

OCJENA PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA

OPŠTI PODACI O DOKTORANDU	
Titula, ime i prezime	Mr Vidosava Vilotijević
Fakultet	Mašinski fakultet
Studijski program	Mašinstvo
Broj indeksa	1/2018
Podaci o magistarskom radu	Odabir instalisanog protoka kod malih hidroelektrana, primijenjena mehanika fluida, Mašinski fakultet, Univerzitet Crne Gore, 2018, A (9.80)
NASLOV PREDLOŽENE TEME	
Na službenom jeziku	Numeričko simuliranje i analiza podataka aerodinamičke buke generisane radom vjetroturbina
Na engleskom jeziku	Numerical simulations and field data analyses of aerodynamical noise generation by wind turbine
Datum prihvatanja teme i kandidata na sjednici Vijeća organizacione jedinice	07.10.2019.
Naučna oblast doktorske disertacije	Mehanika fluida, transportni fenomeni
Za navedenu oblast matični su sljedeći fakulteti	
Mašinski fakultet Podgorica, Univerzitet Crne Gore	
A. IZVJEŠTAJ SA JAVNE ODBRANE POLAZNIH ISTRAŽIVANJA DOKTORSKE DISERTACIJE	
Javna odbrana polaznih istraživanja „Numeričko simuliranje i analiza podataka aerodinamičke buke generisane radom vjetroturbina“, kandidata mr Vidosave Vilotijević, organizovana je na Mašinskom fakultetu u Podgorici dana 15.11.2019. godine, u Sali 224 sa početkom u 12h, pred Komisijom u sastavu: 1. Prof. dr Uroš Karadžić, predsjednik, 2. Doc. dr Milan Šekularac, član, 3. Prof. dr Igor Vušanović, mentor, Kandidat je na kvalitetan način obrazložio izazovnu i novu temu aeroakustike, prikazao je detaljan literaturni pregled dosadašnjih istraživanja u ovoj oblasti, definisao hipoteze koje će biti provjerene tokom rada na izradi disertacije, predstavio matematički model koji će biti korišćen u radu, izložio detaljan istraživački program, ciljeve i metodologiju rada. Svi članovi Komisije su, po završetku izlaganja, dali komentare, postavili pitanja i dali sugestije za dalji nastavak rada na disertaciji. Posebno je izraženo zadovoljstvo što se radom na predloženoj temi otvara jedna nova oblast vezana za vjetar kao danas najznačajniji obnovljivi izvor energije u svijetu.	
B. OCJENA PODOBNOSTI TEME DOKTORSKE DISERTACIJE	

B1. Obrazloženje teme

Energija vjetra i njeno iskorišćenje kao obnovljivog vida energije je trenutno jedna od najvažnijih tema globalno u svijetu. Udio energije vjetra u proizvodnji električne energije u velikom broju evropskih i van evropskih zemalja je u snažnom porastu, i predviđa se i dalji rast u skladu sa Pariškim sporazumom iz 2015. godine čiji je cilj smanjenje emisija gasova staklene bašte na predindustrijski nivo iz 1850. Treba napomenuti da je udio energije vjetra 4,4% u ukupnoj svjetskoj proizvodnji električne energije. Prema Globalnom izveštaju o vjetru (2018) Globalnog savjeta za energiju vjetra (GVEC), Kina, SAD, Nemačka i Indija predvode globalnu proizvodnju energije iz vjetroturbina, a slijede Španija, Velika Britanija, Francuska, Kanada, Brazil i Italija, koje zajedno čine 85 % udjela u globalnoj proizvodnji energije iz vjetroelektrana. Ove brojke odražavaju rastuće oslanjanje na energiju vjetra širom svijeta i potrebu za razvijanjem efikasnijih vjetroelektrana sa minimizovanom bukom. Kako se ove turbine često postavljaju u blizini ljudskih staništa, postoje primjeri gdje su lokalne zajednice isticale probleme buke u radu, strukturnih vibracija i vizuelnog uticaja. Najznačajniji negativni efekat koji prati rad vjetroturbina je generisanje niskofrekventne buke koja je posledica složenog turbulentnog strujanja oko lopatica kola turbine, koja u dužini može biti i veća od 50m. Niskofrekventna buka može da ima značajan uticaj po ekosistem u kojem se nalazi vjetroturbina, pa je poznavanje ovog fenomena neophodno za bolje sagledavanje uticaja ovih uređaja na životnu sredinu.

