke konci 18. století k opuštění konceptu hranatých deskových kamen.

Od konce 16. století se začala objevovat i kamna válcového tvaru. První byla opravdu mohutná, vysoká i přes 2 m, následně od 18. století se velikost ustálila při výšce mezi 100-120 cm. Protože kovová kamna měla malou tepelnou setrvačnost, nastavovala se často keramickým nástavcem (např. i kachlovým). V polovině 18. století byla J. Ch. Chapusetem navržena litinová válcová kamna s dutonou mezi dvojitým pláštěm vyplněnou pískem, která za vcelku nízkou cenu (oproti kamnům kachlovým) nabízela lepší vlastnosti.³⁸

Od konce 17. století už začala kamna být přizpůsobována i pro spalování uhlí. Stejně jako u krbů se v kamnech vyvinuly rošty, které umožnily přívod vzduchu do ohně odspodu. Pro zlepšení tepelné setrvačnosti byly navrhovány nejrůznější systémy využití tepla ve spalinách. Přes keramické nástavce a samostatný kamnový výměník tepla se vývoj v roce 1700 dostal k návrhu posléze velmi oblíbených teplovzdušných kamen, jejichž prvním autorem byl J. A. Schmidt. Kamna obsahovala vestavěnou trubku, do níž byl vzduch před ohřátím nasáván obvykle z exteriéru, místnost tedy byla provětrávána čerstvým vzduchem. Kovové topeniště se začalo zpět zase vyzdívat šamotovými cihlami, ztrácela tím ovšem výhodu přenosnosti. Taková kamna dosahují při roztopení teplot okolo 300 °C. Roku 1765 vynalezl William Lewis kamna se šamotovou výplní, která byla i přenosná.

Od 19. století jsou známa a velmi oblíbená kamna násypná se spodním ožehem. Protože byla prvně vyráběna v Americe, říká se jim *kamna americká stáložárna* (u nás nazýváno i *kamna irská*). V Evropě byla populární kamna irských bratrů Musgraveových, kteří získali patent na kamna se zpomaleným odhoříváním paliva.

Systém kamen s horním násypem byl velmi vhodný pro spalování uhlí i koks,

38 CIHELKA 1969b, 157.

v kamnech je dosahováno vysokých teplot a spalování je velmi dokonalé s malou produkcí kouře. Později bývala vybavena i zpětnými tahy.³⁹

V 19. a 20. století byla častá také kamna Meidingerova, která tvořilo poměrně složité těleso vytápěcí a vzduchovou mezerou oddělené opláštění. Velkou výhodou cirkulace vzduchu v mezeře byla nižší povrchová teplota kamen.⁴⁰

VYTÁPĚNÍ KOUŘOVÝMI PLYNY

Na základě inspirace z východní Asie (prvně publikované roku 1771 Royal Society)⁴¹ bylo vytápění kouřovými plyny užíváno především pro vytápění skleníků. Princip byl opět obdobný: kouř vedl z topeniště kanály v podlaze nebo stěnách a ohříval vnitřní prostor. Častým problémem byla netěsnost zděných kanálů, z nichž unikající plyny ubližovaly rostlinám. Dále také byly kvůli tahu potřeba vysoké a nevzhledné komíny, protože samotné kanály měly moc velký hydraulický odpor. V první polovině 19. století pak byl tento systém především díky vynálezu systému ústředního vytápění vzduchem (inženýr Meissner) odsouzen.

Systém byl následně několikrát použit v polovině 19. století v Anglii k vytápění dílen ve vícepatrových stavbách, což ale z důvodu bezpečnosti bylo v ostatních evropských zemích zakázáno. Naposledy se s vytápěním spalinami experimentovalo ještě počátkem 20. století u motorových vozidel, od čehož se následkem ostré kritiky také velmi rychle ustoupilo.⁴²

STEINOFENHEIZUNG

Zatímco v případě vytápění spalinami je prostor vytápěn sáláním, teplovzdušné vytápění pracuje s prouděním. Vzduch je nejprve ohříván od zdroje tepla, pak odveden do vytápěných prostor, kde se mísí se stávajícím vzduchem.

Mezi vytápěním kouřovými plyny a čistě teplovzdušným vytápěním stál ještě vynález tzv. vytápění s topeništěm s akumulací náplní (*Steinofenheizung*). Ve středověku se tímto způsobem vytápěly především německé hrady, kláštery a jiné kamenné domy většího významu. Nejstarší zprávy o tomto systému vytápění známe ze 13. století.

Topeniště bylo obvykle umístěno ve sklepě pod vytápěnou místností. Nejprve bylo vyplněno velkými kameny, pod nimiž byl roztopen velký oheň, aby se rozehřály (tvořily onu akumuláčn náplň). Po dohoření paliva byl uzavřen odtah do komína a

39 CIHELKA 1969b, 150.

40 VACKOVÁ 2017, 27.

41 GRAMONT 1771.

42 CIHELKA 1970a.

naopak otevřen otvor do vytápěné místnosti, případně systém kanálků⁴³ v klenbě topeniště nebo pod podlahou ústících do vytápěné místnosti.

Do topeniště musel být spodem přiváděn vzduch z exteriéru. Tento byl průchodem přes žhavé kameny (sáláním) nahřát a stoupal dále do interiéru. Čerstvý vzduch byl průchodem topeništěm sice znehodnocen, ale neustále proudil a v interiéru bylo pravděpodobně lepší prostředí, než když bylo otevřené topeniště přímo v obytném prostoru.

TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ

Za první užití teplovzdušného vytápění se považuje systém na hradě Marburg v západním Německu. Unikátní přestavba *Steinofenheizung* datovaná do poloviny 14. století pracuje se vzduchovou komorou umístěnou mezi zaklenutí topeniště a podlahou vytápěných místností. Do místnosti tedy nebyl přiváděn přímo znečištěný vzduch prošedší topeništěm. Je to případ velmi ojedinělý, k myšlence skutečného teplovzdušného vytápění se Evropa dostala až na přelomu 18. a 19. století.

Od poloviny 18. století je známo tzv. ruské teplovzdušné vytápění (prvně použito v zámku ruského cara v Petrohradu). Ve vytápěcí komoře stála obyčejná kovová kamna. Vzduch ohříván v komoře pak podobným způsobem jako u *Steinofenheizung* stoupal do vytápěných místností a rozveden byl systémem podlahových kanálků. Princip byl v několikrát zopakován ještě ve střední Evropě (např. zámek pruského krále v Postupimi nebo dvorní divadlo ve Vídni).⁴⁴

MEISSNEROVO TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ

Problémem výše popsaných systémů teplovzdušného vytápění byla obecně velká neekonomičnost, kdy ohříván byl stále nový exteriérový vzduch, zatímco vzduch z místnosti byl kontinuálně odváděn ven. Zároveň byl vnitřní vzduch nedostatečně cirkulován.

V roce 1821 byl vídeňským profesorem Meissnerem navržen systém tzv. oběhového teplovzdušného vytápění. Vzduch byl, stejně jako u systému vytápění ruského, ohříván kovovými kamny umístěnými v komůrce pod podlahou vytápěné místnosti. Hlavním rozdílem oproti předchozímu systému je to, že Meissnerův systém nasává k ohřevu vzduch nikoliv exteriérový, ale vzduch z vytápěné místnosti, čímž značně snížil náklady na vytápění. Roku 1827 byl systém úspěšně instalován v budově gymnázia v Heilbronnu. Následně byl systém použit v mnohých významných budovách, jako je nový královský palác v Mnichově, palác Luxembourg v Paříži nebo

43 Například vytápění v soudní síni radnice v Lüneburgu z roku 1387 (CIHELKA 1970a).

44 CIHELKA 1970a.

velký sál celnice v Londýně.

U návrhu tohoto systému byl poprvé proveden tepelně technický výpočet, který byl následně konfrontován s hodnotami měřenými za provozu.⁴⁵

V polovině 19. století byl systém vylepšen doplněním dmyhadla (ventilátoru), kteréhož bylo použito prvně v roce 1843 v ústavu pro duševně choré ve Cvikově⁴⁶ nebo v továrnách v Anglii⁴⁷.

Čistě cirkulační systém s sebou však také nesl určité problémy, a to především zvýšenou prašnost v místnostech. Po polovině 19. století se tedy k cirkulovanému vzduchu začal přidávat v menším množství i vzduch exteriérový. Tento systém tedy místnosti zároveň kromě vytápění i větral.

Až do přelomu 19. a 20. století byl tento teplovzdušný nejoblíbenějším systémem vytápění, než bylo vytlačeno (zhruba od roku 1870 začalo být označováno za přežitek) vytápěním parním, resp. teplovodním. Topným aparátům (ohřívákům) se říkalo *kalorifery*, které se dle druhu energie dělily na *ohňové* (zděné nebo litinové), *parní* a *vodní*.⁴⁸

Teplovzdušného vytápění se nadále v průběhu 20. století začalo znovu používat pro vytápění zejména velkých místností.

4.1.5 Průmyslová revoluce

Vynález parního stroje přispěl k pokroku i v oblasti vytápění. Ke konci 18. století tedy bylo zkonstruováno první ústřední vytápění parou, která od kotle byla soustavou potrubí rozváděna k otopným tělesům v jednotlivých vytápěných místnostech. Obdobně bylo následně sestrojeno ústřední vytápění i na horkou vodu.

Hlavní výhodou tohoto systému byl fakt, že veškeré jeho části bylo možno prefabrikovat jako typové dílce a skládat do stavby dokonce až po jejím dokončení. Veškeré ostatní dosud známé systémy totiž byly stavebního charakteru, kdy už sama budova musela být s daným systémem konstruována. Samotný vývoj a výroba ústředního topení tedy přímo ovlivňoval pokrok v oblasti hutnictví, slévárenství a

45 Meissnerův projektant von Bruckmann si sám sestrojil přístroj pro měření rychlosti proudění vzduchu, který vypadal podobně jako pozdější vrtulkový anemometr (CIHELKA 1970a).

46 Dmyhadlo bylo poháněno parním strojem.

47 Cirkulaci zajišťovalo velké větrné kolo (axiální ventilátor).

48 BAŠTA 2016.

strojírenství.

VYTÁPĚNÍ PAROU

První návrhy na vytápění parou padly už v roce 1594⁴⁹ od anglického šlechtice Hughu Platta. Původně jej zamýšlel pro vytápění skleníků. Bohužel ani plány ani zmínky o realizaci se nedochovaly.⁵⁰ Jako další se tímto zabýval plukovník William Cook, který v roce 1745 navrhl zařízení využívající tepla uvolněného při kondenzování vodní páry. Ani to není dochováno.

První prokazatelně realizovaný systém pro parní vytápění známe z roku 1770. Postavil si jej samotný vynálezce parního stroje James Watt a vytápěl jím svůj vlastní obytný dům a přilehlou továrnu. Nejprve užíval tlakové páry rovnou z kotle, následně systém vylepšil a začal pracovat s beztlakou výfukovou parou od hnacího stroje. Ani od tohoto systému se nám však technické nákresy nedochovaly. I samotné prvenství je sporné, ve hře je ještě jiný Angličan jménem Neil Snodgrasse a jeho textilní manufaktura.⁵¹

První patenty týkající se parního vytápění byly v Anglii uděleny v letech 1791 a 1793. Nejprve byly parou vytápěny skleníky a především větší haly v nejrůznějších továrnách. Mimo Anglii byl prvním stavitelem Ludwig Catel, který působil v Berlíně a jako první realizaci měl vytápění skleníků v zahradě královského zámku Schönhausen poblíž Berlína. Následovaly lázně v královském paláci nebo vytápění celého hotelu a podobně. Díky Catelovi a tomu, že do své knihy systém parního vytápění nejen popsal, ale vysvětlil také na technických nákresech, se systém parního vytápění rozšířil po Evropě. V roce 1818 bylo dokonce pro skleníky postaveno i dálkové vytápění (až 270 m).

Zpočátku bylo užíváno vysokotlakého parního vytápění. Přetlak páry byl zhruba 1.5 až 2 bary, a to proto, aby pára tlačila kondenzát z měděných trubek zpět do kotle. Na litinovém kotli byl bezpečnostní přetlakový ventil.

První výpočty týkající se účinnosti vytápění dělal ve své knize⁵² Thomas Tredgold v roce 1824. O tři roky později vydal C. Heigelin ještě "Příručku pro vytápění", kde popsal všechny tehdy užívané systémy vytápění. Zajímavé je to, že i když Heigelin doporučoval používat místo vysokotlakého nízkotlaké parní vytápění, až do roku 1880 se věřilo, že vysokotlaké je účinnější a byla mu dáována přednost.

Nízkotlaké vytápění bylo poprvé užito na stavbě v továrně pana Bechema v Hagenu ve Vestfálsku. Jediným potrubím zde za tlaku 0.03 MPa šla pára k otopným tělesům

49 Některé zdroje uvádějí až rok 1652 (CIHELKA 1970b, 57)

50 MITCHELL 2007, 5.

51 CIHELKA 1970b.

52 TREDGOLD 1824.

a kondenzát zpět ke kotli. U těchto těles bylo také použito regulace zákrytem s cirkulací vzduchu kolem žebrových trubek - takové těleso je tedy považováno za předchůdce konvektorů.

Roku 1884 byl německým vynálezcem Käufferem z Mohuče sestrojen regulační ventil, kterým šlo řídit tlak páry před otopným tělesem. Poprvé také bylo v Evropě užito amerického vynálezu z roku 1875 - žebrových radiátorů.⁵³

VYTÁPĚNÍ TEPLOU VODOU

Nejdříve se teplovodní systémy uplatnily u vytápění skleníků.

