

Geotehnička istraživanja za lokacije vetroturbina na prostoru vetroelektrane „VE Crni Vrh“

DRAGANA L. SAVIĆ, Rudarski institut, Beograd

ORCID: 0009-0002-3396-9435

SVETLANA M. POLAVDER, Rudarski institut, Beograd

ORCID: 0000-0002-5661-1578

TANJA S. MILADINOVIĆ, Rudarski institut, Beograd

ORCID: 0000-0002-1174-5599

Stručni rad

UDC: 621.584.4(497.11)

621.311.245(497.11)

DOI: 10.5937/tehnika2502161S

Povećanjem proizvodnje „zelene“ energije u svetu, taj trend je došao i u Srbiju, pa je „VE Crni vrh“ vetroelektrana velike snage u kojoj će se proizvoditi električna energija i putem planiranih dalekovoda isporučivati krajnjim potrošačima, čime će se povećati pouzdanost i bezbednost u snabdevanju električnom energijom potrošača na teritoriji opština Žagubica i Majdanpek i grada Bora. Prilikom projektovanja vetroelektrane veoma je važno utvrđivanje geotehničkih karakteristika terena, koji uslovljava način fundiranja (plitko ili duboko) vetroturbine. Zbog velike visine stuba (118 m) dejstvo vetra predstavlja dominantno opterećenje kod vetroturbina. Zbog njegove stohastičke prirode, kao i zbog čestog nepostojanja primarnog pravca dejstva, predviđeno je da temeljne stope budu kružnog oblika za najveći broj pozicija vetroturbina. Osim toga, kružni oblik je i značajno praktičniji sa stanovišta izvođenja, i generalno superiorniji sa aspekta ponašanja (performansi). Na dve lokacije, zbog kombinacije relativno nepovoljnog položaja vetroturbine u odnosu na kosinu padine, stratigrafiju terena i geotehničke karakteristike zastupljenih litoloških slojeva, usvojeno je rešenje dubokog fundiranja na „stojećim“ šipovima. U radu je prikazan način prezentovanja rezultata geoloških, geomorfoloških, inženjerskogeoloških i geomehaničkih laboratorijskih ispitivanja, na primeru odabrane lokacije vetroturbine TI-12 u okviru vetroelektrane „VE Crni vrh“.

Ključne reči: geotehnička istraživanja, vetroelektrana, vetroturbina, obnovljivi izvori energije, životna sredina

1. UVOD

Najverovatniji scenario globalnog razvoja pretpostavlja ekonomiju zasnovanu na efikasnom korišćenju relativno „čiste“ i iz različitih izvora dostupne energije. Zahtev koji će u budućnosti biti dominantan je da proizvodnja i potrošnja energije ostavljaju što manje negativnih posledica po životnu sredinu, po vodu, vazduh, zemljište, a posredno i na čitav lanac ishrane, biodiverzitet i ljudsko zdravlje [9].

Puštanjem u rad vetroelektrane „VE Crni vrh“ koja će predstavljati značajan projekat u razvoju vetroelektrana velike snage u Srbiji, utičući na povećanje ukupnog energetskog kapaciteta u ovom delu Srbije,

proizvodnjom čiste i „zelene“ električne energije sa minimalnim uticajem na životnu sredinu [4]. Lokacija vetroelektrane „VE Crni vrh“ zauzima delove prostora na teritoriji opština Žagubica i Majdanpek i grada Bora, u zahvatu katastarskih opština K.O. Žagubica, K.O. Laznica Selište (opština Žagubica), K.O. Vlaole (opština Majdanpek) i K.O. Krivelj (grad Bor), slika 1.

U periodu 2020-2021. godina izvršena su geotehnička istraživanja terena čiji rezultati su poslužili kao podloga za izradu projekta P1 Vetroelektrana „VE Crni vrh“ (vetroturbine sa pripadajućim temeljima i platoima, TS 33/110 kV VE Crni vrh i interna kablovska mreža VE – energetski 33 kV kablovi i optički kablovi).