B2. Cilj i hipoteze

Cilj ove doktorske disertacije je istraživanje fenomena generisanja niskofrekventne buke koja se stvara usled strujanja, tokom rada vjetroturbina. Generalno gledano, istraživanje se može podijeliti u dva pravca:

- Kao prvo, potrebno je fundamentalno poznavanje fenomena generisanja turbulencije usled strujanja vazduha oko profila lopatica vjetroturbina, a koje direktno zavisi od različitih režima rada turbine sa manjim ili većim brzinama vjetra. Generisana turbulencija je osnova za formiranje niskofrekventne buke koja ima ili može imati uticaj na životnu sredinu. U tom smislu kao jedan od ciljeva rada je definisanje i razvijanje matematičkog modela i kompjuterskog programa, sa kojim će se analizirati različiti profili vjetroturbina, kako sa pitanja uticaja niskofrekventne buke na životnu sredinu tako i sa pitanja efikasnosti rada vjetroturbine.
- Kao drugo, potrebno je tokom rada istražiti i kako različiti profili lopatica utiču na efikasnost rada vjetroturbine, odnosno na stepen konverzije kinetičke energije vjetra u mehaničku energiju vratila turbine koja se koristi za proizvodnju električne energije.

Kao polazna osnova za istraživanje gore navedenih fenomena potrebno je definisati hipoteze koje treba da posluže kao osnova za pravce istraživanja u okviru rada. U ovom radu istraživanje će biti postavljeno na osnovu 4 (četiri) hipoteze i to:

HIPOTEZA 1: CFD modeli mogu da opišu niskofrekventni šum proizveden od lopatica vjetroturbina

HIPOTEZA 2: Lopatice vjetroturbine stvaraju niskofrekventni šum unutar granica osjetljivosti ptica.

HIPOTEZA 3: Oblik i hrapavost lopatica turbine kontrolišu intenzitet i prigušenje generisanog niskofrekventnog šuma u blizini turbine.

HIPOTEZA 4: Modeli velike tačnosti i smanjene složenosti CFD-a su od velike važnosti za smanjenje negativnog uticaja održivih energetske tehnologije na životinjski svijet.

B3. Metode i plan istraživanja

U ovom doktorskom radu predviđeno je korišćenje analitičkih, numeričkih i eksperimentalnih metoda istraživanja fenomena generisanja niskofrekventne buke kod vjerogeneratora sa horizontalnom osovinom. Matematički model aeroakustike baziran je na Lighthil – ovoj akustičnoj analogiji koja se izvodi iz jednačina:

$$\frac{\partial \rho'}{\partial t} + \bar{\rho} \frac{\partial u'}{\partial x} + \bar{u} \frac{\partial \rho'}{\partial x} + \bar{\rho} \frac{\partial v'}{\partial y} + \bar{v} \frac{\partial \rho'}{\partial y} = 0.$$

$$\bar{\rho} \frac{\partial u'}{\partial t} + \bar{\rho} \bar{u} \frac{\partial u'}{\partial x} + \bar{\rho} \bar{v} \frac{\partial u'}{\partial y} + \frac{\partial p'}{\partial x} = 0.$$

$$\bar{\rho} \frac{\partial v'}{\partial t} + \bar{\rho} \bar{u} \frac{\partial v'}{\partial x} + \bar{\rho} \bar{v} \frac{\partial v'}{\partial y} + \frac{\partial p'}{\partial y} = 0.$$