Vynález moderního teplovodního vytápění datujeme do roku 1777 a připisujeme ho francouzskému fyzikovi Bonnemainovi. Jeho soustava se skládá z kotle, expanzní nádoby, potrubí a samotných otopných těles. Cirkulace vody byla přirozená a dokonce byla soustava schopná samoregulace.

Pro vícepodlažní objekt bylo první ústřední teplovodní vytápění postaveno roku 1817 v Londýně. Kotel byl vyroben z kuchyňských kamen a svazku trubkovitých hadů. Z toho se vyvinuly trubkovité teplovodní kotle.

Od roku 1822 je používán dvoutrubkový systém, který má přívodní a vratné potrubí. Díky samostatnému napojení každého otopného tělesa přímo na kotel byla možná alespoň základní regulace. V roce 1829 byla patentována expanzní nádoba a od roku 1836 známe první výpočty na hydraulické ztráty tlaku.

Teplovodní vytápění bylo velmi populární především v Americe. U nás se teplovodní vytápěcí systémy začaly hojněji objevovat až od počátku 20. století.

Roku 1831 navrhl M. Perkins soustavu s vodou o teplotě 120–150 °C obíhající v potrubí o tlaku 2–5 barů. Díky tomu bylo možno používat menších průměrů potrubí. Topná tělesa tvořily meandrové hady, které byly regulovány obtokem. Tento systém se v 19. století pod názvem Perkinsovo horkovodní vytápění velmi rozšířil. Přesto však až do konce 19. století byla dávana přednost vytápění pomocí páry, což se ale na přelomu století zvrátilo a větší oblibě se začalo těšit vytápění teplou vodou

53 CIHELKA 1970b, 59.

(nikoliv však již horkou).⁵⁴

4.2 VĚTRÁNÍ A CHLAZENÍ

Nejstarší větrací systémy využívaly principu přirozeného větrání. Typy přirozeného větrání známe především čtyři:

- infiltrace
- provětrávání
- aerace
- šachtové větrání

Tyto principy jsou popsány v samostatné kapitole (viz kap. č. 5.4 "Fyzikální principy", str. 36).

Přirozené větrání je velmi výhodné, protože nepotřebuje žádný řízený pohon, je tedy energeticky nenáročné a funguje samovolně.

Kromě systémů pro větrání bývaly od starověku používány různé vějíře zhotovené zpravidla z listů, kterými se lidé ovívali, ať už sami, nebo vějíře používali otroci. Byly častým doplňkem při náboženských ceremoniálech Egypťanů, Řeků i Římanů.

Za přechod mezi přirozeným a nuceným větráním může být považováno větrání, resp. víření vzduchu vějíři nazývanými *punkah*, který je na ruční pohon. Tento pohon známe z Indie, začal se vyskytovat od 6. století př. n. l.

Moderní ventilátory na elektrický pohon, které známe především z angloamerického prostředí, jež jsou instalovány na strop zpravidla dohromady s osvětlením (centrální lustr), se vyvinuly právě z těchto vějířů.

Nucené větrání známe až z přelomu 18. a 19. století, kdy bylo k pohonu ventilátorů užíváno parní energie. Až ve druhé polovině 19. století začalo být k pohonu místo parního stroje užíváno energie elektrické. Nejčastěji bývá nuceného větrání využito v souvislosti s teplovzdušným vytápěním.

4.2.1 Starověk

PŘEDNÍ VÝCHOD

V nejstarších lidských obydlích se problémem s vysokou teplotou exteriéru (zvláště v horkých suchých podnebí, kde sídlila značná část starověkých civilizací) řešil především důmyslnou stavební tradicí. Šlo především o velmi tlusté zdi domů,

54 CIHELKA 1970a, 59–61.

malá okna a uzoučké uličky, dvorky a nádvoří, stínící prvky, jako jsou podloubí, a podobně. Naopak v horkých místech s vysokou relativní vlhkostí (deštné pralesy a podobně) jsou stavěny domy velmi lehké a vzdušné.

Obecně byl kladen velký důraz na přirozené provětrávání, dokonce jsou o tom i zmínky v literatuře a nápisech⁵⁵ - až takový význam tomu lidé odnepaměti dávali.

Větrné věže

Až do dnešních dob přetrvaly v kulturách předovýchodních zemí stavby zvané větrné věže. Provětrávají a chladí stavby na základě principu komínového efektu. Rozlišujeme stejnosměrné a vícesměrné provětrávání. Ty vícesměrné jsou klasichtější a sbírají vítr ze všech světových stran.

Vzduch byl chlazen průchodem podzemními prostory, ve kterých většinou byl i bazén s vodou (ideálně chladným pramenem), průchodem nad nímž byl vzduch efektivněji ochlazován.

V Egyptě se těmto věžím říká *malqaf*, v oblasti Persie jsou podobné, architektonicky velmi výrazné prvky měst, nazývány *badjeer*.⁵⁶

Sníh na poušti

V zimním období bylo možno využít toho, že i na poušti často spadly noční teploty lehce pod 0 °C a voda mrzla, případně padal sníh. Takto "akumulovaný" chlad v podobě sněhu nebo vody byl házen do sklepů s velkou tepelnou kapacitou. Odtud pak byly v horkých dnech chlazeny obytné místnosti, případně jsou zmínky i o sněžných stěnách, kterými se radiačně chladilo.

Tohoto principu se užívalo i v Evropě, kde si například římský císař Varius Avitis

55 Například v Assýrii z 8. století př. n. l. (TADWORTH 2009, 3).

56 TADWORTH 2009, 3.

poručil přinést na nádvoří paláce sních z vrcholků hor.⁵⁷



Obr. 8: Střecha chrámu Setiho I. v Kurně/Luxoru - Nové království, 19. dynastie, 1290-1279 / 78 př.nl. (Köpp 2003, Abb. 8).

EGYPT

Pravděpodobně nejstarší systém horizontálního větrání známe z egyptských chrámových staveb. Často je to systém, který kombinuje větrání s odvodňováním ploch. V podlahách bývají zabudovány kamenné desky s vytesanými žlábkami, které na sebe navazují. Podlaha je tak zvednuta na vzduchový polštář, který bývá vysoký zpravidla mezi 2 a 10 cm⁵⁸. Kromě toho byla nalezena místa, která pravděpodobně sloužila jako komíny. Voda ze střechy byla tímto systémem sváděna do země, na druhou stranu vzduch proudil za pomoci teplotního spádu od otvorů dole v interiéru do vyústění na střeše. Pravděpodobně tento proudící vzduch sloužil mimo jiné i k vysoušení staveb, setkáváme se s ním i v samotných střeších chrámů.

Tento složitý systém byl nalezen například v chrámech Setha I. v Abydosu a

57 TADWORTH 2009, 4.

58 GÄRTNEROVÁ - LAIN - URIE 2001.

Kurně⁵⁹.

ANTIKA

Pro samotné větrání neznáme z antického světa žádný samostatný systém. Princip udržování čerstvého vzduchu v budovách je založen především na vhodném umístění domu v ulici (viz úvod kapitoly).

4.2.2 19. - 20. století

BYTOVÉ DOMY - SVĚTLÍKY

Systém odvětrávání bytů v domech z přelomu 19. a 20. století můžeme ještě velmi často potkat. Jedná se o vertikální šachty, které kromě větrání zajišťovaly osvětlení místností umístěných hlouběji v domě (odtud také jejich název - světlíky). Obvykle do nich ústí okna z koupelen a záchodů, kuchyní a komor, případně z "obytných" místností pro služebnictvo.⁶⁰

Větrání, které je zajišťováno pomocí světlíků, pracuje s jednoduchým principem rozdílu tlaků. Čerstvý vzduch je do bytu nasáván z ulice či dvora před obytné místnosti. Při průchodu bytem je tento vzduch ohříván a z prostoru kuchyně nebo WC či koupelny je nasáván do světlíkové šachty, která je v důsledku kontaktu s domem prohřáta. Teplý vzduch stoupá světlíkem vzhůru a nad střechou se už mísí s okolním vzduchem. Tento princip ovšem nefunguje v horkých letních dnech, kdy i ulice jsou velmi rozpálené a světlík naopak je chladnější. Chladný vzduch v něm může proudit dolů, nebo neproudí vůbec.

Velikost světlíku byla navrhována v závislosti na počtu bytů, které měl větrat. Tah v šachtě byl zajištěn spojením s exteriérem u dna světlíku (zpravidla kanálem nebo okny polozapuštěného podzemního podlaží apod.) a dostatečným prostorem nad střechou (problém zastřešení světlíku). Pokud dojde k ucpání přívodního kanálu, nasává světlík především z bytů v prvním podlaží, kde zapříčiňuje větší infiltraci

59 ARNOLD 1997.

60 Světlíky umístěné uvnitř domů - vedle společné chodby nebo schodiště - jsou dnes často využívány jako šachty pro výtahy. Tyto většinou patřily právě komorám nebo pokojíkům služebnictva, jejich zrušení a zastavění tedy nemá tak negativní dopad na prostředí v bytě, jako by mělo zastavění světlíku u koupelen nebo kuchyní. Takové světlíky obvykle bývají umístěny uprostřed mezi dvěma sousedními domy; vedou do nich tedy okna bytů obou domů. Pro koupelny, v nichž je umístěn průtokový ohřívač vody na plyn jsou naprosto klíčové; slouží nejen k přímému odvětrání koupelny, ale také jako "komínové šachty" pro umístění kouřovodů od těchto ohřívačů. Velkým problémem světlíků je jejich špatná přístupnost, lidé do nich často házejí odpadky a v neposlední řadě si je velmi oblíbilo městské ptactvo.

exteriérového vzduchu a vyšší rychlosti proudění.⁶¹

VEŘEJNÉ BUDOVY

V budovách, kde docházelo k větší koncentraci osob, bývaly zřizovány i samostatné větrací systémy. V některých typech budov (divadla nebo školy) bylo větrání předepsáno i v Zemském zákoníku za císařovny Marie Terezie.

Divadly se zabývalo nařízení 27/1887 z.z., kde bylo stanoveno minimální množství přiváděného čerstvého vzduchu na 30 m³ za hodinu. Problematiky stavby škol se týkalo nařízení č. 40 z. z. z roku 1888, které v českých zemích platilo až do roku 1949. V tomto nařízení je definováno, jakým způsobem mají být třídy provětrávány (křížem), že má být řešen dostatečný přístup vzduchu pro spalování a jak má být třída větrána v době, kdy se netopí. Ve vnější zdi musejí být otvory u podlahy a ventilačními okny (nebo přinejmenším dalšími větracími otvory) u stropu. Otvory muselo být možno zavřít klapkami nebo šoupátky. Vše samozřejmě muselo být řádně dokumentováno v plánech.⁶²

Školy

Pro přirozené větrání bývalo užíváno systému s dvěma průduchy pro každou větranou místnost - jeden přiváděl vzduch čistý, druhý odváděl znečištěný vzduch. Každý tento průduch ústil do místnosti dvěma odbočkami. Zatímco přiváděcí průduch má každá místnost vlastní a spojeny jsou případně až v místě vyústění ve fasádě, odváděcí průduchy byly spojené pro všechna podlaží a vedly vertikálně celou budovou až pod střechu nebo dokonce až nad hřeben střechy. Pro podpoření tahu průduchu se umísťovaly vedle komínů, aby byly vyhřívány. Ústí přívodních otvorů mohlo být směřováno (v horním otvoru směrem ke stropu) tak, aby vzduch neproudil ve spojitém proudu a nezpůsobil průvan.

V zimě byl chladný vzduch přiváděn horním otvorem ústícím do místnosti (zatímco spodní byl uzavřen), znečištěný vzduch naopak byl odváděn především dolním otvorem na opačné straně místnosti. Otvíráním klapky horního otvoru byla regulována rychlost provětrávání. V letním období byl princip realizován opačně: vzduch se do místnosti přiváděl u země a odváděl u stropu. Horní přívodní otvor a

61 GÄRTNEROVÁ - LAIN - URIE 2001.

62 CHARVÁTOVÁ - ŠUBRT 2014.

dolní přívodní otvor byly zavřeny.⁶³

Divadla, koncertní a sněmovní síně

Zatímco ve školách není koncentrace osob až tak vysoká a nehrozí v nich výrazné znečišťování vzduchu, jinak jsou na tom divadla, koncertní a taneční sály, zasedací místnosti, kluby, restaurace a kavárny. Kromě toho, že v nich je zpravidla větší koncentrace osob, byla třeba je osvětlovat plynovými lampami a lustry a návštěvníci si často rádi zakouřili. To klade na větrání prostoru podstatně větší nároky.

Aby nebyl čerstvý vzduch už při svém příchodu do prostoru kontaminován kouřem a splodinami, přiváděl se vždy pouze otvory umístěnými u podlahy⁶⁴, a to mnoha menšími otvory. Rychlost proudění vzduchu byla co nejvíce stejnoměrná a nízká, aby nebyla nepříjemná. Odpadní vzduch stoupající ke stropu byl nasáván opět co nejvíce rovnoměrně mnohými otvory a centrálním průduchem, na který se jednotlivé otvory napojují, byl veden, jako v případě škol, pod střechu. V případě menších sálů bylo možno jej odvádět jediným otvorem (zpravidla uprostřed stropu nad lustrem, bývá zakryt ozdobnou mříží). Výhoda tohoto umístění spočívá v tom, že lustr během svícení ohřívá okolní vzduch, čímž podpoří vertikální proudění směrem do otvoru nad sebou⁶⁵. Variantně mohlo být užito plynového hořáku umístěného přímo v průduchu. Pro zlepšení tahu při letním provozu, kdy nebyl dostatečný, bylo v některých budovách zřízeno samostatné ohniště v centrálním komínovém průduchu.⁶⁶

63 GÄRTNEROVÁ - LAIN - URIE 2001.

64 Případně v podlaze, jako je tomu v případě divadel.

65 Ve chvíli, kdy se zhasne, je ovšem třeba klapkami otvor uzavřít, aby se tah neobrátil a naopak tudý neproudil studený vzduch do místnosti.

