

Laboratorijsko ispitivanje otpora pregrade u ventilacijskim zrakovodima

Guštin, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:226259>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-26**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Preddiplomski studij rudarstva

**LABORATORIJSKO ISPITIVANJE OTPORA PREGRADE U VENTILACIJSKIM
ZRAKOVODIMA**

Završni rad

Luka Guštin
R-4075

Zagreb, 2021.

Sveučilište u Zagrebu Završni rad

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

LABORATORIJSKO ISPITIVANJE OTPORA PREGRADE U VENTILACIJSKIM ZRAKOVODIMA

LUKA GUŠTIN

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za rudarstvo i geotehniku
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Ispitivanje otpora pregrade u ventilacijskom zrakovodu na modelu vjetrene mreže na Zavodu za rudarstvo i geotehniku. U radu prikazujemo mjerenja otpora sa 6 različitih prigušnica u vjetrenom cjevovodu, možemo vidjeti kako manji promjeri prigušnice stvaraju veći otpor i veći koeficijent otpora strujanju zračne struje. Rezultate mjerenja smo usporedili s podacima iz literature.

Ključne riječi: zrakovodi, lokalni otpor, koeficijent otpora, otpor pregrade, prigušnica

Završni rad sadrži: 18 stranica, 4 tablice, 14 slika i 7 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentori: Dr.sc. Mario Klanfar, docent RGNF

Pomagao pri izradi: Mag. ing. rud. Vjekoslav Herceg, asistent RGNF

Ocjenjivači: Dr.sc. Mario Klanfar, docent RGNF
Dr.sc. Tomislav Korman, docent RGNF
Dr.sc. Dubravko Domitrović, docent RGNF

Datum obrane: 16.07.2021., Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. ZRAKOVODI – VENTILACIJSKE CIJEVI..... | 2 |
| 3. LOKALNI OTPORI..... | 5 |
| 4. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA..... | 8 |
| 5. RAČUNSKO ODREĐIVANJE KOEFICIJENTA OTPORA | 14 |
| 6. ZAKLJUČAK | 17 |
| 7. LITERATURA | 18 |

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 4-1 Tablica dobivenih rezultata mjerenjem | 13 |
| Tablica 5-1 Tablica izračunatih vrijednosti | 15 |
| Tablica 5-2 Tablica vrijednosti koeficijenta lokalnog otpora..... | 16 |
| Tablica 5-3 Tablica usporedbe koeficijenta lokalnog otpora | 16 |

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 2-1 Limene ventilacijske cijevi (ProClim, 2019.)..... | 2 |
| Slika 2-2 Plastična ventilacijska cijev (ORIENTFLEX, 2019.) | 3 |
| Slika 3-1 Naglo suženje presjeka (Klanfar, 2018.)..... | 6 |
| Slika 3-2 Koeficijent otpora ζ suženja provodnika (Klanfar, 2018.)..... | 6 |
| Slika 3-3 Naglo proširenje presjeka (Klanfar, 2018.) | 7 |
| Slika 3-4 Koeficijent otpora ζ proširenja provodnika (Klanfar, 2018.)..... | 7 |
| Slika 3-5 Prigušnica (Andreić, 2014.)..... | 8 |
| Slika 3-6 Koeficijent dodatnog otpora za prigušnicu (Andreić, 2014.) | 8 |
| Slika 4-1 Ventilator u laboratoriju..... | 9 |
| Slika 4-2 Prikaz cjevovoda u laboratoriju | 10 |
| Slika 4-3 Termo-Hygro barometar THB 4130D..... | 11 |
| Slika 4-4 Termoanemometar TA5 (TSI, 2020.)..... | 11 |
| Slika 4-5 Prigušnice | 12 |
| Slika 4-6 Pitotova cijev (Wikipedia, 2007.)..... | 13 |

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA

| OZNAKA | JEDINICA | OPIS |
|-----------|-------------------|-----------------------------|
| λ | - | koeficijent otpora |
| K | mm | koeficijent hrapavosti |
| D | mm | promjer cijevi |
| R | Pa | otpor |
| ξ | - | koeficijent dodatnog otpora |
| ρ | kg/m ³ | gustoća zraka |
| A | m ² | površina presjeka |
| Q | m ³ /s | protok |
| v | m/s | brzina strujanja |
| h | Pa | pad tlaka |
| m | - | omjer površina |

1. UVOD

U podzemnim rudnicima potrebno je osigurati dovod svježeg zraka kako bismo stvorili atmosferu pogodnu za rad. Zrak koji dovodimo može se dovesti prirodno ili umjetno. Strujanje prirodno dovedenog zraka prati isključivo zakone mehanike fluida, dok su nam kod umjetno dovedenog zraka još potrebni ventilator i ventilacijske cijevi. Prilikom dimenzioniranja cijevi kod umjetnog dovođenja zraka moramo biti vrlo precizni jer mala promjena u proračunu može napraviti veliku promjenu u samoj izvedbi. U ovom radu uspoređuju se različiti promjeri prigušnice i kako oni utječu na lokalni otpor.

