



Středoškolská technika 2014

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

ÚSPORY V NEMOCNICI BENEŠOV

Jana Kňavová, Tereza Josífková

**Střední zdravotnická škola Benešov
Máchova 400, Benešov**

Úvod	2
Popis objektu Nemocnice Rudolfa a Stefanie, a.s. v Benešově.....	2
Jednání s firmou SPEL, a.s.	4
Současný stav	5
Spalovna	6
Analýza	8
System vytápění.....	10
Objekt naší školy - A10 Školní a zdravotnický objekt	11
Doporučení firmy SPEL	12
Finanční analýza	15
Citlivostní analýza	15
Enviromentální vyhodnocení variant	16
Jak topit?.....	18
Proč a jak větrat?	20
Větrání v naší škole.....	21
Měření.....	22
Závěr:	25
Poděkování	25
Zdroje:.....	26

Úvod

Naše Střední zdravotnická škola se nachází v areálu benešovské nemocnice. Je samozřejmé, že je napojená na její kotelnu. Topení je zřejmě nastavené na vyšší teplotu v místnosti, neboť ve třídách bývá přetopeno, většinou 25 °C. Větrání je „zajištěno“ starými, výrazně netěsnícími okny. Je problém otevřít o přestávce okna, protože jdou pak velmi špatně zavřít a protože spolužačky přivyklé na 25 °C mají strach, že jim bude zima. Paní učitelka často vstupuje do třídy se slovy „Ještě, že se dveře otvírají ven, jinak bych se k vám nedostala.“

Topení bývá puštěno naplno i ve třídách, kde se zrovna celý den neučí a to ani nemluví o víkendech a prázdninách.

Vzhledem k tomu, že naše škola má pronajaté prostory od nemocnice, je situace složitá. Vlastně ani není příliš velká motivace šetřit, protože je odpočet na teplou užitkovou vodu a topení do celé budovy, z níž má škola pronajatou jen část, a proto škola platí poměrnou část podle pronajaté plochy.

Přemýšlela jsem, co s tím, a začalo mi zajímat, jestli i v nemocnici jde šetřit jinak, než že pacienti budou mrznout.

Popis objektu Nemocnice Rudolfa a Stefanie, a.s. v Benešově

Nemocnice leží na okraji města Benešov v areálu tvořeném komplexem budov. Některé budovy jsou po celkové rekonstrukci, jako například budova vstupního objektu a nové jídelny, které jsou na následujícím obrázku, některé objekty rekonstrukce teprve čeká.



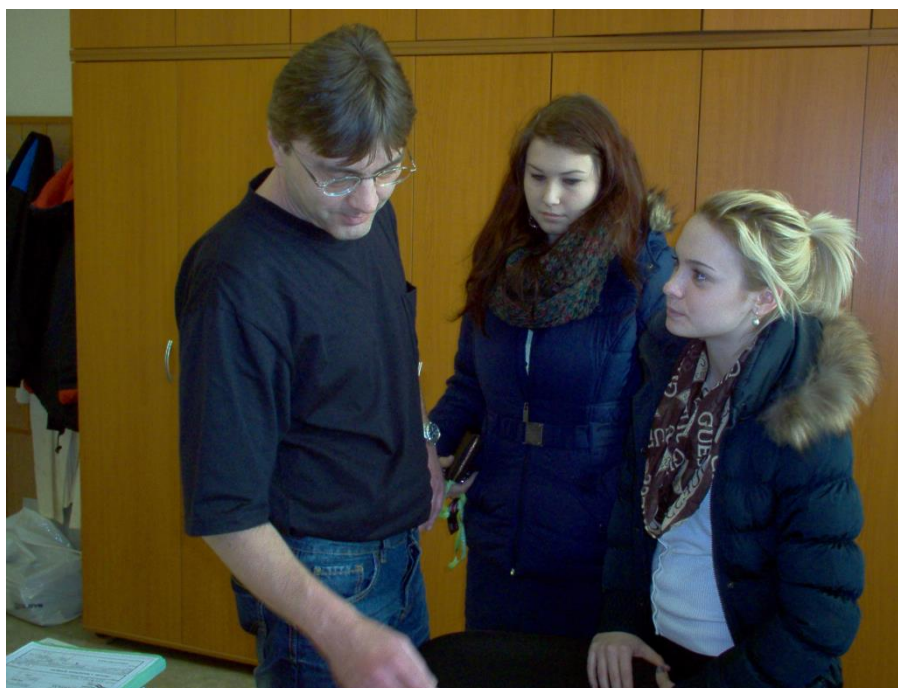
Obr. 1: Vstup do areálu Nemocnice Rudolfa a Stefanie Benešov, a.s.

Jednání s firmou SPEL, a.s.

Zjistila jsem, že nové vedení nemocnice si právě nechává zpracovat **energetický audit** a umožnilo nám se **zúčastnit jednání**, kde byli přítomni **ředitel nemocnice pan Ing. Petr Hostek**, jeho **ekonomický náměstek Ing. Filip Zítka**, **provozně technický náměstek pan Jan Kolbaba** a **zástupci firmy SPEL**, kteří předávali výsledky své práce.

Jednání proběhlo v zasedací místnosti ředitelství nemocnice. Projektant firmy SPEL, **pan Copko**, nám ochotně odpověděl na naše otázky.

Dokumentaci auditu nám poskytl **stavební technik pan Písačka**, který nám také leccos vysvětlil a odpověděl na naše otázky.



Obr. 3: Konzultace u pana Písačky

Současný stav

Nemocnice využívá ke svému provozu energii elektrickou (EE), zemní plyn (ZP) a rovněž využívá tepelnou energii (TE) spalováním nebezpečných odpadů nemocničního charakteru.

Tabulka 2.6.1

2009	Jednotka	Množství	Výhřevnost [GJ/jednotku]	Přepočet na [GJ]	Roční náklady [Kč]	Průměrná cena [Kč/GJ]
Nákup elektrické energie	MWh	2 592	3,60	9 330	6 898 491	739,39
Nákup zemního plynu	Nm ³	1 373 974	34,05	46 784	13 090 769	279,81
Energetické využití odpadů	GJ	4 721	1,00	4 721	-4 242 635	-
Celkem vstupy paliv a energie				60 835	15 746 625	258,84
Změna stavu zásob paliv				-	-	-
Celkem spotřeba paliv a energie				60 835	15 746 625	258,84

Tabulka 2.6.2

2010	Jednotka	Množství	Výhřevnost [GJ/jednotku]	Přepočet na [GJ]	Roční náklady [Kč]	Průměrná cena [Kč/GJ]
Nákup elektrické energie	MWh	2 670	3,6	9 614	7 456 884	775,65
Nákup zemního plynu	Nm ³	1 314 361	34,05	44 754	13 158 269	294,01
Energetické využití odpadů	GJ	7 223	1,00	7 223	-6 809 404	-
Celkem vstupy paliv a energie				61 591	13 805 749	224,15
Změna stavu zásob paliv				-	-	-
Celkem spotřeba paliv a energie				61 591	13 805 749	224,15

Tabulka 2.6.3

2011	Jednotka	Množství	Výhřevnost [GJ/jednotku]	Přepočet na [GJ]	Roční náklady [Kč]	Průměrná cena [Kč/GJ]
Nákup elektrické energie	MWh	2 809	3,6	10 111	6 622 327	654,96
Nákup zemního plynu	Nm ³	1 229 668	34,05	41 870	13 617 421	325,23
Energetické využití odpadů	GJ	6 447	1,00	6 447	-6 456 814	-
Celkem vstupy paliv a energie				58 428	13 782 934	235,89
Změna stavu zásob paliv				-	-	-
Celkem spotřeba paliv a energie				58 428	13 782 934	235,89

Tabulka 2.6.4

2012	Jednotka	Množství	Výhřevnost [GJ/jednotku]	Přepočet na [GJ]	Roční náklady [Kč]	Průměrná cena [Kč/GJ]
Nákup elektrické energie	MWh	3 252	3,6	11 708	8 191 993	699,70
Nákup zemního plynu	Nm ³	1 251 297	34,05	42 607	14 292 470	335,45
Energetické využití odpadů	GJ	6 255	1,00	6 255	-6 552 632	-
Celkem vstupy paliv a energie				60 570	15 931 831	263,03
Změna stavu zásob paliv				-	-	-
Celkem spotřeba paliv a energie				60 570	15 931 831	263,03

Z tabulek je vidět množství odebrané energie i celkové finanční náklady v posledních čtyřech letech.

