

doc. Ing. Vladimír ZMRHAL, Ph.D.
 ČVUT v Praze, Fakulta strojní,
 Ústav techniky prostředí

Historie větrání škol

History of School Ventilation

Recenzent
 prof. Ing. František Drkal, CSc.

Článek mapuje dostupné historické prameny týkající se problematiky větrání škol. V příspěvku je popsán přístup k větrání učeben v době před více než 100 lety, který je dokumentován citací tehdejších předpisů. Příspěvek uvádí historické požadavky na požadovaný průtok větracího vzduchu na žáka, které vyplývají většinou z bilance metabolického CO_2 . Na závěr jsou popsány historické systémy větrání, které byly v dané době k dispozici.

Klíčová slova: školní hygiena, historické předpisy, infiltrace, větrání, vytápění, průtok vzduchu

The article reviews the historical sources available on the issue of school ventilation. It describes the approach to the ventilation of classrooms at the time more than 100 years ago, documented by citations of the regulations of the time. The paper provides historical requirements for the required ventilation airflow rate per pupil, which are derived mainly from metabolic CO_2 balance. Finally, the historical ventilation systems available at the time are described.

Keywords: school hygiene, historical regulations, infiltration, ventilation, heating, airflow rate

ÚVOD

Větrání škol bylo a je často opomíjeným tématem. Stávající předpis MZČR, vyhláška č. 410/2005 Sb., ve znění pozdějších předpisů, která upravuje větrání škol, obsahuje řadu sporných ustanovení a není pro projektanta ideálním dokumentem [20]. Předmětem tohoto příspěvku není komentovat současný stav, ale přiblížit, jakým způsobem se přistupovalo k problematice větrání škol v minulosti.

Naši předkové si nutnost větrání školních učeben dobře uvědomovali. Pokyny pro větrání škol byly běžnou součástí školních předpisů. Příkladem takového předpisu je např. pokyn Židovské školy v Jáchymově ulici v Praze [5], kde se mj. praví: „*Třída musí být dostatečně větrána, aby školáci neusínali či nebyli myslí mdlé a vzdělávání jim prospívalo k radosti jich i jejich rodičů.*“ Podle uvedeného zdroje se již na přelomu 17. a 18. století objevují v jezuitských dokumentech pokyny pro vyučující: „*Při přestávce třídu řádně vyvětrat otevřenými okny a děti či mládež na chodbách dostatečně rozpochybovat, aby další vyučovací hodinu byly bdělé!*“

J. E. Purkyně (o osobnosti více [8]) se ve své knize Topení a větrání obydlí lidských z roku 1891 [13] věnuje problematice větrání v obecné rovině. Následující text z uvedené publikace poměrně dobře popisuje tehdejší pohled na problematiku větrání: „*Podmínkou neposlední důležitosti pro zdraví člověka je zajistit, aby místnost, ve které se nachází, stále čerstvý mu poskytovala vzduch a aby tento měl teplotu tělu lidskému přiměřenou. A divno dost, že nedbáno dosud dosti úzkostlivě hlavně podmínky prvé – řádné ventilace. Vinna tím nedůvěra kruhů kompetentních a okolnost, že obecnost naše na důležitost dokonalé ventilace nebývá dosti důrazně upozorňována.*“ Citát je velmi výstižný i v roce 2022, o 130 let později.

Problematice větrání a vytápění škol se věnoval Gustav Kabrhel (1857 až 1939), zakladatel české hygienické školy a profesor hygieny na c. k. české universitě Karlo-Ferdinandově v Praze (Lékařské fakultě Univerzity Karlovy), kde se zasloužil o vznik Hygienického ústavu [3]. Lékař Gustav Kabrhel krátce pobýval i u prof. Maxe von Pettenkofera označovaného za zakladatele moderní hygienické školy, který probíral i z dnešního hlediska moderní otázky hygieny a zavedl objektivní vyšetřování faktorů prostředí a hodnocení jejich vztahu ke zdraví. Ve své přednášce u příležitosti výroční schůze klubu přátel veřejného zdravotnictví v Praze z roku 1903 [9] uvádí Kabrhel několik základních myšlenek, které stojí za citování:

„*Množství vzduchu, jež pro jednoho žáka za hodinu má být do místnosti přivedeno, má obnášeti ve střední hodnotě 20 m³. Ve třídách s žáky malými jest možno jíti pod tuto hodnotu, ve třídách s žáky dospělými nutno žádati množství vzduchu větší. Nepříznivé účinky druhotné při výměně vzduchové musí zůstat vyloučeny. (...) Jsou pozorováni, že v místnostech přeplněných, nedostatečně větraných jednotlivci byli stížení jakousi nevolností, provázenou obyčejně zblednutím, potem, nucením ku dávení, která, nevyjde-li postižený rychle na čerstvý vzduch, může končiti i mdlobami.*“

Ke změnám ve školství došlo pochopitelně při vzniku samostatného Československa po roce 1918. Změny byly kodifikovány ministerstvem školství a národní osvěty v roce 1922 tzv. malým školským zákonem [21]. Situace těsně po roce 1918 je poměrně dobře zmapována v publikaci [2]. Za zmínku jistě stojí nařízení postupného snižování počtu žáků ve třídě z 80 na 60 (!). Výrazný populační nárůst však činil problémy s dodržováním stanoveného počtu žáků ve třídě. Nicméně se ozývaly hlasy po dalším snižování tohoto limitu. Značná pozornost byla tehdy věnována vnitřnímu uspořádání školní budovy. Na první místo se v té době dostal požadavek, aby se při projektování nových škol pamatovalo na velké, vzdušné učebny s dostatečným a účelným větracím zařízením a správným vytápěním. Učebny měly mít vysoká a široká okna s úzkými mezikennými prostorami, umělé světlo mělo být používáno co nejméně. Všeobecně se v té době mluvilo o školní únavě, přetěžování žáků, kterému se mělo čelit snižováním počtu hodin, prodlužováním přestávek a pěstováním sportu – tělesné výchovy. Školním a vyučovacím řádem se školám přikazovalo dbát na úzkostlivou čistotu: „*Čistota ve škole je zárukou zdraví školáků i učitelů. Ve škole má být všechno zařízeno tak, aby v ní nebylo nebezpečného prachu.*“ Dále se mělo dbát na umístění školní budovy v bezprašném okolí a na nutnost větrání ve třídách, případně se doporučovalo vyučovat při otevřených oknech.