2. ZRAKOVODI – VENTILACIJSKE CIJEVI

Po vrsti materijala razlikujemo limene i plastične cijevi. Limene cijevi (Slika 2-1) debljine lima 0,7 do 2,0 mm izrađuju se s promjerom u granicama do cca 1,0 m. Dužina slogova ograničena je zbog težine na 2,0 do 4,0 m. S obzirom na srazmjerno visoku težinu i time otežanu manipulaciju prilikom ugradnje, limene cijevi zamijenjene su u novije vrijeme uglavnom plastičnim cijevima. Nasuprot tome, njihova je prednost u nižim koeficijentima otpora, što dolazi do izražaja osobito pri usisnom sistemu ventiliranja.



Slika 2-1 Limene ventilacijske cijevi (ProClim, 2019.)

Plastične cijevi (Slika 2-2) odlikuju se malom težinom i time srazmjerno lakom montažom, što omogućava primjenu cijevi velikih promjera i dužina. Od plastičnih cijevi traži se u prvom redu otpornost protiv zapaljenja i električna provodnost. Isto moraju posjedovati dobru fleksibilnost, potpunu zrakotijesnost, postojanost protiv starenja i što niži koeficijent otpora λ .



Slika 2-2 Plastična ventilacijska cijev (ORIENTFLEX, 2019.)

Plastične cijevi dijele se s obzirom na :

- vrstu i kvalitetu materijala
- konstruktivnu izvedbu

U pogledu vrste odnosno kvalitete materijala postoji niz izvedbi, što se odnosi na vrstu pletiva i kvalitetu plastične mase koja ispunjava pletivo. Kao pletivo primjenjuje se najčešće juta ili pamuk. U zavisnosti od ugrađenog materijala i specifičnosti izvedbe plastične se cijevi nazivaju tvorničkim oznakama i nazivima isporučioaca. Od bitne su važnosti međutim konstrukcija, dimenzije i osobine cijevi kao što su: promjer, dužina sloga, maksimalni dozvoljeni statički tlak.

Konstruktivno se cijevi dijele na 2 kategorije izvedbi: plosnate i spiralne.

Plosnate su cijevi jednostavnije, lakše i jeftinije, ali se mogu koristiti samo za tlačni sistem.

Spiralne cijevi okruglog ili rjeđe ovalnog presjeka armirane su ugrađenim kružnim metalnim žicama odnosno prestenima ili fleksibilnim pojasevima i mogu se koristiti kako za tlačni, tako i za usisni sistem ventilacije. Cijevi se vješaju putem prigradenih kuka duž nategnutog užeta. (Teply, 1990.)

3. LOKALNI OTPORI

Lokalni otpori u jamskim vjetrenim provodnicima nastaju uslijed promjene smjera i oblika vjetrene struje kod kretanja kroz objekt otpora, odnosno kod:

- naglog proširenja presjeka prostorije (Slika 3-1);
- naglog suženja presjeka prostorije (Slika 3-3);
- krivina raznih vrsta i oblika;
- prolaska vjetrene struje kroz otvore u pregradi;
- mjesta grananja vjetrene struje;
- vjetrenih mostova;
- vjetrenih kanala i sl.

Kod lokalnih otpora je karakteristično "trganje" vjetrene struje od čvrstih granica uslijed djelovanja sila inercije i stvaranje slobodnih struja. Između čvrstih stijenki jamske prostorije i granice slobodne struje stvara se zastojna zona koja se zapunjava masama zraka iz slobodne struje, koje imaju smjer kretanja suprotan vjetrenoj struji. Pod utjecajem unutrašnjeg trenja ove mase zraka dobivaju vrtložno kretanje, a energija se polako gubi pretvaranjem u toplinu.

Uslijed turbulentnog premještanja, iz osnovnog toka dolazi masa zraka s velikom energijom u zaostajnu zonu da bi se vratila u osnovni protok s malom energijom.

Na taj način dolazi u osnovnom protoku do stalnog gubitka energije koji je veći nego u normalnom protoku. (Rendulić, 1990.)

Za određivanje koeficijenta otpora kod linijskih otpora se najčešće koristi Moodyeva aproksimativna jednačba (3-1).

$$\lambda = 0,0055 + 0,15 \left(\frac{K}{D} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (3-1)$$

gdje su: λ - koeficijent otpora

K - koeficijent hrapavosti (mm)

D - promjer cijevi (mm)

Lokalni otpor računamo po formuli:

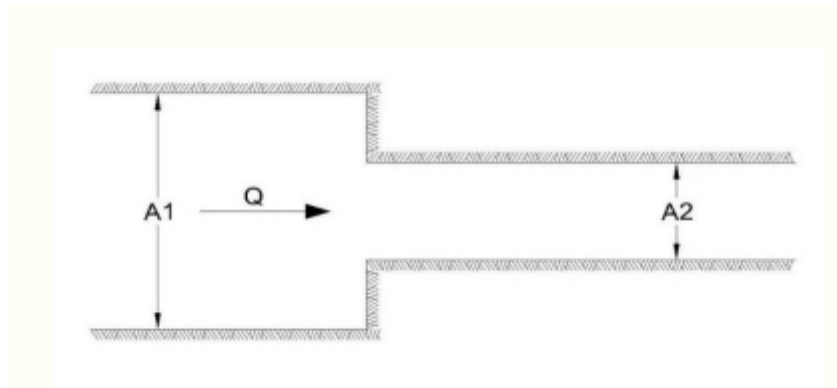
$$R = \xi \frac{\rho}{2A_2^2} \quad (3-2)$$

gdje su: R - lokalni otpor (Pa)

ξ - koeficijent dodatnog otpora

ρ - gustoća zraka (kg/m^3)

A - površina profila (m^2)



Slika 3-1 Naglo suženje presjeka (Klanfar, 2018.)

Koeficijent otpora lokalnog gubitka ξ raste što je veći omjer između površine početnog profila A_1 i profila suženja A_2 i što je veći koeficijent otpora λ . (Vrkljan, 2007.) To možemo i uočiti u tablici (Slika 3-2)

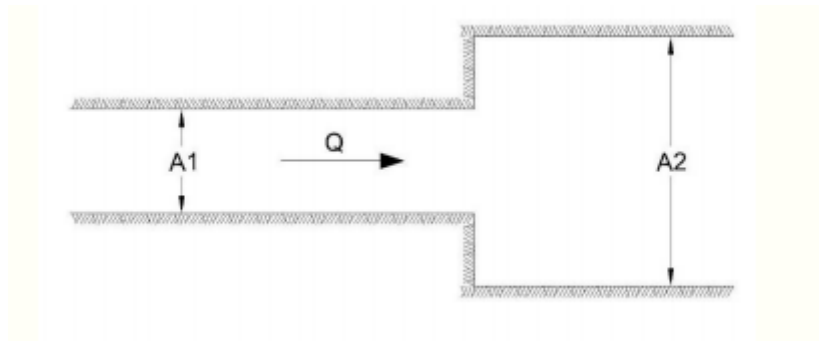
| $\lambda \backslash A_2/A_1$ | ξ | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| 0,026 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,17 | 0,23 | 0,29 | 0,33 | 0,36 | 0,39 |
| 0,039 | 0,03 | 0,06 | 0,12 | 0,19 | 0,26 | 0,32 | 0,37 | 0,41 | 0,48 |
| 0,052 | 0,03 | 0,06 | 0,13 | 0,21 | 0,29 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,43 |
| 0,065 | 0,03 | 0,07 | 0,14 | 0,23 | 0,32 | 0,39 | 0,44 | 0,49 | 0,54 |
| 0,078 | 0,04 | 0,08 | 0,16 | 0,26 | 0,36 | 0,44 | 0,50 | 0,56 | 0,60 |
| 0,092 | 0,04 | 0,08 | 0,16 | 0,27 | 0,37 | 0,45 | 0,52 | 0,58 | 0,62 |
| 0,105 | 0,04 | 0,09 | 0,18 | 0,29 | 0,40 | 0,49 | 0,56 | 0,62 | 0,67 |
| 0,118 | 0,04 | 0,10 | 0,19 | 0,31 | 0,43 | 0,54 | 0,60 | 0,69 | 0,74 |
| 0,131 | 0,04 | 0,10 | 0,20 | 0,33 | 0,45 | 0,56 | 0,63 | 0,71 | 0,74 |
| 0,144 | 0,05 | 0,11 | 0,21 | 0,35 | 0,48 | 0,59 | 0,67 | 0,75 | 0,81 |
| 0,157 | 0,05 | 0,11 | 0,23 | 0,37 | 0,51 | 0,62 | 0,71 | 0,79 | 0,85 |
| 0,170 | 0,05 | 0,12 | 0,24 | 0,39 | 0,54 | 0,66 | 0,75 | 0,84 | 0,90 |
| 0,183 | 0,06 | 0,13 | 0,25 | 0,41 | 0,57 | 0,69 | 0,79 | 0,88 | 0,94 |
| 0,196 | 0,06 | 0,13 | 0,26 | 0,43 | 0,59 | 0,72 | 0,82 | 0,92 | 0,99 |

Slika 3-2 Koeficijent otpora ξ suženja provodnika (Klanfar, 2018.)

Kod naglog proširenja presjeka (Slika 3-3), lokalni otpor računamo po formuli

$$R = \xi \frac{\rho}{2A_1^2} \quad (3-3)$$

gdje su: R - lokalni otpor (Pa)
 ξ - koeficijent dodatnog otpora
 ρ - gustoća zraka (kg/m³)
 A - površina profila (m²)



Slika 3-3 Naglo proširenje presjeka (Klanfar, 2018.)