Elektrickou energii nakupuje od společnosti ČEZ a zemní plyn od akciové společnosti RWE Tepelná energie pro vytápění a přípravu TUV je řešena výrobou tepla v blokové kotelně nacházející se v samostatné budově v severní části areálu. Součástí kotelny je spalovna nebezpečných odpadů.

Spalovna je v dobrém stavu, je profesionálně řízena a z 80 % spaluje odpady ze zdravotnictví. Potřeba energie je doplňována plynem, který je hodnocen jako ekologicky vhodný. Proto není hledán jiný zdroj energie.

Systém je řešen jako ostrovní – pro celou nemocnici, stávající rozvody pro vytápění jsou v dobrém stavu, nebylo by ekonomické řešit každou budovu zvlášť a řešit např. kolektory.

Spalovna

Prohlídku a odborný výklad nám poskytnul **vedoucí spalovny a kotelny pan Slepíčka**, kterému patří velké díky. Dozvěděli jsme se hodně nových poznatků. Ve spalovně se likviduje odpad především z kladenské nemocnice, Sedlčan a dalších zdravotnických zařízení jako jsou domovy důchodců, hospici, obvodní lékaři. Firmy platí za odběr jednoho kg odpadu 7 Kč. Spalovna má ale také své výdaje, mimo jiné za odvoz popela na skládku platí 2,50 Kč/kg. Teplo se využívá přímo v nemocnici a doplňuje se spalováním plynu v kotelně.

Důležitá je také prohlídka emisí, které unikají do ovzduší. Měření emisí se provádí jednou za rok pro vybrané emise a dvakrát za rok pro kontrolu dioxinů. Všechna měření prokázala vysokou účinnost čištění kouřových plynů spalovny. Na následujících fotografiích jsou záběry z naší návštěvy kotelny a spalovny:



Obr. 4: Kotle na zemní plyn



Obr. 5: Pan Slepíčka nám ukazuje, jak pracuje kotel spalovny



Obr. 6 a 7: Před čističkou kouřových plynů

O spalovně je možno se dočíst ve článku, který vyšel v Nemocničních listech Středočeského kraje v březnu 2012.

Analýza

Benešov je okresní město ve Středočeském kraji, leží 40 km jihovýchodně od Prahy. Jedná se o oblast v nadmořské výšce 327 m. Z hlediska klimatických podmínek je zde podnebí mírné a relativně teplé s průměrným srážkovým úhrnem. Lokalita města Benešov patří do oblasti s nejnižší výpočtovou teplotou vzduchu $t_e = -15\text{ °C}$. Oblast se vyznačuje intenzivními větry, průměrná venkovní teplota vzduchu v topném období je $t_{es} = 3,5\text{ °C}$ s délkou topného období 234 dnů.

Pro tyto podmínky provedla firma SPEL, a.s. výpočet tepelných ztrát jednotlivých objektů. Výsledky jsou zaznamenány v následující tabulce. Z hodnot vyplývá, které budovy vykazují nejhorší tepelné izolační vlastnosti.

Tabulka 2.3.1 - Analýza stávající potřeby a spotřeby tepla na vytápění budov

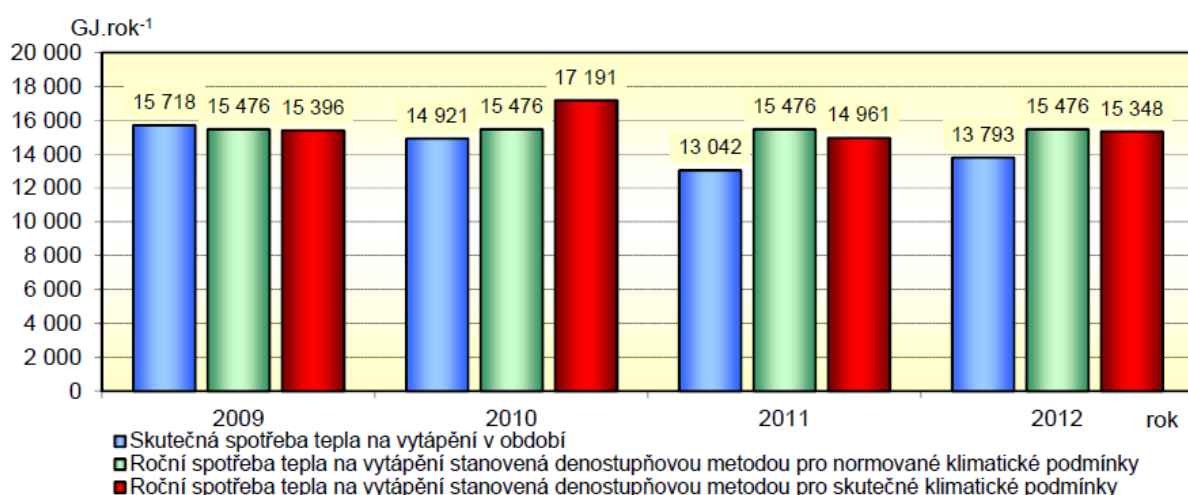
Označení objektu		Podlaží [počet]	Typ stavby	Měrná tepelná ztráta		Tepelné ztráty		Předpoklad tepla/rok	
				Prostupem H_t [W/K]	Větráním H_v [W/K]	Zátopový výkon [W]	Cellkem [W]	Potřeba [GJ]	Spotřeba [GJ]
A01	Transfúzní a hematologická stanice	2	Zděná stavba	724	485	10 705	53 020	500	401
A02	Nová interna	7	ŽB skelet	4 011	3 102	36 842	285 801	2 696	2 161
A03	Stará interna	3	Zděná stavba	1 871	756	7 069	99 016	934	749
A04	Ředitelství	4	ŽB skelet	921	546	6 368	57 685	544	436
A05	Chirurgie	7	Zděná stavba	3 534	4 403	51 766	329 564	3 109	2 492
A06	Gynekologicko-porodnické oddělení	4	Zděná stavba	1 974	1 427	16 869	135 899	1 282	1 028
A07	Dialyzační středisko - Stará kuchyně	3	Zděná stavba	733	412	4 487	44 569	420	337
A08	Vstupní objekt	6	Zděná stavba	1 463	757	8 553	86 272	814	652
A09	Nová kuchyně	2	Zděná stavba	1 959	547	7 004	94 710	893	716
A10	Školní a zdravotnický objekt	5	ŽB skelet	6 897	2 032	51 589	364 125	3 435	2 753
A11	Mikrobiologie, lékárna	1	Zděná stavba	1 683	376	8 102	80 171	756	606
A12	Patologie	2	ŽB skelet	1 138	427	9 303	64 060	604	484
A13	Centrální archiv	1	Sendvičový skelet	948	221	5 309	46 231	436	350
A14	Bývalé transfúzní oddělení	2	KORD-SP	2 014	662	14 296	107 954	1 018	816
A16	Prádelna	1	ŽB skelet	913	344	5 698	49 695	469	376
CELKEM				30 784	16 496	243 961	1 898 772	17 911	14 357

Normovaná potřeba tepla je vypočtena z tepelných ztrát jednotlivých objektů za předpokladu klimatických podmínek pro oblast Benešov s 234 dny topného období. Z tabulky 2.3.1 je patrné, že průměrná měřená roční spotřeba tepla za období 2009 až 2012 je o 20 % nižší, než vypočtená roční potřeba.