Již v té době se zkoumaly důvody ohrožení zdraví žáků. Škola byla často posuzována jako „... semeníště a pařeníště nakažlivých nemocí, ... protože škola jest větší shromaždiště dětské, podobně jako hřiště, dětské slavnosti a divadelní představení. (...) Z nemocí, které mohou být rozšířovány vzájemným stykem žáků ve škole, přicházejí zde v úvahu přenosné choroby kožní (svrab, všivost, některé lišeje) a nakažlivé nemoci jednak prudké (spalničky, neštovice, příušnice, spála a záškrť) a jednak vleké (tuberkulóza).“

Pozornost zdravotníků, ale i školských orgánů se tak začala ubírat k prevenci. Z dostupných materiálů se ví, že byly vydávány pokyny s cílem vštěpovat dětem již od nejnižších tříd smysl pro zdravotní péči. Preventivní péče však nenacházela pochopení u rodičů a vážla tak spolupráce mezi školou a rodinou, častým důvodem byla uváděna „chudoba“. Tolik stručný výtažek ze studie [2], vztahující se k problematice vnitřního prostředí, větrání a zdraví ve školách po roce 1918.

HISTORICKÉ POŽADAVKY NA VĚTRÁNÍ ŠKOL

Patrně nejstarší dochovaný (právní) předpis týkající se našeho území, ve kterém nalezneme požadavky na větrání a vytápění škol, je z doby rakousko-uherské monarchie: „Vynesení ministra kultu a vyučování ze dne 9. června 1873, č. 4816 o ustanoveních, kterak se mají zřizovati budovy veřejných škol obecných a měšťanských a čeho šetření má péče o zdraví dětí na těchto školách“ [4] (obr. 1). Z pohledu větrání je zajímavý paragraf 12 „Kterak provětrávají“:

„Kromě toho, že má světnice vždy po vyučování otvíráním dveří a oken provětrávána býti, nechat též se vede o to, aby v každé školní světnici vzduch stále se obnovoval. Přístroje, jimiž se tato výměna děti má, bud- též tak zřízeny, aby se stále čerstvý, tj. čistý a v zimě náležitě ohřátý vzduch s potřebu zvenčí do školních světnic přiváděl, zároveň pak, aby se vzduch v nich zavřený odváděl tak, aby se přítomných tato výměna vzduchu nižádným způsobem nelibě nedotkla, ovšem tedy jim neškodila. Aby se obnovoval vzduch v té části roku, když se netopí, k tomu jsou po výtce okna a dveře. Jelikož však otvíráti i okna i dveře za doby školní jenom s podstatnými výminkami možno jest, zříditi se naproti oknům nad samou podlahou dostatečně protější otvory a – kdyby toho hledíc k pravidlům obsaženým v § 10 o zařízení vrchních křídel oken potřebi bylo, i pod stropem. Aby se vzduch obnovoval v době, když se topí, jest potřebi, aby plášťový prostor kamen na svém spodním konci dostatečně velikým kanálem se vzduchem vnějším spojován býti mohl; zároveň má vertikální, od podlahy až nad střežku vzhůru vedoucí kanál (kanál střežkový) průřezu s dostatek velikého na případném místě – nejlépe na blízkou plášťových kamen – zřízen a přiměřeně velikým otvorem jak nad podlahou, tak i pod stropem opatřen býti. Veškeré

otvory ventilací nechat lze šoupátky nebo klapkami zavírat, po případě regulovati.“

V § 22 „Kterak školní prostory větrati“ předmětného předpisu se uvádí: „Učitel obracejž zvláště bedlivý zřetel k tomu, aby se přístrojů ventilacních správně užívalo. Větrání otvíráním oken a dveří nechat se děje, a to i v zimě a v přestávkách od vyučování i ku konci školních hodin.“

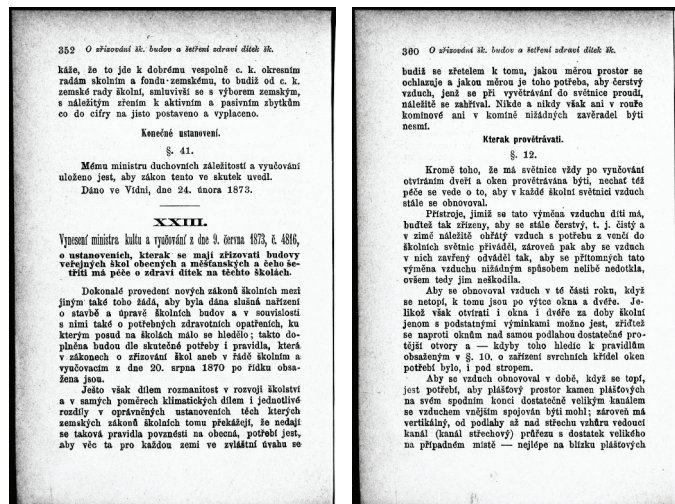
V době platnosti tohoto předpisu byla předepsaná teplota vzduchu ve školních světnicích na poměrně nízké úrovni, zpravidla 12 až 13 °R (tj. cca 15 až 17 °C, v té době se teplota uváděla ve stupních Réaumurů). V § 21 se dále uvádí: „Jest-li teplota školní světnice nižší 13 °R, budiž topeno, až už v kterémkoliv období ročním. Stežují-li si žáci na přílišné horko nebo studeno, má učitel ihned o to pečovati, aby tomu pomozeno bylo. Teplota školní světnice nikde podle subjektivních pocitů učitele řídit se nemá.“

Průtok venkovního vzduchu na žáka

J. E. Purkyně cituje ve svém pojednání [13] původní práci Pécleta (1878 [12]), který „... shledal vždy, že ve vytápěné i větrané síni školní o 180 žácích od 7 do 10 roků staří při větrání 6 m³ pro dítě za hodinu jen slabý zápach byl cítěn.“ Obdobné subjektivní pokusy při různých okolnostech realizoval Leblanc [13], který dospěl k podobné hodnotě. Purkyně k tomu uvádí: „Když pak byla síň uzavřena a pravidelné větrání bylo zaraženo, ... vzduch byl těžký, učitel ztěžoval si na vedro a nemohl se dočkat chvíle, kdy bude moci okno otevřít. Teplota obnášela uvnitř 18 °C, venku 16 °C.“

Údaje o potřebném průtoku venkovního vzduchu na žáka se liší, v každém případě je možné z publikovaných údajů nalézt společné jmenovatele. Jako „měřítko“ znečištění vzduchu se považoval obsah CO₂ ve vzduchu [10] a dále byl zohledňován věk žáků. Kraus [10] k tomu uvádí: „Jest tedy množství CO₂ měřítkem čistého vzduchu. Proto první starostí hygienika jest docílití minimální množství CO₂, což se stane ventilací.“ Pacold (1901) [11] používá data podle Morina a uvádí průtoky venkovního vzduchu pro obecné školy 10 až 15 m³/h, ve školách pro dospělé 15 až 30 m³/h na žáka. V technickém průvodci pro inženýry a stavitele z roku 1902 [7] je uvedena tabulka požadovaného množství venkovního vzduchu na základě produkce metabolického CO₂, pro různé úrovně kvality vzduchu a stáří uživatelů (obr. 2).