U fazi izrade projekata, vetroelektrana je projektovana sa 32 vetroturbine sa pripadajućim platoima, raspoređenih u četiri grupe (slika 1):

- I grupa se sastoji od 17 vetroturbina sa oznakama TI1- TI17

Adresa autora: Dragana Savić, Rudarski institut, Beograd, Batajnički drum 2

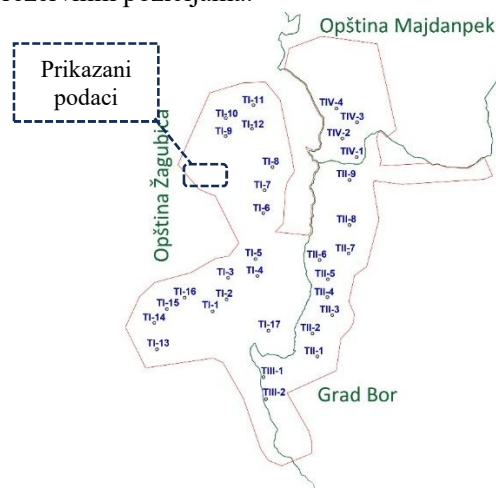
e-mail: d.savic@geoing.rs

Rad primljen: 10.02.2025.

Rad prihvaćen: 03.04.2025.

- II grupa se sastoji od 9 vetroturbina sa oznakama TIII1- TIII9
- III grupa se sastoji od 2 vetroturbine sa oznakama TIII1- TIII2
- IV grupa se sastoji od 4 vetroturbine sa oznakama TIV1- TIV4.

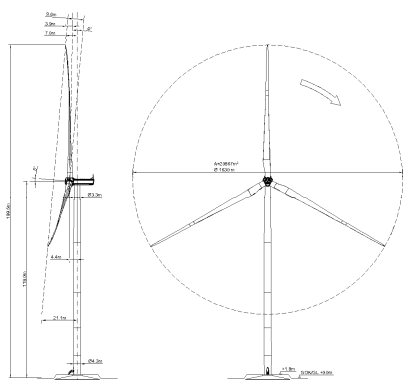
Investitor je zadržao pravo da se u kasnijim fazama izrade projektno-tehničke dokumentacije primeni tip vetroturbine veće instalisane snage, u konfiguraciji u kojoj će se koristiti manji broj pozicija od raspoložive 32 pozicije, a da će se neiskorišćene pozicije proglasiti rezervnim pozicijama.



Slika 1 - Šematski prikaz rasporeda vetroturbina sa granicama opština (zeleno linija), granicom istražnog područja (crvena linija)

Za razradu idejnog rešenja izabrana je vetroturbina tipa Nordex 163/5.X instalisane aktivne snage 5,7 MW i visine stuba do ose gondole (Hub height) 118 m. Opremljena je trokrakom elisom prečnika 163 m. Vetroturbine se isporučuju kao prefabrikovan proizvod uz fabričku dokumentaciju [6].

Za izabran tip vetroturbine se formira konfiguracija VE u kojoj su iskorišćene svih 32 pozicije vetroturbina [7].



Slika 2 - Osnovne dimenzije vetroturbine tipa Nordex 163/5.X

2. KONCEPCIJA I METODOLOGIJA GEOTEHNIČKOG ISTRAŽIVANJA I ISPITIVANJA TERENA

Koncepcija i metodologija geotehničkih istraživanja i ispitivanja na projektovanim pozicijama vetroturbina određena je uvažavajući aktuelnu zakonsku regulativu, propise, normative, standarde i stručnu literaturu [2, 3], kao i prema minimalnim zahtevima koje Geotehnički elaborat mora da ispuni kao podloga za odabrani tip turbine i projektovan tip temelja [7].

Projektovanje temelja za vetroturbine zasniva se na nizu geotehničkih parametara. Ispunjenje ovih parametara je od suštinskog značaja za projektovanje temeljne konstrukcije da izdrži primenjena opterećenja tokom celog veka trajanja vetroturbine.