66 GÄRTNEROVÁ - LAIN - URIE 2001.

5. PŘÍSTUP K PROBLEMATICE

5.1 PAMÁTKOVÁ PÉČE

Stejně jako v jiných oborech, setkáváme se i v oblasti památkové péče s několika různými přístupy. Vzhledem k tomu, že péče o kulturní dědictví v podobě nemovitých kulturních památek je záležitostí především filosofickou, není se čemu divit. Kromě toho, že jednotliví zástupci z řad odborníků i laické veřejnosti mají rozdílné názory na vhodné postupy, je v případě památkově chráněných budov potřeba přistupovat k jejich osudu velmi individuálně.

Obecně se názory projektantů i zástupců památkové péče shodují na tom, že nemalou, snad dokonce dominantní roli hraje proces průzkumu a dokumentace jednotlivých památek. V procesu památkové péče je tedy tato část nedílnou součástí samotné ochrany.

V souvislosti s tím, že se tato práce nevěnuje jen památkově chráněným budovám, ale i těm, které žádnou ochranu nemají, bych ráda upozornila na potřebu řádného průzkumu a jeho vyhodnocení i u budov, u kterých to není legislativou vyžadováno.

5.2 PRŮZKUM, DOKUMENTACE

Průzkumy památkově chráněných budov jsou definovanou součástí památkové péče. Tyto průzkumy je samozřejmě vhodné (byť ve zjednodušené podobě) aplikovat i na stavby památkově nechráněné, aby bylo možno dosáhnout co nejlepšího výsledku při jejich rekonstrukci a obnově.

Nejvýznamnějšími průzkumy pak jsou:

- Archeologický průzkum
- Stavebně-historický průzkum (SHP)
- Stavebně-technický průzkum
- Operativní průzkum a dokumentace (OPD)

Dalšími specializovanými průzkumy poté mohou být materiálové průzkumy jednotlivých konstrukcí nebo restaurátorské průzkumy uměleckořemeslných děl.

ARCHEOLOGICKÝ VÝZKUM

Archeologický průzkum se zpravidla dělá už v době předprojektové přípravy, nevyhne se mu ale samozřejmě i během realizace. Účelem výzkumu je získání informací o dávných kulturách z movitých i nemovitých nálezů. Archeologický výzkum

bývá v menší či větší míře destruktivní. V případě záchranného archeologického výzkumu je smyslem před destrukcí (způsobenou obvykle plánovanou stavbou) získat o lokalitě co nejvíce informací, než nenávratně zaniknou.

Většina území ČR je hodnocena jako s archeologickým potenciálem.

STAVEBNĚ-HISTORICKÝ PRŮZKUM

Stavebně-historický průzkum se provádí na několika úrovních: průzkum velkých územních celků, průzkumy sídel a průzkumy samotných objektů.

Úkolem SHP je nedestruktivně získat a vyhodnotit co nejvíce informací o kulturním a stavebním historickém vývoji objektu.⁶⁷

STAVEBNĚ-TECHNICKÝ PRŮZKUM

Podobně jako stavebně-historický průzkum i tento zkoumá a popisuje objekt na základě pokud možno nedestruktivního průzkumu. Cílem je technický popis vycházející ze znalostí pozemního stavitelství. Kromě analýzy použitých technologií a konstrukcí je součástí stavebně-technického průzkumu i analýza stávajícího stavu, statických poruch, poškození materiálů a degradací.

KLIMATOLOGICKÝ PRŮZKUM

Klimatologický průzkum se komplexně zabývá vnitřním prostředím v budově. Kromě vlhkosti a teploty v interiéru řeší i koncentrace toxických látek a aerosolů. V případě návrhu rekonstrukce se pokouší co nejdříve vyhodnotit, jaký vliv budou navrhované změny mít na poměry vnitřního prostředí.

PRŮZKUM VLHKOSTNÍCH POMĚRŮ

Velmi častým problémem historických objektů je nadměrná vlhkost, kvůli které mnohé konstrukce degradují. Úkolem tohoto průzkumu je změřit vlhkostní poměry a identifikovat často nepůvodní konstrukce a materiály, které vlhkostní poměry ve stavbě zhoršují.

Díky tomuto průzkumu je často doporučena obnova původních systémů pro

67 MACEK 2001.

větrání či odvodňování objektu.

5.2.1 Dokumentace BIM

Možnou formou dokumentace je také informační modelování budov (BIM). Jeho podstatou je virtuální model budovy, který je propojený s databázovým uspořádáním informací o jednotlivých prvcích. Databáze sdružují prvky podle atributů a parametrů, podle nichž je poté možno členit dokumentaci na jednotlivé profese. Standardizovaný otevřený souborový formát (zpravidla IFC a ifcXML) je možno otevřít na více platformách se specializovanými nástroji pro danou profesi.⁶⁸

Výhodou této formy dokumentace je snadno kontrolovatelná koordinace mezi jednotlivými projektanty. A nejen to - systém má potenciál sloužit i uživateli při provozu budovy, především z hlediska údržby, ale například i pro požární zásahy apod.

Problém využití v historických budovách je zřejmý. Průzkum historické budovy nebude nikdy tak komplexní, aby dostal potřebám systému, který vyžaduje informace na úrovni detailů.

Alternativou by mohly být databázové systémy použité až po uvedení stavby po rekonstrukci do provozu. Stále častěji jsou dnes stavby takzvaně inteligentní, což

68 ČERNÝ 2013.

zahrnuje i ty historické. Takový systém by mohl pomoci při údržbě v provozu.

5.3 FYZIKÁLNÍ PRINCIPY

V těchto kapitolách jsou stručně charakterizovány fyzikální principy související s danou problematikou.

5.3.1 Sálavé vytápění

Sálavé vytápění je v minulosti nejvíce užívaným způsobem vytápění. Je založeno na elektromagnetickém vlnění, které je vydáváno otopným tělesem.

5.3.2 Větrání přirozené

Protože většina historických systémů větrání pracuje co nejvíce s přirozeným větráním, zmíním zde základní druhy přirozeného větrání.⁶⁹

INFILTRACE

Vlivem netěsnosti obálky budov - především oken a dveří a jejich připojovacích spar - se do vnitřního prostředí dostává (v malých průtokových objemech, ale neustále) exteriérový vzduch. K prostupu vzduchu sparou dochází vlivem rozdílu hydrostatického tlaku exteriérového a interiérového vzduchu (závislé na rozdílu teplot) nebo venkovními tlakovými podmínkami danými prouděním větru.

Infiltrace je nejjednodušší (a v dřívějších dobách prakticky neodstranitelný) způsob větrání. Díky infiltraci byly hlavně v zimních měsících větrány především obytné budovy (viz oddíl "Bytové domy - světlíky", str. 30).

Ze vztahu pro větrání vyplývá, že hmotnostní průtok vzduchu je závislý na tlakovém rozdílu na otvoru, délce samotné štěrbiny a průtokovém exponentu (n) a průtokovém koeficientu (C). Je tedy vidět, že největšího průtoku je dosahováno v zimním období, kdy je na opačných stranách spáry největší teplotní (a tedy i tlakový) rozdíl.

PROVĚTRÁVÁNÍ

Co uděláme, když chceme vyvětrat? Otevřeme okno. A tím právě realizujeme princip přirozeného větrání, jemuž se říká provětrávání. Obvykle se provádí přerušovaně a je "řízeno na ruční pohon".

Průtok vzduchu při provětrávání je řešen rovnicí na průtok vzduchu rozlehlými

69 DRKAL - LAIN - SCHWARZER - ZMRHAL 2009, 102–105.

otvory.⁷⁰

AERACE

V obvodové stěně větrané místnosti (případně ve střeše) jsou umístěny otvory, jejichž průřezovou plochu je možno regulovat. Otvory zajišťují přívod i odvod vzduchu. Přívod je zpravidla umístěn u podlahy a odvod pod stropem.

Při řešení aerace se zpravidla zanedbává vliv větru. Přirozené proudění vzduchu pracuje s rozdílným tlakem vzduchu ve výškových hladinách; odpadní vzduch ohřátý v interiéru sám odchází výše umístěným otvorem, čímž u podlahy místnosti tvoří podtlak, díky kterému je otvorem u podlahy nasáván vzduch exteriérový.

Princip je závislý na tepelném zdroji v interiéru. Pokud by mělo docházet k otočení proudění, reguluje se klapkami v otvorech.

ŠACHTOVÉ VĚTRÁNÍ

Z větraného prostoru je odpadní vzduch odváděn vertikální šachtou. Princip je obdobný jako u aerace, jen se k odvodu vzduchu nepoužívá celá místnost.

5.4 TEPELNĚ-VLHKOSTNÍ MIKROKLIMA

Na vnitřní prostředí v historických budovách mohou mít některé provedené změny velmi negativní dopad. Jedná se zejména o stavební úpravy, změny provozu nebo zcela jiný charakter užívání. Velkou měrou do toho přispívá i nedostatečná údržba pramenic často z nepochopení systému, který se v historických budovách často liší od systémů "klasických" použitých v případě novostaveb.

Při jakékoliv výše popsané změně je nutno revidovat zároveň systém úpravy vnitřního prostředí tak, aby nově navrhaným parametrům vyhovoval. Není-li možné stávajícím systémem dosáhnout požadovaných hodnot, nabízí se kromě návrhu systému nového stavební úpravu objektu, příp. omezení provozu (počet návštěvníků, otevírací doba apod.).

Nejnáročnější na parametry vnitřního prostředí je vnitřní vybavení (mobiiliář) a ostatní předměty (tím myslíme především sbírkové předměty v muzeích a galeriích). Blíže jsou požadavky na klima popsány v samostatné kapitole (viz kap. č. 6 "Návrhové podmínky", str. 41). Jejich meze jsou obvykle mnohem užší, než je tomu u požadavků na prostředí pro pohyb osob. Dalším problémem též často je, že požadavky na nastavení nejsou univerzální, nevyhoví tedy všem druhům materiálů. Je proto potřeba, aby při projektování byla co nejlépe známá skladba předmětů v

70 Blíže viz literatura (DRKAL - LAIN - SCHWARZER - ZMRHAL 2009, 102–105).

interiéru, aby bylo možno nastavit parametry vnitřního prostředí co nejvhodněji.⁷¹

Z pohledu pobytu osob jsou požadavky na vnitřní klima definované jako soubor pod označením "kvalita tepelné pohody"⁷².

5.5 LEGISLATIVA, STANDARDY

Otázky potřeby preventivní péče o památky mají kořeny zhruba v polovině 18. století⁷³, kdy poprvé byly nastaveny standardy. Prvně se jednalo především o ochranu a citlivé zacházení s budovami, a to zpočátku především v kontextu archeologických nálezů, velmi rychle se diskuse rozšířila na zacházení s dokumenty a jinými kulturními předměty.

PROSTŘEDÍ SBÍRKOVÝCH PŘEDMĚTŮ

Za otce moderní konzervace, a to jak budov, tak i sbírkových předmětů, považujeme Friedricha Rathgena, jenž byl původně archeologem, ale významně přispěl k nastavení standard pro konzervaci obecně.⁷⁴

V průběhu 70. let se začalo řešit nastavení a kontrola (měření) podmínek prostředí, v němž jsou sbírkové předměty uchovávány, resp. vystavovány.

Vzhledem k tomu, že každý předmět je dle použité kombinace materiálů, stáří a stavu unikát, je velmi těžké pomocí nepružné legislativy nastavit pravidla. I proto jsou podmínky stanovené českými zákony a normami spíše neurčité a požadavky se přebírají ze standardů vydaných metodickými příručkami nebo jinými doporučeními vycházejícími z praxe konzervátorů a kurátorů. Nejvhodnější postup při zařizování budovy je znát předem sbírky, které tam mají být uloženy, a stanovit individuální podmínky ve spolupráci s konzervátory a správci sbírek. Ne vždy je ovšem takový individuální přístup možný, proto bylo vydáno několik obecných doporučení,

71 Z tohoto pohledu jsou velmi problematické prostory muzeí a galerií, která jsou určena pro sezónní výstavy. Takové výstavy je během projektování velmi těžké uchopit, protože mohou být velmi různorodé - a z toho samozřejmě plynou také požadavky na samotné prostory (ať už z hlediska vnitřního klimatu, tak samozřejmě z pohledu osvětlení a variability prostor po architektonické stránce, případně častokrát statiky). Zvláště v historických budovách jsou pro výstavníky kladena značná omezení. V případě stálých expozic je problematika značně zjednodušena - obvykle je před samotnou realizací stavebních úprav znám program této výstavy, tudíž je možné parametry vnitřního prostředí nastavit "na míru" daným exponátům. Je však nutno upozornit také na to, že právě z důvodu dlouhodobého pobytu exponátu v jednom prostředí - zpravidla se jedná o minimálně 5 let, běžně 10 až 20 - jsou požadavky na přesnost dodržení požadovaných podmínek zásadně vyšší.

