GREEN WAY DAY 2021 - online

14. června 2021

OS 06 INHOB - STP

sekce: Provoz soustav a systémů TZB

Návrh a provozování filtrů u vzduchotechnických jednotek

FAKULTA STAVEBNÍ ústav technických zařízení budov

Petr Blasinski

VUT v Brně, Fakulta stavební
Ústav technických zařízení budov

POŽADAVKY NA VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ (PRÁVNÍ, NORMATIVNÍ)

Vzduchové filtry - právní předpisy

Vyhláška č. 268 / 2009 Sb. o technických požadavcích na stavby.

§ 8 Základní požadavky
(1) Stavba musí být navržena a provedena tak, aby byla při respektování hospodárnosti vhodná pro určené využití a aby současně splnila základní požadavky, kterými jsou:
a) mechanická odolnost a stabilita,
b) požární bezpečnost,
c) ochrana zdraví osob a zvířat, zdravých životních podmínek a životního prostředí
d) ochrana proti hluku,
e) bezpečnost při užívání,
f) úspora energie a tepelná ochrana.

M5 / ISO ePM10 60
F9 / ISO ePM1 85

(§ 10) Stavba musí být navržena a provedena tak, aby neohrožovala život a zdraví osob nebo zvířat3), bezpečnost, zdravé životní podmínky jejích uživatelů ani uživatelů okolních staveb a aby neohrožovala životní prostředí nad limity obsažené v jiných právních předpisech…

G3 / ISO Coarse 50

Vzduchové filtry - právní předpisy

NV č. 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci se změnami: 68/2010 Sb.

§ 42 Nucené větrání

(1) Nucené větrání musí být použito vždy, pokud přirozené větrání prokazatelně nepostačuje k celoročnímu zajištění ochrany zdraví zaměstnance podle § 41 odst. 2 až 5.

(2) Vzduch přiváděný na pracoviště vzduchotechnickým zařízením musí obsahovat……Při nuceném větrání musí být přiváděný vzduch filtrován a v zimě ohříván. Oběhový vzduch musí být vyčištěn tak, aby zpětný vzduch přiváděný na pracoviště neobsahoval chemické látky nebo aerosoly včetně prachů v koncentraci vyšší než 5 % jejich přípustného expozičního limitu. Při použití teplovzdušného větrání nebo klimatizace nesmí podíl venkovního vzduchu poklesnout pod 15 % celkového množství přiváděného vzduchu.

(3) Chemická látka nebo aerosol včetně prachů musí být podle technických možností zachyceny přímo u zdroje……..Vývody odváděného vzduchu do venkovního prostoru musí být umístěny tak, aby nedocházelo k zpětnému nasávání chemické látky nebo aerosolu včetně prachů do prostoru pracoviště větracím zařízením. Při místním odsávání s odvodem vzduchu do venkovního prostoru musí být zajištěn přívod venkovního vzduchu tak, aby byly dodrženy požadavky na mikroklimatické podmínky a na tlakové poměry ve větraném prostoru. Přiváděný vzduch nesmí zhoršovat kvalitu pracovního ovzduší.

Vzduchové filtry – normativní předpisy

Norma ČSN EN 15665 Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov, změna Z1

NA.3.3. Nucené rovnotlaké větrání

…Použije se všude tam, kde není z hyg. důvodů možné zajistit přívod vzduchu pod tlakem z obvodové stěny, např. kde je venkovní prostředí zatíženo nadměrným hlukem nebo při výrazném znečištění venkovního ovzduší.

Větrací jednotka pro nucený přívod vzduchu musí být vybaven filtrací vzduchu a ohřívačem resp. předehřívačem vzduchu…..

Vzduchové filtry - právní předpisy

Vyhláška č. 6/2003 Sb. kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb

§ 3 Mikroklimatické podmínky

(4) Pobytové místnosti musí mít zajištěno přímé nebo nucené větrání.

(5) Množství vyměňovaného vzduchu ve větraném prostoru se stanovuje s ohledem na množství osob a vykonávanou činnost tak, aby byly dodrženy mikroklimatické podmínky a hygienické limity chemických látek a prachu.

(6) Nucené větrání se použije tam, kde přímé větrání je nedostačující k odvodu vznikajících škodlivin a tepelně-vlhkostní zátěže prostoru.

(7) Vývody odváděného vzduchu do venkovního prostředí se umísťují tak, aby nedocházelo ke zpětnému nasávání znečištěného vzduchu do okolních vnitřních prostorů.

§ 4 Chemické faktory a prach

(1) Limitní koncentrace chemických faktorů a prachu ve vnitřním prostředí staveb jsou stanoveny jako jednohodinové a jsou uvedeny v příloze č. 2.

Vzduchové filtry - právní předpisy

Příloha č. 2 k vyhlášce č. 6/2003 Sb.
Limitní koncentrace chemických ukazatelů ve vnitřním prostředí staveb
Tabulka č. 5: Limitní hodinové koncentrace chemických ukazatelů a prachu

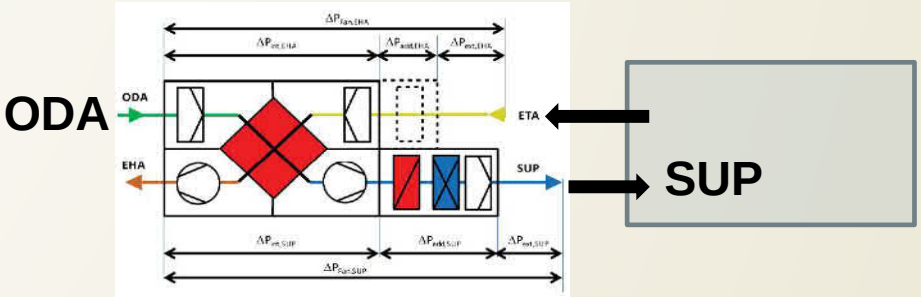
Ukazatelé	jednotka	limit [4)]
oxid dusičitý	$\mu g \cdot m^{-3}$	100
frakce prachu PM10 [1)]	$\mu g \cdot m^{-3}$	150
frakce prachu PM2,5 [2)]	$\mu g \cdot m^{-3}$	80
oxid uhelnatý	$\mu g \cdot m^{-3}$	5000
ozón	$\mu g \cdot m^{-3}$	100
azbestová a minerální vlákna [3)]	počet vláken $\cdot m^{-3}$	1000
amoniak	$\mu g \cdot m^{-3}$	200
benzen	$\mu g \cdot m^{-3}$	7
toluen	$\mu g \cdot m^{-3}$	300
suma xylenů	$\mu g \cdot m^{-3}$	200
styren	$\mu g \cdot m^{-3}$	40
etylbenzen	$\mu g \cdot m^{-3}$	200
formaldehyd	$\mu g \cdot m^{-3}$	60
trichloretylen	$\mu g \cdot m^{-3}$	150
tetrachloretylen	$\mu g \cdot m^{-3}$	150

1) Frakce prachu PM10 - prachové částice s převládající velikostí částic o průměru 10 mikrom, které projdou speciálním selektivním filtrem s 50% účinností.
2) Frakce prachu PM2,5 - prachové částice s převládající velikostí částic o průměru 2,5 mikrom, které projdou speciálním selektivním filtrem s 50% účinností.
3) Průměr vlákna <3mikrom, délka vlákna >/=5mikrom, poměr délky a průměru vlákna je >3:1.
4) Limity jsou stanoveny pro koncentrace látek vztažené na standardní podmínky.

Vzduchové filtry – normativní předpisy

~~ČSN EN 13779 Větrání nebytových budov - Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy~~

ČSN EN 16798-3 Energetická náročnost budov - Větrání budov - Část 3: Pro nebytové budovy - Výkonové požadavky na větrací a klimatizační systémy místností (Moduly M5-1, M5-4) (2020)



Tabulka 8 – Třídy venkovního vzduchu (ODA)

Třída	Charakteristika
ODA 1	Čistý vzduch s dočasnou přítomností prachu (např. pyl)
ODA 2	Venkovní vzduch s vysokou koncentrací prachových částic a/nebo plynných emisí
ODA 3	Venkovní vzduch s velmi vysokou koncentrací plynných emisí a/nebo částic

Tabulka 9 – Třídy přiváděného vzduchu (SUP)

Třída	Charakteristika
SUP 1	Přiváděný vzduch s velmi nízkou koncentrací částic a/nebo plynů
SUP 2	Přiváděný vzduch s nízkou koncentrací částic a/nebo plynů
SUP 3	Přiváděný vzduch se středně vysokou koncentrací částic a/nebo plynů
SUP 4	Přiváděný vzduch s vysokou koncentrací částic a/nebo plynů
SUP 5	Přiváděný vzduch s velmi vysokou koncentrací částic a/nebo plynů

Vzduchové filtry – normativní předpisy

Tabulka 16 – Minimální filtrační odlučivost založená na kvalitě vzduchu podle obsahu hmotných částic

Kvalita venkovního vzduchu	Třída přiváděného vzduchu				
	SUP 1	SUP 2	SUP 3	SUP 4	SUP 5
ODA (P) 1	88 %[a]	80 %[a]	80 %[a]	80 %[a]	nespecifikováno
ODA (P) 2	96 %[a]	88 %[a]	80 %[a]	80 %[a]	60 %
ODA (P) 3	99 %[a]	96 %[a]	92 %[a]	80 %[a]	80 %

[a] Kombinovaná průměrná odlučivost filtrace při jednostupňové nebo vícestupňové filtraci na základě průměrné odlučivosti filtrace uvedené v EN 779.

