

Vytápění průmyslových a velkoprostorových objektů (VIII) - 1. část

Přímotopné plynové teplovzdušné jednotky

Datum: 21.8.2006
Autor: Ing. Miroslav Kotrbáč

Teplovzdušné vytápění musí dodržovat zásady respektující principy dodávky tepla do vytápěného prostoru a fyzikální podstatu chování teplého vzduchu. Přímotopné plynové jednotky mají výhodu, že obraz proudění vzduchu je během celé otopné sezony konstantní. První část článku se věnuje výpočtovému návrhu a sortimentu, který je dostupný na českém a slovenském trhu.

1.00 Všeobecně

Vytápění velkoprostorových objektů teplovzdušnými jednotkami je značně rozšířené, avšak převážná většina soustav (nášleňné soupravy vytápěné parou nebo vodou) pracuje velice neekonomicky. Kromě velkých spotřeb tepla se nedosahují požadované teploty v oblasti pobytu člověka. Je to dáno jednak nevhodnou distribucí vzduchu a jednak také nevhodným použitím v nadměrně vysokých halách. Výsledkem jsou vysoké teploty vzduchu pod střešním pláštěm - až $t_f = 30^\circ\text{C}$ a nedotápění v oblasti pobytu člověka. Teplovzdušné vytápění může být však hospodárné, avšak musí se dodržovat zásady, které respektují jednak principy dodávky tepla do vytápěného prostoru a jednak fyzikální podstatu chování teplého vzduchu. Přímotopné plynové jednotky mají navíc tu výhodu, že obraz proudění vzduchu je během celé otopné sezony konstantní - regulace dodávky tepla odstavováním jednotek z provozu = přerušované vytápění.

1.01 Výpočtová část

Pro výpočet tepelných ztrát lze použít postup dle ČSN 060210 s následujícími úpravami:

Tepelný gradient

- pro výpočet tepelné ztráty střešního pláště a světlíků se musí uvažovat se stoupáním teploty vzduchu po výšce objektu $g = 0,8 + 1 \text{ K/m}$. Při dodržení násobnosti cirkulace dle tabulky č. 1 lze počítat $s = g = 0,4 + 0,5 \text{ K/m}$. Do násobnosti cirkulace se započítává jak vzhůrový výkon teplovzdušných jednotek, tak také "destrifikátorů", které se umísťují do teplé vrstvy vzduchu pod střešním pláštěm.

Zátopová přírážka

- teplovzdušné jednotky dosahují plného výkonu během krátké doby (10 - 20 sec). Po provozních přestávkách dochází i k ochlazení stavebních konstrukcí a strojního zařízení, proto se volí zátopové přírážky ve výši:

- 1 směnný provoz - 1,2
- 2 směnný provoz - 1,15

Předpokladem je, že teplota vzduchu ve vytápěném prostoru při provozu "sporo" (provozní přestávka) bude $t_{g,sporo} = (t_{g,max} - 5 \text{ K})$

Infiltrace

- pro výpočet infiltrace se uvažuje venkovní výpočtová teplota

$$t_{ev} = (t_e - 8 \text{ K}) \quad (1)$$

1.02 Navrhování teplovzdušných jednotek

Hospodárné teplovzdušné vytápění pomocí malých teplovzdušných jednotek lze navrhovat maximálně do výšky haly $H = 8 - 10 \text{ m}$. Podstatný vliv na ekonomii provozu (výše teploty vzduchu pod střešním pláštěm) má jak již bylo řečeno násobnost cirkulace vzduchu ve vytápěném objektu. Nestačí tudíž pouze stanovit násobnost ztráty a podle nich určit výkon jednotek - z tepelného výkonu jednotky je odvozen i výkon vzhůrový. Tento postup většinou znamená vytváření teplého polštáře pod střešním pláštěm a nedotápění v oblasti pobytu člověka.