Bilanční výpočet spotřeby tepla ověřil, že skutečná roční spotřeba tepla v letech 2010 až 2012 je pod normovanou hodnotou v průměru o 1 800 GJ ve sledovaném období.

Tabulka 2.6.2.5 - Porovnání spotřeby tepla s výpočtem

Položka	Označení	Jednotka	Rok			
			2009	2010	2011	2012
Průměrná vnitřní teplota	t_{is}	[°C]	20	20	20	20
Normovaná průměrná venkovní teplota	t_{esN}	[°C]	3,4	3,4	3,4	3,4
Normovaný počet dnů vytápění	d_N	[dny]	234	234	234	234
Normovaný počet denostupňů	D_n	[d.K ⁻¹]	3 884	3 884	3 884	3 884
Průměrná venkovní teplota v daném období	t_{es}	[°C]	4,4	4,2	6,4	5,9
Skutečný počet dnů vytápění	d	[dny]	238		229	245
Skutečný počet denostupňů	D	[d.K ⁻¹]	3 864	0	3 114	3 459
Skutečná spotřeba tepla na vytápění v období	Q_f	[GJ.rok ⁻¹]	15 718	14 921	13 042	13 793
Roční spotřeba tepla na vytápění stanovená denostupňovou metodou pro normované klimatické podmínky	Q_N	[GJ.rok ⁻¹]	15 476	15 476	15 476	15 476
Roční spotřeba tepla na vytápění stanovená denostupňovou metodou pro skutečné klimatické podmínky	Q_p	[GJ.rok ⁻¹]	15 396	17 191	14 961	15 348
Rozdíl $Q_p - Q_f$		[GJ]	-322	2 270	1 918	1 555
		[-]	-2,05%	15,21%	14,71%	11,27%



Graf 1: Porovnání skutečné a vypočtené spotřeby tepla

System vytápění

Vytápění všech budov areálu nemocnice je teplovodní (vyjma budovy bývalého očního oddělení, kde stále přetrvává vytápění parní). Tepelná energie je rozvedena do jednotlivých objektů systémem CZT z kotelny, která je umístěna v areálu nemocnice.

V kotelně jsou instalovány 3 plynové kotle LOOS s ekonomizéry. Součástí kotelny je výměňková stanice pára – horka voda, která je vedena do jednotlivých výměňkových stanic, ve kterých se připravuje topná voda. Ve všech VS je instalována automatická regulace teploty topné vody v závislosti na venkovní teplotě.

Původní parní rozvody z roku 1978 byly rekonstruovány koncem 90. let minulého století (1998), kdy část systému vytápění přecházela z parního media na horkovodní rozvody.

Horkovodní systém je rozdělen do dvou větví - jižní a východní.

Parní potrubí sloužící k zásobování nemocnice je uloženo ve stejné trase jako jižní větev horkovodu.

Nové **horkovodní venkovní rozvody** mají **příznivé tepelně – technické vlastnosti**,

I technické řešení **parních rozvodů** zajišťuje **minimální tepelné ztráty**.

Vytápěcí tělesa

V budovách nemocnice včetně hospodářských objektů jsou nainstalována v převážné míře článková litinová otopná tělesa, která nejsou osazena regulačními ventily. V objektech chirurgie a gynekologicko-porodnického oddělení jsou instalována desková otopná tělesa s termostatickými regulačními ventily.

Topná soustava je dimenzována na parametry 90 °C / 70 °C.

Teplá voda (dříve TUV)

Teplá voda je připravována ve výměňkových stanicích jednotlivých objektů, ve kterých jsou instalovány zásobníky. Příslušný zásobníkový ohřívač je umístěn v suterénním prostoru jednotlivé budovy, kde se nachází výměňková stanice tepla. Rozvody teplé vody jsou převážně původní, jen rekonstruovaná část je v plastovém provedení. Teplota vody se pohybuje v rozmezí od 50 °C po 60 °C.

Předávací stanice byly instalovány v období 1980 až 1985 a v současné době jsou **za hranicí životnosti vlivem značného opotřebení a korozi**. Zařízení také vykazovala zjevné netěsnosti na přívodu teplotního media a to zejména v budově prádelny.

Objekt naší školy - A10 Školní a zdravotnický objekt

Obecná charakteristika objektu

Objekt tvoří dvě oddělené budovy propojené komunikací v suterénu hlavní budovy SZŠ.

Budovy byly vybudovány v r. 1980, přístavba s cca 2letým odstupem. Hlavní budova má nadzemní podlaží obdélníkového tvaru o rozměrech cca 50,7x14,5 m, podzemní podlaží je v jižní straně rozšířeno o učebny s atriem, rozměry 43,6x31,31 m. Přístavba je napojena v jihovýchodní části komunikačním krčkem o délce cca 25 m. Rozměry nadzemních podlaží přístavby jsou 22x24,4 m.

Hlavní objekt je v současné době využíván v suterénní části pro účely školského zařízení SZŠ, nadzemní patra jako zdravotnické zařízení – zubní ambulance, psychologická ambulance, LOP a rehabilitace.

Přístavba je v 1np využita jako ubytovna a 2np jako jesle určené pro zaměstnance nemocnice.

Stavebně technické řešení

Konstrukční systém je lehký skelet, u obou budov, tedy hlavní budovy i přístavby.

Vnitřní zdi a příčky jsou z plných cihel, tvarovek či SDK konstrukcí dle požadovaných úprav interiéru. Stropy jsou železobetonové panely a plocha střecha je dvouplášťová ze železobetonových panelů. Podlaha hlavní budovy přilehlá k zemině **není** tepelně izolovaná, je opatřena pouze hydroizolací.

Vnější plášť je tvořen sendvičovými betonovými panely.

Výplně otvorů jsou dřevěná zdvojená okna s jednoduchým zasklením. Tabulkové hodnoty tohoto typu oken jsou $U = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, ten se ovšem nepředpokládá, jelikož výplně jsou **za hranicí životnosti**.

Doporučení firmy SPEL

Firma SPEL rozdělila návrhy na řešení na podle finanční náročnosti na beznákladová, nízkonákladová a vysokonákladová opatření.

Beznákladová opatření

zejména:

- zlepšit systematizaci, ve které by byly stanoveny podmínky ke sledování toku energií včetně vytvoření kompletní evidence spotřebičů elektrické energie s udáním příkonu, soudobosti provozu a hodinovým využitím v denním provozu
- pravidelně provádět podrobné sledování a bilancování spotřeb energií v daném měsíci

Nízkonákladová opatření

- Instalace měřících zařízení s možností přenosu dat na monitorovací systém:
 - na vstupu do každé budovy, aby bylo možné zjistit spotřebu tepla
 - měření TV na každé výměňkové stanici.