Tabulka 17 – Použití filtru plynných látek jako doplňku k atmosférickým filtrům na základě kvality venkovního vzduchu

Kvalita venkovního vzduchu	Třída přiváděného vzduchu				
	SUP 1	SUP 2	SUP 3	SUP 4	SUP 5
ODA (G)1	doporučeno				
ODA (G) 2	požadováno	doporučeno			
ODA (G)3	požadováno	požadováno	doporučeno		

G = Pokud navrhovaná třída kvality SUP je nad návrhovou třídou kvality ODA, měla by být uvažována filtrace plynů. Dimenzování by mělo být provedeno ve shodě s EN ISO 10121-1 a EN ISO 10121-2.

Tabulka B.3 – Doporučené minimální třídy filtrů filtrační sekce (definice tříd filtrů podle ČSN EN 779)

Kvalita venkovního vzduchu					
	SUP 1	SUP 2	SUP 3	SUP 4	SUP 5
ODA 1	M5 + F7	F7	F7	F7	–
ODA 2	F7 + F7	M5 + F7	F7	F7	M5
ODA 3	F7 + F9	F7 + F7	M6 + F7	F7	F7

Zatřídění prostoru s ohledem na počet živých organismů

Kritérium kvality vzduchu pro pobytové místnosti z mikrobiálního hlediska

Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb:

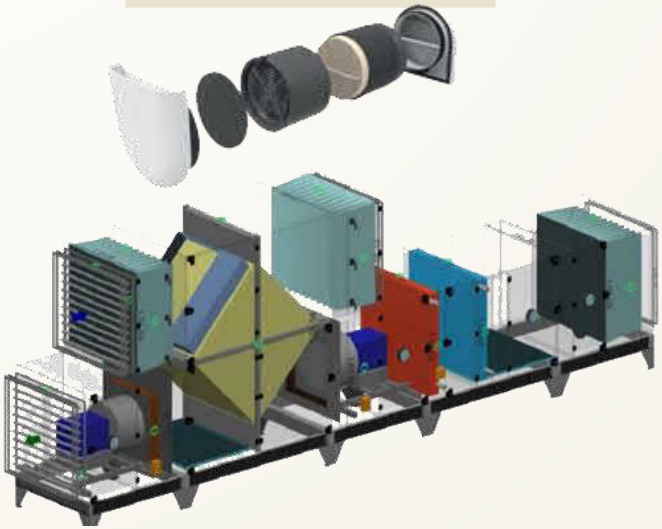
*„Požadavky na kvalitu vnitřního prostředí staveb **s výjimkou prostorů vyžadujících zvýšené nároky na jeho čistotu** se pokládají za splněné, nepřekročí-li koncentrace bakterií 500 kolonie tvořících jednotek na 1 m3 vzduchu (dále jen "KTJ.m-3 vzduchu") a koncentrace plísní vyšší než 500 KTJ.m-3 vzduchu při stanovení koncentrace mikroorganismů aktivním nasáváním vzduchu aeroskopem standardním operačním postupem podle přílohy č. 3 a kultivací na živné půdě provedené v souladu s "ČSN ISO 4833 Mikrobiologie“.*

Evropský předpis ECA No. 12 Indoor air quality and its impact on man (Biological particles in indoor environments EUR 14988 EN:

Kategorie znečištění	Mikroorganismy [KTJ/m^3]	Plísně [KTJ/m^3]
Velmi nízké	< 50	< 25
Nízké	< 100	< 100
Střední	**< 500**	**< 500**
Vysoké	< 2000	< 2000
Velmi vysoké	> 2000	> 2000

POŽADAVKY NA ZATŘÍDĚNÍ

Vzduchové filtry - aplikace



- přívod čerstvého vzduchu
- odvod znehodnoceného vzduchu
- ochrana vzduchotechnických zařízení

ČSN EN 779

2016 2017 2018 2019

ČSN EN 16890

Hrubá a jemná filtrace → ~~ČSN EN 779~~ → filtry skupiny G, M a F

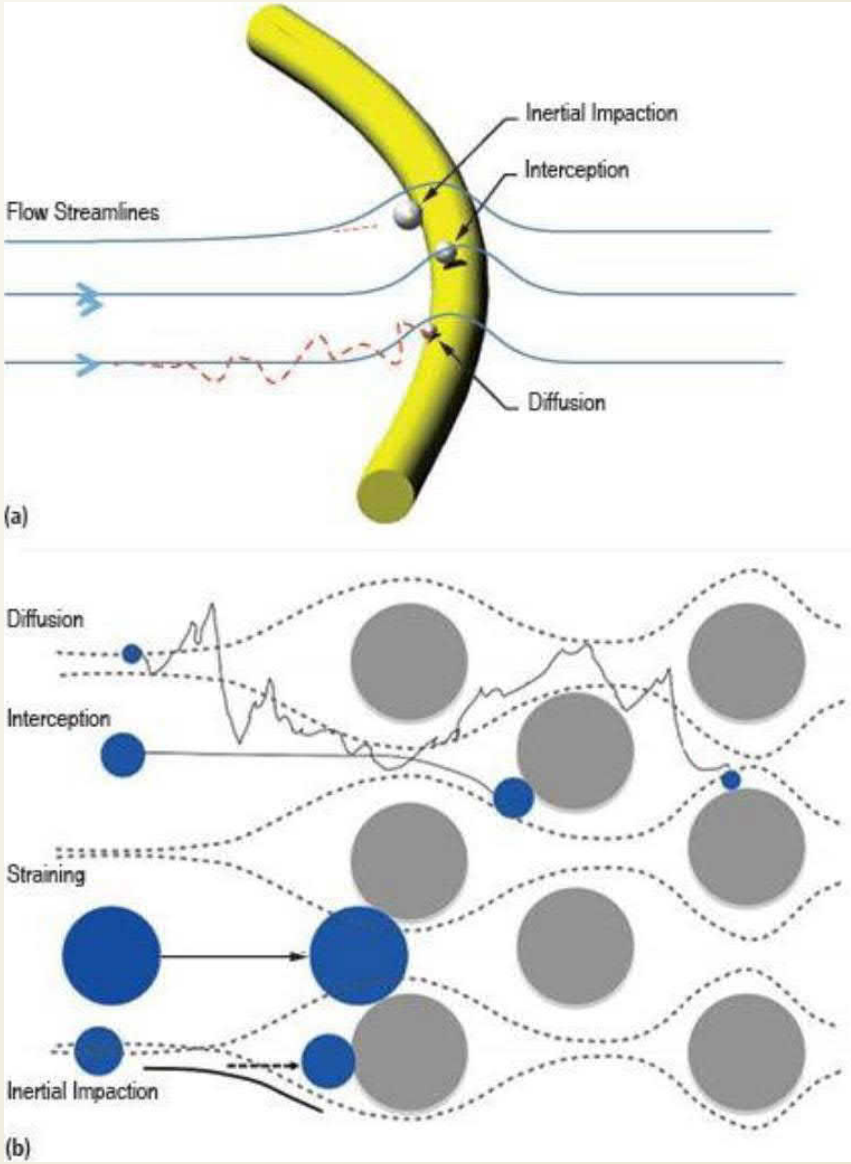
Hrubá a jemná filtrace → ČSN EN ISO 16890 → ePM_X; $ePM_{X,min}$

Vysoce účinná filtrace → ČSN EN 1822-1 (2019) → HEPA a ULPA

ČSN EN 1822 – zachovaný třídící systém normy z 2009
zkoušky dle ISO 29463

Vzduchové filtry – mechanizmus záchytu

Mechanismus odlučování (jevy se vyskytují v různé míře současně)
- setrvačnost (inertial impaction), kinetická energie částice – setrvačnost udržuje částici v přímém pohybu , tato nekopíruje proud vzduchu, zachycení nárazem na strukturu filtračního materiálu
- přímé zachycování (intercepce), střed částice s poloměrem a/2 při svém pohybu se přiblíží na vzdálenost a/2 od vlákna s kruhovým průřezem a poloměrem d/2, zachytí se, nezávisí na rychlosti proudění
- difuze, Brownův pohyb odchýlení částice od proudu vzduchu, čím jemnější částice a intenzivní turbulentní pohyb vzduchu, vyšší účinnost mechanismu
- elektrostatické síly (kladné / záporné ….. částice/vlákno filtru)
- sedimentace, síťový efekt, adheze



Zdroj: Perry J. L., Agui J. H., Vijayakumar R., Submicron and Nanoparticulate Matter Removal by HEPA-Rated Media Filters and Packed Beds of Granular Materials, NASA STI, Alabama, May 2016, NASA/TM—2016–218224

Vzduchové filtry - zatřídění

Hrubá a jemná filtrace → ČSN EN ISO 16890

Označení skupiny	Požadavek			Uváděná hodnota u třídy
	ePM1, min	ePM2,5, min	ePM10	
ISO ePM1	≥ 50			ePM1
ISO ePM2,5		≥ 50		ePM2,5
ISO ePM10			≥ 50	ePM10
ISO Hrubý			< 50	Počáteční gravimetrická odlučivost

Účinnost filtrace jemného prachu

ePMx →

ePM_1 (0,3 um až 1 um)
$ePM_{2,5}$ (0,3 um až 2,5 um)
ePM_{10} (0,3 um až 10 um)
popisují **interval velikosti částic** na který se účinnost filtrace vztahuje.

Minimální účinnost filtrace jemného prachu

ePMx,min →

pouze pro filtrace jemného prachu pro skupiny **ePM_1 a $ePM_{2,5}$** - pro stanovení této hodnoty je účinnost odloučení filtru zjišťována **v elektrostaticky vybitém stavu**.

ISO ePM_1 70 →

Průměr nejnižší a počáteční účinnosti odloučení leží mezi 70 a <75 (zaokrouhlení na celé 5 kroky).