Podstatou hospodárného návrhu je řešení cirkulace vzduchu ve vytápěné hale. Ovlivňuje ji jednak rozmištnění jednotek a jednak druh použitých výustek. Dalším doplňujícím prvkem pro naplnění požadavku násobnosti cirkulace jsou podstrojní "destrifikátory".

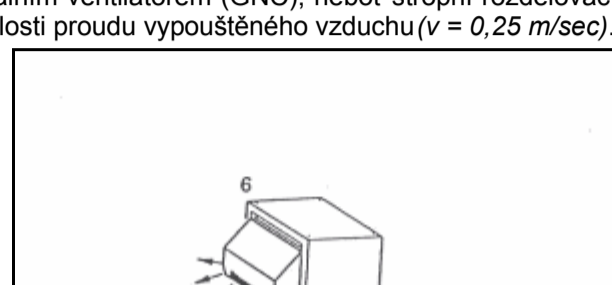
VNITŘNÍ OBJEM HALY	NÁSOBNOST CÍRKULACE Σ (jednotky + destrifikátory)
m ³	x / hod.
1 000	5,0
2 000	4,5
3 000	4,0
4 000	3,5
6 000	3,0
8 000	2,5
10 000	2,0
10 000	1,5

Tabulka č. 1 - Požadované násobnosti cirkulace vzduchu

Různá konstrukce výustky umožňuje zajistit odpovídající rozvrstvení vzduchu ve vytápěném prostoru. Jednotky GNS (s axiálními ventilátory) se instalují s výustkami uvedenými naobr. č. 1. Při instalaci jednotek pod střešní plášť a přívod vzduchu dolů se používají jednotky s radiálními ventilátory (GNC), neboť stropní rozdělovač (obr. č. 2) má větší odpor, který axiální ventilátor nezvládne. Rozdílný typ výustky závisí na výšce zavěšení jednotky, jejím výkonu a koncové rychlosti proudu vypouštěného vzduchu ($v = 0,25 \text{ m/sec}$).

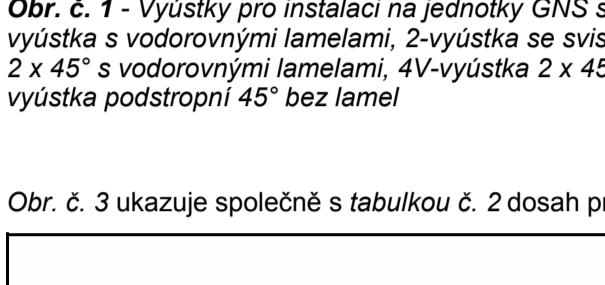


Obr. č. 1 - Výustky pro instalaci na jednotky GNS s axiálními ventilátory. 1 - výustka s vodorovnými lamelami, 2 - výustka se svislými lamelami, 4H - výustka 2 x 45° s vodorovnými lamelami, 4V - výustka 2 x 45° se svislými lamelami, 24 - výustka podstrojní 45° bez lamel

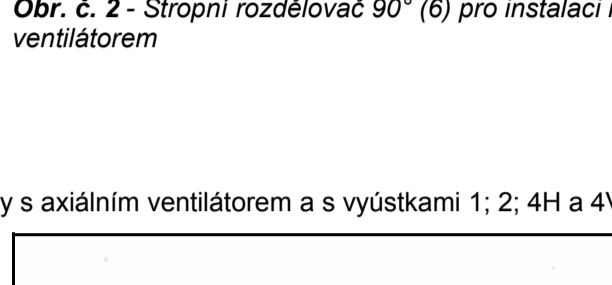


Obr. č. 2 - Stropní rozdělovač 90° (6) pro instalaci na jednotky GNC s radiálními ventilátory

Obr. č. 3 ukazuje společně s tabulkou č. 2 dosah proudu jednotek GNS (d_1). Jednotky s axiálními ventilátory a s výustkami 1; 2; 4H a 4V.