Konkrétní hodnoty průtoku venkovního vzduchu na žáka uvádí rovněž Gustav Kabrhel [9] (1903): „Ventilací spotřeba v okrouhle střední hodnotě jest 20 m³ pro jednoho žáka na dobu jedné hodiny. Ve třídách škol obecných se žáky nejmenšími bylo by možno sejít na hodnotu 15 m³ za hodinu. Ve vyšších školách středních jest nutno počítat s hodnotou 25 m³/h.“



Obr. 1 Rakousko-uherský předpis „Vynesení ministra kultu a vyučování ze dne 9. června 1873, č. 4816 o ustanoveních, kterak se mají zřizovati budovy veřejných škol obecných a měšťanských a čeho šetření má péče o zdraví dětí na těchto školách“, týkající se větrání a vytápění škol [4]

Fig. 1 The Austro-Hungarian regulation “Decree of the Minister of Culture and Education of 9th June 1873, No. 4816, on the provisions for the construction of public-school buildings of municipal and burgher schools and on the health care of children in such schools” concerning the ventilation and heating of schools [4]

Velikost výměny vzduchu vzhledem k nejvýše dovolenému množství CO₂ podává následující tabulka:

Zdroj CO ₂	k	Potřebná výměna vzduchu za hod. v m ³ , má-li nejvýše býti CO ₂ v ‰ ₀₀								
		0·7	0·8	0·9	1·0	1·1	1·2	1·3	1·4	1·5
Děvče	0·0097	32·3	24·2	19·2	16·2	13·9	12·1	10·8	9·7	8·8
Hoch	0·0103	34·3	25·7	20·6	17·2	14·7	12·9	11·4	10·3	9·4
Dívka	0·0129	43·0	32·2	25·8	21·5	18·4	16·1	14·3	12·9	11·7
Jinoch	0·0174	58·0	43·5	34·8	29·0	24·9	21·8	19·3	17·4	15·8
Žena	0·0170	56·6	42·5	34·0	28·3	24·3	21·3	18·9	17·0	15·5
Muž	0·0186	62·0	46·5	37·2	31·0	26·6	23·2	20·7	18·6	16·9
Silný děln. v klidu	0·0226	75·3	56·5	45·2	37·7	32·5	28·2	25·1	22·6	20·5
„ za práce	0·0363	121	90·7	72·6	60·5	51·8	45·4	40·3	36·3	33·0
1 m ³ svítilynu .	0·57	1900	1425	1140	950	814	712	633	570	518

Obr. 2 Průtok venkovního vzduchu na základě produkce metabolického CO₂ (k je produkce metabolického CO₂ v m³/h) [7]

Fig. 2 Outdoor airflow rates based on metabolic CO₂ production (k is metabolic CO₂ production in m³/h) [7]

V příspěvku Dr. Růžičky z roku 1906 [18] se uvádí minimální intenzita větrání cca 2 h^{-1} pro zimní období roku. Autor ve svém textu vychází z Pettenkoferova kritéria pro dospělé osoby, z čehož vyplývá průtok $25 \text{ m}^3/\text{h}$, a připouští „potřebu větrací“ na žáka sníženou na polovinu, tj. $12,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

V publikaci c. k. učitele tělocviku Františka Krause (cca 1906) [10] se uvádí: „*Větrání jest radikální podmínkou každé způsobilé třídy. Vedle převládání čerstvého vzduchu do třídy rozřeďuje se ventilací obsah prachu ve vzduchu a zamezuje vlnutí místnosti. Dr. Walter (ve čl. „O větrání v učebnách“, časopis Zdraví) stanoví vypočtené ventilační kvantum na školách obecných $12 - 15 \text{ m}^3$, na školách středních $25 - 30 \text{ m}^3$.*“

Později v knize architekta a stavitele Václava Wellendorfa [19] z roku 1930 se mj. píše, že v obecných školách má být „*množství ventilačního vzduchu za 1 hodinu pro osobu*“ 10 až 12 m^3 , ve vyšších školách pak 15 až 30 m^3 . Norma ČSN 1053 z roku 1930 [15] uvádí potřebné množství vzduchu ve školních místnostech (podle stáří žáků) obdobně 10 až $25 \text{ m}^3/\text{h}$, nejméně však požaduje dvojnásobnou intenzitu větrání.

HISTORICKÉ SYSTÉMY VĚTRÁNÍ

Jak bylo uvedeno, problematika větrání učeben není nová a i naši předchůdci museli řešit a zdůvodňovat tehdejší, často nevyhovující stav vnitřního prostředí. Přitom hovoříme o době, kdy okenní výplně nedosahovaly zdaleka takové těsnosti jako dnes a kdy teplota vnitřního vzduchu byla udržována na výrazně nižších hodnotách 17 až $20 \text{ }^\circ\text{C}$ dle [9].

Výmluvný je citát z roku 1903 z publikace [9], autorem je František Velich, inženýr královského hlavního města Prahy: „*Zaříditi ve školních budovách řádné, hlavním požadavkům zdravotnictví vyhovující topení a větrání jest úkolem dosti nesnadným, ježto nutno míti na zřeteli různé dosti složité okolnosti, které na účinnost a dokonalost topení a větrání mají značný vliv. Snaha nesoucí se za cílem zdokonaliti topení a větrání ve veřejných budovách, tedy i školách co nejvíce, neseťká se vždy s náležitým porozuměním, jak u rozhodujících činitelů, tak později u těch, jimž obsluha topení jest svěřena. Z neznalosti věci, z příčin často nemístně hospodárných, nebo i osobních, přijímají se nejnižší oferty, na základě kterých obyčejně nelze poříditi zařízení topné s dostatečnou výkonností, přičemž ku větrání vůbec se nepřihlíží, aneb děje se toto na úkor topení.*“

Dále autor dodává: „*... i dobré jinak topení a větrání zavádá příčinu ku neoprávněným steskům vůči zařízení, když hrubě se hřeší proti pravidlům, týkajícím se obsluhy a opatrování uvedených zařízení.*“

V některých starších publikacích je možné nalézt příklady tehdejšího technického řešení vytápění a větrání škol. Naši předchůdci si dobře uvědomovali nejen potřebu větrat, ale rovněž nutnost venkovní vzduch ohřívat. Jak již bylo zmíněno, v učebnách tehdy pobývalo velké množství žáků (až 80) a potřebné průtoky větracího vzduchu byly značné. Vytápění učeben bylo tehdy řešeno v zásadě třemi způsoby – lokálně kamny, ústředně vodou nebo parou, nebo teplovzdušně. Ovšem ne každý ze zmíněných systémů umožňoval i spolehlivý ohřev větracího vzduchu. V případě použití lokálních kamen na pevná paliva se o vytápění staral většinou školník, který musel naráz obsluhovat několik kamen, což byla práce velice namáhavá. Snahou školníka bylo šetřit práci i palivo a z tohoto důvodu bylo i větrání učeben omezené. Tyto problémy částečně vyřešilo zavádění kamen plynových, ideálně s přívodem větracího vzduchu ke kamnům.