Lajthilova akustička analogija glasi

$$\frac{\partial^2 p'}{\partial t^2} - c_0^2 \nabla^2 p' = \frac{\partial^2 T_{ij}}{\partial x \partial y}.$$

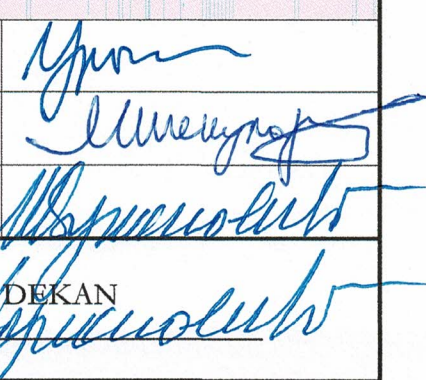
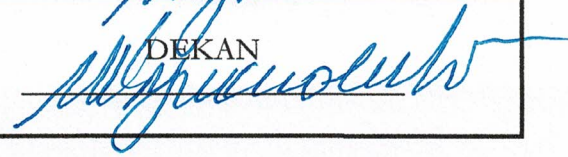
Foks - Vilijams i Hevinks (Ffowcs-Williams i Hawkins) su proširili Lajthilovu teoriju, tako da FW-H jednačina može da predviđa buku od svih pokretnih površina. FW-H jednačina ima dva dodatna člana koji predstavljaju monopodne i dipodne izvore prikazane u sledećoj jednačini:

$$\frac{\partial^2 p'}{\partial t^2} - c_0^2 \nabla^2 p' = \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \{T_{ij} H(f)\} - \frac{\partial}{\partial x} \{[P_{ij} v + \rho u(u_n - v_n)] \delta(f)\} + \frac{\partial}{\partial t} \{[\rho_0 v_n + \rho(u_n - v_n)] \delta(f)\}$$

Osnovni numerički alat koji će biti korišćen u istraživanju biće softverski paket ANSYS Fluent, koji je licenciran u Laboratoriji za energetiku Mašinskog fakulteta u Podgorici. U mnogim naučnim poljima Fluent se već koristi kao tzv. benchmark standard, što znači da se rezultati koji se sa njime dobijaju mogu koristiti kao osnova za upoređivanje za modele koji će se razvijati, ili koji će biti testirani. Laboratorijski dio istraživanja biće organizovan u Laboratoriji SAFL Univerziteta u Minnesoti, USA gdje su predviđena mjerenja na pravoj vjetroturbini snage 2.5 MW.

B4. Naučni doprinos

Poznavanje i opisivanje fenomena aeroakustične niskofrekventne buke koja se generiše radom vjetroturbina je od krucijalnog značaja za proučavanje uticaja ovih uređaja na živi svijet. Za dobijanje pravih odgovora na ovaj problem od fundamentalnog značaja je prije svega matematičko i numeričko modeliranje fenomena strujanja kod vjetroturbina primjenom parcijalnih diferencijalnih jednačina kojima se klasično prikazuju osnovni zakoni održanja (mase, energije i količine kretanja). Eksperimentalna mjerenja turbulencije u realnim i laboratorijskim uslovima radi verifikacije i validacije rezultata dobijenih numeričkim simulacijama, treba da posluže za verifikaciju i validaciju modela za predviđanje buke, a sve za potrebe daljeg korišćenja u praksi u cilju sagledavanja uticaja ovih uređaja na životnu sredinu. Kao naučni doprinos može se navesti i definisanje standarda po kojima će se vršiti mjerenja i kvantifikovanje uticaja različitih vrsta buke izazvanih strujanjima fluida u Crnoj Gori, kao i implementacija dobijenih znanja za dobijanje tzv. mapa buke u urbanim i van urbanim sredinama, jer se u novije vrijeme i buka razmatra kao vrsta zagađenja i jedan od najznačajnijih parametara po pitanju kvaliteta života i rada.