Obr. č. 3 - Dosah proudu jednotek GNS-radiální ventilátor - s výustkami 1, 2, 4H, 4V



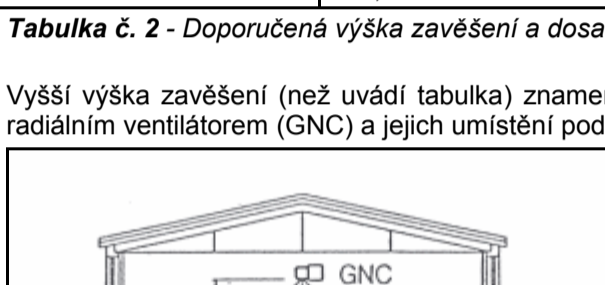
Obr. č. 4 - Dosah proudu jednotek GNS-radiální ventilátor s výustkou 24

Obr. č. 4 společně s tabulkou č. 2 ukazuje dosah proudu jednotek GNS (d_2) s výustkou typ 24.

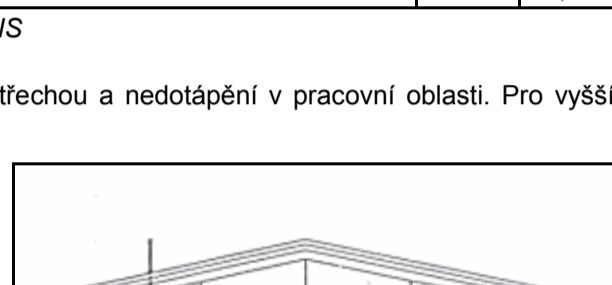
Typ	Výkon kW	Průtok m ³ /hod.	Výustky 1; 2; 4H a 4V		Výustka 24		
			h_{max} m	d_1 m	h_{max} m	d_2 m	
GNS 18	20,4	2 190	2,5	10	3,5	10	
GNS 21	21,8	2 190	2,5	10	3,5	10	
GNS 24	25,1	2 730	2,8	12	4,0	12	
GNS 28	27,2	2 730	2,8	12	4,0	12	
GNS 33	30,2	3 320	3,0	14	4,5	14	
GNS 37	32,7	3 320	3,0	14	4,5	14	
GNS 44	40,2	4 425	3,2	22	4,8	22	
GNS 49	43,6	4 425	3,2	22	4,8	22	
GNS 55	50,2	5 525	3,4	23	4,9	23	
GNS 59	54,5	5 525	3,4	23	4,9	23	
GNS 66	60,3	6 635	3,6	24	5,0	24	
GNS 74	65,3	6 635	3,6	24	5,0	24	
GNS 88	80,4	8 845	4,0	27	5,5	27	
GNS 98	87,1	8 845	4,0	27	5,5	27	

Tabulka č. 2 - Doporučené násobnosti zavěšení a dosah proudu (orientační) jednotek GNS

Vyšší výška zavěšení (než uvádí tabulka) znamená tvorbu teplého polštáře pod střešinou a nedotápění v pracovní oblasti. Pro vyšší haly a větší výšky zavěšení je zapotřebí použít jednotky s radiálními ventilátory (GNC) a jejich umístění pod střešní plášť mezi vazníky.



Obr. č. 5 - Zóna zaplavení-jednotka GNC s radiálními ventilátory a stropním rozdělovačem 90°



Obr. č. 6 - Minimální doporučený dosah proudu vzduchu

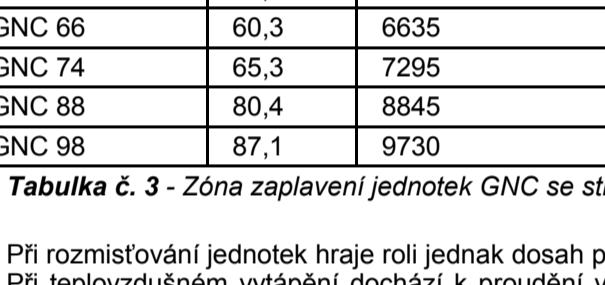
Stropní rozdělovač má tři nebo pět výustek, na nichž záleží jakou plochu zaplaví proud přiváděného vzduchu. Obr. č. 5 a tabulka č. 3 uvádějí příslušné rozměry zaplavené vytápěné plochy v závislosti na výšce zavěšení.