Potrebne informacije o lokaciji predviđenoj za izgradnju vetroturbine obuhvataju sledeće [4]:

- Analizu relevantne tehničke dokumentacije iz svih prethodnih faza geoloških istraživanja kao i dostupne literature, a potom rezultate inženjerskogeoškog rekognosciranja/kartiranja terena u širem području buduće vetroturbine (na površini od 2 prečnika temelja za mrežu 15x15 m);
- Analizu i obradu podataka kartiranja bušotina sa klasifikovanjem stenske mase u zoni bušotina;
- Grafički profil istražne bušotine sa prezentovanjem podataka iz prethodne tačke;
- Analizu i obradu rezultata laboratorijskih ispitivanja uzoraka uzetih iz jezgra bušotina;
- Prikaz geološke građe terena i međusobne odnose litoloških članova (litogeneza, debljina, dubina zaleganja i dr);
- Geometriju - prostorni odnos temelja i geološke sredine u podlozi i okolnom prostoru vetroturbine i njenog pripadajućeg platoa;
- Podatke o nivou podzemne vode, za životni vek od 20 godina, uključujući sezonske varijacije;
- Rizik od akumulacije površinskih voda;
- Identifikacija sloja tla u nivou temelja;
- Fizičke parametre zastupljenih litoloških članova (tla i čvrste stenske mase);
- Zapreminsku težinu nasutog tla i zahteve za sabijanje;
- Parametri čvrstoće c' / ϕ' ;
- Parametre krutosti: E statički, E dinamički i Poissonov koeficijent, ν ;
- Zahteve za zamenu tla uključujući i zbijanje (ako postoji);
- Uslovi tokom i nakon iskopavanja;
- Obavezan inspeksijski nadzor na licu mesta tokom ili nakon iskopavanja;

- Podatke za hemijski reaktivna zemljišta: PH vrednost, sadržaj hloriga, sadržaj sulfata.
- Pored toga, Geotehnički elaborat definiše i:
- Ukupnu stabilnost nagiba terena (ako postoji);
- Stabilnost kosine iskopa;
- Rizik od tečenja (likvefakcije).

Za klasifikaciju stenske mase potrebno je koristiti sledeće parametre:

- Jednoosnu čvrstoću na pritisak stenske mase;
- RQD (Rock Quality Designation);
- Rastojanje diskontinuiteta;
- Stanje diskontinuiteta (ispuna, karakteristike zidova pukotina, karakteristike ispune);
- Uslove podzemnih voda;
- Orijentaciju diskontinuiteta (prosečna orijentacija i zev);
- Broj familija pukotina po manevru, prisustvo polomljenih zona i njihove karakteristike.

Na osnovu navedenih parametara urađeno je geotehničko klasifikovanje stenskih masa po postupku Z. I. Bieniawskog (RMR klasifikacija) [1] za lokaciju svake vetroturbine.

3. GEOTEHNIČKE KARAKTERISTIKE ISTRAŽNOG PODRUČJA NA PRIMERU VETROTURBINE TI-12

Projektovani obim i vrsta geotehničkih istraživanja izabrani su da verifikuje osnovne geotehničke parametre potrebne za izvođenje projekta temeljne konstrukcije vetroturbine (slika 1). Minimalni uslovi za istražne radove koje je propisao proizvođač vetroturbine su [4]:

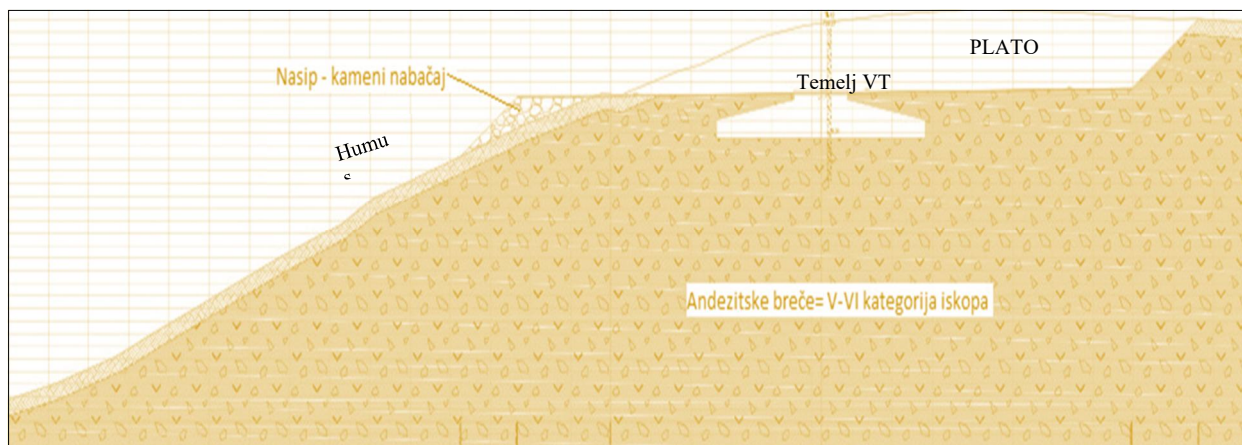
- Jedna (1) bušotina u centru projektovanog temelja.
- Tri (3) testa dinamičke penetracije raspoređene na ivici temelja.
- Jedan (1) uzorak za fizičko-mehanička ispitivanja iz litološkog člana.