Investiční náklady na jedno měřící zařízení je cca 55 tis. Kč.

- podružné měření spotřeb elektrické energie v každém objektu

Tyto náklady představují hodnotu do 30 tis. Kč.

- Snížení spotřeby pitné vody
 - instalovat na toalety úspornější splachovadla
 - ve sprchách je možné zavést časový spínač teplé vody

Vysokonákladová opatření

V níže uvedených variantách předpokládáme realizaci opatření, jejichž investiční náklady jsou vyšší než 100 000 Kč.

Varianta 1

V rámci opatření ke snížení spotřeby tepla byla ve vybraných budovách (viz následující tabulka) navržena výměna stávajících oken za nová se součinitelem prostupu tepla v rozmezí 1,1 až 1,3 W.m⁻².K⁻¹.

Tabulka 4.3.1.6 - Analýza spotřeby tepla při realizaci výměny oken

Varianta 1 Výměna oken budov	Podlaží [počet]	Tepelné ztráty			Pořizovací náklady	Spotřeba tepla / rok		
		stávající stav [W/K]	po realizaci [W/K]	úspory [%]		stávající stav [GJ]	po realizaci [GJ]	úspory [%]
A09 Nová kuchyně	3	1 959	1 605	18%	464 096 Kč	716	623	13%
A10 Školní a zdravotnický objekt	6	6 897	5 419	21%	2 773 985 Kč	2 753	2 363	14%
A12 Patologie	4	1 138	908	20%	511 042 Kč	484	424	12%
A13 Centrální archiv	2	948	891	6%	127 653 Kč	350	335	4%
A14 Bývalé transfúzní oddělení	4	2 014	1 657	18%	670 836 Kč	816	722	12%
CELKEM		12 956	10 480	19%	4 547 612 Kč	5 120	4 467	13%

Tabulka 4.3.1.6 - Analýza spotřeby tepla při realizaci výměny oken

Varianta 1 Výměna oken budov		Podlaží [počet]	Tepelné ztráty			Pořizovací náklady	Spotřeba tepla / rok		
			stávající stav	po realizaci	úspory		stávající stav	po realizaci	úspory
			[W/K]	[W/K]	[%]		[GJ]	[GJ]	[%]
A09	Nová kuchyně	3	1 959	1 605	18%	464 096 Kč	716	623	13%
A10	Školní a zdravotnický objekt	6	6 897	5 419	21%	2 773 985 Kč	2 753	2 363	14%
A12	Patologie	4	1 138	908	20%	511 042 Kč	484	424	12%
A13	Centrální archiv	2	948	891	6%	127 653 Kč	350	335	4%
A14	Bývalé transfúzní oddělení	4	2 014	1 657	18%	670 836 Kč	816	722	12%
CELKEM			12 956	10 480	19%	4 547 612 Kč	5 120	4 467	13%

Výměnou oken u navržených budov dojde celkem ke snížení měrné tepelné ztráty konstrukce uvedených objektů a tím ke snížení roční spotřeby dodávaného tepla o 653 GJ.

Varianta 2

Spočívá ve vnějším zateplení stávajících konstrukcí nosných obvodových stěn, které nevyhovují z hlediska součinitele prostupu tepla.

Tabulka 4.3.2.1 - Kontaktní zateplovací systém

Předpokládané náklady na zateplení 1 m ²		1 450 Kč			
Označení objektu		Zateplovaná plocha	Náklady na zateplení		
		[m ²]	Stavební činnost	Materiál	Celkem
A02	Nová intema	2 656,90	1 284 168 Kč	2 568 337 Kč	3 852 505 Kč
A03	Stará intema	1 532,00	740 467 Kč	1 480 933 Kč	2 221 400 Kč
A08	Vstupní objekt	1 131,90	547 085 Kč	1 094 170 Kč	1 641 255 Kč
A09	Nová kuchyně	1 783,80	862 170 Kč	1 724 340 Kč	2 586 510 Kč
A10	Školní a zdravotnický objekt	4 632,60	2 239 090 Kč	4 478 180 Kč	6 717 270 Kč
A12	Patologie	1 010,50	488 408 Kč	976 817 Kč	1 465 225 Kč
A13	Centrální archiv	583,10	281 832 Kč	563 663 Kč	845 495 Kč
A14	Bývalé transfúzní oddělení	806,40	389 760 Kč	779 520 Kč	1 169 280 Kč
A16	Prádelna	894,90	432 535 Kč	865 070 Kč	1 297 605 Kč
CELKEM			7 265 515 Kč	14 531 030 Kč	21 796 545 Kč

Tabulka 4.3.2.2 - Provětrávaný zateplovací systém

Předpokládané náklady na zateplení 1 m ²		2 900 Kč			
Označení objektu		Zateplovaná plocha	Náklady na zateplení		
		[m ²]	Stavební činnost	Materiál	Celkem
A11	Mikrobiologie, lékárna	1 906,70	921 572 Kč	1 843 143 Kč	2 764 715 Kč
A13	Centrální archiv	343,00	165 783 Kč	331 567 Kč	497 350 Kč
CELKEM			1 087 355 Kč	2 174 710 Kč	3 262 065 Kč

Tabulka 4.3.2.3 - Výměna LOP a zateplovací systém objektu

Předpokládané náklady na výměnu LOP a zateplení 1 m ²		4 250 Kč			
Označení objektu		Zateplovaná plocha	Náklady na zateplení		
		[m ²]	Stavební činnost	Materiál	Celkem
A14	Bývalé transfúzní oddělení	754,90	364 868 Kč	729 737 Kč	1 094 605 Kč
CELKEM			364 868 Kč	729 737 Kč	1 094 605 Kč

Při zateplení stávajících objektů dojde k úspoře 1813 GJ za rok.

Varianta 3

V této variantě se jedná se o výměnu oken za plastová v objektech nové kuchyně, zdravotnické školy, patologie, centrálního archivu a bývalého transfúzního oddělení se součinitelem prostupu tepla $U = 1,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

Dalším opatřením zahrnutým do této varianty je zateplení uvedených budov areálu nemocnice.

Přehled pořizovacích nákladů na realizaci výměny oken se zateplením včetně úspor tepelných ztrát konstrukcí a spotřeb tepelné energie je uveden v následující tabulce 4.3.4.1.

Tabulka 4.3.3.1 - Analýza spotřeby tepla při realizaci zateplení a výměny oken

Varianta 3 Zateplení budov a výměna oken		Podlaží [počet]	Tepelné ztráty			Pořizovací náklady	Spotřeba tepla/rok		
			stávající stav	po realizaci	úspory		stávající stav	po realizaci	úspory
			[W/K]	[W/K]	[%]		[GJ]	[GJ]	[%]
A09	Nová kuchyně	3	1 959	1 177	40%	3 050 606 Kč	716	510	29%
A10	Školní a zdravotnický objekt	6	6 897	3 198	54%	9 491 255 Kč	2 753	1 277	54%
A12	Patologie	4	1 138	411	64%	1 976 267 Kč	484	175	64%
A13	Centrální archiv	2	948	571	40%	1 470 498 Kč	350	210	40%
A14	Bývalé transfúzní oddělení	4	2 014	1 002	50%	2 934 721 Kč	816	406	50%
CELKEM			12 956	6 359	51%	18 923 347 Kč	5 120	2 577	50%

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že při výměně oken a zateplení dojde k úsporám spotřeby tepla ve výši 2 543 GJ za rok.