TYP	VÝKON kW	PRŮTOK m ³ /h	STROP. ROZDĚLOVAČ 90° (6), 5 ks VÝUSTEK OTEVŘENÝCH					STROP. ROZDĚLOVAČ 90° (6), 3 ks VÝUSTEK OTEVŘENÝCH					
			h=3m	h=4m	h=5m	h=6m	h=7m	h=3m	h=4m	h=5m	h=7m		
GNC 18	20,4	2190	10x10							10x6			
GNC 21	21,8	2410	10x10							10x6			
GNC 24	25,1	2730	12x12	10x10						14x7	12x7	11x6	10x6
GNC 28	27,2	3005	13x13	11x11						16x7	14x7	13x6	12x6
GNC 33	30,2	3320	15x15	13x13	11x11					19x7	16x7	14x7	12x7
GNC 37	32,7	3650	16x16	14x14	12x12					26x7	18x7	16x7	14x7
GNC 44	40,2	4425	15x15	13x13	11x11					20x9	17x9	16x9	14x9
GNC 49	43,6	4865	16x16	14x14	12x12					24x9	21x9	19x9	17x9
GNC 55	50,2	5525	17x17	16x16	13x13					25x11	22x11	20x11	18x11
GNC 59	54,5	6080	17x17	16x16	13x13					26x11	23x11	21x11	19x11
GNC 66	60,3	6635	18x18	16x16	14x14	12x12				27x12	23x12	22x12	20x12
GNC 74	65,3	7295	19x19	17x17	15x15	13x13				29x12	27x12	26x12	24x12
GNC 88	80,4	8845	19x19	17x17	15x15	13x13	12x12			38x15	36x15	34x15	32x15
GNC 98	87,1	9730	20x20	18x18	16x16	14x14	13x13			40x15	38x15	36x15	34x15

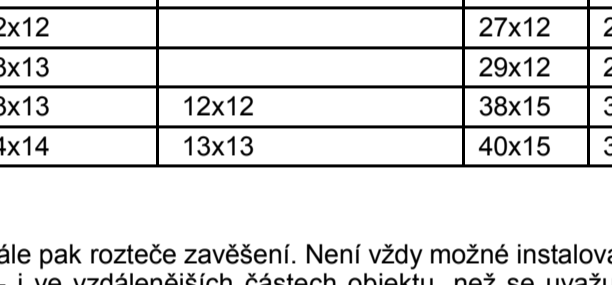
Tabulka č. 3 - Zóna zaplavení jednotek GNC se stropními rozdělovači vzduchu

Při rozmištnění jednotek hraje roli jednak dosah proudu (viz tab. č. 2 a tab. č. 3) a dále pak rozteče zavěšení. Není vždy možné instalovat takové jednotky, které zajistí úplné "propláchnutí" prostoru. Při teplovzdušném vytápění dochází k proudění vzduchu - sice o menší rychlosti - i ve vzdálenějších částech objektu, než se uvažuje výpočtem ($v = 0,25 \text{ m/sec}$), avšak způsobuje to zvýšení teplotního gradientu. Omezujícím kritériem je úvaha, kdy minimální dosah proudu dosahuje 2/3 šířky objektu (B), což postačuje pro dodávku tepelné energie v celé šířce obr. č. 6, kde d_1 resp. $d_2 = 2/3 B$. Ve většině případů se však nedosáhne dostatečné násobnosti cirkulace, která snižuje teplotní gradient a odstraňuje teplo polštář vzduchu tvořící se pod střešinou. Potom se do prostoru nad plochy, které jsou pod minimálním vlivem přívodních proudů teplého vzduchu z jednotek navrhuje destrifikátory - obr. č. 7.