Koeficijent dodatnog otpora ξ je razmjernan koeficijentu otpora λ i povećanju omjera početne površine profila A_1 i proširene površine profila A_2 . (Vrkljan, 2007.) To možemo i uočiti u tablici (Slika 3-4)

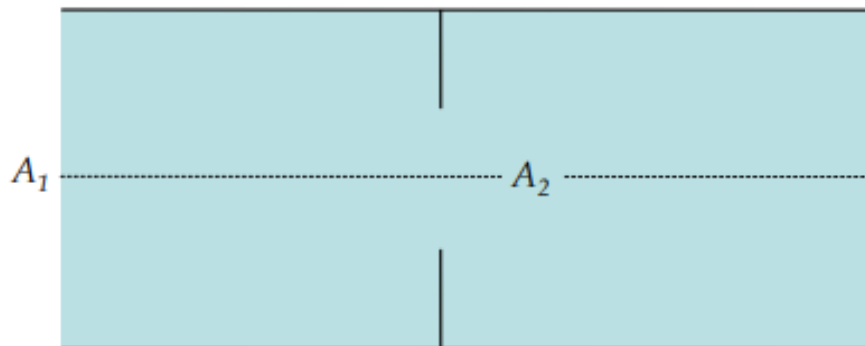
| $\lambda \backslash A_2/A_1$ | ξ | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| 0,026 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,17 | 0,23 | 0,29 | 0,33 | 0,36 | 0,39 |
| 0,039 | 0,03 | 0,06 | 0,12 | 0,19 | 0,26 | 0,32 | 0,37 | 0,41 | 0,48 |
| 0,052 | 0,03 | 0,06 | 0,13 | 0,21 | 0,29 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,43 |
| 0,065 | 0,03 | 0,07 | 0,14 | 0,23 | 0,32 | 0,39 | 0,44 | 0,49 | 0,54 |
| 0,078 | 0,04 | 0,08 | 0,16 | 0,26 | 0,36 | 0,44 | 0,50 | 0,56 | 0,60 |
| 0,092 | 0,04 | 0,08 | 0,16 | 0,27 | 0,37 | 0,45 | 0,52 | 0,58 | 0,62 |
| 0,105 | 0,04 | 0,09 | 0,18 | 0,29 | 0,40 | 0,49 | 0,56 | 0,62 | 0,67 |
| 0,118 | 0,04 | 0,10 | 0,19 | 0,31 | 0,43 | 0,54 | 0,60 | 0,69 | 0,74 |
| 0,131 | 0,04 | 0,10 | 0,20 | 0,33 | 0,45 | 0,56 | 0,63 | 0,71 | 0,74 |
| 0,144 | 0,05 | 0,11 | 0,21 | 0,35 | 0,48 | 0,59 | 0,67 | 0,75 | 0,81 |
| 0,157 | 0,05 | 0,11 | 0,23 | 0,37 | 0,51 | 0,62 | 0,71 | 0,79 | 0,85 |
| 0,170 | 0,05 | 0,12 | 0,24 | 0,39 | 0,54 | 0,66 | 0,75 | 0,84 | 0,90 |
| 0,183 | 0,06 | 0,13 | 0,25 | 0,41 | 0,57 | 0,69 | 0,79 | 0,88 | 0,94 |
| 0,196 | 0,06 | 0,13 | 0,26 | 0,43 | 0,59 | 0,72 | 0,82 | 0,92 | 0,99 |

Slika 3-4 Koeficijent otpora ξ proširenja provodnika (Klanfar, 2018.)

Prigušnica (Slika 3-5) predstavlja oštro smanjenje presjeka provodnika i izvodi se u jamskim uslovima. Prvobitni presjek hodnika ili cijevi površine A_1 smanjuje se putem pregrade s otvorom na presjek A_2 . Pri manjem prigušenju zadovoljit će suženje profila s odgovarajućom pregradom. Za jače prigušenje postavlja se pregrada s vratima i otvorom.

Takav se otvor obično izvodi sa zasunom, tako da se njegova površina može po potrebi regulirati. Na mjestu progušenja u prolazu kroz prigušnicu presjeka A_2 sužava se strujni snop sa presjeka A_1 najprije na presjek A_2 i zatim dalje ponovno na presjek A_1 . Smanjivanje presjeka toka znatno povećava gubitke pa dolazi i do ograničavanja protoka. Prigušnica se opisuje omjerom površine slobodnog otvora i ukupne površine presjeka toka ispred prigušnice (Andreić, 2014.)

$$m = \frac{A_2}{A_1} \quad (3-4)$$



Slika 3-5 Prigušnica (Andreić, 2014.)

Koeficijent dodatnog otpora ξ veći je što je manja površina presjeka toka (Slika 3-6).