V některých školách byl používán systém ústředního teplovzdušného vytápění s využitím vzduchu oběhového. Vzduch byl dopravován vertikálně po budově díky přirozenému vztlaku způsobenému ohřevem vzduchu ve speciálních topných komorách (viz dále) umístěných v nejnižším podlaží budovy [9], [11]. Obdobně byl dopravován větrací vzduch v případě od-

dělených systémů ústředního vytápění a větrání. Doporučovaným systémem bylo tehdy nízkotlaké parní vytápění, kterým se docílilo ohřátí větracího vzduchu bez nebezpečí zamrznutí vody.

Infiltrace vzduchu

Antonín Bělohoubek, redaktor Listů chemických a soukromý docent při c. k. české polytechnice v Praze, se ve svém příspěvku z roku 1879 [1] zamýšlí nad významem přirozeného větrání i ve vztahu ke školním budovám. Ve svém příspěvku mj. uvádí: „*Vstoupíme-li do síně školní přehřáté, pozorujeme ihned zvláštní osoblivý a nepříjemný puch, jehož přítomnost prozrazuje čidlo čichu, načež se dostavuje pocit tísně v plicích a jiné příznaky, vedle kterých obecně se soudí na špatnou jakost vzduchu... Přirozené provětrávání prostor obývaných děje se naprosto bez přičinění našeho, ano třeba i proti vůli naší, neboť v stálém a nepřetržitě prouděním tu sporém, tu opět hojnějším vniká vzduch do obydlí a pracoven přechetnými porami, trhlinami a puklinami, jichž nalézáme ve zdích všech, necht' jsou zdělány z kteréhokoliv staviva; že pak nejsme nižádným způsobem s to přerušiti ono proudění vzduchu, můžeme pokládati za veliké štěstí, především vzhledem k zdraví naší mládeže, která doposud po výtce navštěvovati musí síně postrádající ventilace strojové či umělé, již nalezneme upotřebenou toliko v nádherných budovách školních měst větších.*“ Autor svou stať uzavírá doporučením: „*Provětrávejme pilněji, než se tak namnoze děje, obydlí, síně školní a pracovny, poněvadž je nejpřednější podmínkou zdraví dostatek vzduchu čistého a neporušeného!*“

Nutno zmínit, že větrání infiltrací se nikdy nepovažovalo za smysluplné řešení. Jak uvádí Dr. Růžička v roce 1906 [18]: „*Větrání při zavřených oknech štěrbinami okenními a průlinkami zdiva jest poměrně velmi nepatrné; pouze za vysokých rozdílů tepelných vzduchu vnějšího a vnitřního docílíme, že se vzduch z polovice, nejvíce ze tří čtvrtin za hodinu obnoví, což je ovšem úplně nedostatečné.*“

O nedostatku přirozeného větrání infiltrací se zmiňuje i Gustav Kabrhel v roce 1903 [9]: „*Ve příčině opatření takového značného množství vzduchu jest především vytknouti, že k cíli tomu nestačí ventilace tak zv. přirozená, čímž rozumíme onu výměnu vzduchovou, která bez přičinění lidského v místnosti, jejíž okna a dveře jsou zavřeny, v platnost vchází.*“ Ve stejné publikaci [9], kde jsou uvedeny tři přednášky u příležitosti výroční schůze klubu a přátel veřejného zdravotnictví, navrhuje Ing. Velich možná řešení: „*Přirozená ventilace spárami oken a dveří, póry ve stěnách atd. jest nepatrná a nestačí ku dostatečné výměně vzduchu a naopak může se jí např. z místností spodních, z násypů pod podlahami přiváděti vzduch znečištěný. Čím větší jest tato přirozená ventilace, tím větší jsou i ztráty tepelné, při nepoměrně malém efektu ventilačním. Z uvedených důvodů jest lépe ventilaci přirozené zabrániti a nahraditi jí vydatnou ventilací umělou.*“ S ohledem na poměrně vysoký počet žáků v učebně tehdejší doby (běžně 60 až 80) vycházela intenzita větrání cca 3 h^{-1} pro obecné školy, ve vyšších třídách gymnazijních až 5 h^{-1} .

Větrání průvanem

Tam, kde byly školy odkázány pouze na přirozené větrání, bylo používáno tzv. „větrání průvanem“, tj. periodické otevírání oken a protilehlých dveří. V literatuře [9] se uvádí, že má-li být větrání účinné, je nutno otevřít i protilehlá okna v chodbách. „*Nevýhoda tohoto větrání spočívá v tom, že třeba po každé hodině vyučování přerušiti a dítky do zvláštní temperované dvorany zavésti, ježto v chodbách při průvanu zůstatí nemohou. Při tomto způsobu větrání jest nutno, aby budova školní měla tichou, zdravou polohu a byla co nejvíce vzdálena hlučných zaprášených ulic a průmyslových závodů. Další závadou tohoto větrání jest, že průvanem zvíří se v znečištěných sících prach a děti vrací se do vyměněného sice, ale prachem smíšeného vzduchu.*“

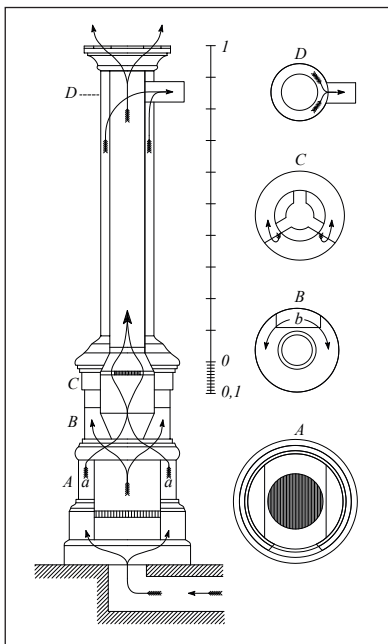
O větrání průvanem se zmiňuje i Dr. Růžička ve svém příspěvku [18] (1906) a radí: „*Za teplého počasí je výměna vzduchu i při otevřených*

oknech nepatrná. V kalamitě této jest neocenitelnou pomůckou průvan. Otevře-li okno a na protější straně dveře, obnoví se vzduch úplně v jedné až dvou minutách. Tím je dána možnost v každé přestávce úplně obnoviti vzduch, lze-li ovšem žáky vyvésti na chodbu nebo na dvůr. Kromě toho má větrání průvanem velkou výhodu finanční pro období zimní, jelikož jím ztrácíme nepatrné množství tepla... Mohlo by se namítnouti, že v první chvíli, kdy je vzduch chladný, může vzniknouti škoda na zdraví... Rozumí se, že při větrání průvanem je potřebí opatrnosti. Výpomocí v nouzi jest skoncentrovati žáky do kouta učebny, kam proud vzduchu nezasahuje. " K tomuto účelu doporučuje autor vybavit každé okno v horní části sklápěcím křídlem, které lze pohodlně otevřít a zavřít. Dále bylo zapotřebí dvou odvodních „průduchů“ – u podlahy a u stropu. Spodní otvor sloužil pro větrání v zimě, horní se používal v létě nebo k odvodu tepla v případě přetopení místnosti.