Nakon izvedene istražne bušotine u centru projektovane lokacije vetroturbine i inženjerskogeološkog kartiranja prostora pripadajućeg platoa, zaključeno je da nije potrebno raditi testove dinamičke penetracije raspoređene na ivici temelja. Istražni radovi su izvedeni do dubine od minimalne polovine prečnika temelja. Koordinate stuba vetroturbine TI-12, odnosno izvedene istražne bušotine su (slika 3):

X=	4896460,88
Y=	7576428,24
Z terena	739,27 mm
NPV=	8,31 m
Z platoa	733,94 mm
Z fundiranja	730,34 mm
Df =	3,60 m od Z platoa
Df =	8,93 m od Z terena



Slika 3 - Lokacija vetroturbine TI-12



Slika 4 - Inženjerskogeološki profil 12-12' (plato TI-12), [7]

Geološke, geomorfološke i geotehničke karakteristike lokacije vetroturbine TI-12:

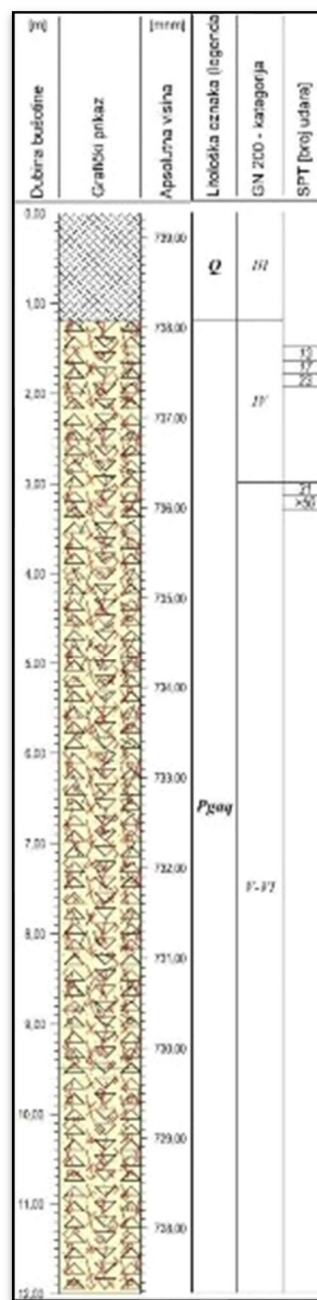
- Geomorfološke karakteristike - Pozicija za izgradnju vetroturbine je na uzvišenju sa maksimalnim kotama 736 – 742 mm;
- Geološka građa - od površine terena do iskopa kote platoa (733,94 m) je 1,20 m humusa (*Q*), od 1,20-9,50 m svetlo siva breča (*Pgaq*) sa klastima andezitskog porekla u peskovitom matriksu. Od 9,50 m do 12,00 m, žuto siva andezitska breča (*Pgaq*), slaba do srednje čvrsta, intenzivno alterisana i oksidovana, slika 5;. Brečizirana tekstura je sa uklopcima koji su zaobljeni do uglasti. Sa dubinom je pojačana silifikacija stene, prisutna je šupljikava struktura (vuggy silica). Matriks je uglavnom finozrn;
- Kategorija iskopa GN200 - III do 1,20 m, IV od 1,20 m do 3,00 m i V-VI od 3,00 m do 12,00 m;
- Nivo podzemne vode - 8,31 m (zadržan iz procesa bušenja);
- NPV bez većih sezonskih oscilacija;
- Rizik od akumulacije površinskih voda - ne postoji.
- Identifikacija strukturnog sloja tla (nivo temelja) kota 730,34 mm (8,93 m od Z terena) - svetlo siva breča sa poluzaobljenim i zaobljenim klastima andezitskog porekla u peskovitom matriksu.