Vzduchové filtry - zatřídění

Výpočet účinnosti odlučivosti dle ČSN EN 16890

$$ePM_1 = \sum_{i=1}^{n} E_{A,i} \cdot q_{3u}(\bar{d}_i) \cdot \Delta ln\, d_i / \sum_{i=1}^{n} q_{3u}(\bar{d}_i) \cdot \Delta lnd_i$$

$$ePM_{2,5} = \sum_{i=1}^{n} E_{A,i} \cdot q_{3u}(\bar{d}_i) \cdot \Delta ln\, d_i / \sum_{i=1}^{n} q_{3u}(\bar{d}_i) \cdot \Delta lnd_i$$

$$ePM_{10} = \sum_{i=1}^{n} E_{A,i} \cdot q_{3r}(\bar{d}_i) \cdot \Delta ln\, d_i / \sum_{i=1}^{n} q_{3r}(\bar{d}_i) \cdot \Delta lnd_i$$

$$\bar{d}_i = \sqrt{d_i \cdot d_{i+1}}$$

Kde:

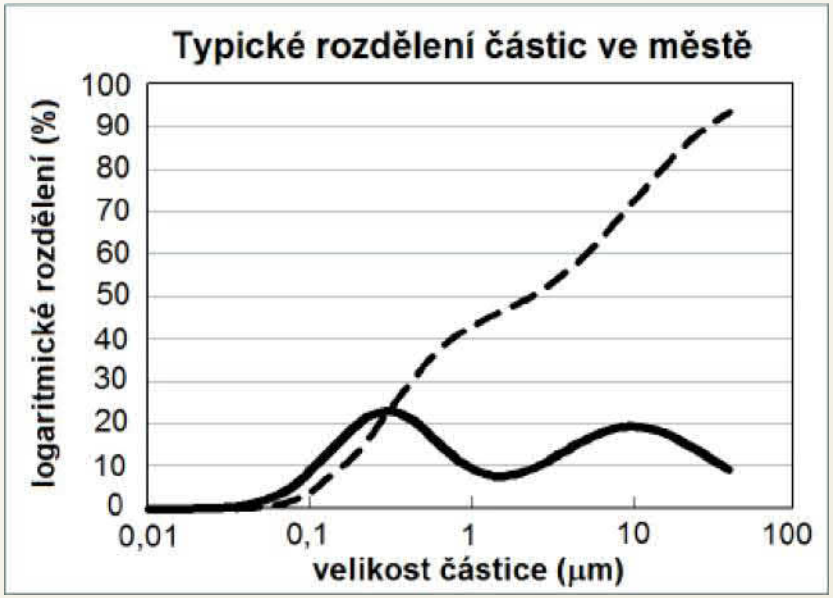
$E_{A,i}$ – Střední frakční účinnost velikostního intervalu částic i

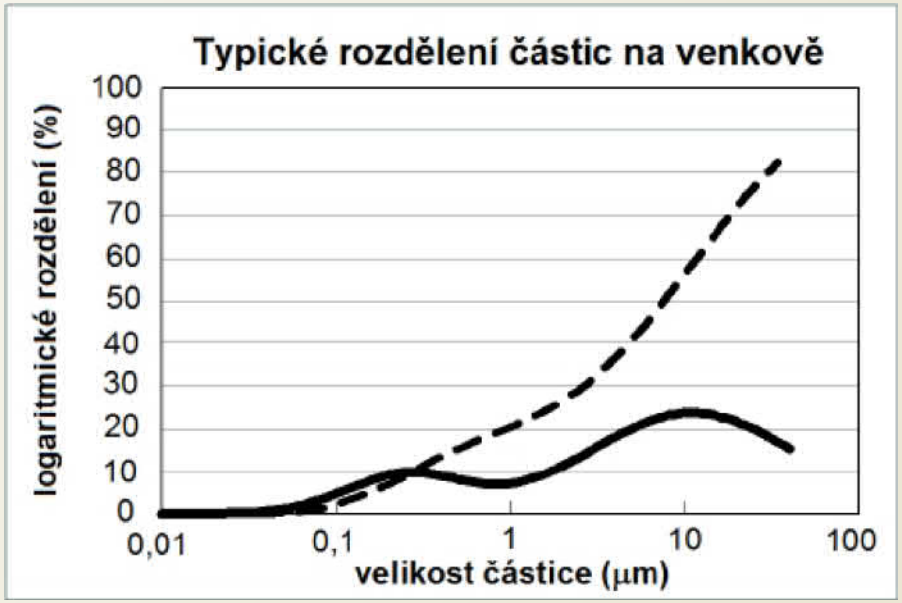
$q_{3u}(\bar{d}_i)$ – Diskrétní rozdělení částic dle objemu

$\Delta ln\, d_i$ – Logaritmická šířka velikostního intervalu průměru částic i

d_i – Dolní mez průměru částice ve velikosti intervalu i

d_{i+1} – Horní mez průměru částice ve velikosti intervalu i





ePM_1 (0,3 um až 1 um)
$ePM_{2,5}$ (0,3 um až 2,5 um)

ePM_{10} (0,3 um až 10 um)

NÁVRH PŘEVODU ČSN EN 779 -> ČSN EN ISO 16890

PM1 - Fine Dust Hazard to Health, Clean Air Solutions, Camfil, 2017

Třída filtrů	Odlučivosti pro frakce atmosférického prachu PM1, PM2,5 a PM10		
ČSN EN 779	PM1	PM2,5	PM10
M5	<20%	<40%	>50%
M6	<40%	50-60%	>60%
F7	50-75%	>70%	>80%
F8	70-85%	>80%	>90%
F9	> 85 %	>90%	>95%

NÁVRH PŘEVODU ČSN EN 779 -> ČSN EN ISO 16890

Německá norma VDI3804 - 4 a
švýcarská norma SWKIVA101-01

Třídy filtrů		Poznámky
EN 779:2012	EN IS0 16890-1:2016	
M5	ePM10 ≥ 50	
F7	ePM2,5 ≥ 65	V případě, že se nejedná o poslední stupeň filtrace.
F7	ePM1 ≥ 50	V případě, že se jedná o poslední stupeň filtrace.
F9	ePM1 ≥ 80	

NÁVRH PŘEVODU ČSN EN 779 -> ČSN EN ISO 16890

FGK Status Report Nr. 44 (materiály TROX Technik)

totožný jako

EVIA (European Ventilation Industry Association)

Třída filtru dle EN779	ISO ePM1	ISO ePM2,5	ISO ePM10	ISO hrubý
G2				> 30 %
G3				> 45%
G4				> 60 %
M5			≥ 50%	
M6		≥ 50%		
F7	≥ 50%			
F8	≥ 70%			
F9	≥ 80 %			

NÁVRH PŘEVODU ČSN EN 779 -> ČSN EN ISO 16890

Převodní tabulka podle fy Systemair

Tabulka roztřídění							
PM1		PM2,5		PM10		Coarse	
ISO ePM1 95	F9	ISO ePM2,5 95	F7	ISO ePM10 95	M6	ISO Coarse 95	G4
ISO ePM1 90		ISO ePM2,5 90		ISO ePM10 90		ISO Coarse 90	
ISO ePM1 85		ISO ePM2,5 85		ISO ePM10 85		ISO Coarse 85	
ISO ePM1 80		ISO ePM2,5 80		ISO ePM10 80		ISO Coarse 80	
ISO ePM1 75	F8	ISO ePM2,5 75		ISO ePM10 75		ISO Coarse 75	
ISO ePM1 70		ISO ePM2,5 70		ISO ePM10 70		ISO Coarse 70	
ISO ePM1 65	F7	ISO ePM2,5 65		ISO ePM10 65		ISO Coarse 65	
ISO ePM1 60		ISO ePM2,5 60	M6	ISO ePM10 60	M5	ISO Coarse 60	
ISO ePM1 55		ISO ePM2,5 55		ISO ePM10 55		ISO Coarse 55	G3
ISO ePM1 50		ISO ePM2,5 50		ISO ePM10 50		ISO Coarse 50	
						ISO Coarse 45	
						ISO Coarse 40	G2
						ISO Coarse 35	
						ISO Coarse 30	
Jemný fitr		Střední fitr				Hrubý filtr	

Vzduchové filtry - zatřídění

DOPORUČENÍ EUROVENT 4/23 (2018)

EN 779	V souladu s normou EN ISO 16890			
	ISO Coarse	ISO ePM10	ISO ePM2,5	ISO ePM1
G2	30-50 %			
G3	45-65 %			
G4	60-85 %			
M5	80-95 %	40-70 %	10-45 %	5-35 %
M6	>90 %	45-80 %	20-50 %	10-40 %
F7	>95 %	80-90 %	50-75 %	40-65 %
F8	>95 %	90-100 %	75-95 %	65-90 %
F9	>95 %	90-100 %	85-95 %	80-90 %

Vzduchové filtry - zatřídění

Vysoce účinná filtrace → ČSN EN 1822-1

EN 1822		Celková hodnota pro MPPS částice (0.1–0.3 µm)		Integrální hodnota pro MPPS částice (0.1–0.3 µm)	
Skupina filtrů	Třída filtrace	Účinnost v	Průnik v	Účinnost v	Průnik v
E – EPA	E 10	≥ 85	≤ 15	–	–
	E 11	≥ 95	≤ 5	–	–
	E 12	≥ 99.5	≤ 0.5	–	–
H – HEPA	H 13	≥ 99.95	≤ 0.05	≥ 99.75	≤ 0.25
	H 14	≥ 99.995	≤ 0.005	≥ 99.975	≤ 0.025
U – ULPA	U 15	≤ 99.999 5	≤ 0.0005	≥ 99.997 5	≤ 0.002 5
	U 16	≤ 99.999 95	≤ 0.000 05	≥ 99.999 75	≤ 0.000 25
	U 17	≤ 99.999 995	≤ 0.000 005	≥ 99.999 9	≤ 0.0001