Závěry úvah o přirozeném větrání shrnuje Gustav Kabrhel [9] následující větou, kdy upozorňuje na nutnost ohřevu přiváděného venkovního vzduchu: „Má-li však větrání býti bezvadně prováděno, pak vzduch, jehož má býti v době zimní ku větrání použito, musí býti přiměřeně oteplován.“

Lokální vytápění a větrání

Zřejmě nejstarším typem lokálních kamen, která kombinují vytápění a větrání prostoru, jsou dvouplášťová kamna ventilací [17] (podle [13] kamna Lerasova). Jedná se o kamna tvořená dvěma soustřednými válci – vnějším a vnitřním. Prostorem mezi oběma válci proudí spaliny směrem do kominového tělesa. Vnitřní část kamen proudí venkovní vzduch, který je ohříván a následně přiváděn v horní části kamen do místnosti. Typická konstrukce kamen je znázorněna na obr. 3 [16]. K nasávání venkovního vzduchu dochází díky přirozenému tlakovému účinku. Vzduch byl nasáván z venkovního prostředí skrze vzduchovod pod podlahou nebo ve vnitřní přičce vedoucí ze sklepních prostor. Průtok vzduchu bylo vhodné regulovat klapkou. Odvod znehodnoceného vzduchu byl realizován opět přirozeně, větrací šachtou umístěnou ve stěně objektu (obr. 4). Za hlavní nevýhody kamen [17] byla považována obtížná regulace, poměrně vysoká povrchová teplota a skutečnost, že „... kamna vždy jsou příčinou nečistoty v celé budově.“ František Velich [9] k tomu uvádí: „Největší vadou kamen jest namáhavá obsluha, kterou i nejlepší kamna při velkých školách vyžadují. S hrůzou pohlíží každý na obsluhu 20 i více kamen, které všechny několik hodin před započatím vyučování v činnosti býti mají.“ Lokální vytápění kamny se tak doporučovalo pouze pro menší školy, pro nové větší školy se zpravidla používalo vytápění ústřední. Později se tyto problémy vyřešily zaváděním kamen plynových.

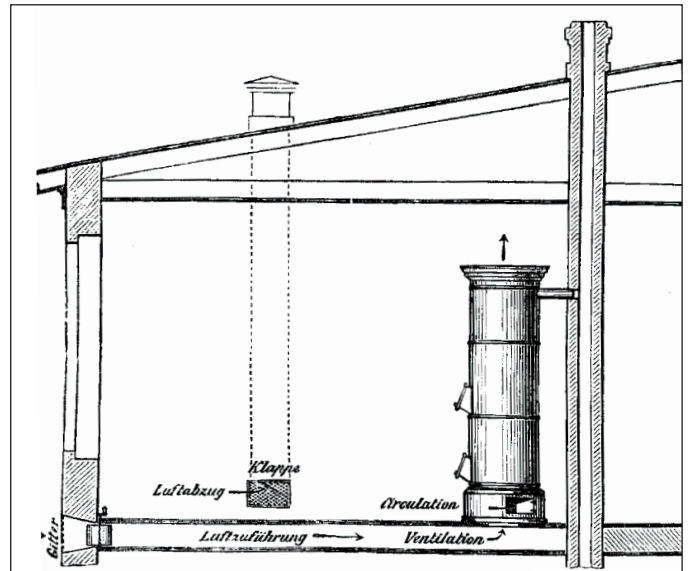


Obr. 3 Konstrukce dvouplášťových kamen (podle [16])

Fig. 3 Construction of double-sided stoves (according to [16])

Teplovzdušné vytápění

Na přelomu 19. a 20. st. se lze ve školách setkat se systémem přirozeného, teplovzdušného vytápění [14], které bylo předtím hojně využíváno v historických budovách [6]. Literatura [11] (1901) uvádí tři typy teplovzdušného vytápění podle řešení způsobu ohřevu vzduchu: „topení ohňovzdušné (kaloriferové), vodovzdušné nebo paro-



Obr. 4 Princip lokálního vytápění a větrání dvouplášťovými kamny [16]

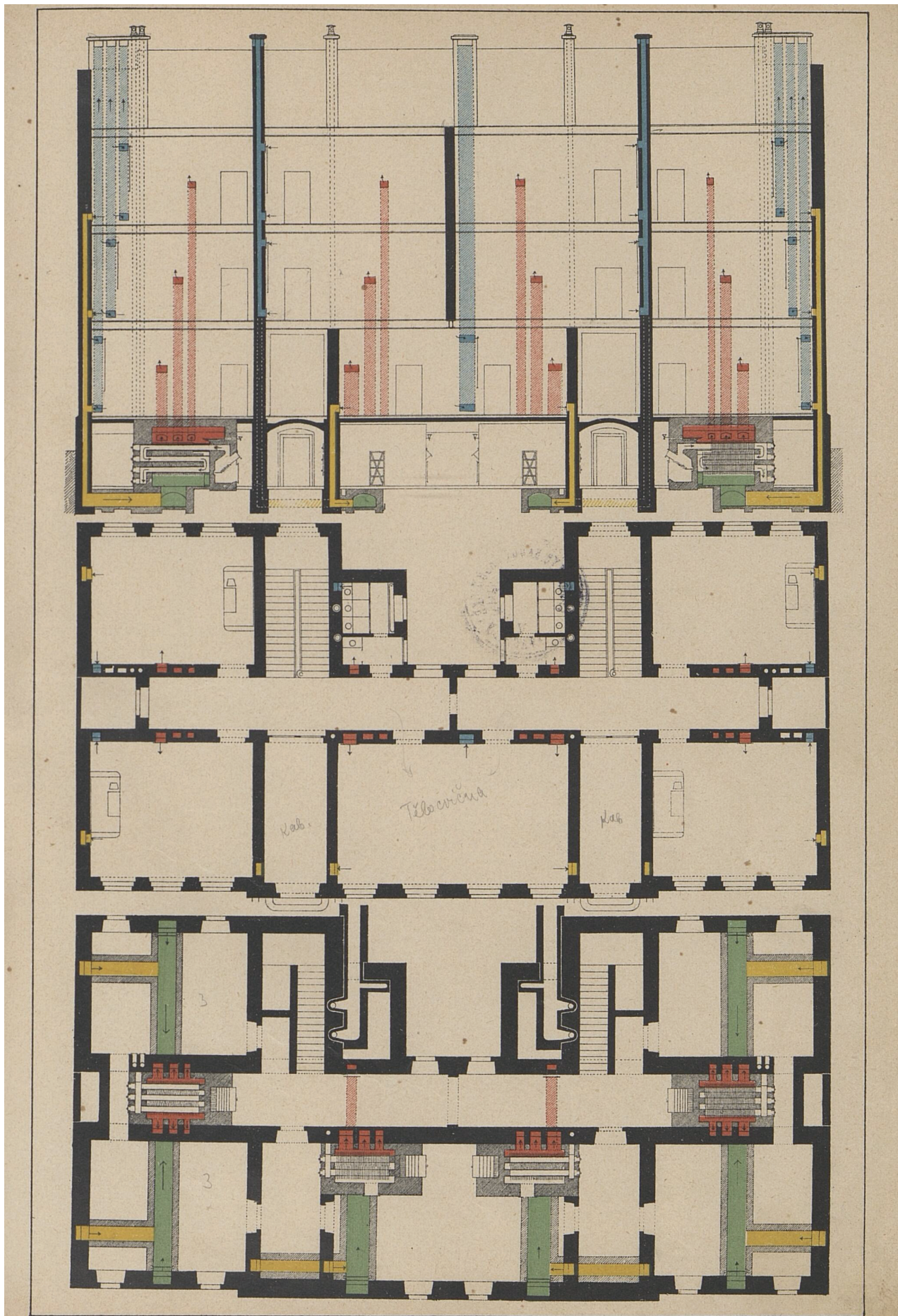
Fig. 4 Principle of local heating and ventilation with a double-sided stove [16]