U cilju objektivnije ocene fizičko-mehaničkih svojstava stenske mase u daljem pregledu navedeni su podaci o stepenu ispucalosti stenske mase i karakteristikama pukotina na lokaciji vetroturbine:

- RMR klasifikacija [1], tabela 1, je korišćena za određivanje mehaničkih parametara stenske mase uzimajući u obzir: jednoosnu čvrstoću na pritisak (A1), indeks kvaliteta jezgra, (rock quality designation index-RQD) (A2), razmak diskontinuiteta (discontinuity spacing) (A3), stanje diskontinuiteta (A4a-A4d), uslove podzemne vode (A5) i orijentaciju diskontinuiteta (B).

Tabela 1. Klasifikacijski parametri, njihovi bodovi i korekcija bodova s obzirom na orijentaciju diskontinuiteta

KLASIFIKACIJA RMR89										
UCS	RQD	Razmak pukotina	Dužina pukotina	Zev pukotina	Hrapavost	Alteracija	Ispuna	Orijentacija glavnog seta pukotina	Voda	RMR ukupno
A1	A2	A3	A4a	A4b	A4c	A4e	A4d	B	A5	
4	8	5	1	1	5	0	2	-12	7	21



Slika 5 - Geološka građa terena vetroturbine TI-12

- Prema RMR klasifikaciji na osnovu ukupnog broja bodova (RMR 21, tabela 1) stenska masa je u zoni temelja pripala IV kategoriji – Slaba stena (Poor Rock);
- U nivou temeljne spojnice nije potrebna zamena materijala;
- CBR = 30% za andezitsku breču ispucalu;
- RQD u nivou temelja 37% (slika 6);
- Na prostoru platoa, ispod ukupne površine nasipa odstraniti humusni sloj do 1,20 m debljine;
- Uslovi tokom i nakon iskopavanja - stabilan iskop za ugao kosine $\alpha \leq 75^\circ$;

- Nakon prethodno izvršene stabilizacije podtla (poravnati, očistiti od rastresitog materijala i ukloniti labilne blokove), izvesti tampon od „mršavog“ betona u debljini od 10-15 cm u cilju zapunjavanja pukotina u zoni temeljne spojnice;
- Nije hemijski reaktivno tlo;
- Potrebne inspekcije na licu mesta tokom ili nakon iskopavanja - preporuka je pregled temeljne jame od strane geotehničara.



Slika 6 - Ispucalost stenske mase u zoni temelja vetroturbine TI-12

4. IZBOR PARAMETARA MERODAVNIH ZA GEOTEHNIČKE ANALIZE PRORAČUNSKE NOSIVOSTI TEMELJA VETROTURBINE TI-12

Čvrstoća i deformabilnost ispucalih stenskih masa pre svega zavise od prisustva i karakteristika mehaničkih diskontinuiteta u njima (površni slojevitosti, pukotine, i sl). Značajna razlika u čvrstoći, zbog toga, postoji između monolitnih delova i stenske mase u celini, kao i između različitih varijeteta i litoloških članova i njihovih diskontinuiteta. Kompleksnosti stenske mase u pogledu fizičko-mehaničkih svojstava dodatno doprinose efekti površinske degradacije.

Stvarna mehanička svojstva stene u masivu je veoma teško odrediti, a ispitivanjima na malim standardnim uzorcima uglavnom se dobija samo jednoaksijalna čvrstoća, a u proračune, osim nje, treba uvesti deformacijske karakteristike masiva (modul elastičnosti, modul deformacije za pojedina područja prostornog stanja napona).

Za modeliranje kontinuuma potrebno je simulirati odziv stenske mase na iskop, što se postiže uvođenjem jednakog kontinuuma. Otporno-deformabilni parametri su određeni primenom Hoek-Brown-ovog kriterijuma.

Pri opisivanju ponašanja stenske mase primenom Hoek-Brown-ovog kriterijuma loma, na samom početku postupka redukovanja moraju se definisati parametri prirodnog stenskog materijala, među kojima su σ_c (jednoaksijalna čvrstoća na pritisak) i m_i (konstanta materijala koja zavisi od svojstava stenske mase). Definisane ovih parametara se vrši na osnovu rezultata dobijenih ispitivanjem jednoaksijalne i triaksijalne čvrstoće u laboratoriji. Za vrednost parametara m_b , s i a , [5] koje zavise od sastava, strukture i stanja stenske mase, predlažu izraze u zavisnosti od vrednosti geološkog indeksa čvrstoće (Geological Strength Index-GSI).