OVĚŘENÍ VLASTNOSTÍ VYBRANÝCH FILTRŮ – VÝSLEDKY VLASTNÍHO MĚŘENÍ

Ukázka z popisu měřených vzorků

číslo vzorku	třída filtrace ČSN EN 779	š [m]	d [m]	h [m]	**kapsy [ks]**	A eff [m^2]	A čelní [m^2]
1	M5	0,552	0,552	0,430	**6**	3,102	0,305
2	M5	0,552	0,552	0,430	**6**	3,102	0,305
3	F9	0,552	0,552	0,560	**8**	5,264	0,305
4	F9	0,552	0,552	0,560	**8**	5,264	0,305
5	G3	0,552	0,552	0,340	**6**	2,460	0,305
6	G3	0,552	0,552	0,340	**6**	2,460	0,305
7	M5	0,552	0,552	0,430	**6**	3,102	0,305
8	M5	0,552	0,552	0,430	**6**	3,102	0,305
9	M5	0,552	0,552	0,430	**6**	3,102	0,305
10	M5	0,552	0,552	0,430	**6**	3,102	0,305
11	G3	0,552	0,552	0,340	**6**	2,460	0,305
12	G3	0,552	0,552	0,340	**6**	2,460	0,305
13	G3	0,552	0,552	0,340	**6**	2,460	0,305
14	G3	0,552	0,552	0,340	**6**	2,460	0,305
15	M5	0,552	0,552	0,430	**6**	3,102	0,305
16	M5	0,552	0,552	0,430	**6**	3,102	0,305
17	M5	0,552	0,552	0,430	**6**	3,102	0,305
18	M5	0,552	0,552	0,430	**6**	3,102	0,305
19	M5	0,247	0,552	0,430	**3**	1,537	0,136
20	M5	0,247	0,552	0,430	**3**	1,537	0,136
21	M5	0,247	0,552	0,430	**3**	1,537	0,136
22	G3	0,247	0,552	0,340	**3**	1,218	0,136
23	G3	0,247	0,552	0,340	**3**	1,218	0,136
24	M5	0,247	0,552	0,430	**3**	1,537	0,136

8 ks G3

14 ks M5

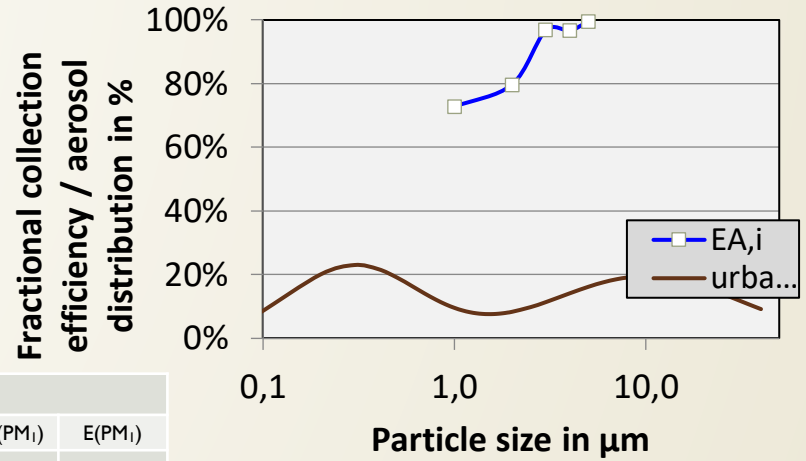
2 ks F9

Posouzení

Protokol zatřídění filtrů dle ČSN EN 16890

ISO 16890-1 Annex B

Data Entry Table							Reporting Data			
d_i	d_{i+1}	d_m	$\Delta \ln d_i$	E_i	$E_{D,i}$	$E_{A,i}$		ePM_1	$ePM_{2,5}$	ePM_{10}
0,30	0,50	0,39	0,51	73,2	72,0	72,6	Minimum	74	83	--
0,50	1,00	0,71	0,69	82,0	77,3	79,6	Average	76	85	93
1,00	2,00	1,41	0,69	98,2	95,2	96,7	Reported	76	85	93
2,00	5,00	3,16	0,92	98,7	94,6	96,7				
5,00	10,00	7,07	0,69	99,7	99,3	99,5				



ePM_1 Calculations

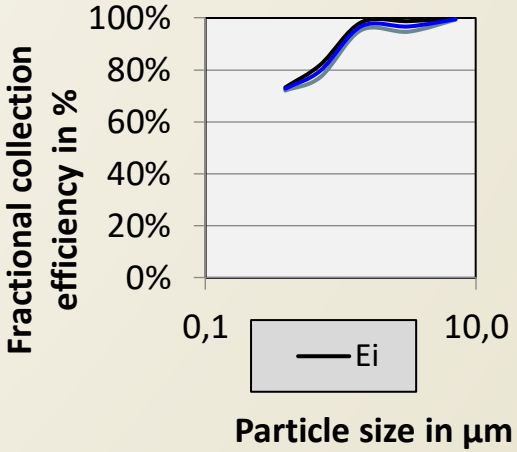
d_i	d_{i+1}	d_m	$\Delta \ln d_i$	$E_{A,i}$	q_{3u}	$q_{3u}*\Delta \ln d_i$	$E_{D,i}*q_{3u}*\Delta \ln d_i$	$E_{A,i}*q_{3u}*\Delta \ln d_i$	$E_{min}(PM_1)$	$E(PM_1)$
0,30	0,50	0,39	0,51	72,6	21,917	0,111960	0,080659	0,081295	74	76
0,50	1,00	0,71	0,69	79,6	13,856	0,096044	0,074217	0,076474		
					Sums:	0,208004	0,154876	0,157769		

$ePM_{2,5}$ Calculations

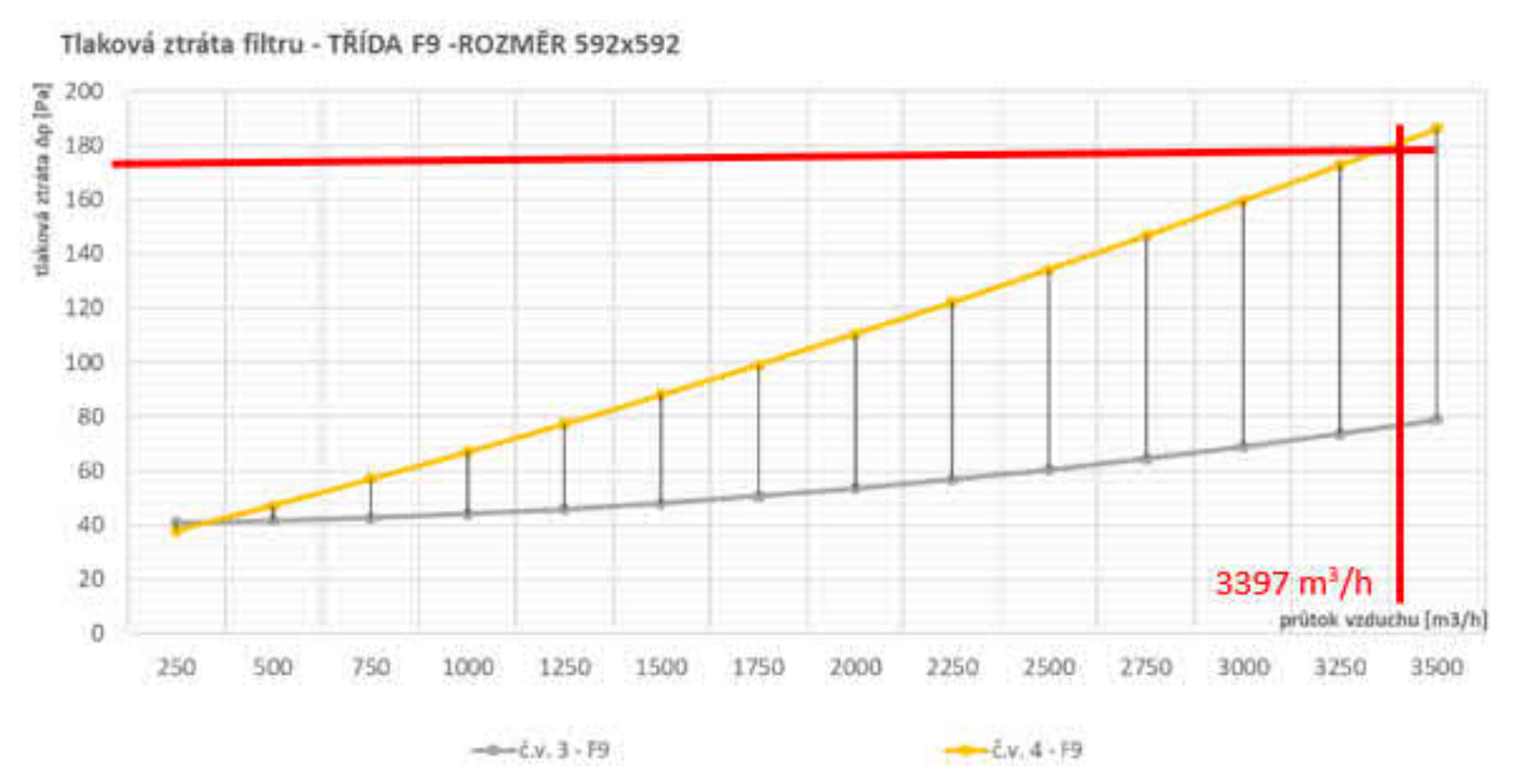
d_i	d_{i+1}	d_m	$\Delta \ln d_i$	$E_{A,i}$	q_{3u}	$q_{3u}*\Delta \ln d_i$	$E_{D,i}*q_{3u}*\Delta \ln d_i$	$E_{A,i}*q_{3u}*\Delta \ln d_i$	$E_{min}(PM_{2,5})$	$E(PM_{2,5})$
0,30	0,50	0,39	0,51	72,6	21,917	0,111960	0,080659	0,081295	83	85
0,50	1,00	0,71	0,69	79,6	13,856	0,096044	0,074217	0,076474		
1,00	2,00	1,41	0,69	96,7	7,644	0,052985	0,050467	0,051254		
2,00	5,00	3,16	0,92	96,7	11,819	0,108295	0,102479	0,104668		
					Sums:	0,369284	0,307822	0,313691		

ePM_{10} Calculations

d_i	d_{i+1}	d_m	$\Delta \ln d_i$	$E_{A,i}$	q_{3r}	$q_{3r}*\Delta \ln d_i$		$E_{A,i}*q_{3r}*\Delta \ln d_i$		$E(PM_{10})$
0,30	0,50	0,39	0,51	72,6	9,088	0,046422		0,033708		93
0,50	1,00	0,71	0,69	79,6	7,143	0,049511		0,039422		
1,00	2,00	1,41	0,69	96,7	8,710	0,060372		0,058400		
2,00	5,00	3,16	0,92	96,7	15,801	0,144785		0,139936		
5,00	10,00	7,07	0,69	99,5	22,430	0,155472		0,154648		
					Sums:	0,456563		0,426114		