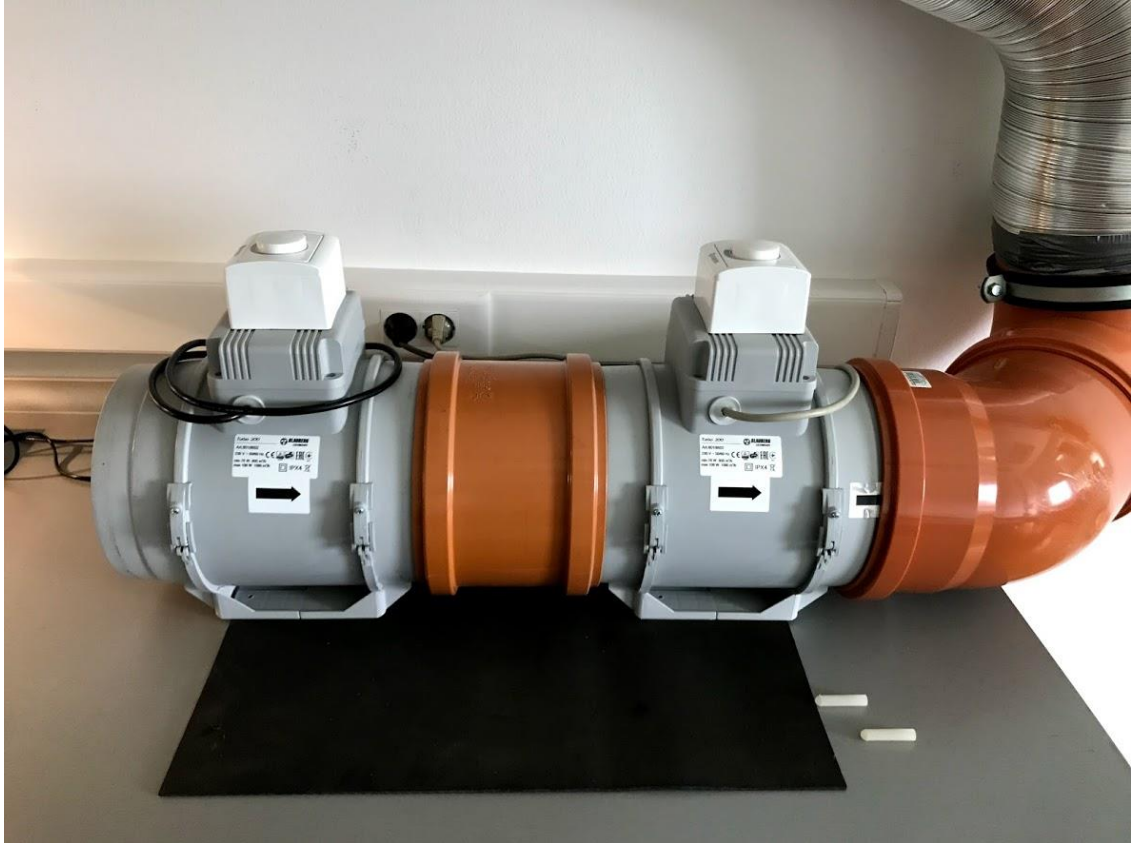
| | | | | | | | |
|-----------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| m | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| ζ_1 | 81 | 16 | 5,4 | 2,3 | 1,0 | 0,44 | 0,2 |

Slika 3-6 Koeficijent dodatnog otpora za prigušnicu (Andreić, 2014.)

4. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Ispitivanje smo napravili u Laboratoriju za vjetrenje na Zavodu za rudarstvo i geotehniku. U laboratoriju se nalazi ventilator (Slika 4-1) na kojeg je dalje spojen ventilacijski cjevovod (Slika 4-2). Pri kraju cjevovoda je cjevovod presječen kako bismo dobili utor u kojeg

stavljamu prigušnice. Svrha ispitivanja bila je usporediti razine otpora pri raznim promjerima prigušnice. Na kraju ventilacijske cijevi smo stavili i dvije Pitotove cijevi koje su bile na jednakoj udaljenosti od utora u kojeg stavljamu prigušnicu.



Slika 4-1 Ventilator u laboratoriju

Napravili smo improvizirani stalak kako bi Pitotove cijevi bili u ravnini. Pitotove cijevi mjere statički i ukupni tlak, a njihovom razlikom dobijemo dinamički tlak. Na kraju cjevovoda smo mjerili brzinu strujanja zraka koja se mijenjala pri različitim promjerima cijevi. Promjer same cijevi cjevovoda iznosi 200mm, a površina otvora cijevi iznosi $0,03142 \text{ m}^2$.



Slika 4-2 Prikaz cjevovoda u laboratoriju

Za mjerenje temperature, vlažnosti zraka i atmosferskog tlaka u prostoriji koristili smo Termo-Hygro barometar THB 4130D (Slika 4-3). Izmjerena temperatura u prostoriji je 23,6 °C, vlažnost zraka 37,5 %, a tlak 999 hPa.

Brzinu strujanja zraka pri kraju cijevi smo mjerili termoanemometrom.