72 Definováno normou ČSN EN ISO 7730.

73 KŘÍŽ 1997.

74 GILBERG 1987.

kterými se projektant řídí.⁷⁵

Požadavky na prostředí uloženého předmětu a jeho manipulaci jsou různého typu. Nejčastěji užívané jsou metrické standardy, které stanovují hodnoty (či spíše jejich rozmezí) fyzikálních a chemických veličin, které se poté také metricky kontrolují. Jako příklad můžeme uvést třeba v tomto případě užívané hodnoty teploty a vlhkosti vzduchu, koncentrace látek, osvětlenost a podobně. Jiné standardy jsou nastavené ve formě postupů při kozervování nebo vyhodnocování stavu předmětů pomocí různých testů, které například mohou zjišťovat vhodnost předmětu pro vystavování.⁷⁶ Dalšími standardy jsou standardy prostředí, které se mění podle typu instituce nebo sbírky a jsou proměnné v čase závislé na průběžném měření. Obvykle se sbírky a provozy řadí do kategorií, z nich vycházejí požadovaná opatření.⁷⁷

Tab. 1: Výběr mezinárodních standardů a specifikací T a RH (ASHLEY-SMITH - BURMESTER - EIBL 2013)

Rok vydání	Standard	Teplota (°C)	Relativní vlhkost (%)	Poznámka
1978	Garry Thomson: The Museum Environment	19-24 Přiměřená RH	50 – 55 +5 40 – 70	Muzea, galerie, historické budovy
1979	Canadian Conservation Institute	20 – 25	47 – 53 +2 38 – 55	Sezónní cykly
1994	National Trust	5 – 22	58 50 – 65 40 – 75	Bezpečná zóna Maximální tolerovaná zóna
1999	ASHRAE	15 – 25	50 +10 25 – 75	Pro méně citlivé materiály
2006	National Trust	5 – 22	50 - 65	
2007	Smithsonian Institute	21	45 +8	
2009	National Museum Directors Conference, UK	16 – 25	40 – 60	Pro hygroskopické materiály
2010	European standard EN 15757	Nespecifikována, doporučena co nejnižší	Průměrná historická nebo sezónní hodnota ±10	Vyloučit skokové změny, max. gradient ±10 °C / 24 hod., vyloučit kondenzaci vody

Mezinárodní standardy byly v roce 2011 i částečně převzaty jako ČSN EN 15757 *Požadavky na teplotu a relativní vlhkost prostředí s cílem zamezit mechanickému*

75 ASHLEY-SMITH - BURNESTER - EIBL 2013.

76 Zde lze zmínit například Oddyho test.

77 Příkladem je standard prostředí Garryho Thomsona nebo blue wool standard pro kategorizaci světlostálosti materiálu.

poškození organických hygroskopických materiálů, k němuž dochází v důsledku klimatu. Norma je vstřícná k tzv. historickému klimatu nebo sezónním výkyvům, které vycházejí z dlouhodobých měření v budově.

Obecně je dobré, že si je legislativa vědoma problému umístování historických sbírek do historických budov a reaguje na to mírnějšími požadavky na vnitřní prostředí z hlediska sbírek tak, aby docházelo k co nejmenšímu zatěžování budovy.

6. NÁVRHOVÉ PODMÍNKY

6.1 POŽADAVKY NA VNITŘNÍ KLIMA Z POHLEDU POBYTU OSOB

Hygienické požadavky na vnitřní prostředí jsou v českém prostředí dány především zákony:

- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) v platném znění.
- Zákon č. 20/1966 Sb., o zdraví lidu, ve znění pozdějších předpisů – především zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce v platném znění.
- Zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.
- vyhláška č. 6/2003 Sb.

Dále jsou pro konkrétní typy provozů v platnosti další předpisy.

Tyto návrhové podmínky často nejsou v souladu s požadavky, které na vnitřní klima měli v historii, proto nemůžeme očekávat, že si při návrhu při rekonstrukci vystačíme pouze se zprovozněním původního systému.

6.2 POŽADAVKY NA VNITŘNÍ KLIMA MUZEJNÍCH EXPONÁTŮ

Prostředí, v němž se sbírkové předměty nacházejí, má velký vliv na jeho životnost. Kromě teploty a vlhkosti, kterými se tato práce především zabývá, a které jsou na sebe velmi úzce vázané, na exponáty samozřejmě působí jako degradační činitel také světlo. Druhotně jsou na vině biologické děje, které s výše jmenovanými úzce souvisejí.

Vždy jde u degradace o součinnost řady fyzikálních, chemických a biologických dějů, které v materiálu probíhají po celou dobu jeho existence. Těmto jevům nelze zcela zabránit; ochrana sbírkových předmětů spočívá v co největším možném zpomalení degradačních procesů. Obecně lze říci, že nejvyšší vliv na chemické a biologické procesy má teplota, a to zhruba zdvojnásobením rychlosti degradace

při nárůstu teploty o každých 5 °C⁷⁸ (některé zdroje uvádějí mírněji 10 °C).

DEGRADAČNÍ PROCESY

Mezi degradační procesy řadíme především změny, které způsobují nevratný rozklad materiálu. Mimo to je ovšem třeba zmínit také deformace, praskání, vlnění nebo jiné změny mechanických vlastností.

Biologické napadení plísněmi pak může vest k nevratným změnám v barevnosti, stejně tak jako nadměrné působení světelného záření (blednutí barev, rozklad fotografického materiálu, ...).

Často se také stane, že material ztratí některé své vlastnosti jako je elasticita nebo mechanická odolnost; především organické materiály mají tendenci křehnout. K poškození potom dochází při manipulaci.

POŽADAVKY DLE PARAMETRŮ

Světlo

Problematiku světla tato práce nerozebírá⁷⁹. Obecně je ale třeba zmínit, že světlo, a to především UV složka spektra, působí značně degradačně prakticky u všech materiálů. Zatímco moderní zdroje elektrického osvětlení jsou schopny tuto složku již účinně filtrovat, problémem zůstává především denní světlo. Protože ani při použití UV folií⁸⁰ se nedá účinně vyrovnat s intenzitou slunečního záření, která je velmi proměnná, počítá návrh s trvalým použitím okenic na všech oknech a svícením pouze vhodnými elektrickými zdroji.⁸¹

Teplota

Obecně je při nastavování teploty vhodné držet se středních hodnot – tedy zhruba mezi 15 – 25 °C. Za ohrožující se považují určité teploty nad 30 °C a pod 5 °C. Obecně je z hlediska většiny materiálů upřednostňována spíše nižší teplota. Vyšší teploty (spolu s vyšší vlhkostí) podporují rozvoj především hub a plísní, stejně tak jako jiných biologických škůdců.

Mnohem důležitějším faktorem ovlivňujícím degradaci materiálů, jsou vedle samotné teploty především její změny v čase. Nebezpečné jsou tedy především

78 KOPECKÁ 2002.

79 Světlem a jeho užitím ve výstavnictví jsem se zabývala v Projektu 1 na oboru IB; zpracováván byl na Katedře měření FEL ČVUT v Praze v LS 2016/2017, vedoucí práce: ing. Petr Žák, PhD.

80 Tyto folie jsou schopné pohltit až 98 % UV záření dopadajícího na sklo.

81 Z toho vycházejí i určité modifikace ve výpočtu tepelné bilance – kupříkladu radiace je ve výpočtu tepelných zisků zanedbána a v případě oken se uvažuje pouze teplo získané prostupem.

prudké změny, a to především z toho důvodu, že předměty obvykle bývají vyrobeny z více materiálů a jejich nestejná tepelná roztažnost zapříčiňuje vnitřní pnutí.⁸²

Vlhkost

Narozdíl od teploty jsou pro různé materiály kritické různé hranice relativní vlhkosti okolí. V ideálním případě (především pokud jde o uložení v depositářích) je vhodné upravovat vlhkost samostatně pro každý materiál (rozdělit předměty do uzavíratelných skříní).

Na vlhkost jsou nejcitlivější především hygroskopické materiály, a to především, stejně jako u teploty, na náhlé změny vlhkosti.⁸³ Tyto materiály mají schopnost vodu z okolí přijímat nebo ji do něj odevzdávat, vyrovnávají tedy svou vnitřní vlhkost s vlhkostí okolí. Tyto procesy (putování vody materiálem) samozřejmě působí degradačně, je tedy zjevné, že nejúčinnější ochranou je ustálení vlhkosti prostředí a umožnění rovnováhy v materiálu.

Pochopitelně i v tomto případě platí, že je třeba se vyhnout extrémům. Obecně je třeba držet vlhkost v prostředí nad 30 % a pod 70 % RH. Nízká vlhkost je často kritická pro materiály, které vlivem ztráty přirozené vlhkosti deformují (například dřevo nebo kůže). Většina organických materiálů při nižší míře vlhkosti křehne; ztrácí svou přirozenou elasticitu. Vysoká míra vlhkosti je problémem především z hlediska rozvoje plísní.

Kromě změn fyzikálních jsou na vlhkosti závislé i chemické procesy. Zde jde především o koroze kovů vlivem zvýšené vlhkosti, o pohyby solí a jiných látek ve vodě rozpuštěných v porézních materiálech (kamenech, keramice).

Biologické napadení

Sbírkové předměty nejčastěji podléhají napadení mikroorganismy, a to bakteriemi, řasami, plísněmi, lišejníky a houbami, ale také rostlinami, hmyzem nebo hlodavci a ptáky. Zatímco proti větším organismům jako jsou drobní hlodavci a ptáci, se bráníme především konstrukcemi (znemožníme přístup), napadení mikroorganismy velmi úzce souvisí s nesprávným nastavením klimatických podmínek.

Napadení rozlišujeme jako přímé a nepřímé. Zatímco při přímém napadení se škůdce přímo živí materiálem sbírkového předmětu, při nepřímém je materiál znehodnocován vedlejšími jevy jeho activity (často výkaly větších živočichů nebo

82 GROSSMANOVÁ - MAZLÍK - SELUCKÁ 2014.

83 KOPECKÁ 2002.

chemickými látkami produkovanými bakteriemi).⁸⁴

Při hubení škůdců se upřednostňují fyzikální metody, které obecně méně poškozují chráněný materiál. Obvykle to znamená přesunutí předmětu do lépe kontrolovaného prostředí, vysoušení, chlazení (až mražení), mechanické očištění.

Polutanty

Zdroji znečišťujících látek mohou být jak prvky z exteriéru, samotní návštěvníci, ale i prvky a vybavení interiéru nebo samotné konstrukce budovy. Látkami, které nejvíce působí degradaci, jsou především nízkomolekulární organické sloučeniny, VOC (Volatile organic compounds), obsahující vazbu C=O. Patří sem aldehydy (formaldehyd, acetaldehyd), ketony (aceton) a karboxylové kyseliny (kyselina mravenčí a octová).⁸⁵

Navrhovaný systém úpravy vnitřního prostředí (VZT) se musí vyrovnat s požadavkem na přísnou kontrolu koncentrace škodlivin v interiérovém vzduchu. Mimo to se do hlídaných prostor umísťují i pasivní sorbenty nebo lokální filtrační jednotky. Samozřejmě je lépe polucím předcházet odstraněním nevhodných materiálů, zejména nátěrů, ochranou povrchů pomocí krycích nátěrů nebo bariérových folií.

Pro sbírkové předměty bývají nebezpečné velmi časté oxidy síry (a to zejména oxid siřičitý SO₂) a dusíku (především oxid dusný NO₂). Obojí se dá účinně eliminovat pomocí řízené cirkulace vzduchu a filtrace za použití alkalických absorbérů nebo absorbérů na bázi aktivního uhlí.

Návštěvníkový provoz může ovzduší paradoxně přispívat, kdy dýcháním lze ve vzduchu snižovat množství ozonu.⁸⁶

Prachové částice působí degradaci především mechanicky, a to proto, že se chovají jako abrazivo, ale mohou mít na předměty negativní vliv i na základě chemické podstaty. Obecně je velmi těžké prach ve vzduchu potlačit, je ovšem vhodné eliminovat jeho usazování, a to především neustále rovnoměrně pomalu proudícího vzduchu.⁸⁷

DLE MATERIÁLŮ

Obecně doporučené hodnoty nastavení teploty a relativní vlhkosti stanovuje pro jednotlivé hodnoty následující tabulka:

Tab. 2: Doporučené hodnoty nastavení teploty a relativní vlhkosti prostředí podle jednotlivých materiálů (zpracováno podle Metodické centrum konzervace [online]).

84 GROSSMANOVÁ - MAZLÍK - SELUCKÁ 2014.

85 GRZYVACZ 2006.

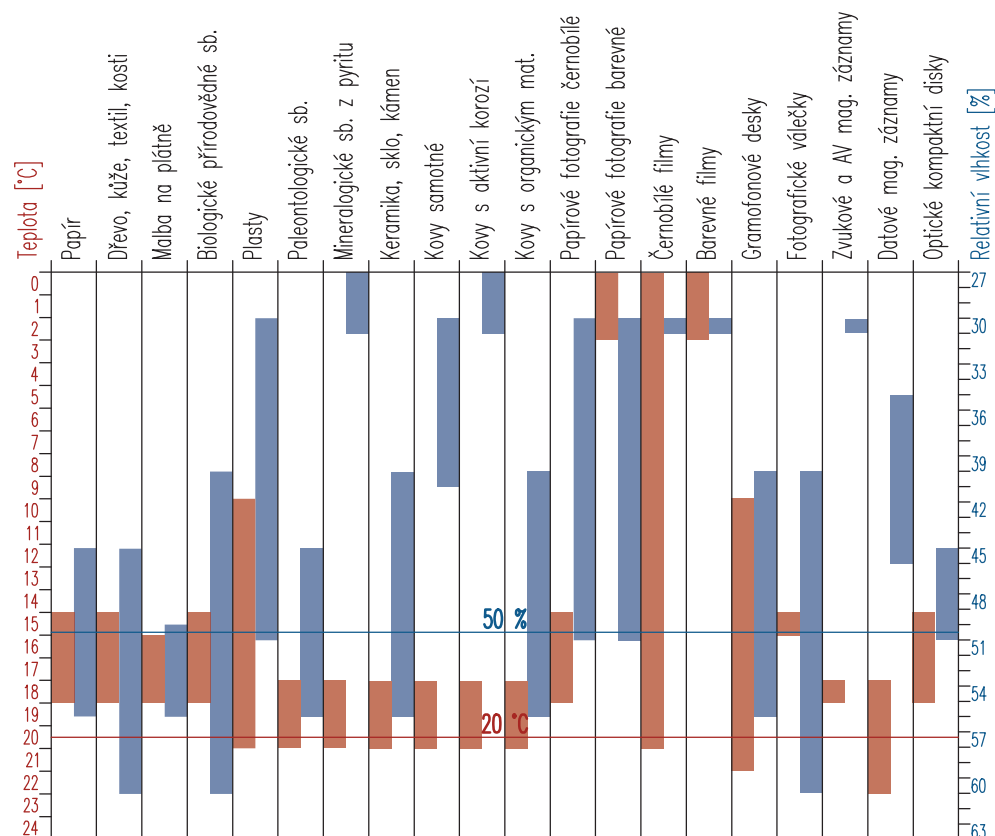
86 KOPECKÁ - DVOŘÁK 1995.