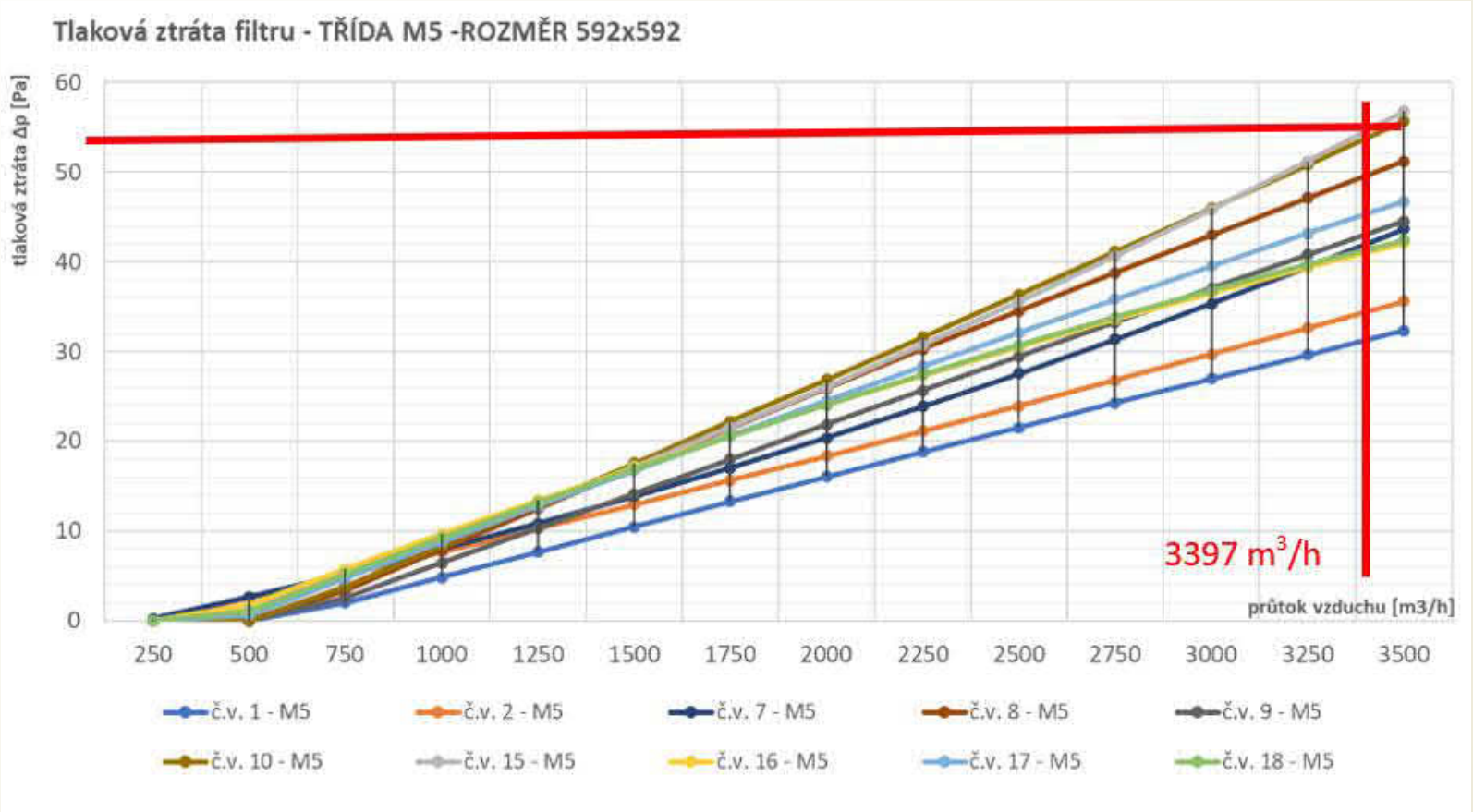
Výsledky měření tlakové ztráty



Výrobce ->

RESULTS		
Initial pressure differential:		287Pa
Initial grav. arrestance:		
Efficiency values	$e\,PM_1$ =	85%
Min. efficiencies	$e_{min}PM_1$ =	76%
ISO rating:		**ISO ePM1 85%**
Remarks		

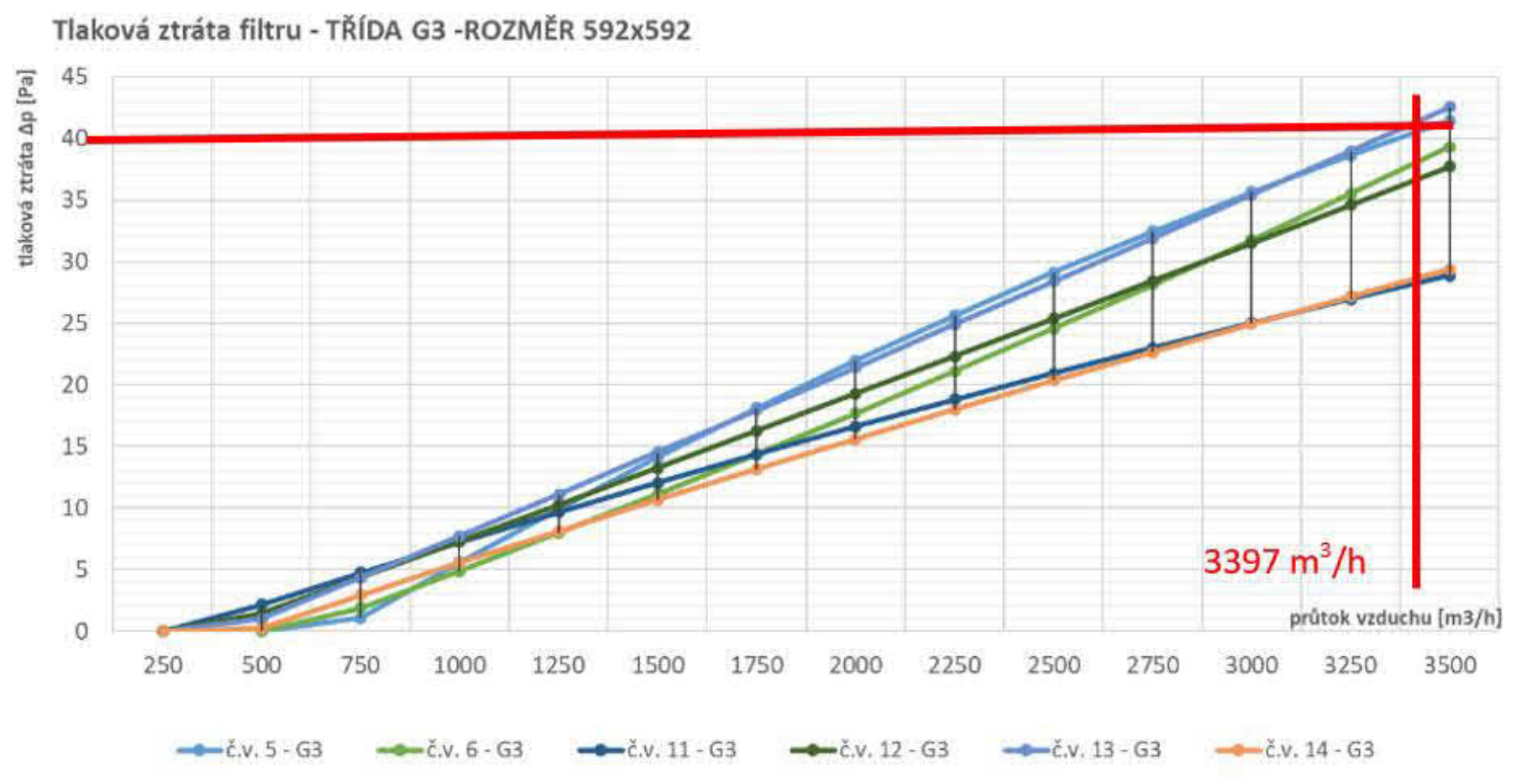
Výsledky měření tlakové ztráty



Výrobce ->

RESULTS		
Initial pressure differential:		35Pa
Initial grav. arrestance:		69%
Efficiency values	$e\,PM_1$ =	
Min. efficiencies	$e_{min}PM_1$ =	
ISO rating:		**ISO ePM1 -**
Remarks		