Termoanemometar TA5 (Slika 4-4) je uređaj izgrađen od mjerne sonde i priključnog kabla. Prilikom mjerenja sonda se pomiče unutar cijevi na deset određenih točaka na kojima se zadržava određeni vremenski period, dok uređaj na digitalnom zaslonu bilježi rezultat. Uređaj pohranjuje mjerenja svake pojedine točke u memoriju, te daje njihov pregled i srednju vrijednost. (Čunko, 2017.)

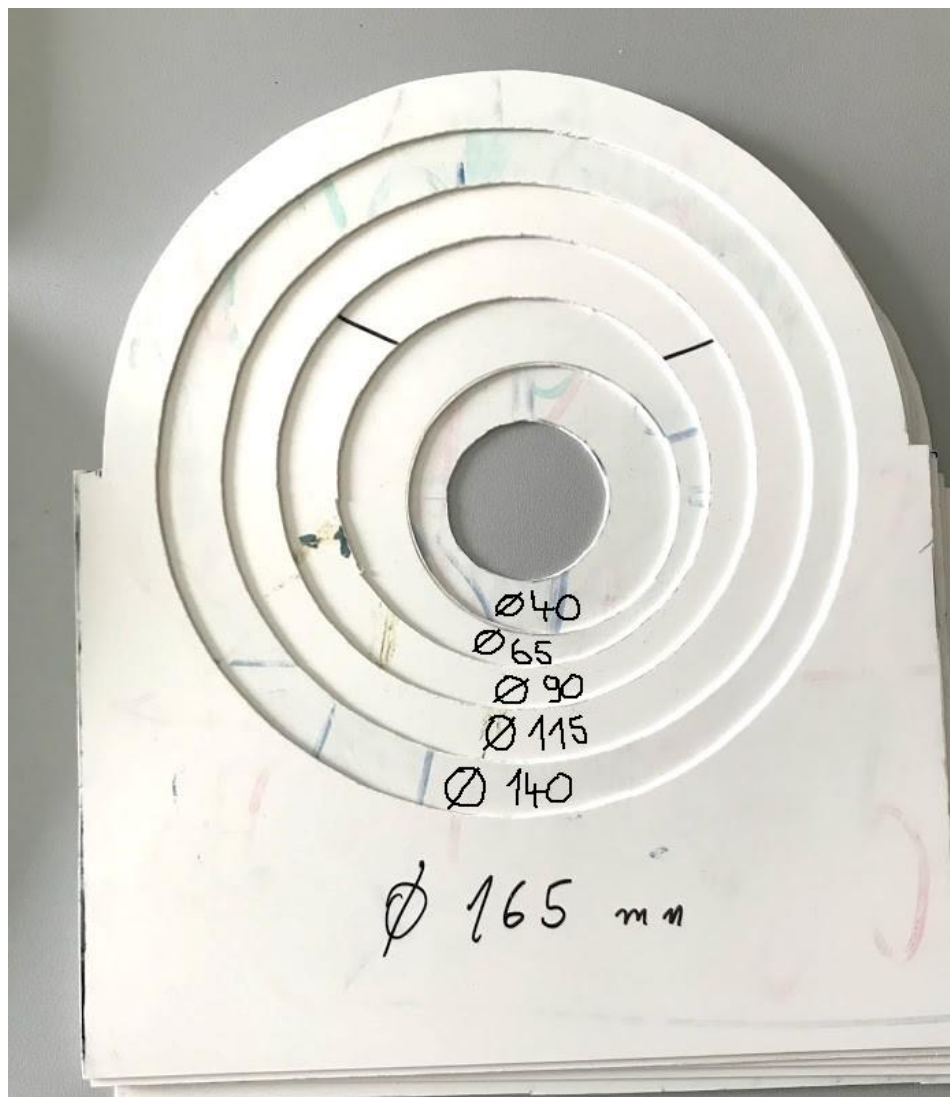


Slika 4-3 Termo-Hygro barometar THB 4130D



Slika 4-4 Termoanemometar TA5 (TSI, 2020.)

Prigušnice (Slika 4-5) smo imali u laboratoriju te smo prije mjerenja izmjerili njihov promjer. Prvo smo stavili prigušnicu najvećeg promjera, te smo pomoću termoanemometra izmjerili brzinu na nekoliko točaka, a uređaj kasnije pokaže srednju vrijednost tih točaka. Redom smo stavljali prigušnice manjeg promjera i bilježili vrijednosti. S tim vrijednostima kasnije računamo protok, otpor i koeficijent otpora.