87 MAŠKOVÁ - SMOLÍK 2013.

Materiál	Teplota (°C)	Relativní vlhkost (%)
Papír	15-18	45-55
Dřevo, kůže, pergamen, textil, slonovina, osteologický materiál	15-18	45-60
Malba na plátně	16-18	50-55
Biologické přírodovědné sbírky	15-18	40-60
Plasty	10-20	30-50
Paleontologické sbírky	18-20	45-55
Mineralogické sbírky z pyritu	18-20	pod 30
Keramika, sklo, kámen	18-20	40-55
Kovy samotné	18-20	30-40
Kovy vykazující aktivní korozi		pod 20
Kovy v kombinaci s organickým materiálem	18-20	40-55
Papírové fotografie černobílé	15-20	30-50
Papírové fotografie barevné	do 2	30-50
Černobílé filmy	do 20	30
Barevné filmy	do 2	30
Gramofonové desky	10-21	40-55
Fonografické válečky	okolo 15	40-60
Zvukové a audiovizuální magnetické záznamy	18	30
Datové magnetické záznamy	18-22	35-45

Materiál	Teplota (°C)	Relativní vlhkost (%)
Optické kompaktní disky	15-18	45-55

Přehlednější zpracování nabízí následující graf:



Obr. 9: Doporučené teploty a vlhkosti dle jednotlivých materiálů s vyznačením hodnot zvolených v části B.

Vzhledem k tomu, že se obvykle vyskytují v muzejních sbírkách předměty se smíšenou materiálovou skladbou, nastavují se obecně parametry vnitřního prostředí na takové teploty a vlhkosti, které vyhovují co největší škále materiálů.

Výjimku tvoří vysoce citlivé materiály jako je především fotografický materiál, který není prakticky nikdy možno uchovávat ve společných podmínkách a vždy bude muset být uložen v jiném prostředí. Nejjednodušší způsob, jak toho dosáhnout, je upravovat prostředí pouze v uzavřené skříni, příp. vitríně, v níž je předmět uložen.

Historické knižní fondy

Tyto mají dle ČSN 11799 trochu odlišné požadavky na prostředí – pokud jsou dokumenty z papíru, kůže nebo pergamenu dlouhodobě uložené, má se teplota pohybovat v rozmezí 2-18 °C a vlhkost být v rozmezí 30-45 %, jsou-li pravidelně

užívané, zužuje se rozmezí teploty na 14-18 °C a vlhkosti na 35-50 %.

Z toho vyplývá, že obecně doporučené rozmezí hodnot teploty a vlhkosti není zcela v souladu s použitím pro historické knižní fondy, nikoliv však fatálně. Vzhledem k tomu, v jakých podmínkách dnes často tyto sbírky bývají uloženy, je toto doporučení určitě dostačující, byť ne optimální.

6.3 BUDOVY

Každá budova je unikátní a bez dlouhodobých měření a pozorování je těžké přesně určit, co jí vyhovuje. Naštěstí na to pamatují i normy a standardy a zavádějí termín historický průměr, ke kterému se vztahují navrhované změny a případné sezónní odchylky.

Obecně je při návrhu třeba zjistit, jakým způsobem byla budova dříve větraná a vytápěná a na jaké parametry vnitřního prostředí byla navržena (neboli jaké byly zvyklosti v době jejího uvedení do provozu). Nejúčinnější a nejšetrnější tedy obvykle bude obnovit původní systém, byť s moderními modifikacemi.

Obecně je vhodné prostor pomalu a mírně provětrávat (výměna vzduchu $n=1/24$).⁸⁸ Nutné je zbavit se nadměrné vlhkosti, která škodí konstrukcím a může mít za následek rozvoj plísní.

88 Celý objem prostoru je provětrán jednou za 24 hodin.

7. PŘÍKLADY

Jako příklady pro současné vypořádání se s problematikou vnitřního prostředí historických budov jsem si vybrala dva projekty. První z nich se týká komplexní obnovy barokního kostelíka v areálu zámeckého parku v Lánech, druhý potom Královský letohrádek na Pražském hradě a hypotetické doplnění vzduchotechnického systému tak, aby bylo možno tuto stavbu využívat k uchování a vystavování historických sbírek.

Projekt obnovy kostela jsem pod vedením Ing. Václava Hlaváčka (studio acht, spol. s r.o.) a ve spolupráci s Ing. Pavlem Jakoubkem (hlavní inženýr projektu) a Ing. arch. Mikulášem Wittlichem zpracovala na podzim roku 2017; v současné době je projekt v realizaci. Problematika klimatu (a navrhovaná opatření) byla konzultována s Ing. Janem Červenákem. Zvýšení kvality vnitřního prostředí oproti stávajícímu stavu je dosahováno především stavebními úpravami, které jsou podpořeny jednoduchým systémem měření a regulace, jenž ovládá jen mechanické prvky (otevírání a přivírání klapky), případně bude doplněn o ventilátory pro podpoření přirozeného provětrávání v obdobích, kdy nebudou nejvhodnější klimatické podmínky (především v letních měsících).

Projekt týkající se Královského letohrádku byl vytvořen pouze za účelem této práce a má ověřit, jaké souvislosti by rozhodnutí vystavovat historické sbírky (se svými specifickými požadavky) mělo. Návrh je vytvořen na podkladu projektu obnovy interiéru, který zpracovává stejný projekční tým jako projekt výše, jenž je nyní v přípravě.

7.1 KOSTEL NEJSVĚTĚJŠÍHO JMÉNA JEŽÍŠ - LÁNY

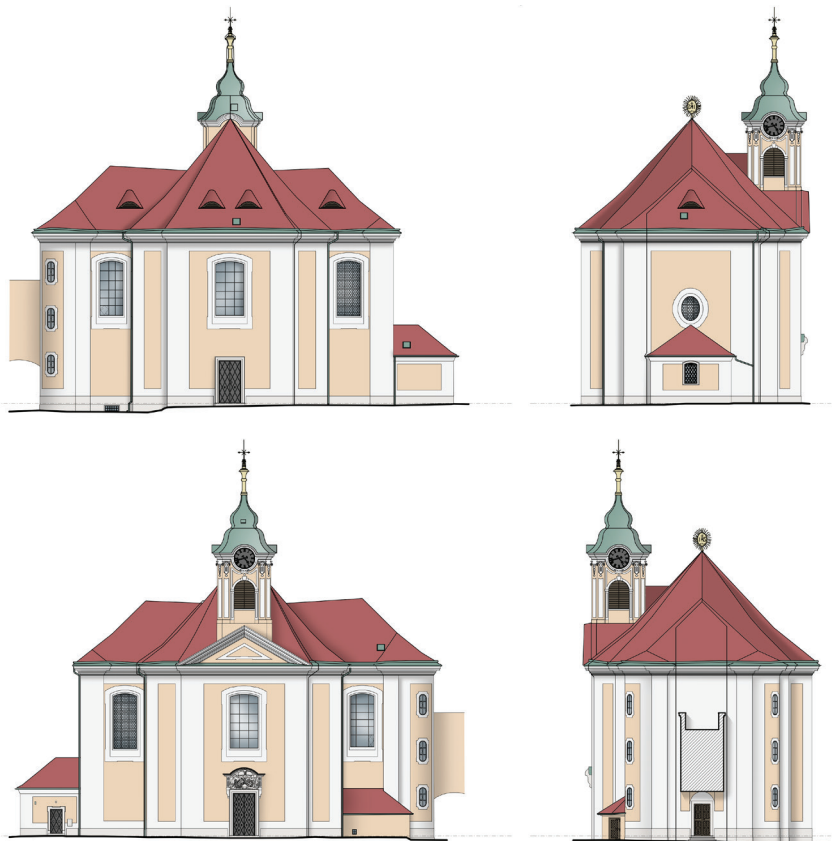
7.1.1 Architektonický popis objektu

Kostel Nejsvětějšího jména Ježíš je součástí areálu Lánského zámku. Původně rokoková zámecká kaple z poloviny 18. století, propojená v prvním patře krytou chodbou (prampouchem) s východním křídlem zámecké budovy, slouží dnes jako lánský farní kostel.

HISTORIE

Kněžna Marie Anna, rozená z Valdštejna, provdaná za knížete Viléma Arnošta z Fürstenberka, dala v letech 1748 – 1752 nákladem 14 344 zlatých vybudovat rokokovou zámeckou kapli Nejsvětějšího Jména Ježíš, která od r. 1850 slouží jako lánský farní kostel. V době stavby kaple byl zámek ještě obkroužen vodním

příkopem, a poněvadž kaple měla být propojena s východním zámeckým křídlem, bylo třeba vést krytou spojovací chodbu z prvního patra zámku po arkádových obloucích.



Obr. 10: Pohledy na fasády kostela Nejsvětějšího Jména Ježíš v Lánech.

Budovu kaple projektoval architekt František Ignác Prée (ten patrně konzultoval i stylové umělecké vybavení interiéru), ale realizoval ji stavitel Slon.

POPIS

Podélný, s ústředním prostorem na půdorysu konvexně okoseného čtverce s obdélným užším prostorem presbytáře a obdobným prostorem s kruchtou a emporou na protilehlé straně. V ose na vých. straně za presbytářem obdélná sakristie. Boční průčelí, se středními rizality s konkávně vybranými nárožními a s konvexním zaoblením nároží prostoru kruchtly se šnekovými schodišti, jsou členěna lizénovými rámci a prolomena obdélnými okny se segmentovými záklenky. Na severní straně rizalit ukončený trojúhelníkovým štítem a s hranolovou věží s cibulovou helmicí.

Interiér je sklenutý plackami, sakristie valenou klenbou s lunetami. Konvexní pilíře hlavního prostoru při vítězném oblouku jsou v horní části prolomeny oratořemi s

balkony .

Vnitřní zařízení, tj. hlavní a postranní oltáře, kazatelna a ostatní vnitřní výzdoba je dílem sochařů Richarda Prachnera, Josefa Jelínka a Ignáce Platzera, štukatéra A. Odelliho, malíře Franze Barberriho, mramoráře Josefa Lauermanna a dalších.⁸⁹

7.1.2 Stávající stav

Před realizací tohoto projektu (r.2018) bylo v kostele provedeno několik nevhodných zásahů, které měli špatný vliv na interiérové mikroklima. Samotné odstranění těchto úprav je vhodným začátkem pro zlepšení stavu památky a to zejména truhlářských a tesařských prvků.

V první řadě se jedná o realizaci betonové vytápěné podlahy, která je ze své podstaty parotěsná. Vlhkost z podloží je po této úpravě vytlačována ze středu kostela směrem k obvodovým zdem, kde významně přispívá k degradaci obvodových zdí vlivem vztlínající vlhkosti. Zároveň ani podlahové vytápění není ideálním způsobem vyhřívání prostoru, neboť akce v kostele se konají spíše nárazově a tak je třeba topení zapínat dlouho dobu dopředu. Ani dlouhá setrvačnost podlahového topení není pro klima památky ideální.

Dále byly utěsněné prostupy ve vrcholech kleneb, patrně s úmyslem zamezit tepelným ztrátám. V případě trvalého uzavření otvorů ale dochází k množství negativních jevů. Při ohřátí vzduchu v interiéru např. sluneční radiací skrz okna se ve vrcholu klenby tvoří výrazně teplé čepičky, na druhé straně se krov neprovětrává vůbec a v zimě může v extrémních případech i promrzat. Výsledkem je teplotní namáhání klenby, při kterém hrozí kondenzace vzdušné vlhkosti v nejhodnotnější části kostela.

Jako třetí nevhodná úprava bylo odhaleno zrušení původních vikýřů (dle historického obrazu a fotografií). Vikýře slouží pro provětrání krovu a při správné

89 Převezato z JAKOUBEK - STUDIO ACHT 2017.

manipulaci stačí k udržování optimálního klimatu v krovu.