Finanční analýza

Výsledky finanční analýzy jsou zahrnuty v následujících tabulkách pro jednotlivé varianty. Není v nich však zahrnuto, že některé objekty, např. objekt zdravotnické školy je ve stavu, kdy se začíná narušovat povrch, byla by potřeba rekonstrukce a zateplení by vyřešilo oboje

Tabulka 5.3.1.2 – Výstup z finanční analýzy Varianty 1

CELKOVÉ INVESTIČNÍ NÁKLADY	IN	4,55	mil. Kč		
ČISTÁ SOUČASNÁ HODNOTA TOKU	NPV	-0,759	mil. Kč		
VNITŘNÍ MÍRA NÁVRATNOSTI	IRR	3,56	%		
PROSTÁ DOBA NÁVRATNOSTI	PP	14	let		
REÁLNÁ DOBA NÁVRATNOSTI	NPP	< 20	let		
INDEX RENTABILITY	IR	0,83	-		
RENTABILITA SPLATNOSTI (MAX.,MIN.,PRŮM.)		0,0%	0,0%	0,0%	

Tabulka 5.3.2.2 – Výstup z finanční analýzy Varianty 2

CELKOVÉ INVESTIČNÍ NÁKLADY	IN	26,15	mil. Kč		
ČISTÁ SOUČASNÁ HODNOTA TOKU	NPV	-15,557	mil. Kč		
VNITŘNÍ MÍRA NÁVRATNOSTI	IRR	-2,88	%		
PROSTÁ DOBA NÁVRATNOSTI	PP	< 20	let		
REÁLNÁ DOBA NÁVRATNOSTI	NPP	< 20	let		
INDEX RENTABILITY	IR	0,41	-		
RENTABILITA SPLATNOSTI (MAX.,MIN.,PRŮM.)		0,0%	0,0%	0,0%	

Tabulka 5.3.3.2 – Výstup z finanční analýzy Varianty 3

CELKOVÉ INVESTIČNÍ NÁKLADY	IN	18,92	mil. Kč		
ČISTÁ SOUČASNÁ HODNOTA TOKU	NPV	-4,752	mil. Kč		
VNITŘNÍ MÍRA NÁVRATNOSTI	IRR	2,50	%		
PROSTÁ DOBA NÁVRATNOSTI	PP	16	let		
REÁLNÁ DOBA NÁVRATNOSTI	NPP	< 20	let		
INDEX RENTABILITY	IR	0,75	-		
RENTABILITA SPLATNOSTI (MAX.,MIN.,PRŮM.)		0,0%	0,0%	0,0%	

Citlivostní analýza

Po provedení **citlivostní analýzy**, která na rozdíl od finanční analýzy počítá s dotací, vychází, že by při celkových nákladech 19 milionů korun, bylo nutno získat dotaci minimálně 4 - 6 milionů, aby investice byla uskutečnitelná.

Enviromentální vyhodnocení variant

K výpočtu množství znečišťujících látek se zpravidla běžně používá tzv. emisní faktor, který je střední měrná výrobní emise dané znečišťující látky typická pro určitou skupinu zdrojů a představuje poměr hmotnosti do ovzduší přecházející znečišťující látky ke vztažené veličině, kterou u spalovacích zdrojů je hmotnost paliva u tuhých a kapalných paliv nebo objem paliva u plyných paliv. Emisní faktory se stanovují buď měřením na zdrojích daného typu, nebo výpočtem v případech, kde lze aplikovat tzv. bilanční metodu.

Hodnoty emisních faktorů u spalovacích zdrojů jsou podle druhu paliva a typu topeniště uvedeny ve vyhlášce č. 205/2009 Sb. ze dne 23. 6. 2009 o zjišťování emisí ze stacionárních zdrojů a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší.

Na základě emisních faktorů byly pro energetický zdroj v Nemocnici Rudolfa a Stefanie Benešov stanoveny emisní koeficienty při spalování zemního plynu. Na základě těchto koeficientů a energetických hodnot v palivu se provedl výpočet emisí znečišťujících látek a emisí CO₂. V poslední době se hodnotí dopad vložených investic na snížení oxidu uhličitého o jeden kilogram při realizaci úsporných opatření.

Umístění zdroje emisí: *Nemocnice Rudolfa a Stefanie Benešov, a.s.*
Období vypouštění emisí: *Běžný rok*

Zdroj : *Plynový kotel*
Druh paliva: *Zemní plyn*

Spotřeba paliva Nm³/rok]: *Stávající stav* 1 282 829 *Po realizaci projektu* 1 260 615

Tabulka 6.1.1 - Emisní koeficienty

Druh emise	Emisní koeficient
	[kg.10 ⁻⁶ .m ⁻³]
Tuhé látky	20,0000
SO ₂	9,6000
NO _x	1 600,0000
CO	320,0000
C _x H _y	64,0000

Druh emise	[kg.Nm ⁻³]
CO ₂	1,8917

Tabulka 6.1.2 - Vyhodnocení emisí při realizaci navržené varianty 1

Druh emise	Období		Redukce emisí
	Výchozí stav	Po realizaci	
	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]
Tuhé látky	0,026	0,025	0,0004
SO ₂	0,012	0,012	0,0002
NO _x	2,053	2,017	0,0355
CO	0,411	0,403	0,0071
C _x H _y	0,082	0,081	0,0014
CO ₂	2 426,685	2 384,664	42,0205

Měrné investiční náklady na snížení 1kg CO₂:

108,22 Kč

Tabulka 6.1.3 - Vyhodnocení emisí při realizaci navržené varianty 2

Druh emise	Období		Redukce emisí
	Výchozí stav	Po realizaci	
	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]
Tuhé látky	0,026	0,024	0,0013
SO ₂	0,012	0,012	0,0006
NO _x	2,053	1,952	0,1007
CO	0,411	0,390	0,0201
C _x H _y	0,082	0,078	0,0040
CO ₂	2 426,685	2 307,604	119,0806

Měrné investiční náklady na snížení 1kg CO₂:

219,63 Kč

Tabulka 6.1.4 - Vyhodnocení emisí při realizaci navržené varianty 3

Druh emise	Období		Redukce emisí
	Výchozí stav	Po realizaci	
	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]
Tuhé látky	0,026	0,024	0,0017
SO ₂	0,012	0,012	0,0008
NO _x	2,053	1,918	0,1350
CO	0,411	0,384	0,0270
C _x H _y	0,082	0,077	0,0054
CO ₂	2 426,685	2 267,129	159,5562

Měrné investiční náklady na snížení 1kg CO₂:

118,60 Kč

Z těchto tabulek je vidět, že druhá varianta je výrazně nejnevýhodnější, měrné investiční náklady na snížení 1 kg CO₂ jsou téměř dvojnásobné.

Nemocnice se rozhodla pro variantu 3

Zateplením a výměnou oken by se rozhodně ušetřilo hodně, ale to my můžeme těžko zařídit, můžeme si jen přát, aby se „našly peníze na užitečnou věc“.

Jak topit?

Neřeší to však tepelné ztráty způsobené **zbytečným přetápěním** a **nehospodárným větráním**. A tady je prostor, kde bych něco ovlivnit mohla.