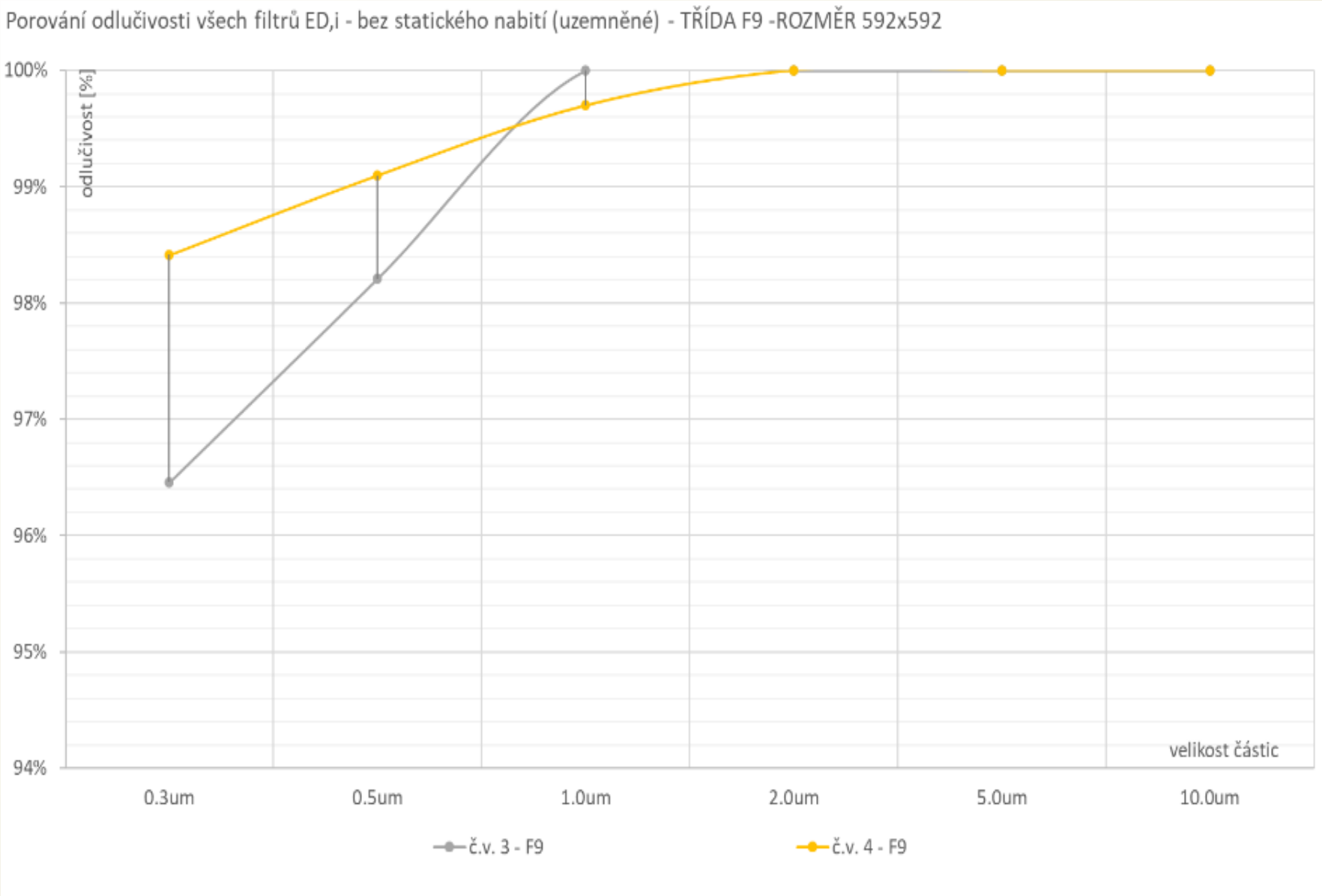
Výsledky měření tlakové ztráty



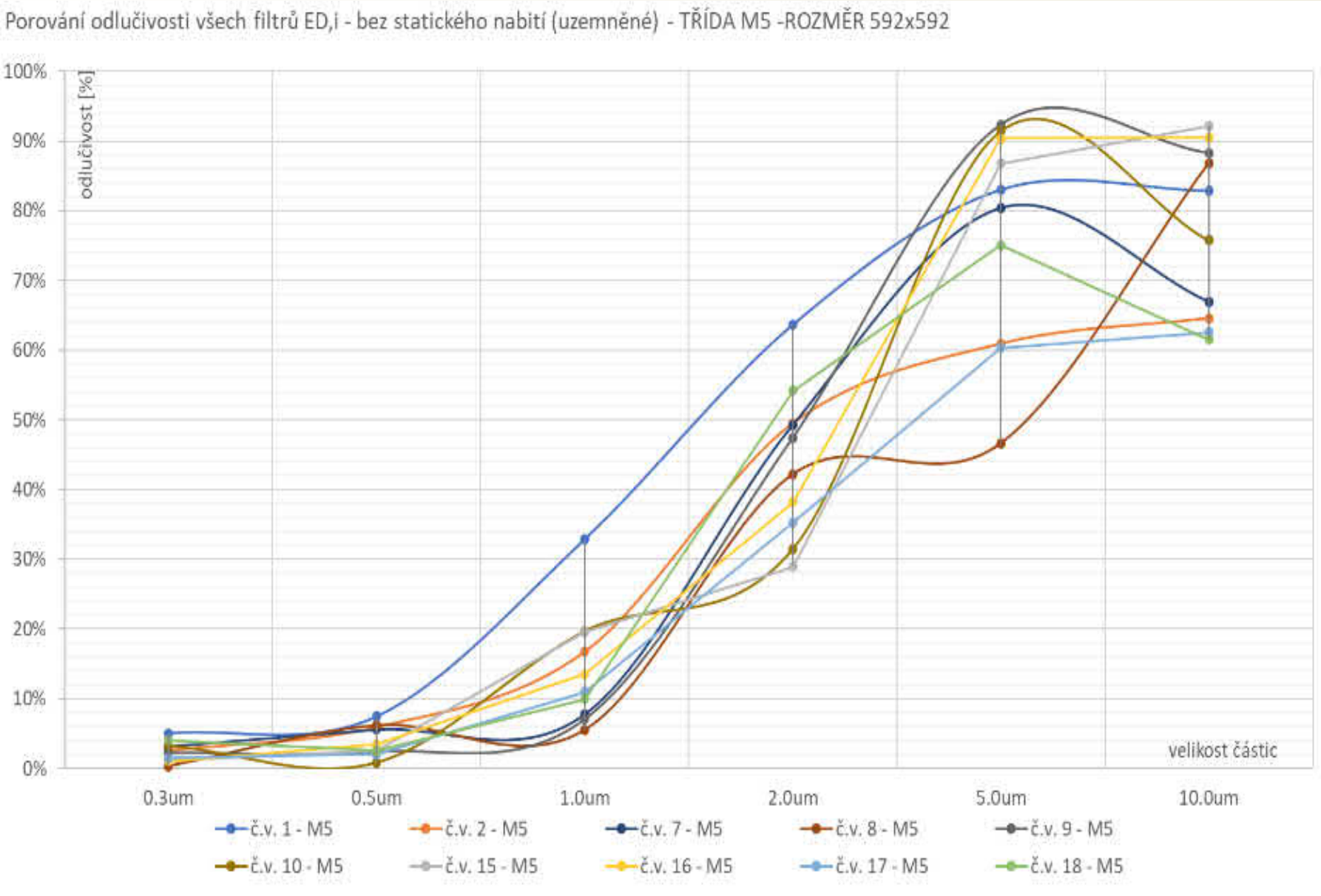
Výrobce ->

RESULTS		
Initial pressure differential:		29Pa
Initial grav. arrestance:		52%
Efficiency values	$e\ PM_1$ =	
Min. efficiencies	$e_{min} PM_1$ =	
ISO rating:		**ISO ePM1 -**
Remarks		