Velice důležité je volit vhodné rozteče zavěšení teplovzdušných jednotek. Z hlediska provozních nákladů je výhodné použít menší počet větších jednotek. Tento požadavek však většinou vede k větším roztečím. Proto je zapotřebí volit takové technické řešení a to jak z hlediska samotné jednotky (volba výustky), tak i jejich rozmištnění ve vytápěném prostoru, které zajistí cirkulaci vzduchu v celém prostoru.

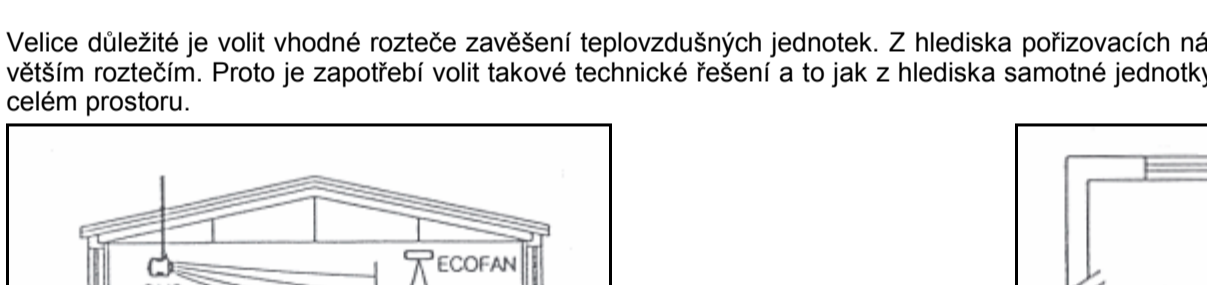


Obr. č. 7 - Zvýšení násobnosti cirkulace použitím destrifikátorů. Vhodné pouze při výšce haly $h > 4 \text{ m}$ a bez výjimek sklonivým výtvorbě



Obr. č. 8 - Doporučené rozteče zavěšení teplovzdušných jednotek

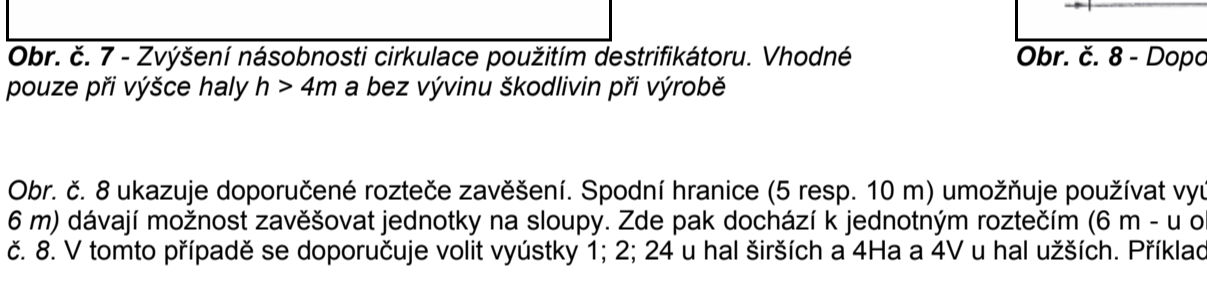
Obr. č. 8 ukazuje doporučené rozteče zavěšení. Spodní hranice (5 resp. 10 m) umožňuje používat výustky typ 1; 2 a 24. Horní hranice (7 resp. 14 m) výustky 4H a 4V. Stavební moduly objektů ($m = 6 \text{ m}$) dávají možnost zavěšení jednotky na sloupy. Zde pak dochází k jednotným roztečím (6 m - u okraje) - (12 m - mezi jednotkami). Jsou to rozměry právě uprosřed doporučených roztečí zobr. č. 8. V tomto případě se doporučuje volit výustky 1; 2; 24 u hal širších a 4H a 4V u hal užších. Příklady rozmištnění teplovzdušných jednotek a destrifikátorů (ecofan) ukazuje obr. č. 9.