Jestliže se pohybujeme v teplotách obvyklých pro vytápění, znamená vnitřní teplota v místnosti o 1°C vyšší náklady větší zhruba o 6 %. Neboli:

„Snížením teploty v místnosti o 1 °C uspoříte přibližně 6 % spotřebované energie.“

„Teplota v místnosti velkou měrou ovlivňuje také provoz elektrických spotřebičů. Například při zvýšení teploty z 20 °C na 21 °C vzroste výkon ledničky o 6 %, což znamená, že si připlatíme také za elektřinu.“

U nás se tedy často přetápí oproti teplotě 21 °C dané normou až **o 4 °C!** Ale jak přesvědčit spolužačky (spolužáci jsou otužilí), které sedí ve třídě v pětadvacetistupňovém horku v teplých svetrech a mikínách?!



Obr. 8 a 9: Oděv žáků ve třídě při teplotě 24 °C

A to je prý optimální teplota pro duševní činnost 17 °C! To jsme se ve třídě ani neodvážili zmínit!

Ale je i pravda, že když člověk dlouho sedí, zpomalí se jeho metabolismus a pokud ho zrovna nezahřeje nějaká písemka, potřebuje více tepla. Vzhledem k tomu, že v těsné blízkosti školy je obchůdek s občerstvením a o pár metrů dál také jídelna, kde je možné si koupit i svačinu, mohli by to žáci o velké přestávce využívat a současně se osvěžit na čerstvém vzduchu.

V současné době není žákům o velké přestávce dovoleno opouštět školu, ale možná by to do budoucna, pokud by žáci respektovali určitá pravidla, šlo projednat s paní ředitelkou.

Až budeme mít **termostatické ventily**, bude to částečně vyřešeno tím, že nastavení na příjemnou, uživatelem požadovanou vytápěcí teplotu, lze na hlavici zvolit **mechanickou zarážkou** (paměťovou značkou).

Také se po namontování termostatických ventilů naskýtá možnost odečtu teplot přes počítač. Údaje by se pravidelně vyhodnocovaly a třídy by mohly být nějakým vhodným způsobem **motivovány k šetření** a úspornému větrání.

Zatím můžeme jen vyrábět plakáty s nápisy jako:

"Přetápění není dobré pro vaši peněženku, ani pro vaše zdraví."

Termostatické ventily tenhle školní rok nebudou, ale **výchova ke správnému větrání** může začít hned.

Pokud člověk sedí delší dobu v místnosti, potřebu si tak hned neuvědomí, ale stačí přijít z venku... Charakter vzduchu pocítí člověk hned, jakmile vstoupí do místnosti.

Proč a jak větrat?

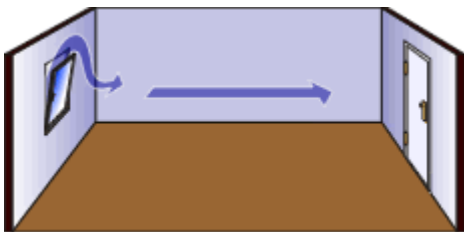
Průměrná osoba spotřebuje denně 2 kg potravin a 2 litry vody, ale vydýchá 15 kg vzduchu, což představuje 12 000 litrů. Uvnitř budov tráví 90 % svého času, a tak velmi záleží na kvalitě vzduchu, jaký v nich dýchá.

Stará okna kladla proudícímu vzduchu pouze malý odpor. Úzké rámy se časem seschly a netěsnily. Montáží nových moderních oken nedochází k průvanu a ušetří se energie. Vzniká však nový problém – vlhkost. Ta se projevuje známými symptomy jako rosení na okenních tabulích, tvorba plísně, poškození staveb a zhoršení obytného klimatu. Úlohou větrání je vyměnit vlhký vzduch místnosti za vnější chladnější a sušší vzduch. Optimální vlhkost by se měla pohybovat kolem 45 %.

Dalším důvodem pro větrání je udržení optimální koncentrace CO₂. Nadměrné množství oxidu uhličitého je ukazatelem zhoršené kvality vzduchu, kterou člověk vnímá jako únavu, bolesti hlavy, pálení očí nebo zhoršenou schopnost soustředění se. Doporučená úroveň CO₂, kdy lidé začínají vnímat sníženou kvalitu vzduchu, se pohybuje na úrovni 1000 ppm.

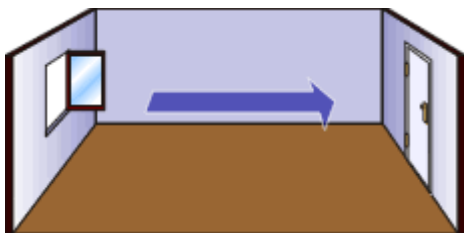
Způsoby větrání a jejich účinnost:

Štěrbínové větrání



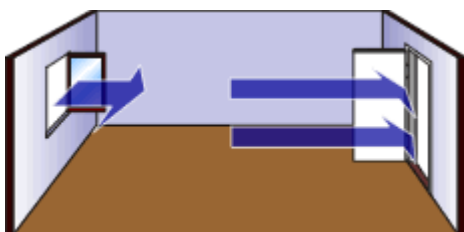
Při štěrbinovém větrání se okno do určité míry pootevře, nejčastěji na ventilaci. Štěrbínovým větráním se zajistí jen málo intenzivní výměna vzduchu, což vede k tomu, že okno zůstává vyklopené dlouhou dobu. Tím snadno dojde k prochlazení okenního ostění (špalety), což zvyšuje riziko kondenzace vody na zdi a vzniku plísně.

Nárazové větrání



Podstatně efektivnějším způsobem výměny vzduchu v místnosti je nárazové větrání. Při něm se křídlo okna zcela otevře a k výměně vzduchu tak dojde za 4 – 10 minut. Při nárazovém větrání se minimalizují i ztráty energie. Velmi rychle realizovanou výměnou vzduchu nedochází k prochlazení částí objektu.

Větrání s průvanem



Při větrání s průvanem dochází k výměně vzduchu ještě rychleji, vzduch v místnosti se kompletně vymění již za 2-4 minuty. K tomu musí být otevřena všechna okna a dveře, aby vznikl průvan.

Nejjednodušší by bylo nechat trvale **pootevřené okno** třeba vzadu za lavicemi, kde nikdo nesedí. Jenže stejně nedojde k důkladnému provětrání celé místnosti, vzduch cirkuluje v blízkosti okna a topení, které je většinou pod oknem.

Nejjednodušší způsob však nemusí být nejlepší!

Důležité je, zvláště pak v zimě, osvojit si **správný způsob** větrání. Vytřet **několikaminutovým otevřením celého okna**. Vzduch se v místnosti vymění, ale stěny nestihnou prochladnout a vyhneme se tak opětovnému a drahému zahřívání prochladlých stěn.

Čím nižší je venkovní teplota, tím je kratší větrání. Studený venkovní vzduch obsahuje jen nepatrnou vlhkost a může, když se ohřívá, pojmout velké množství vlhkosti.

Vnitřní teplotu by neměla klesnout pod 15 °C.

Tento postup je třeba **pravidelně opakovat**, ve škole k tomu jsou **ideální přestávky**.

Správné větrání tedy:

- ✓ zamezuje tvorbě plísní,
- ✓ pečuje o zdravé klima v místnosti,
- ✓ snižuje náklady na topení.