B5. Finansijska i organizaciona izvodljivost istraživanja		
Mašinski fakultet Univerziteta Crne Gore posjeduje značajne kapacitete i resurse za numeričko istraživanje, prije svega svoju radnu stanicu, licencirani software ANSYS Fluent koji je danas jedan od najznačajnijih i najpriznatijih u naučnim zajednicama širom svijeta. Takođe, eksperimentalni rezultati koji će biti na raspolaganju će biti dobijeni iz Laboratorije SAFL sa Univerziteta u Minnesoti, USA u okviru razmjene i saradnje koje smo već uspostavili.		
Mišljenje i prijedlog komisije		
Nakon uvida u materijal Polaznih istraživanja, prezentovanja na javnoj odbrani i odgovora kandidata na postavljena pitanja, Komisija je jednoglasno odlučila da je tema originalna i naučno opravdana, te preporučuje Vijeću Mašinskog fakulteta i Senatu UCG da je usvoji. Dosadašnja polazna istraživanja u vidu definisanog matematičkog modela poslužiće kao dobra startna osnova za određivanje uticaja odgovarajućih parametara na formiranje aeroakustične buke i sa druge strane uticaja formirane buke na žive organizme.		
Prijedlog izmjene naslova		
/		
Prijedlog promjene mentora i/ili imenovanje drugog mentora		
/		
Planirana odbrana doktorske disertacije		
2022		
Izdvojeno mišljenje		
/		
Napomena		
/		
ZAKLJUČAK		
Predložena tema po svom sadržaju odgovara nivou doktorskih studija	<u>DA</u>	NE
Tema je originalan naučno-istraživački rad koji odgovara međunarodnim kriterijumima kvaliteta disertacije.	<u>DA</u>	NE
Kandidat može na osnovu sopstvenog akademskog kvaliteta i stečenog znanja da uz adekvatno mentorsko vođenje realizuje postavljeni cilj i dokaže hipoteze	<u>DA</u>	NE
Komisija za ocjenu podobnosti teme i kandidata		
Prof. dr Uroš Karadžić, Mašinski fakultet, Univerzitet Crne Gore, Podgorica		
Doc. dr Milan Šekularac, Mašinski fakultet, Univerzitet Crne Gore, Podgorica		
Prof. dr Igor Vušanović, Mašinski fakultet, Univerzitet Crne Gore, Podgorica		
U Podgorici, 18.11.2019. godine		
		DEKAN 

PRILOG

PITANJA KOMISIJE ZA OCJENU PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA	
Prof. dr Uroš Karadžić, vanredni profesor, predsjednik	1. Da li je rješavanju problema aerodinamike dovoljan 2D pristup ili će se morati uključiti 3D model? 2. Da li je poznat opseg uticajnih frekvencija zvuka na pojedine vrste ptica ili će to da bude jedan od rezultata istraživanja? 3. Da li smanjivanje buke kod vjetrogeneratora vodi ka smanjivanju stepena korisnosti turbine?
Doc. dr Milan Šekularac, član	1. Kako se razlikuju i razdvajaju tehnički aeroakustična i mehanička buka? 2. Koje su frekvencije buke koje detektuje čovjek i ostali živi organizmi? 3.
Prof. dr Igor Vušanović, redovni profesor, mentor	1. Zašto u energijskoj jednačini nema difuzionog člana? 2. Kako je izbjegnuta temperatura kao promenljiva u energijskoj jednačini?
PITANJA PUBLIKE DATA U PISANOJ FORMI	
(Ime i prezime)	
(Ime i prezime)	
(Ime i prezime)	
ZNAČAJNI KOMENTARI	
Tema je označena kao veoma značajna po pitanju razvoja i primjene energije vjetra u Crnoj Gori, kao jednog od najznačajnijih resursa u XXI vijeku. Iz ovog istraživanja se očekuje da se u Crnoj Gori donesu akta i propisi kojom će se regulisati pitanje buke generalno a ne samo u energetici.	