Obr. 11: Detail z obrazu v interiéru kostela

7.1.3 Stavební úpravy

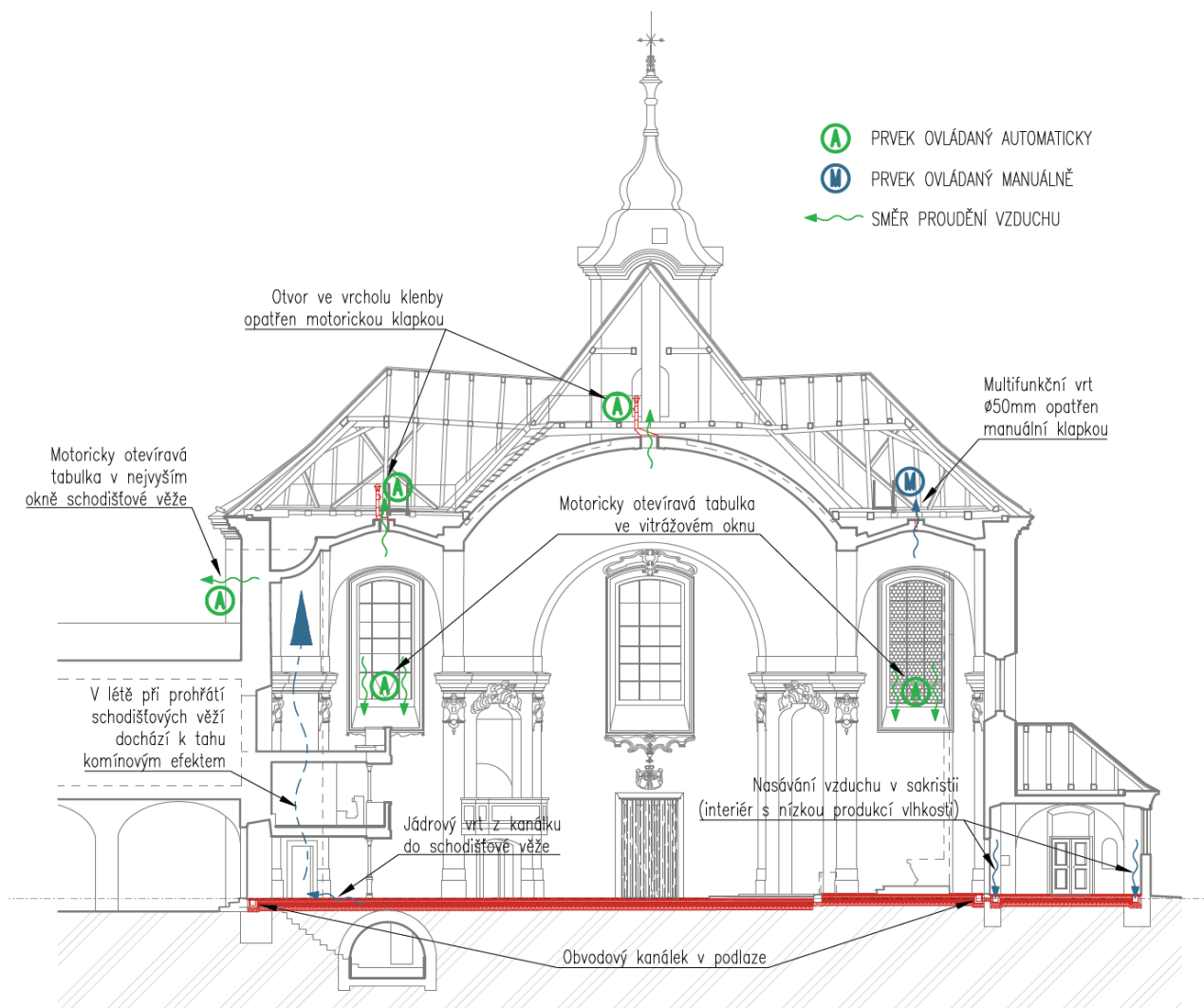
Stavebními úpravami byly zejména zrušeny nevhodné zásahy z minulosti. Odstraněna byla stávající parotěsná betonová podlaha, která byla nahrazena podlahou na IPT tvarovkách s dutinou napojenou do obvodového provětrávaného kanálku. Části podlahy pod kostelními lavicemi byly nahrazeny cihelnou dlažbou, která umožňuje prostup par přímo do interiéru odkud jsou odvětrány a nezvyšuje dotaci vlhkosti u obvodových stěn.

Stávající otvory ve vrcholech kleneb byly pročištěny a osazeny klapkami. Doplněny byly nově vrty $\varnothing 50\text{mm}$, taktéž osazeny klapkami. Klapky jsou částečně ovládány

s automatickým ovládáním.

V hlavní věži kostela byly obnoveny stávající benátské žaluzie s nastavitelnými lamelami.

7.1.4 Systém 1 - Větrání interiéru kostela



Obr. 14: Řez podélný

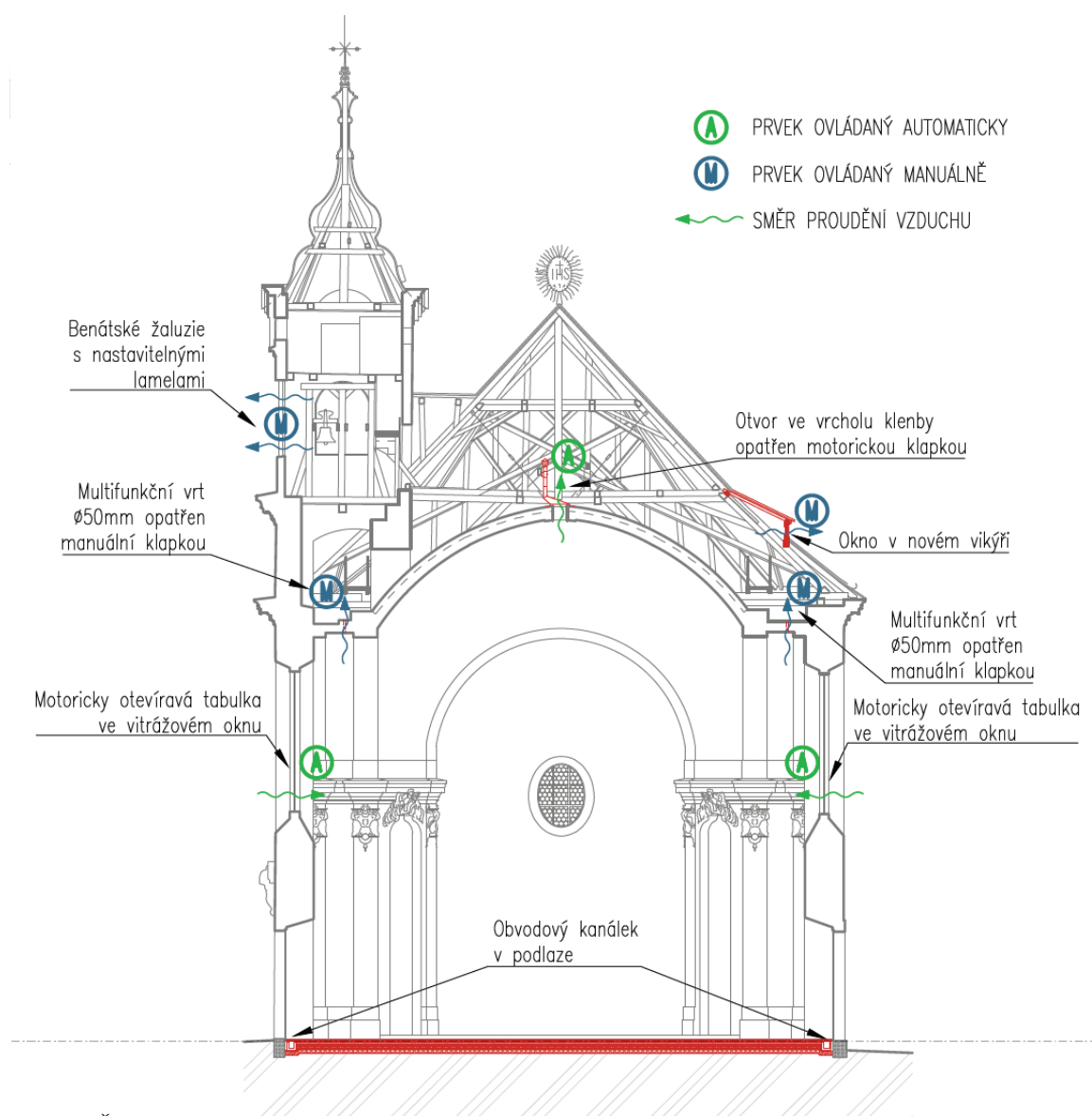
PRVKY

Za účelem větrání interiéru kostela byly instalovány následující prvky:

- Do stávajících vitrážových oken s otevíravými tabulkami byly doplněny elektrické motory s tlačným řetězem. Napájení motorů je v rozvaděči ovládáno modulem KNX inteligentního řízení klimatu
- Na stávající velké otvory ve vrcholech klenb byly osazeny komínky s motorickými klapkami. Klapky jsou ovládány z rozvaděče KNX modulem napojeným na

inteligentní řízení klimatu

- Na nové a stávající otvory menších rozměrů (Ø50mm) v klenbách byly osazeny komínky s manuálně ovládanými klapkami.
- V krovu byly realizovány nové vikýře s možností uzavření (manuální ovládání).
- Ve věži byly obnoveny benátské žaluzie s možností nastavení lamel (manuální ovládání).
- Inteligentní systém řízení vnitřního klimatu skládající se z centrální vyhodnocovací jednotky a čidel. Instalovaná čidla měří venkovní a vnitřní teplotu, venkovní a



Obr. 15: Řez příčný

vnitřní vlhkost a venkovní rychlost větru. Dále se jednotka řídí vestavěnými hodinami.

FUNKCE SYSTÉMU

Základními stavy pro nastavení systému je rozlišení zima/zbytek roku. Mezi těmito stavy je třeba přenastavit manuálně ovládané prvky systému, po zbytek roku funguje systém automaticky.

Na zimu je třeba uzavřít okna ve vikýřích a manuálně ovládané komínky na otvorech v klenbách. Dále se uzavřou benátské žaluzie ve věži kostela – žaluzie nejsou úplně těsné, proto i při uzavření zajišťují minimální provětrání krovu. V případě vysokých teplot v interiéru (jednorázové akce) či mimořádně příznivých venkovních podmínek řídí klima inteligentní systém pomocí motoricky ovládaných tabulí vitrážových oken a motorických klapek na hlavních otvorech v klenbách.

V létě se předpokládá trvalé otevření všech manuálně ovládaných otvorů včetně benátských žaluzií (hlavní akumulace tepla do objektu). Motoricky ovládané prvky se uzavírají pouze při dešti, za silného větru a během mimořádně studených dnů (na podzim).

V přechodovém období se budou motoricky ovládané prvky otevírat při teplotách nad 10°C.

V jarním období budou benátské žaluzie otevřené pouze na východ.

Systém je takto nastaven jako výchozí bod a měl by být dále doregulován na základě zkušeností a průběžného měření teploty a vlhkosti v interiéru.

7.1.5 Systém 2 - Snížení vlhkosti obvodového zdiva

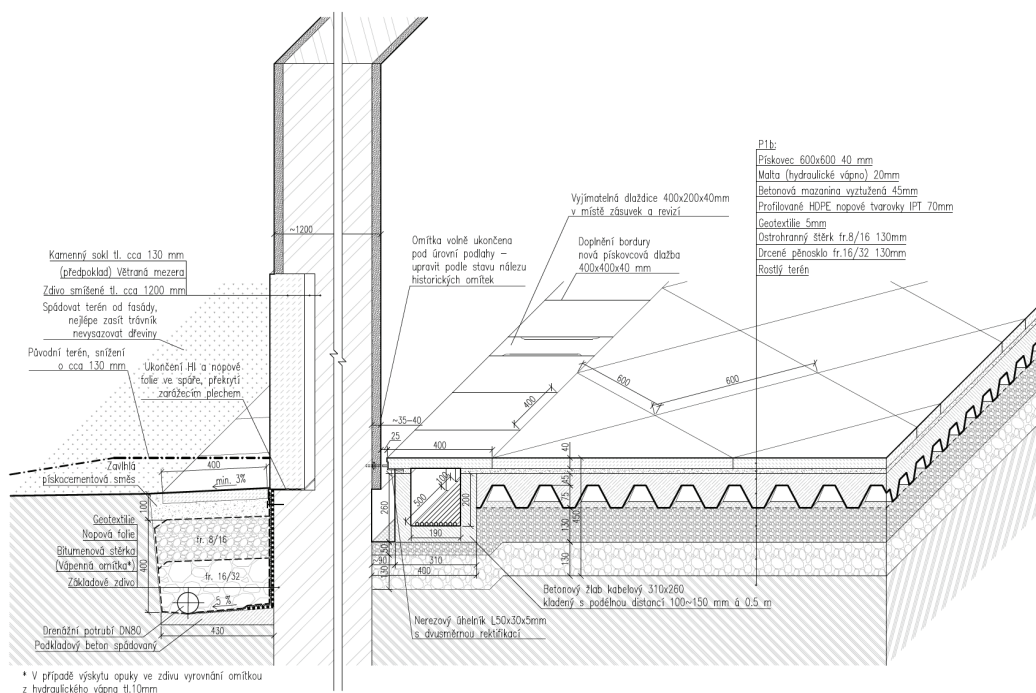
PRVKY

Za účelem snížení vlhkosti obvodového zdiva byly instalovány následující prvky:

- Obvodový kanál z betonových dílců, kladených s mezerami, tak aby byl umožněn prostup vzduchu mezi zdí - kanálem a konstrukcí podlahy – kanálem. Kanál obýhá po vnitřní straně všechny obvodové zdi. V základní variantě je kanál navržen bez dodatečné technologie, pokud by se během provozu ukázal jako nedostatečně funkční, počítá se s možností budoucího osazení axiálních ventilátorů napomáhajících proudění vzduchu. V kanále dále vedou i nové elektroinstalace objektu. Pro omezení vlhkostní dotace ze strany exteriéru bylo při patě zdiva realizováno drenážní těleso s rubovou hydroizolací minerální stěrkou.
- Jádrový vrt propojující obvodový kanálek a schodišťové věže, na straně věže

ukončen mřížkou.