Větrání v naší škole

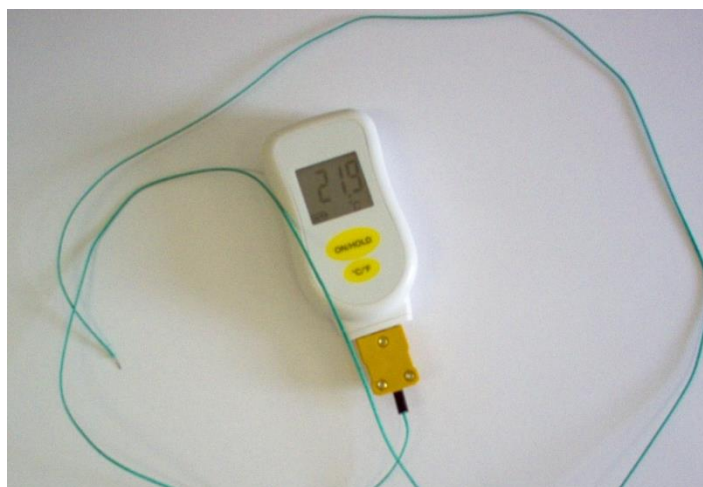
Teoreticky by bylo vše jasné, ale jak toho dosáhnout ve škole?!

Někde jsem četla, že „Člověk je tvor neobyčejně zajímavý. Klidně uvěří, že je ve vesmíru 48 258 725 147 487 hvězd, ale když vidí lavičku s nápisem „čerstvě natřeno“, tak si musí sáhnout.“

Rozhodly jsme se, že **přesvědčíme spolužáky a spolužačky** tak, že budeme vždy o přestávce větrat a měřit teplotu před větráním, dobu větrání, teplotu na konci větrání a dobu, za jakou se vzduch v místnosti ohřeje na původní teplotu a samozřejmě i venkovní teplotu, abychom ostatní přesvědčili, že se ochladí jen na chvíli a pak se vzduch zase velice rychle ohřeje.

Největší a nečekaný problém bylo sehnat vhodný teploměr. Ve škole sice máme teploměrů spousty, ale změna se na nich projeví po příliš dlouhé době.

Zachránil nás pan Slepíčka, který nám jel pro teploměr až do Prahy!



Obr. 10: Digitální teploměr snímá teplotu téměř okamžitě

Měření

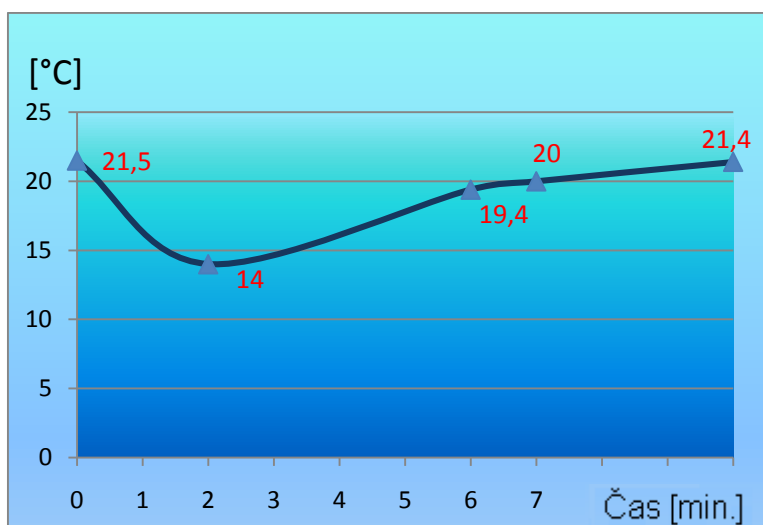
Jednotlivá měření jsme zpracovali do grafů závislosti teploty ve třídě na čase. Podle prudkého poklesu teploty je patrné, kdy došlo k otevření okna. Teploměr byl umístěn uprostřed třídy 1 m nad podlahou, což je místo, kde by se teplota měla podle normy měřit. Bylo by lepší měřit teplotu ve více místech najednou, ale byly jsme limitovány jedním teploměrem. Proto jsme zkusily umístit teploměr při jiném větrání na jiná místa učebny a zjistily jsme, že rozdíl teplot u stropu a u podlahy bývá běžně mezi jedním a dvěma stupni, pouze při intenzivním větrání je to více.



Obr. 11: Tereza měří teplotu ve třídě

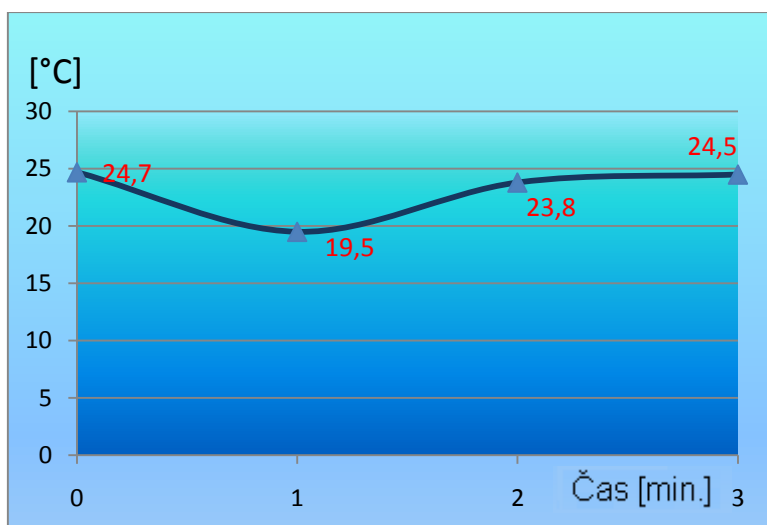
Všechna měření probíhala při **venkovní teplotě $t = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$**

Měření teploty v kabinetě o ploše $2 \times 7,5\text{ m}$. Před větráním byla teplota metr nad zemí $21,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po větrání trvajícím 2 minuty se snížila teplota na pouhých $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ a po 4 minutách se zvedla o $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, tzn. na $19,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. K úplnému vyrovnání teplot došlo asi za 10 minut.



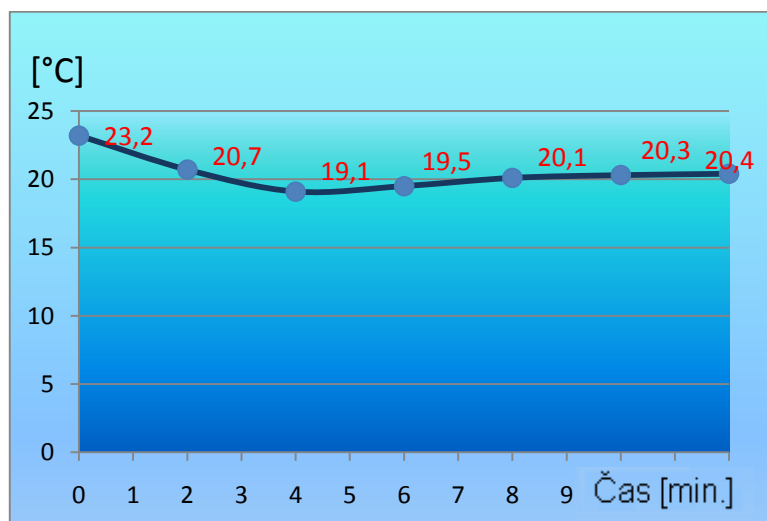
Graf. 2: Průběh teploty při nárazovém větrání v kabinetě

Měření teploty ve třídě 4. A - běžné velikosti, otevřena čtyři veliká okna dokořán. Před větráním byla teplota uprostřed třídy a metr nad zemí 24,7 °C. Po minutě větrání se snížila na 19,5 °C a po další minutě se zvýšila na 23,8 °C.