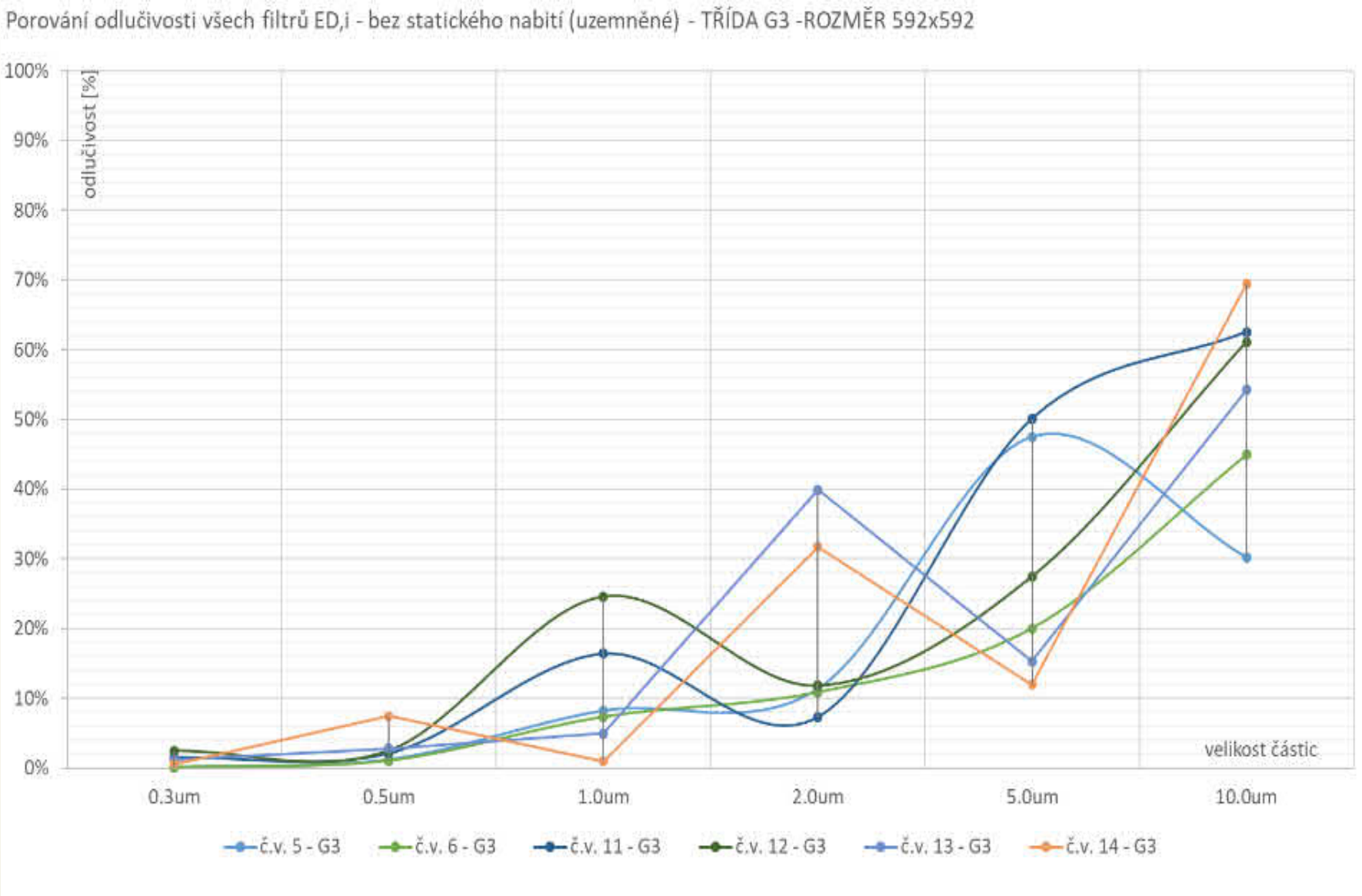
Výsledky měření odlučivosti částic



Výsledky měření odlučivosti částic



Výsledky měření odlučivosti částic



Výsledky měření odlučivosti částic - porovnání

číslo vzorku	třída filtrace ČSN EN 779 + POPIS	třída filtrace ČSN EN ISO 16890-1	
		HODNOTY OD VÝROBCE	HODNOTY ZMĚŘENÉ
1	M5 592x592x450/6	ISO ePM10 60	ISO ePM10 50
2	M5 592x592x450/6	ISO ePM10 60	ISO ePM10 40
3	F9 592x592x580/8	ISO ePM1 85	ISO ePM1 95
4	F9 592x592x580/8	ISO ePM1 85	ISO ePM1 95
5	G3 592x592x360/6	ISO COARSE 50	ISO COARSE 50
6	G3 592x592x360/6	ISO COARSE 50	ISO COARSE 50
7	M5 592x592x450/6	ISO ePM10 60	ISO ePM10 40
8	M5 592x592x450/6	ISO ePM10 60	ISO ePM10 30
9	M5 592x592x450/6	ISO ePM10 60	ISO ePM10 45
10	M5 592x592x450/6	ISO ePM10 60	ISO ePM10 40
11	G3 592x592x360/6	ISO COARSE 50	ISO COARSE 50
12	G3 592x592x360/6	ISO COARSE 50	ISO COARSE 50

Výsledky měření odlučivosti částic - porovnání

číslo vzorku	třída filtrace ČSN EN 779 + POPIS	třída filtrace ČSN EN ISO 16890-1	
		HODNOTY OD VÝROBCE	HODNOTY ZMĚŘENÉ
13	G3 592x592x360/6	ISO COARSE 50	ISO COARSE 50
14	G3 592x592x360/6	ISO COARSE 50	ISO COARSE 50
15	M5 592x592x450/6	ISO ePM10 60	ISO ePM10 40
16	M5 592x592x450/6	ISO ePM10 60	ISO ePM10 45
17	M5 592x592x450/6	ISO ePM10 60	ISO ePM10 30
18	M5 592x592x450/6	ISO ePM10 60	ISO ePM10 45
19	M5 287x592x450/3	ISO ePM10 60	ISO ePM10 40
20	M5 287x592x450/3	ISO ePM10 60	ISO ePM10 35
21	M5 287x592x450/3	ISO ePM10 60	ISO ePM10 40
22	G3 287x592x360/3	ISO COARSE 50	ISO COARSE 50
23	G3 287x592x360/3	ISO COARSE 50	ISO COARSE 50
24	M5 287x592x450/3	ISO ePM10 60	ISO ePM10 35

Výsledky měření odlučivosti částic - porovnání

číslo vzorku	třída filtrace ČSN EN 779 + POPIS	HODNOTY ZMĚŘENÉ
1	M5 592x592x450/6	ISO ePM10 50
4	F9 592x592x580/8	ISO ePM1 95

Směrnice EUROVENT 4/23 - 2018

Třída filtrů		Odlučivosti pro frakce atmosférického prachu PM1, PM2,5 a PM10		
		ePM1	ePM2,5	ePM10
EN 779	M5	5-35%	10-45%	40 - 70%
	M6	10-40%	20 - 50%	60 - 80%
	F7	40-65%	65 - 75%	80 - 90%
	F8	65 - 90%	75 - 95%	90-100%
	F9	80 - 90%	85 - 95%	90-100%

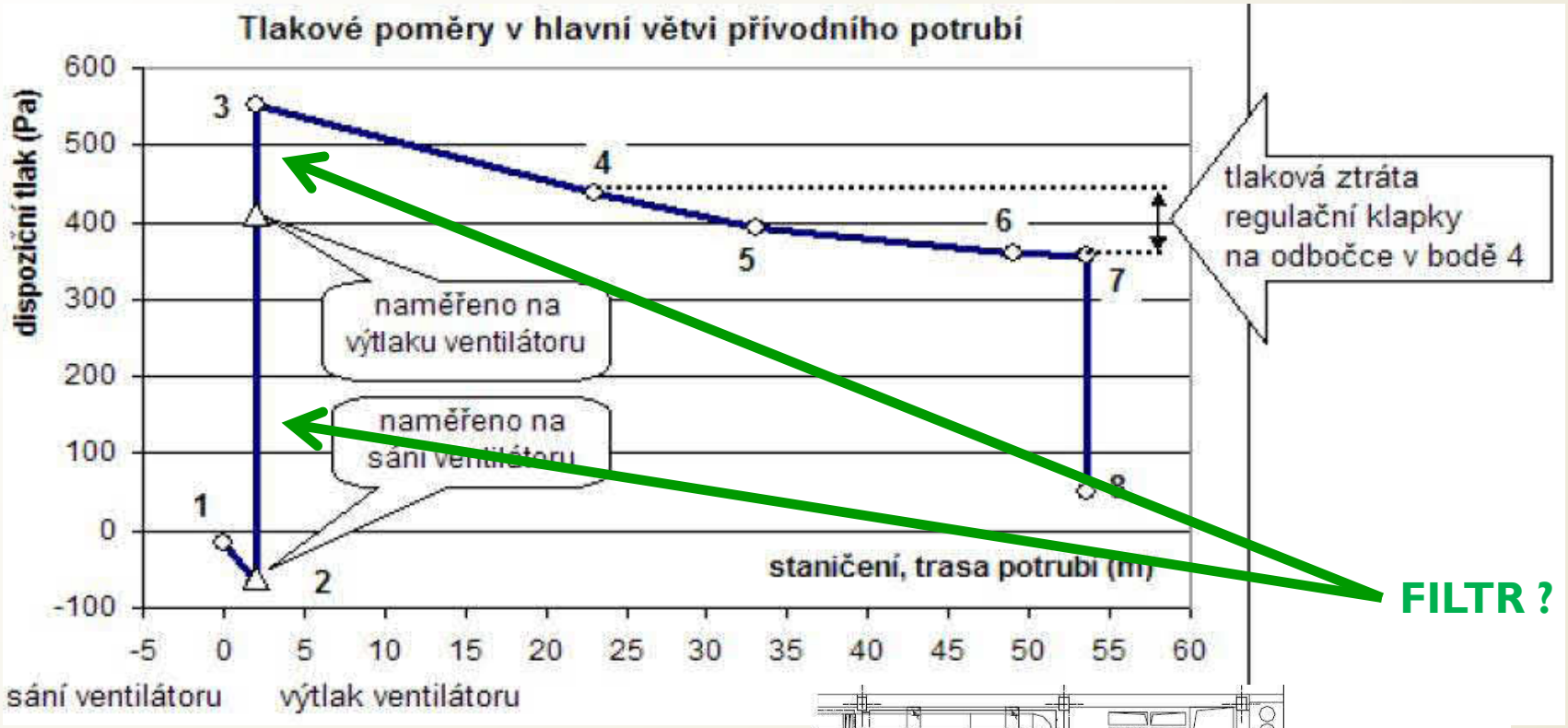
Výsledky měření odlučivosti částic - porovnání

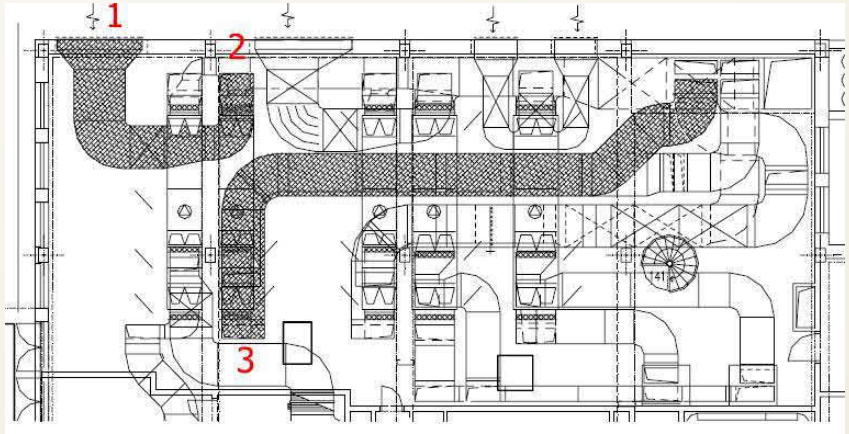
číslo vzorku	třída filtrace ČSN EN 779 + POPIS	HODNOTY ZMĚŘENÉ
5	G3 592x592x360/6	ISO COARSE 50