- Nejvyšší okna na schodišťových věžích jsou osazena výklopnými tabulkami ovládanými elektrickými motory s tlačným řetězem. Napájení motorů je v rozvaděči ovládáno modulem KNX inteligentního řízení klimatu



Obr. 16: Řešení u paty obvodového zdiva

FUNKCE SYSTÉMU

Systém je navržen zejména pro funkci v letním období. Při venkovních teplotách nad 10°C se otevřou výklopné tabulky v nejvyšších oknech na schodišťových věžích. Vlivem ohřátí vzduchu na schodištích sluneční radiací a rozdílem tlaků dochází ve schodišťové věži ke komínovému efektu. Podtlak vzduchu na schodišti vysává skrze jádrový vrt vzduch z obvodového kanálku, kam je přiváděn na opačném konci objektu podlahovými mřížkami se sakristie. Vzduch v sakristii má vhodné parametry, neboť je zde instalováno topení a zároveň zde není příliš vysoký provoz. Ač se jedná o vzduch interiérový, lze tedy předpokládat, že bude teplý, ale suchý.

7.2 KRÁLOVSKÝ LETOHRÁDEK NA PRAŽSKÉM HRADĚ

Mnohé veřejné budovy, jako jsou divadla, muzea nebo galerie, jsou památkově chráněnými objekty. To výrazně omezuje jejich provoz, při němž je třeba dbát na co nejšetrnější přístup k budově. Na druhou stranu je ovšem třeba myslet také na to, že nebude-li budova využita, těžko bude někdo ochoten financovat její údržbu.

Vnitřní prostředí je potřeba přizpůsobovat jak velkému množství návštěvníků a jejich alespoň základní pohodlnosti, ale v případě muzeí a galerií i exponátům. Tyto požadavky však často neodpovídají požadavkům samotné stavby a je tudíž třeba navrhnout kompromisní řešení, která často bývají nákladnější jak technologiemi, tak i provozem.

Mezi budovy potýkající se s tímto problémem patří i letohrádek královny Anny, který je využíván jako galerie. Stávající provoz je však nejen nevyhovující pro samotnou budovu, ale i značně omezující, co se týče předmětů, které je možno v objektu vystavit. V současné době je povoleno vystavování pouze předmětů, které nemají na prostředí z hlediska teploty a vlhkosti žádné požadavky. V podstatě to znamená, že se v Belvederu dá vystavovat jen moderní umění.

Ani budova však nemá nastavené odpovídající podmínky. Přízemní výstavní sál a hala jsou příležitostně vytápěny (podle provozu), suterénní místnost (dříve plánovaná jako taktéž výstavní, reálně spíše depositář) má instalovaný bohužel pro depositář nepostačující systém temperování pomocí podlahových konvektorů a sál v patře není vytápěn vůbec.

Předmětem práce má být stanovení požadovaných parametrů vnitřního prostředí a návrh nového systému, který by co nejvíce odpovídal požadavkům jak budovy, tak i exponátů, a to tak, aby bylo možno vystavovat i cenné předměty z historických sbírek. Obecně však není specifikován druh materiálu sbírkových předmětů, proto je vnitřní prostředí navrhování s univerzálními parametry, které by měly vyhovět co největšímu spektru materiálů.

Z důvodu nepřetěžování budovy bude navrhovat úpravu vnitřního prostředí pouze ve výstavních sálech (celkem 3 – 2 v přízemí a 1 v patře) a suterénním depositáři – tedy prostory, na jejichž prostředí jsou kladeny nároky z hlediska exponátů. Suterénními prostory technické chodby, sociálního zázemí a vstupní halou se projekt nezabývá. V případě sociálního zázemí se předpokládá vytápění a větrání samostatnými systémy, ve vstupní hale je zase z hlediska ochrany budovy lépe nevytápět vůbec, případně ponechat stávající radiátory a temperovat vzduch

na 15 °C.

Návrhem se zabývá část B této práce.

7.2.1 Architektonický popis objektu

Letohrádek Pražského hradu (také letohrádek královny Anny, Belvédér), se nachází na východním konci severních královských zahrad areálu Pražského hradu. Jeho východní obvodová stěna pod úrovní přízemí je zároveň ohradní zdí zahrady a spolu s jižní stěnou tvoří zlom terénu svažujícího se k východu. Objekt je tedy ze západu a severu dvoupodlažní, z jihu a východu třípodlažní.

Tato stavba, často označovaná jako nejčistší příklad italské renesance na sever od Alp. Byla vybudovaná Ferdinandem prvním pro jeho ženu Annu Jagellonskou, a to v několika na sebe navazujících etapách za vedení významných renesančních architektů:

V letech 1535–38 se prováděly zejména práce na ohradní zdi zahrady (stavitel G. Spatio).

V letech 1538-52 pod vedením Paola della Stelly byl realizován přízemní lusthaus s arkádovým ochozem obepínajícím celou budovu, s mohutným valeně zaklenutým suterénem. Italští kameníci vyzdobili portály, okna a reliéfy na soklech sloupů a ve cviklech arkád, až po úroveň terasy, která tvořila dočasnou střechu. Témata reliéfní výzdoby sloužila jako přímá součást habsburské panovnické reprezentace.

V letech 1552-63 Bonifác Wohlmut s Hansem Tirolem ukončili budovu patrovou nástavbou se střechou ve tvaru lodního kýlu.

K větším opravám letohrádku došlo po poškození švédskými vojsky, a dále v letech 1725–26.

Na konci 18. století získala Letohrádek k užívání rakouská armáda a po jejím pobytu musela být v roce 1836 zahájena rekonstrukce.

Poté, co letohrádek získala do užívání Společnost vlasteneckých přátel umění, byl v letech 1843 - 1847 opraven a v interiéru poměrně razantně přestavěn. Změněna byla místa všech vstupů do budovy, byla vybourána původní střední příčná chodba i navazující schodiště a v prostoru zrušené dvojice čtvercových sálů, situovaných v severní části budovy v přízemí a v patře nad sebou, bylo pro změnu vybudováno dodnes existující mohutné reprezentativní schodiště podle historizujícího návrhu architekta Grubera.

V horním velkém sále provedl v padesátých letech 19. Století malíř Ruben se svými žáky nástěnné malby s náměty z českých dějin. (Malby byly v 50. letech 20.

století zakryty a poškozeny).

Kamenické detaily pláště se opravovaly v r. 1820 a 1829 a ve 20tých letech 19. století i 20. stol.

Další zásadní opravy se uskutečnily po r. 1952 za účasti arch. Pavla Janáka. Během této rozsáhlé opravy byla vybudována nová železobetonová konstrukce terasy kotvená v obvodových stěnách dle projektu prof. B. Hacara, která odlehčila klenby nad ochozem. Po Janákových úpravách v padesátých letech začal být letohrádek trvale využíván k výtvarným výstavám s celoročním provozem. Proto bylo také zavedeno parní ústřední topení, což v důsledku vedlo k devastování zejména krovových konstrukcí vlivem kondenzované vody.

Komplexně byl stavebně letohrádek opravován v letech 1988–91, kdy byla provedena mimo jiné nová hydroizolace terasy a zejména vybudovány suterénní prostory pod východním arkádovým ochozem a pod severním parterem.

Dispozice je velmi jednoduchá; objekt má dva vstupy – do přízemí, z něž je přístupno vše kromě suterénu-depositáře a z jižní strany přímý vstup do depositáře. V tomto suterénu počítá návrh z hlediska eliminace tepelných ztrát ke zřízení zádveří.

V přízemí se vstupuje do haly se schodištěm do patra. Dále jsou zde dva výstavní sály a schodiště do technického suterénu. Vedle vstupu jsou ještě dvě male místnosti sloužící jako zázemí kustodů a ústředna slaboproudu.

V patře je nad monumentálním schodištěm největší z výstavních sálů. Po točitém železném schodišti je přístup do podkroví.

KONSTRUKCE

Zdivo je z většiny smíšené z opuky a plných pálených cihel. Zastropení suterénu je řešeno valenou klenbou, 1NP je v současnosti přestropenou ŽB deskou (sanační úpravy z 60.-80. let) a nad halou a výstavním sálem ve 2NP jsou dřevěné kazetové stropy.

7.2.2 Požadavky na vnitřní klima z pohledu provozu

Dle konzultace s Ing. Janem Červenákem je obecně doporučena minimální výměna interiérového vzduchu jednou za 24 hodin celý objem.

Z hlediska pohledu návštěvníků je vhodné, aby teplota v interiéru byla zhruba nastavena na teploty, na něž jsou zvyklí odjinud. Příliš nízká teplota by mohla být značně nepříjemná, navíc by v letních měsících mohla mít negativní vliv na zdraví (obecně se nedoporučuje mít interiér chlazený na teplotu nižší než o 5 stupňů méně

než je aktuálně teplota v exteriéru).

7.2.3 Požadavky na vnitřní klima z pohledu budovy

Každá budova je unikátní a bez dlouhodobých měření a pozorování je těžké přesně určit, co jí vyhovuje.

Obecně je při návrhu třeba zjistit, jakým způsobem byla budova dříve větraná a vytápěná. Nejúčinnější tedy vždy je obnovit původní systém, byť s moderními modifikacemi.

Po mnohých úpravách a přestavbách není však ani jedno ze stávajícího stavu patrné. V současné době není větrání nikterak řízeno; vytápění je aktivní v hale a přízemních sálech, a to nárazově dle provozu. Suterénní místnost je temperována podlahovými konvoktory, které však jsou dost poruchové a systém není příliš stabilní.

Větrání v suterénu bylo pravděpodobně zajišťováno okny umístěnými příčně proti sobě. Snad dokonce v nich ani nebyla osazena dřívě okna, ale jen mřížky. V přízemí i patře jsou okna s plnými vnitřními a žaluziovými vnějšími okenicemi, dá se tedy předpokládat, že větrání bylo jimi snadno regulováno.

Z doby rekonstrukce střechy mezi lety 2010 až 2012 bylo v patě kazetového stropu nad výstavním sálem ve 2NP zřízeno několik větracích mřížek, které vedou rovnou do provětrávaného krovu. V nevytápěném (netemperovaném) sále je vidět, že dřevěnému stropu neupravený exteriérový vzduch příliš nesvědčí; vlivem dilatace a změn vlhkosti z něj ve velkých kusech odpadává i poměrně nový nátěr.

Návrh řízeného větrání výstavního sálu počítá s využitím alespoň části těchto stávajících otvorů v klenbě pro výústky. Zbytek bude zaplntován, aby prostor nebyl do krovu nadále otevřen.

Požadavky budovy na vnitřní klima nejsou zcela v souladu s požadavky exponátů. Shodnou se sice na vhodnosti udržování stálé teploty a případně vlhkosti, budově by však vyhovovalo temperování na teplotu nižší (okolo 10-15 °C) a výrazně nižší vlhkost.

Nastavení, které však je v projektu zvolené (20 °C a 50 % RH) je i tak určitým kompromisem a nemělo by budovu příliš zatěžovat.

8. ZÁVĚR

Obnova památek je úkolem velmi komplexním a zodpovědným. Nesprávně upotřebené moderní materiály a technologie nebo požadavky na vnitřní prostředí mohou nenávratně poškodit hodnotné prvky staveb. Na druhou stranu motivací pro udržení budovy v dobrém stavu je úzce vázáno na její využitelnost. A ta je především dána schopností stavby poskytnout uživateli prostředí, které se moc neodlišuje od dnešních standardů.

Obnova historických systémů je jedním z nejlepších přístupů respektujících samotnou historickou budovu. Proto je také tak důležitá jejich znalost.

Za největší problém při návrhu způsobu úpravy vnitřního prostředí považuji velmi riskantní spoléhání na pravidelnou údržbu. Tento problém je samozřejmě i u novostaveb, historické objekty jsou však záladnějši. Každý je unikátní a univerzální principy fungují jen v omezené míře. Průzkumy před samotnou rekonstrukcí můžeme udělat sebepodrobněji, ale nemusíme být schopni postihnout úplně všechna specifika dané stavby.

Navržený systém by potom měl za prvé být v nějaké základní míře flexibilní, aby se přizpůsobil skutečností zjištěným až na stavbě, nebo dokonce až po ní, ale zároveň by si měl být vědom i možností údržby. Často jsou takové systémy (stejně jako systémy v historii) založené na manuálním ovládní, což se dnešní "bezúdržbové" moderní době nelíbí.

Jednou z možností je použití systémů měření a regulace, přesto však si myslím, že nejdůležitější je poučení uživatele, že stavba není jen věc, ze které se má maximum vytěžit, ale zároveň je potřeba do ní i investovat (nejen peníze, ale i čas a úsilí), aby mohla co nejdéle sloužit.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ

ALPERSON-AFIL, N. 2008: Continual fire-making by Hominins at Gesher Benot Ya'aqov, Israel. *Quaternary Science Reviews* 27, 1733-1739.

ALPERSON-AFIL, N. 2012: Archeology of fire: Methodological aspects of reconstructing fire history of prehistoric archeological sites. *Earth-Science Reviews* 113, 111-119.

ARNOLD, D. 1997: *Lexikon der ägyptischen Baukunst*². Düsseldorf/Zürich.

ASHLEY-SMITH, J. – BURMESTER, A. – EIBL, M. 2013: *Climate for Collections: Standards and Uncertainties*. Mnichov.

BANGS, H. 2008: *Návrat posvátné architektury*. Praha (originál New York 2006; překlad V. Sigmund).