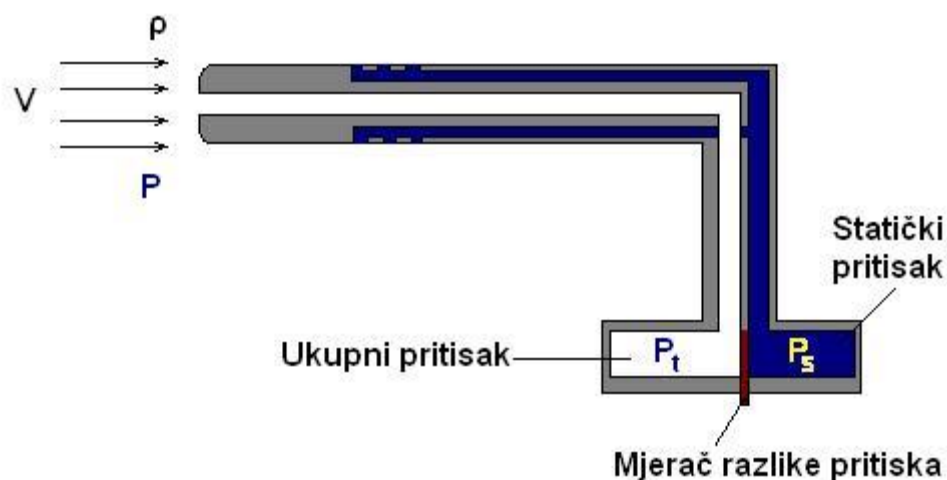


Slika 4-5 Prigušnice

Tablica 4-1 Tablica dobivenih rezultata mjerenjem

| Promjer prigušnice r (mm) | Brzina v (m/s) | Pad tlaka h (Pa) |
|-----------------------------|------------------|--------------------|
| 165 | 8,06 | 20,45 |
| 140 | 7,52 | 117,75 |
| 115 | 6,50 | 304,50 |
| 90 | 4,55 | 460,40 |
| 65 | 3,02 | 489,80 |
| 40 | 1,42 | 513,20 |

Pad tlaka računali smo neposrednom metodom, tj. izravnim mjerenjem razlike tlakova. Za to su nam potrebne Pitotove cijevi (Slika 4-6) koje smo postavili u cjevovod tako da smo prigušnicu stavljali točno na pola udaljenosti između dvije Pitotove cijevi. Pitotove cijevi moraju biti na referentnoj visini. Spojene su preko gumenog crijeva na manometar na kojem lako očitamo pad tlaka.



Slika 4-6 Pitotova cijev (Wikipedia, 2007.)

Neposredna metoda odlikuje se preciznošću izmjere i jednostavna je utoliko što pruža neposredne podatke, pa nisu potrebne izmjere za utvrđivanje temperature i gustoće zraka, brzine strujanja kao i podaci o kotama mjernih točaka. Nasuprot tome, treba imati u vidu nešto težu manipulaciju pri razvlačenju cijevi. (Teply, 1990.)

5. RAČUNSKO ODREĐIVANJE KOEFICIJENTA OTPORA

Iz podataka koje smo dobili mjerenjem možemo dalje izračunati vrijednosti protoka, otpora, površina otvora i koeficijenta otpora.

Protok Q smo računali iz poznatih vrijednosti formulom

$$Q = vA \quad (5-1)$$

gdje su: v - brzina zračne struje (m/s)

A - površina poprečnog presjeka cijevi (m²)

Otpor R smo računali pomoću formule

$$R = \frac{h}{Q^2} \quad (5-2)$$

gdje su: h - pad tlaka (Pa)

Q - protok zraka (m³/s)

Površinu otvora A smo dobili pomoću formule

$$A = r^2 \pi \quad (5-3)$$

gdje su: r - promjer suženog profila cijevi (m)

π - matematička konstanta

U tablici 5-1 možemo vidjeti prikaz izračunatih vrijednosti zajedno sa podacima koje smo dobili mjerenjem u laboratoriju. Uvrstio sam i podatke iz mjerenja radi lakše preglednosti tablice.

Tablica 5-1 Tablica izračunatih vrijednosti

| Radijus prigušnice r_2 (mm) | Brzina v (m/s) | Protok Q (m ³ /s) | Pad tlaka h (Pa) | Otpor (Pa) | Površina otvora A_2 (m ²) |
|-------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------|------------|---|
| 82,5 | 8,06 | 0,1723 | 20,45 | 118,69 | 0,02138 |
| 70 | 7,52 | 0,1157 | 117,75 | 1017,72 | 0,01539 |
| 57,5 | 6,50 | 0,0675 | 304,50 | 4511,11 | 0,01039 |
| 45 | 4,55 | 0,0289 | 460,40 | 15930,80 | 0,00636 |
| 32,5 | 3,02 | 0,0100 | 489,80 | 48980,00 | 0,00332 |
| 20 | 1,42 | 0,0018 | 513,20 | 285111,11 | 0,00126 |

Koeficijenti lokalnog otpora smo dobili iz formule pada tlaka:

$$h = \xi \frac{v^2}{2g} \quad (5-4)$$

gdje su: h - pad tlaka (Pa)

ξ - koeficijent lokalnog otpora

v - brzina strujanja zraka (m/s)

g - ubrzanje Zemljine sile teže (m/s²)