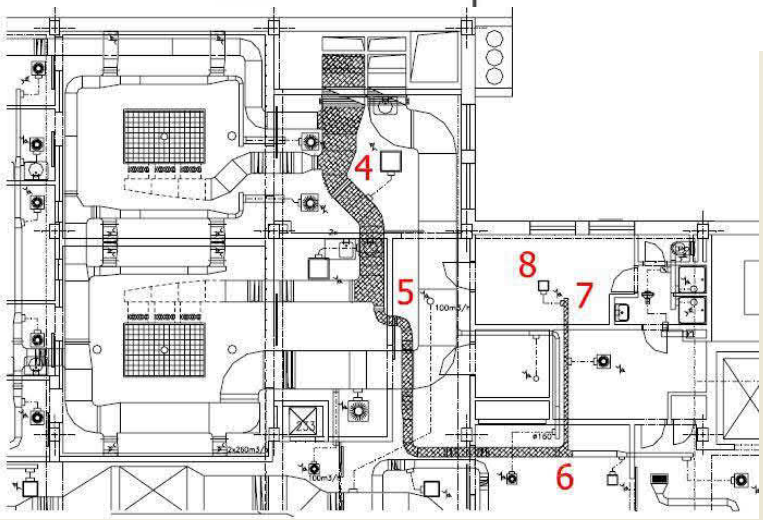
Třída filtru dle EN779	ISO ePM1	ISO ePM2,5	ISO ePM10	ISO hrubý
G2				> 30 %
G3				> 45%
G4				> 60 %
M5			≥ 50%	
M6		≥ 50%		
F7	≥ 50%			
F8	≥ 70%			
F9	≥ 80 %			

EKENOMIKA PROVOZU

Vzduchové filtry - ekonomika







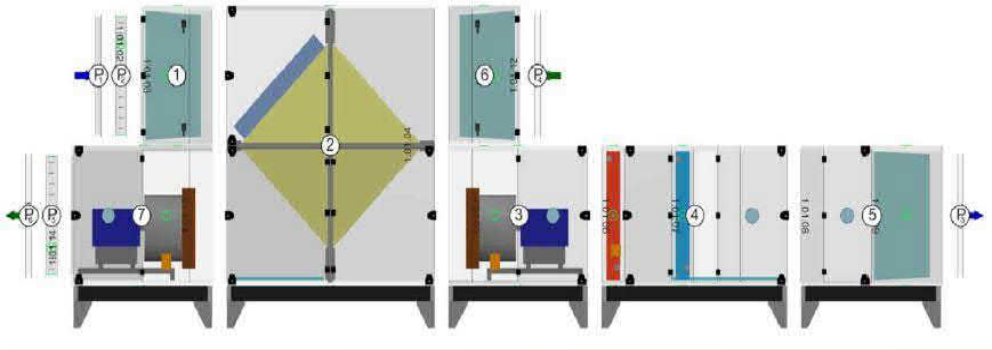
Vzduchové filtry - ekonomika

Počáteční tlaková ztráta filtru – tlaková ztráta na začátku životnosti filtru udaná výrobcem při uvažovaném nominálním průtoku vzduchu

Koncová tlaková ztráta filtru – tlaková ztráta na konci životnosti filtru, kdy odlučivost a účinnost filtru dosáhne minimální bezpečné hodnoty, udává výrobce filtru

Návrh filtru – pro střední tlakovou ztrátu – aritmetický průměr počáteční a koncové tlakové ztráty

2.01.03 Filtr	Přívod
Kód	XPNH022-5005S
Servisní přístup	Zprava
Materiál vnitřního pláště	Komaxitovaný plech (RAL 9002)
Nominální průtok vzduchu	10000 m³/h
Tlaková ztráta	115 Pa
Třída filtrace	M5
Typ filtru	Kapsový
Počáteční / Koncová tlaková ztráta	30 / 200 Pa



2.01.09 Filtr	Přívod
Kód	XPNH222-5009S
Servisní přístup	Zprava
Materiál vnitřního pláště	Komaxitovaný plech (RAL 900
Nominální průtok vzduchu	10000 m³/h
Tlaková ztráta	216 Pa
Třída filtrace	F9
Typ filtru	Kapsový
Počáteční / Koncová tlaková ztráta	132 / 300 Pa

Základní parametry zařízení

Druh, rozměr	AeroMaster XP 22	
Typ řídicího systému	Není	
Hmotnost (+-10%)	3 198 kg	
Umístění jednotky	Vnitřní	
Materiálové provedení		
Vnější plášť	Komaxitovaný plech (RAL 9002) (B)	
Vnitřní plášť	Komaxitovaný plech (RAL 9002) (B)	
	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	10000 m³/h	10000 m³/h
Externí tlaková rezerva	1200 Pa	1000 Pa
Rychlost v průřezu	1.80 m/s	1.80 m/s
Příkon ventilátorů	8.16 kW	5.59 kW
1. stupeň filtrace	M5	M5
2. stupeň filtrace	F9	-
SFP$_i$	2836 W.m^{-3}.s	
Celkový příkon jednotky	13.74 kW	
Napájecí napětí		
Celkový proud Imax		
SFP$_{AHU}$	4948 W.m^{-3}.s	

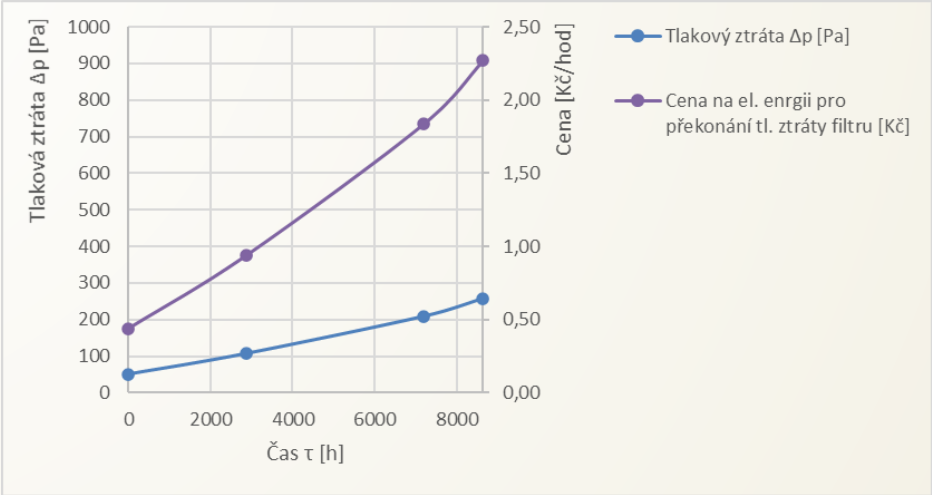
Model box AMXP2

Parametry pláště dle EN1886

Mechanická stabilita	D2(M)
Netěsnost skříně	L1(M)
Termická izolace	T3(M)
Faktor tepelných mostů	TB3(M)
Netěsnost mezi filtrem a rámem	< 0,5 % (F9)

Modelová situace zanášení filtru

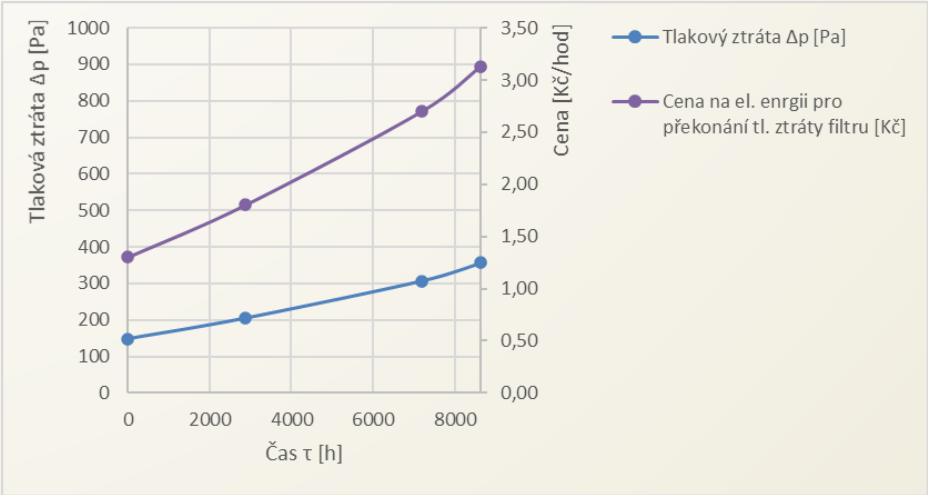
jemné filtrace vzduchu:



nárust ceny na překonání zaneseného filtru mezi čas = 0 a 8640 hod:

1,35 Kč/hod
Celkem za rok 2826 Kč

vysoce účinná filtrace:



2,22 Kč/hod
Celkem za rok 4622 Kč

Popis modelu:

průtok vzduchu: V = 1,2 m³/s (4320 m³/h)

počáteční frekvence: $f_{(1)}$ = 40 Hz

počáteční příkon ventilátoru: $P_{(1)}$ = 300 W

počáteční otáčky ventilátoru: $n_{(1)}$ = 2400 min^{-1}

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 ; \quad \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 ; \quad \frac{f_1}{f_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$P = \frac{\Delta p \cdot V}{\eta_{vent} \cdot 1000} \quad [\text{kW}]$$

Doba provoz:

8 hodin denně

pět dní v týdnu

Cena 4,69 Kč/hod

Thank you for your attention

Petr.Blasinski@vut.cz