vzdušné“. Teplovzdušné vytápění především odstranilo problémy s přívodem chladného venkovního vzduchu provětráváním okny v zimním období. Inženýr Srbek [17] se o větrání okny vyjadřuje poměrně jasně: „Přivádění čerstvého vzduchu okny nemělo by se vůbec dovoliti, neboť tu vevádí se ledový vzduch do učeben, jenž pak klesá přímo dolů a činí pobyt na blízku okna přímo nemožným.“

Na obr. 5 je uveden příklad školní budovy se 16 třídami vybavené teplovzdušným („ohňovzdušným“) vytápěním a větráním s přirozeným oběhem vzduchu s možností využití vzduchu oběhového [11]. V suterénu budovy (půdorys, spodní část obr. 5) byla umístěna 4 topeniště s tzv. „kalorifery“ – jde o šamotem vyzděné pece vybavené roštem a trubkovým výměníkem spaliny/vzduch používaným pro ohřev vzduchu. Takových pecí bylo v objektu několik a každá sloužila pro zajištění větrání a vytápění v několika přilehlých místnostech umístěných ve vyšších patrech budovy. Vzduch byl po budově dopravován stavebními šachtami. Čerstvý vzduch byl nasáván z venkovního prostředí (zelený vzduchovod) přes speciální komory, kde byl míchán se vzduchem oběhovým (žlutý vzduchovod) z důvodů úspory paliva. Poté byl vzduch převáděn do otopných komor s výměníkem, kde byl ohříván cca na 40 až 50 °C [17]. Vzduch byl dopravován přirozeným vztlakovým účinkem a přiváděn do učeben, tělocvičny i na záchody (červený vzduchovod). Znehodnocený vzduch byl odváděn nad střechu objektu (modrý vzduchovod – řez v horní části obr. 5). Odvodní vzduchovod byl opět opatřen dvěma otvory, u podlahy a u stropu (viz výše). V létě bylo větrání zajišťováno okny s horním otevíracím křídlem.

Výše popsaný systém centrálního teplovzdušného vytápění se v Rakousku-Uhersku nazýval topení „Kellingovo“ podle firmy Kelling & Co. se sídlem ve Vídni a v Ústí nad Labem, která se zabývala výrobou a dodávkou kaloriferů (tehdy považovaných za kvalitní) [11]. V řešení na obr. 5 jsou použity kalorifery s výměníkem tvořeným žebrovaným potrubím. Spaliny jsou odváděny kominem o průměru 20 cm, pro postranní pece jsou použity 2 komíny (čárkovaně). Obdobným systémem byla vybavena řada školských budov vznikajících v Praze na přelomu 19. a 20. století (Na Františku, ve Školské ul. apod.).

Názory na teplovzdušné „kaloriferové“ vytápění a větrání se různily [11]. Systém se s výhodou uplatňoval u větších prostor (např. v divadlech) s občasou návštěvností a byl doporučován i pro školní budovy z důvodu rychlého zátopy a současného vytápění a větrá-



Obr. 5 Příklad teplovzdušného vytápění a větrání školní budovy s využitím oběhového vzduchu [11]
Fig. 5 Example of hot air heating and ventilation of a school building with use of circulating air [11]

ní. Výhodou byly i relativně nízké pořizovací náklady. Teplotovzdušné vytápění však mělo i nevýhody. Zejména se jednalo o dodržení čistoty přiváděného vzduchu tak, aby se částice obsažené ve vzduchu nevypalovaly na topných tělesech s vysokou teplotou. Pro vytápění bylo potřeba značné množství vzduchu, což mohlo způsobovat průvan, trvalé víření prachu v učebně a zmiňuje se i suchost vzduchu v učebnách. Dále nebylo možno jedním přírodním otvorem dosáhnout rovnoměrného rozložení teploty v místnosti, rozdíly teplot vzduchu pod stropem a u podlahy byly někdy značné. Stěny v učebnách byly chladné, neboť ke sdílení tepla docházelo převážně konvekcí. Systém sloužil pro zajištění teploty vzduchu v několika místnostech, jejichž požadavky se mohly lišit. Je pravdou, že teplota vzduchu v učebnách byla tehdy udržována, v porovnání se současným stavem, na poměrně nízké úrovni 17 až 20 °C. Často byl problém v obsluze, která byla svěřena nezkušené nebo nespolehlivé osobě, a příkládání paliva nebylo pravidelné. Jiní kritizovali nízkou životnost kaloriferů, které musely být po 6 letech (někdy i dříve) vyměněny. Při nekvalitním provedení nebo špatné konstrukci nových a neodzkoušených kaloriferů docházelo k nežádoucímu unikání kouře nebo prachu do větracího vzduchu. Díky tepelným ztrátám a nedostatečnému předávání tepla bylo teplotovzdušné vytápění na počátku 20. století považováno za nehospodárné.

Později se využívala pára o nízkém tlaku, která byla rozváděna do výměníků určených pro ohřev vzduchu, umístěných v obdobných otopných komorách [14] – „topení parovzdušné“. Zvláštní pozornost byla věnována čistotě vzduchu, neboť povrchová teplota otopných těles dosahovala značných hodnot. I proto byl kladen důraz na naprostou čistotu ve všech komorách a vzduchovodech. Systém rozvodů vzduchu po budově byl obdobný jako v předchozím případě. Aby se zabránilo nepříznivému účinku větru, bylo vyústění odpadního vzduchu vybavováno hlavicemi, nebo vzduch ústl na půdě.

Znehodnocený vzduch byl z učeben odváděn (otvorem u podlahy) opět přirozenou cestou, přes šachtu vyústěnou nad střechu objektu. Pro vytápění (zvláště tehdy) bylo potřeba značné množství vzduchu, což se řešilo využitím oběhového vzduchu. Ten byl do otopných komor přiváděn zpět z odvodních šachet. Regulace průtoku oběhového vzduchu byla ruční s použitím klapky.