Graf. 3: Průběh teploty při nárazovém větrání ve 4. A

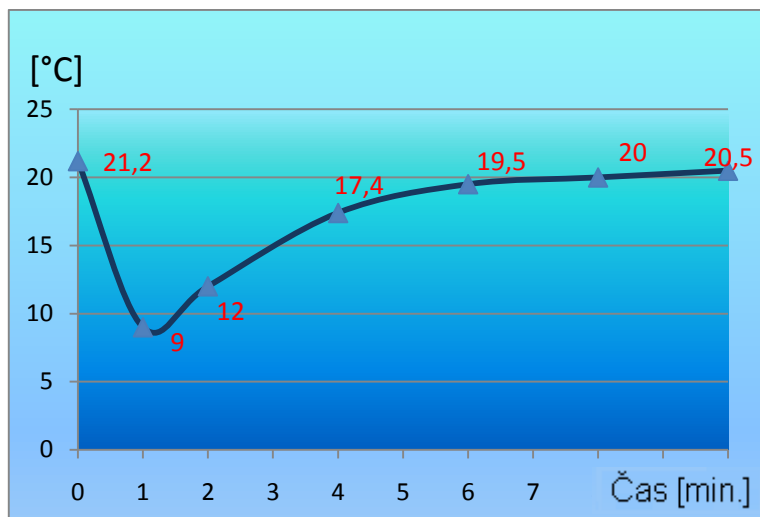
Měření teploty ve třídě 2. A - běžné velikosti, otevřena dvě menší okna (ostatní nelze otvírat). Před větráním byla teplota uprostřed třídy a metr nad zemí 23,2 °C. Větrání probíhalo 4 minuty, teplota se snížila na 19,1 °C, k vyrovnání teplot došlo asi za 12 minut.



Graf. 4: Průběh teploty při nárazovém větrání ve 2. A

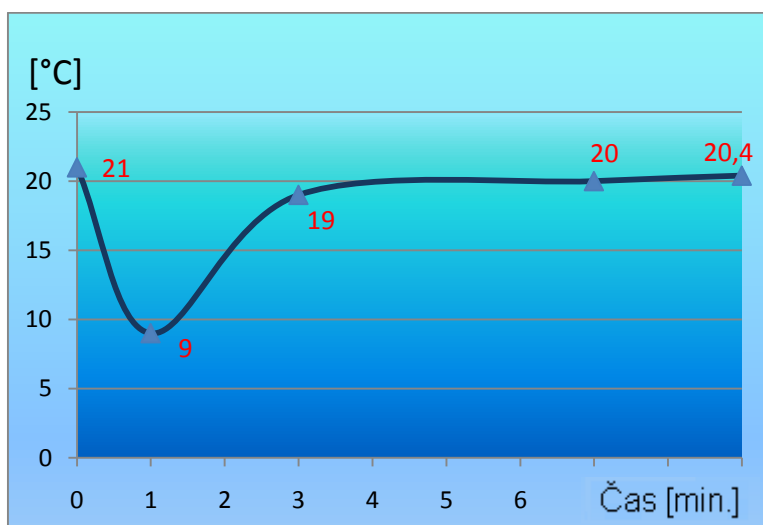
Když už jsme získali takový teploměr, tak jsme „změřili, co jsme mohli“. Zkusili jsme stejné měření **doma** ve dvou místnostech:

Obývací pokoj – plocha 8 x 8 metrů, otevřené dvoje dveře o celkové ploše cca 7 m² ve stěnách do rohu, podlahové topení, krb



Graf. 5: Průběh teploty při nárazovém větrání obývacího pokoje

Pokoj – plocha 6 x 4 metry, otevřeny jedny dveře 2,5 m², podlahové topení



Graf. 6: Průběh teploty při nárazovém větrání pokoje

Z naměřených hodnot je jasně vidět, jak výrazný rozdíl je, když ve 2. A nebylo možno větrat tak intenzívně jako ve 4. A. Trvalo delší dobu, než došlo k dostatečnému provětrání (4 minuty) a překvapilo nás, že ohřátí na původní teplotu trvalo téměř 20 minut! V grafu je uvedena teplota po šesti minutách od uzavření oken, která je ještě skoro o 3 °C nižší než před větráním. Dále určitě hrálo roli, že v době měření bylo ve 4. A asi dvojnásobný počet žáků než ve 2. A.

Závěr:

Úspora energie zateplením a výměnou oken by ušetřila nejen peníze, ale i naše životní prostředí, jak je vidět z environmentální analýzy. Rádi bychom touto prací přispěli k tomu, aby se podařilo sehnat peníze. Určitě budeme sledovat, jak situace vypadá.

Chtěli jsme však i sami pomoci tím, že bude spotřeba energie nižší, a kde jinde začít než u sebe a ve svém nejbližším okolí.

Když jsme se o větrání zmínili, nebyla reakce většiny spolužáků zrovna příznivá. Během období, kdy jsme se ve 4. A snažili pravidelně větrat, se situace skoro až nečekaně proměnila. Spolužáci nejenže přestali protestovat, jen jsme se blížili k oknům, ale dokonce začali sami větrání připomínat! Díky našim pokusům se přesvědčili, že při jednorázovém intenzivním větrání se ochladí jen na chvilku a že vzduch ve třídě je pak daleko příjemnější!

Věříme, že to má velký význam, protože ušetříme nejen ve škole, ale spolužáci budou aplikovat svoje zkušenost i doma a v budoucnu v zaměstnání.

Když se to podaří sehnat peníze na úsporná opatření, budou současně se zateplením a výměnou oken ve škole namontovány termostatické ventily. Chtěli bychom ještě vymyslet takový systém, aby se skutečně topilo jen tam a tehdy, když to je potřeba a ne všude a stále, jen proto, že se nenajde nikdo, kdo by se o to staral. To je náš plán do budoucna.

Poděkování

Děkujeme panu **řediteli Hostkovi** i jeho ekonomickému náměstkovi **panu Kolbabovi** za vstřícnost a možnost zúčastnit se jednání o energetickém auditu s firmou SPEL

Rádi bychom také poděkovali **panu Písačkovi**, že nám poskytnul konzultaci a nahlédnutí do auditu.

Poděkování patří také za odborný výklad a další výpomoc **panu Slepíčkovi**.

Zdroje:

VLK, Vladimír a Tomáš COPKO. ENERGETICKÝ AUDIT Nemocnice Rudolfa a Stefanie Benešov. s. 82. DOI: 13-028-B

Úlohy větrání. In: [online]. [cit. 2014-01-23]. Dostupné z: <http://www.gerappa.cz/vetrani-mistnosti.php>

DOLEŽÍLKOVÁ, Hana. Problematika bytového větrání. In: [online]. [cit. 2014-01-23]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4613-problematika-bytoveho-vetrani>

Jak a proč správně větrat?. [online]. [cit. 2014-01-23]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/vetrani-okny/8925-jak-a-proc-spravne-vetrat>

Tzb-info: Praktický rádce pro Vaše pohodové klima po celou topnou sezónu. [online]. [cit. 2014-01-23]. Dostupné z: <http://www.vsteplo-praktickyradce.cz/vetrani-a-unik-tepla>

Tzb-info: Praktický rádce pro Vaše pohodové klima po celou topnou sezónu. [online]. [cit. 2014-01-23]. Dostupné z: <http://www.vsteplo-praktickyradce.cz/vytapeci-teploty>

Tzb-info: Doporučené používání termostatických hlavic. [online]. [cit. 2014-01-23]. Dostupné z: <http://www.vsteplo-praktickyradce.cz/doporucene-pouzivani-termostat-hlavice>