Obr. č. 9 - Příklady rozmištnění teplovzdušných jednotek GNS (1) v kombinaci s destrifikátory

Za povšimnutí stojí situování destrifikátorů (ecofan). U širších hal, kde dosah proudu jednotky (při $v_{konc} = 0,25 \text{ m/sec}$) je 2/3 B, pak lze tyto prvky umístit proti jedné nad zónu, kde již je rychlost proudění malá. Vhodné je rovněž situování doprostřed haly mezi dvě protilehlé jednotky. Počet a jejich rozmištnění je vždy potřeba volit tak, aby společně se vzhůrovým výkonem jednotek zajišťovaly požadovanou násobnost cirkulace (viz tab. č. 1) vzduchu v prostoru. Splněním tohoto požadavku se podstatně snižuje teplotní gradient a tím i teplota vzduchu pod střešním pláštěm - zvyšuje se ekonomie vytápění.

U církve (a u nepřímě vysokých) hal a malých dílen s větší tepelnou ztrátou zpravidla není zapotřebí kombinace s destrifikátory, neboť vzhůrový výkon jednotek odpovídá i potřebné násobnosti cirkulace - viz obr. č. 10.



Obr. č. 10 - Vytápění malých dílen teplovzdušnými jednotkami

2.00 Sortiment

Přímotopné plynové jednotky dodává na český a slovenský trh několik výrobců. Výkonové a konstrukční řešení se od sebe příliš neliší. Pro získání přehledu s jakými orientačními hodnotami lze při návrzích teplovzdušného vytápění uvažovat byly zvoleny anonymní parametry.

Přímotopné plynové jednotky se v podstatě vyrábějí ve dvou základních provedeních.

GNS - s jedním nebo dvěma (od velikosti 65) axiálními ventilátory. Použití pro teplovzdušné vytápění - nelze připojit vzhůrovody na sání ani výtlačk.

GNC - s jedním nebo dvěma (od velikosti 65) radiálními ventilátory. Na jednotky lze napojovat vzhůrovody s tlakovou ztrátou dle obr. č. 11.

VELIKOST	18	21	24	27	33	37	44	49	55	59	66	74	88	98
TEPELNÝ VÝKON	20,4	21,8	25,1	27,2	30,2	32,7	40,2	43,6	50,2	54,5	60,3	65,3	80,4	87,1
PRŮTOK	2190	2410	2730	3005	3320	3650	4425	4865	5525	6080	6635	7295	8845	9730
SPROBEŽNÁ VÝKON. MAX	22,7	24,7	27,9	30,2	33,5	36,3	44,7	48,4	55,8	60,4	67,0	72,8	89,3	98,9
TLAK. PLYN. MIN. / MAX.	2,4	2,6	2,9	3,1	3,5	3,8	4,7	5,1	5,8	6,3	7,0	7,6	9,3	10,1
PRŮTOK PLYN. (1)	216													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (2)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (3)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (4)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (5)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (6)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (7)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (8)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (9)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (10)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (11)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (12)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (13)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (14)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (15)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (16)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (17)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (18)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (19)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (20)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (21)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (22)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (23)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (24)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (25)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (26)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (27)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (28)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (29)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (30)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (31)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (32)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (33)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (34)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (35)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (36)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (37)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (38)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (39)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (40)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (41)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (42)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (43)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (44)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (45)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (46)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (47)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (48)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (49)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (50)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (51)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (52)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (53)	344													
PRŮTOK SPAL. VZDUCHU (54)														