BAŠTA, J. 2016: *Otopné plochy: otopná tělesa*². Praha.

BEAN, R. - OLESEN, B. W. - KWANG-WOO, K. 2010a: History of Radiant Heating & Cooling Systems. Part 1. *ASHRAE Journal* 1/2010, 40–47.

BEAN, R. - OLESEN, B. W. - KWANG-WOO, K. 2010b: History of Radiant Heating & Cooling Systems. Part 2. *ASHRAE Journal* 2/2010, 50–55.

BIEDERMANOVÁ, M. (v přípravě): *Tepelně technické vlastnosti konstrukcí středověkých obytných domů. Příspěvek k vnímání tepelného komfortu středověkého městského domu nástroji stavební fyziky*.

CIHELKA, J. 1968: Kapitoly z dějin vytápění – I. část. Otevřená ohniště a krby. *Zdravotní technika a vzduchotechnika* 11/VI, 285–291.

CIHELKA, J. 1969a: Kapitoly z dějin vytápění – II. část. Odtahy kouře a komíny. *Zdravotní technika a vzduchotechnika* 12/III, 105–113.

CIHELKA, J. 1969b: Kapitoly z dějin vytápění – III. část. Odtahy kouře a komíny. *Zdravotní technika a vzduchotechnika* 12/IV, 153–160.

CIHELKA, J. 1970a: Kapitoly z dějin vytápění – IV. část. Ústřední vytápění kouřovými plyny a teplým vzduchem. *Zdravotní technika a vzduchotechnika* 13/I.

CIHELKA, J. 1970b: Kapitoly z dějin vytápění – V. část. Ústřední vytápění párou a teplou vodou. *Zdravotní technika a vzduchotechnika* 13/II.

CHARVÁTOVÁ, P. - ŠUBRT, R. 2014: *Větrání budov v minulosti a současnosti*. Dostupné online: <<https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/11506-vetrani-budov-v-minulosti-a-soucasnosti>> (05/2019).

CHOTĚBOR, P. – PROCHÁZKA, V. – SVOBODA, J. 1982: *Stavebně historický průzkum PH – Královský letohrádek*. Praha.

Climate for culture. Dostupné online: <<http://www.climateforculture.eu/>> (02/2019).

CHYSKÝ, J. - HEMZAL, K. et al. 1993: Větrání a klimatizace³. *Technický průvodce* 31. Brno.

ČERNÝ, M. et al. 2013: *BIM příručka*. Praha.

ČERNÝ, M. – NĚMEČEK, M. 2011: *Mikroklima v historických interiérech*. Praha.

ČERVENÁK, J. 1995: *Královský letohrádek, průzkumová zpráva*. Praha.

DRKAL, F. - LAIN, M. - SCHWARZER, J. - ZMRHAL, V. 2009: *Vzduchotechnika*. Praha.

ĎUROVIČ, M. et al. 2002: *Restaurování a konzervování archiválií a knih*. Praha.

FRICOVÁ, J. 2016: *Mikroklimatické systémy uchovávání sbírkových předmětů v expozici, depozitáři a při transportu*. Diplomová práce. VUT Brno.

GÄRTNEROVÁ, M. - LAIN, M. - URIE, M. 2001: Historické systémy větrání. *Vytápění, větrání, instalace* 4/10, 159–162.

GILBERG, M. 1987: Friedrich Rathgen: The Father of Modern Archeological Conservation. *Journal of the American Institute for Conservation* 2/26.

GOJDA, M. 2014: České země v pravěku. In: CAJTHAML, J. - SEMOTANOVÁ, E. eds. 2014: *Akademický atlas českých zemí*. Praha.

GRAMONT 1771: An Account of the Kang, or Chinese Stoves, by Father Gramont, Translated from the French. In: *Philosophical Transactions (1683-1775)*, Vol. 61 (1771), 61–70.

GROSSMANNOVÁ, H. – MAZLÍK, M. – SELUCKÁ, A. 2014: *Preventivní konzervace: Moderní postupy a technologie*. Brno.

GRZYVACZ, C. 2006: *Monitoring of Gaseous Pollutants in Museum Environments*. Los Angeles.

Guo, Q. 2005: *Chinese Architecture and Planning: Ideas, Methods, Techniques*. Stuttgart.

HRUBÁ, L. 2012: *Preventivní péče o historické knižní fondy*. Praha.

JAKOUBEK, P. – STUDIO ACHT, SPOL. S R.O. 2008: *Projektová dokumentace pro provedení stavby Královský letohrádek – Etapa 1, sanace teras*. Praha.

JAKOUBEK, P. – STUDIO ACHT, SPOL. S R.O. 2011: *Projektová dokumentace pro provedení stavby Královský letohrádek – Etapa 2, oprava střešní krytiny*. Praha.

JAKOUBEK, P. – STUDIO ACHT, SPOL. S R.O. (2017): *Projektová dokumentace pro provedení stavby Lány - Oprava kostela Nejsvětějšího Jména Ježíš*. Praha.

JAKOUBEK, P. – STUDIO ACHT, SPOL. S R.O. (v přípravě): *Projektová dokumentace pro provedení stavby Královský letohrádek – Oprava interiéru*.

JOKILEHTO, J. 2002: *A Hisotry of Architectural Conservation*. Oxford.

KAŠIČKA, F. 2002: *Stavebně historický průzkum*. Praha.

KIM, K. - YANG, I. - YEO, M. 2003: Historical changes and recent energy saving potential of residential heating in Korea. *Energy and Buildings* 7/35, 715–727.

KNAPP, R. 2003: Asia's Old Dwellings: Tradition, Resilience, and Change. In: LEE, S. ed. 2003: *Traditional Korean Settlements and Dwellings*. London.

KOPECKÁ, I. – DVOŘÁK, M. 1995: Nároky na muzejní úložné prostory z hlediska stability různých materiálů. *Zprávy památkové péče* 8/LV, 1-3.

KOPECKÁ, I. et al. 2002: *Preventivní péče o historické objekty a sbírky v nich uložené*. Praha.

KÖPP, H. 2003: Entwässerungssysteme im alten Ägypten. Entwässerungsprobleme und Lösungen im Spiegel der Historie. In: 3. *Göttinger Abwassertage. Aus der Praxis - Für die Praxis*. Hannover.

KŘÍŽ, M. 1997: *Obnova a rekonstrukce památek²*. Praha.

LEHAR, H. 2012: The Roman Hypocaust Heating System. Calculations and thoughts about construction, performance and function. In: *17th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies*. Vienna.

LEHAR, H. 2017: Römische Heizsysteme und ihr Verbrauch – Wie viel Wald frisst die Heizung einer römischen Stadt? In: *Archäologische Berichte* 27. Propylaeum, 203–214.

LYSCZAS, M. - KABELE, K. 2018: Adaptive Ventilation Towards Better IEQ: A Case Study of the Pilgrimage Chapel of Holy Stairs. *Ventilation and Air-Conditioning* 6/2018, 356–361.

MAŠKOVÁ, L. – SMOLÍK, J. 2013: Prach v knihovně. In: *Fórum pro konzervátory-restaurátory 2013*. Brno, 77–78.

MAUREROVÁ, L. 2015: *Systémy TZB v nemovitých památkách. Disertační práce*. VUT Brno.

MĚCHURA, P. 2012: Oprava střechy a průčelí Královského letohrádku na Pražském hradě. *Zprávy památkové péče* 2/2012.

METODICKÉ CENTRUM KONZERVACE: *Metodické centrum konzervace*. Dostupné online: <<https://mck.technicalmuseum.cz>> (02/2019).

MICHALSKI, S. 1990: Time's Effects on Paintings. In: *Shared Responsibilities*. Ottawa, 39–53.

MITCHELL, P. 2007: *Central Heating: Installation, Maintenance and Repair*. Brailsford.

MORÁVEK, V. 1955: *Kamnářství: odborné příručky pro stavebnictví*. Praha.

MUSIL, J. 2003: Římské hypokaustum, funkce a užití. In: *Sborník 1/2003: sborník příspěvků z I. konference stavebně historického průzkumu 4.-6. 6. 2002 v Zahrádkách u České Lípy: vývoj a funkce topenišť*. Praha, 43–48.

NÁRODNÍ PAMÁTKOVÝ ÚSTAV: *Národní památkový ústav*. Dostupné online: <<http://www.npu.cz/>> (05/2019).

NÁRODNÍ PAMÁTKOVÝ ÚSTAV: *Památkový katalog*. Dostupné online: <<https://www.pamatkovykatalog.cz>> (05/2019).

NĚMEČEK, M. - PAPEŽ, K. 2001: Úprava vzduchu v historických objektech. *Vytápění, větrání, instalace* 4/10, 150–158.

OTTO, J. 1890: *Ottův Slovník naučný: illustrovaná encyklopedie obecných vědomostí*. Praha.

ORTEGA-CALVE *et al.* 1995 = ORTEGA-CALVE, J.J. - HERNANDEZ-MARINEB, X. ARIIIIIO M. – SAIZ-JIMENEZ, C.: Factors affecting the weathering and colonization of monuments by phototrophic microorganisms. In: *The Science of the Total Environment* 167, 329-341.

PALMER, M. - WEST, I. 2016: *Technology in the Country House*. Swindon.

POKORNÝ, V. 1945: *Vytápění, větrání a chlazení budov*. Praha.

PROCHÁZKA, V. 1998: Královský letohrádek na Pražském hradě – stavba a úpravy. In: *Zprávy památkové péče* 2/1998. Praha.

PURKYNĚ, J. E. 1900: *Ústřední topení a větrání: ústřední topení: díl I*. Praha.

RIEGL, A. 2003: *Moderní památková péče*. Praha.

SCHIEBOLD, H. 2006: *Heizung und Wassererwärmung in römischen Thermen: Historische Entwicklung - Nachfolgesysteme - Neuzeitliche Betrachtungen und Untersuchungen*. Norderstedt.

SCHOTTKY, JULIUS MAX 1830: *Prag wie es war und wie es ist*. Praha.

SMUTNÝ, M. *et al.* 2005: *Energetická efektívnost obnovy historických budov*. Bratislava.

SONG, K. 2006: *Ancient Heating System Kang of Northern Okjeo, Goguryeo and Balhae*. Seoul.

STANFORTH, S. 2013: *Historical Perspectives on Preventive Conservation*. Los Angeles.

STRÁNSKÝ, Z. 2005: *Archeologie a muzeologie*. Brno.

ŠEBEK, F. 2014: Muzejní výstavnictví a jeho specifika. In: BUKAČOVÁ, J. – KOMÁRKOVÁ, A. – ŠEBEK, F. eds.: *Muzejní výstavnictví*. Praha, 9–21.

ŠTEFCOVÁ, P. ed. 2000: *Preventivní ochrana sbírkových předmětů*. Praha.

TADWORTH, B. M. R. 2009: The Story of Comfort Air Conditioning. An Introductory Essay, The Evolution of Office Buildings and Air Conditioning. *ASHRAE Journal* 06/1999, 1–10.

THOMSON, G. 1986: *The Museum Environment*. Oxford.

TREGOLD, T. 1824: *Principles of Warming and Ventilating Public Buildings: Dwelling Houses, Manufactories, Hospitals, Hot-houses, Conservatories, &c.; and of Constructing Fire-places, Boilers, Steam Apparatus, Grates, and Drying Rooms*. London.

VACKOVÁ, L. 2017: *Historický vývoj vytápění a zdravotně-technických instalací v budovách*. Bakalářská práce. ČVUT Praha.

VÁVROVÁ, P. 2011: *Degradační faktory fotografií a negativů*. Dostupné online: <<http://www.chempoint.cz/degradacni-faktory-fotografii-a-negativu>> (02/2019).

ZANETTI, P. G. 2012: Camino sporgente alla veneta. Padova e il suo territorio. *Rivista di storia arte cultura* 159, 32-37.

ČSN 73 0548 1985: *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha.

ČSN EN 12831 2006: *Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu*. Praha.

ČSN EN 15757 2011: *Požadavky na teplotu a relativní vlhkost prostředí s cílem zamezit mechanickému poškození organických hygroskopických materiálů, k němuž dochází v důsledku klimatu*. Praha.

ČSN EN ISO 7730 2006: *Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu*. Praha.

ČSN ISO 11799 2006: *Informace a dokumentace – Požadavky na ukládání archivních a knihovních dokumentů*. Praha.

Vyhláška č. 66/1988 Sb., kterou se provádí zákon České národní rady č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči. In: *Sbírka zákonů*. Praha.

Zákon č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči. In: *Sbírka zákonů*. Praha.

Ministerské nařízení č. 27/1887 z.z.

Ministerské nařízení č. 40/1888 z.z.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Označuje
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BIM	Informační model budovy (Building Information Modelling)
IISPP	Integrovaný informační systém památkové péče
MaR	Měření a regulace
NPÚ	Národní památkový ústav
OPD	Operativní průzkum a dokumentace
PH	Pražský hrad
PP	Památková péče
Sb.	Sbírka zákonů
SHP	Stavebně-historický průzkum
TZB	Technická zařízení budov
ÚOP	Územní odborné pracoviště
ÚSKP	Ústřední seznam kulturních památek
VZT	Vzduchotechnika
ZTI	Zdravotně technické instalace
z.z.	Zemský zákoník český

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: *Fotografie stávajícího stavu interiéru Královského letohrádku.*

**Část B diplomové práce - Návrh úpravy vnitřního prostředí ve výstavních sálech
Královského letohrádku**



- Nahoře: Výstavní sál 201
Dole vlevo: Podkroví
Dole uprostřed: Výstavní sál 102
Dole vpravo: Vstupní hala

Příloha 1: Fotografie stávajícího stavu interiéru Královského letohrádku