Nízkotlaká parní otopná soustava a větrání

S ohledem na nevýhody teplotovzdušného vytápění zmíněné v [17]: „*Ne-rozlučnost topení a ventilace má tu vadu, že regulace jednoho děje se na úkor druhého.*“ bylo snahou od sebe vytápění a větrání částečně oddělit. Jak je uvedeno v [9]: „*Pro dokonalé, na topení nezávislé větrání jest tedy nutno toto oddělit od topení úplně a pro přihřátí vzduchu zřídit zvláštní topné komory.*“

Novější systémy vytápění škol jsou v té době vybavovány otopnými tělesy napojenými na nízkotlakou parní soustavu. Jejich povrchová teplota tak nebyla vyšší než 105 °C (což bylo tehdy přijatelné). Výhodou parní otopné soustavy o nízkém tlaku byla možnost využít páru i pro ohřev venkovního větracího vzduchu. Vodní otopná soustava nebyla pro ohřev vzduchu používána s ohledem na riziko zamrznutí vody. Ve školách, kde bylo instalováno ústřední vodní vytápění, se k ohřevu větracího vzduchu používaly nadále kalorify [9]. Publikace [17] uvádí příklad otopné soustavy s parními otopnými tělesy umístěnými v okeních parapetech s přísáváním vzduchu z venkovního prostředí přes krátký vzduchovod. Tento vzduchovod vyústoval ideálně nad tělesem a byl opatřen uzavírací klapkou. Mezi nevýhody takového řešení patřilo zejména vnikání znečištěného vzduchu a šíření hluku z ulice do učebny. Skutečnost, že před a po vyučování bylo nutné všechny klapky otevírat, resp. zavírat, vedla často ke stavu, kdy se neotvíraly vůbec a větrání tak bylo potlačeno [17].

Na obr. 7 je znázorněno řešení nízkotlaké parní soustavy s přirozeným centrálním rozvodem větracího vzduchu, kdy každá učebna byla vybavena obvykle pouze jedním parním tělesem (v rohových učebnách se doporučovalo umístit dvě [17]). Přívod větracího vzduchu byl řešen stavebními kanály (šachtami), obdobně jako u teplotovzdušného vytápění (viz výše) s tím rozdílem, že množství vzduchu mohlo být sníženo pouze na hygienické minimum. Předehřátý větrací vzduch byl přiváděn k tělesům, za kterými se směšoval s ohřátým oběhovým vzduchem a následně byl přiváděn žaluzií pod stropem do místnosti (obr. 6). V případě problémů s vysoušením vnitřního vzduchu se na otopná tělesa umísťovaly nádoby naplněné vodou.

Ve věci regulace větrání je jistě zajímavý následující citát: „*Regulování ventilace nesmí být svěřeno učitelům pod žádnou podmínkou, neboť stává se, že učitel při nejmenším zdání průvanu vyloučí ji úplně.*“ Ing. Srbek (1898) [17] cituje prof. Rietchela: „*... aby regulace teplot v učebně nebyla svěřena ani žákům ani učitelům.*“

Nucené větrání

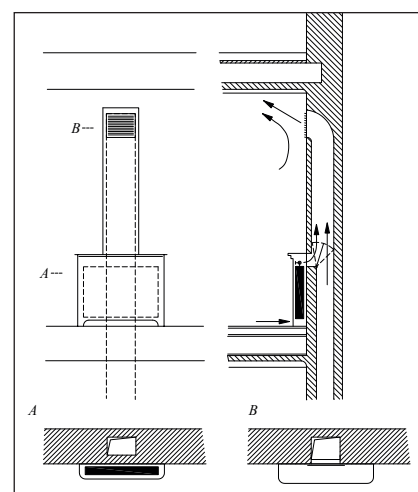
O nuceném („umělém“) větrání existují v historických pramenech pouze zmínky. J. E. Purkyně [13] uvádí z hlediska větrání tehdejší doby (1891) zdá se přelomovou myšlenku: „*Umělé větrání vyžaduje vždy většího nákladu, neboť k pohánění ventilátoru i exhaustoru potřebí je vždy síly. Avšak, kde jedná se vskutku o to, aby člověku čerstvého, zdraví jeho nezbytného vzduchu se hojně dostávalo, nepadá větší poněkud výloha značně na váhu.*“

O nuceném větrání se okrajově zmiňuje příspěvek [18] (1906). Následující (spíše usměvňvý) popis ventilátoru dokládá, že nucené větrání bylo tehdy spíše novinkou: „*Konečně jsou mechanické prostředky umělé. Obvykleně užívá se rozmanitých koleček lopatkami opatřených, jež odhazují vzduch v jednom směru do větracího průchodu. Účelu tomu slouží také sprchy vodní (kapky vody strhují částičky vzduchové v jednom směru).*“ V porovnání s přirozeným větráním autor pouze konstatuje: „*Uvádíme-li vzduch v místnosti v umělý pohyb pomocí mechanických prostředků ve ventilačních průduších, může se věc podstatně změnit.*“

Z tehdejších zdrojů je patrné, že k problematice nuceného větrání se přistupovalo spíše opatrně. Ing. Velich [9] uvádí: „*Ventilátory způsobují však šelest, někdy i průvan a nestejně rozdělení vzduchu do jednotlivých místností. Z uvedené příčiny volíme pro školy raději vzdušné komory. Těmito prochází vzduch s malou rychlostí.*“