Iz gornje formule može se odrediti vrijednost koeficijenta lokalnog otpora

$$\xi = \frac{2g}{v^2} h \quad (5-5)$$

Tablica 5-2 Tablica vrijednosti koeficijenta lokalnog otpora

| Radijus prigušnice r_2 (mm) | Koeficijent lokalnog otpora ξ |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| 82,5 | 6,176 |
| 70 | 40,853 |
| 57,5 | 141,403 |
| 45 | 436,326 |
| 32,5 | 1053,668 |
| 20 | 4993,545 |

Dobivene rezultate koeficijenta lokalnog otpora možemo usporediti s koeficijentima iz literature

Tablica 5-3 Tablica usporedbe koeficijenta lokalnog otpora

| Površina otvora prigušnice A_2 (m ²) | Površina otvora cijevi A_1 (m ²) | m | Dobiveni koeficijent lokalnog otpora ξ | Koeficijent lokalnog otpora ξ iz literature |
|--|--|--------|--|---|
| 0,02138 | 0,03142 | 0,6805 | 6,176 | 0,06 |
| 0,01539 | 0,03142 | 0,4898 | 40,853 | 0,2 |
| 0,01039 | 0,03142 | 0,3307 | 141,403 | 0,85 |
| 0,00636 | 0,03142 | 0,2024 | 436,326 | 5,4 |
| 0,00332 | 0,03142 | 0,1057 | 1053,668 | 81 |
| 0,00126 | 0,03142 | 0,0401 | 4993,545 | 2288 |

gdje je m omjer površine otvora prigušnice A_2 i površine otvora cijevi A_1

6. ZAKLJUČAK

Ispitivanje otpora pregrade u ventilacijskim sustavima provedeno je na laboratorijskom modelu vjetrene mreže. Na modelu smo koristili razne profile prigušnice i usporedili kako djeluju na otpor i koeficijent otpora. Temeljem podataka koje smo dobili zaključujemo da se koeficijent lokalnog otpora povećava smanjivanjem radijusa prigušnice. Podatke smo usporedili s podacima iz literature. Velika je razlika između podataka koje smo dobili i podataka koje smo pronašli u literaturi. Ima malo podataka za koeficijente lokalnog otpora u literaturi jer ih je teško univerzalno odrediti. Proizvođači elemenata armature u svojim priručnicima često navode svoje vrijednosti koje se mogu razlikovati od proizvođača do proizvođača. Svako mjerenje se razlikuje baš zbog toga jer elementi često imaju drugačije karakteristike. Napretkom tehnologije dolazi do upotrebe različitih cijevi s različitom stijenkom koja na kraju ima veliku ulogu u dobivenim rezultatima.

7. LITERATURA

Andreić, Ž. 2014. Temelji mehanike fluida. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Antolović, L. 2015. Gubici u niskotlačnom sustavu za navodnjavanje. URL: https://bib.irb.hr/datoteka/894233.Gubici_u_niskotlanom_sustavu_za_navodnjavanje_Luka_Antolovi.pdf (08.09.2020.)

Čunko, M. 2017. Usporedba instrumenata za mjerenje brzine strujanja zraka. Diplomski rad. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Klanfar, M. 2018. Linijski i lokalni otpori strujanju zraka. URL: https://moodle.srce.hr/2018-2019/pluginfile.php/2554342/mod_resource/content/0/Otpori%20strujanju.pdf (07.09.2020.)

ORIENTFLEX, 2019. Plastična ventilacijska cijev. URL: <http://orienthose.com/wp-content/uploads/2019/03/6-3.jpg> (07.09.2020.)

ProClim, 2019. Limene ventilacijske cijevi. URL: <https://www.proclim.dz/wp-content/uploads/2018/08/gaine-circulaire-spirale.jpg> (07.09.2020.)

Rendulić, V. 1990. Otpori strujanju jamskog zraka u rudarskim prostorijama. Disertacija. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Teply, E. 1990. Rudnička ventilacija. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet

TSI, 2020. Termoanemometar TA5. URL: <https://tsi.com/getmetafile/7502813d-9fa9-4a11-9d3a-57c2ca605989/TA5> (07.09.2020)

Vrkljan, D. 2007. Vjetrenje rudnika, tunela i podzemnih prostorija. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Wikipedia, 2007. Pitotova cijev. URL: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Pitot-cijev> (08.09.2020.)



KLASA: 602-04/21-01/190
URBROJ: 251-70-11-21-12
U Zagrebu, 15.6.2021.

Luka Guštin, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/21-01/190, URBROJ: 251-70-11-21-11 od 10.05.2021. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

LABORATORIJSKO ISPITIVANJE OTPORA PREGRADE U VENTILACIJSKIM ZRAKOVODIMA

Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Doc.dr.sc. Mario Klanfar nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Voditelj

(potpis)

Doc.dr.sc. Mario Klanfar

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Doc.dr.sc. Dubravko
Domitrović

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Dalibor
Kuhinek

(titula, ime i prezime)