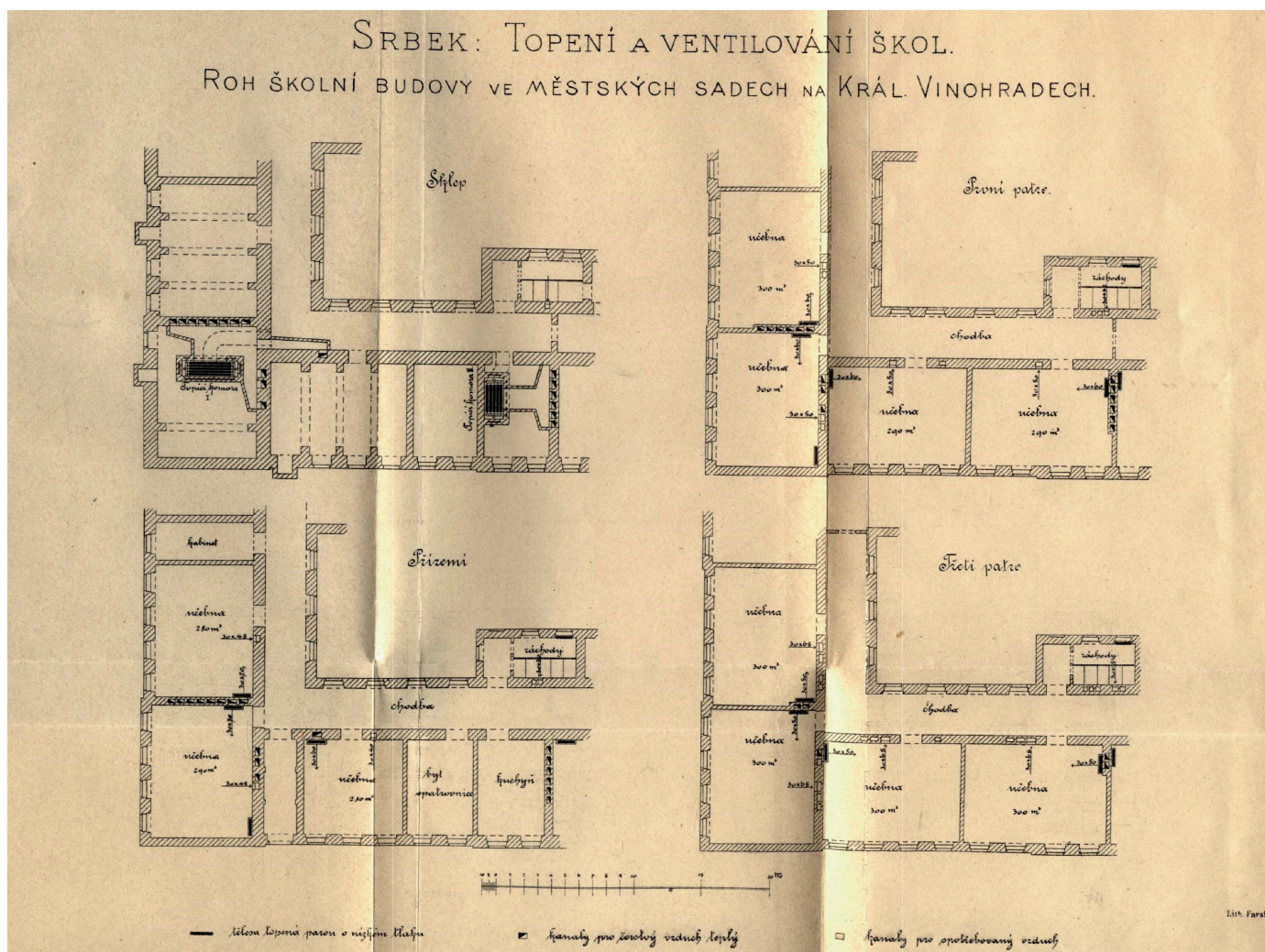
ZÁVĚR

Na závěr dovolte ještě jeden citát z publikace [13], bez dalšího komentáře, jehož autorem je rovněž J. E. Purkyně, bez nadsázky průkopník profese vytápění a větrání v českých zemích: „*Ohromné cifry (pozn. red.: myšleno průtoky větracího vzduchu), jichž různí badatelé při pokusech svých nabyli, činily by mnohdy zavedení ventilace vůbec nemožným. Kdyby číslice ty vždy měřítkem*



Obr. 6 Vytápění učeben parními tělesy s přívodem větracího vzduchu (podle [7])

Fig. 6 Heating of classrooms with steam radiators with supply of ventilation air (according to [7])



Obr. 7 Příklad větrání školy v kombinaci s nízkotlakou parní otopnou soustavou [7]
 Fig. 7 Example of school ventilation in combination with a low-pressure steam heating system [7]

nám měly být, narazili bychom na lokální překážky, výlohy zařízení pak takých rozměrů mnohdy by nabyly, že na úkor zdravotní bychom od celého úmyslu svého, opatření obydlí svoje ventilací, upustili. V tom leží asi též část příčiny, proč dosud tak málo školních budov a obydlí ventilací opatřeno je.“

Kontakt na autora: vladimir.zmrhal@fs.cvut.cz

Použité zdroje:

[1] BĚLOHOUBEK, A. O významu větrání přirozeného. *Listy chemické*. 1879, Roč. IV, číslo 2.
 [2] ČAPKA, F., VACULÍK, J. K problematice hygieny na školách první republiky. In: *2. konference škola a zdraví*. 2006. Brno.
 [3] ČAPKA, F. Gustav Kabrhel zakladatel české hygienické školy a jeho přínos k problematice škola a zdraví. *Škola a zdraví*. 2011, 21. Brno.
 [4] ČELAKOVSKÝ, J. *Zákony a nařízení u věcech obecného školství, na ten čas platné v království*. Praha: Tiskem a nákladem dra. Edvarda Grégra, 1878.
 [5] ČERVENÁK, J. Snad nám naše děti prominou? In: *Větrání škol – sborník přednášek*. Společnost pro techniku prostředí. 2013.
 [6] ČERVENÁK, J., HOLÁSEK V. Teplovzdušné systémy vytápění a větrání historických budov a jejich vliv na stavbu. *Vytápění, větrání, instalace*. 2016, 25(5), 248–254.
 [7] ČERVENÝ, F., ŘEHOŘOVSKÝ, V. *Technický průvodce pro inženýra a stavitele*. 1902.
 [8] DRKAL, F. Jan Evangelista rytíř Purkyně – zemřel před 110 lety. *Vytápění, větrání, instalace*. 2020, 29(4), 236.

[9] KABRHEL, G., VELICH, F., HRABA, A. *Větrání a vytápění škol*. 1903. Vídeň: Nákladem Josefa Šafáře.
 [10] KRAUS, F. *Přehled požadavků školního zdravotnictví*. 1906. Valašské Meziříčí: Nakladatel Alois Šašek knihkupec.
 [11] PACOLD, J. *Konstrukce pozemního stavitelství. Díl III*. 1901. Praha: Nákladem vlastním. Tiskem Dr. E. Grégra.
 [12] PÉCLET, E. *Traité de la chaleur considérée dans ses applications – Tome 1*. 1878. Paris: G. Masson.
 [13] PURKYNĚ, J. E. *Topení a větrání obydlí lidských*. 1891. 52 s. Praha: I. L. Kober Knihkupectví.
 [14] PURKYNĚ, J. E. *Ústřední topení a větrání. Díl I. Ústřední topení*. 1900. 174 s. Praha: Česká matice technická.
 [15] PULKRÁBEK, J. *Větrání*. 1957. Praha: SNTL.
 [16] SCHOLTZ, A. *Verschiedene Konstruktionen, insbesondere: Heizungs-, Lüftungs-, Wasserversorgungs- und Beleuchtungsanlagen; Haustelegraphen und Telephone; Grundbau: mit einem Anhang: Die Bauführung*. 1900. Lipsko: J. M. Gebhardt's Verlag.
 [17] SRBEK, F. *Ventilace a topení škol*. 1898. Praha: Knihtiskárna Politiky.
 [18] RŮŽIČKA, S. Vybrané kapitoly ze školní hygieny. *Česká škola*. 1906, Ročník V., číslo 21. Praha.
 [19] WELLENDORF, V. *Topení a větrání budov*. 1930. Praha: Nakladatel O. Pyšvejc knihkupec.
 [20] ZMRHAL, V. a kol. *Větrání škol v souvislostech*. 2017. 142 s. Praha: Společnost pro techniku prostředí.
 [21] Zákon č. 226/1922 Sb., jímž se mění a doplňují zákony o školách obecných a občanských.