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a \quad (1)$$

gde je:

σ'_1 – veći glavni efektivni napon,

σ'_3 – manji glavni efektivni napon,

σ_{ci} – jednoaksijalna čvrstoća na pritisak intaktne stene,

m_b – redukovana vrednost konstante m_i i data je izrazom:

$$m_b = m_i \exp \left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right) \quad (2)$$

dok su konstante za stensku masu s i a date jednačinama:

$$s = \exp \left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right) \quad (3)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{\frac{GSI}{15}} - e^{\frac{20}{3}} \right) \quad (4)$$

D (disturbance factor) je stepen poremećenosti stenske mase, koji varira zavisno od vrste stene i metode iskopa.

Izbor parametara merodavnih za geotehničke analize vetroturbine TI-12 izvršen je uz uvažavanje:

- rezultata laboratorijskih ispitivanja uzoraka stenske mase, vodeći računa o stepenu njihove reprezentativnosti i uslovima ispitivanja;
- podataka o svojstvima stenskih masa (litološka heterogenost, strukturno-teksturna svojstva, stepen ispucalosti i karakteristike pukotina, stepen površinske degradacije, i dr) koja su registrovana kartiranjem na jezgri iz istražnih bušotina;
- procenjene vrednosti GSI (20) na osnovi strukture stenske mase, uslovima površine stenskih diskontinuiteta, kao i uslova koji proizilaze iz geometrije intaktnih delova stene i njihovog ponašanja pod delovanjem promene uslova stanja naprezanja u stenskoj masi;
- stepena poremećenosti stenske mase $D = 0.7$.

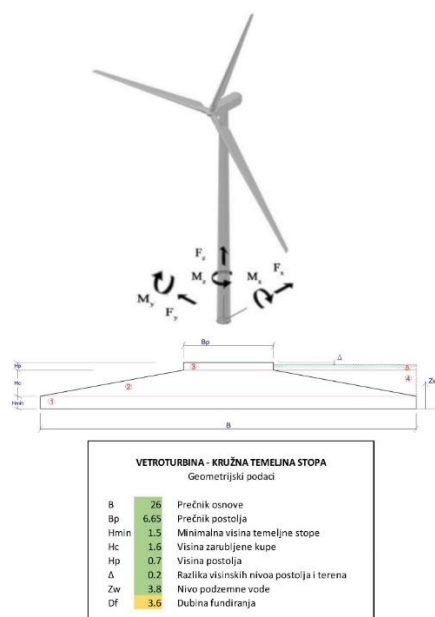
Za lokaciju vetroturbine formiran je geotehnički model terena za prikazivanje neophodnih parametara za projektovanje [6], slika 4, tabela 2.

Tabela 2. Usvojeni fizičko-mehanički parametri za breču izlomljenu

Zapreminska težina $\gamma = 24,80 \text{ kN/m}^3$
Jednoaksijalna čvrstoća na pritisak $\sigma_p = 15,50 \text{ MPa}$
Parametri čvrstoće: $c' = 0,109 \text{ MPa}$ $\varphi' = 25^\circ$ (GSI = 20)
Parametri deformabilnosti: $E = 5494 \text{ MPa}$ $\nu = 0,22$

5. PRORAČUNSKA NOSIVOST TEMELJA VETROTURBINE TI-12

Vetroturbina TI-12 će biti fundirana na plitkom temelju kružne osnove, na stenskoj masi koja je povoljna za plitko fundiranje, koja je ne stišljiva i dobro nosiva za opterećenje od objekta.



Slika 7 - Šematski prikaz geometrijskih podataka za kružnu temeljnu stopu vetroturbine

Prilikom određivanja proračunske nosivosti temelja korišćeni su ulazni geometrijski parametri temeljne konstrukcije prikazani na slici 7, kao i radno opterećenje dato u tabeli 3.

Tabela 3. Ulazni parametri za proračun za slučaj radnog opterećenja vetroturbine, slika 7

Fz – Vertikalna sila (kN)	7580
Fh, rez – Rezultanta horizontalnih uticaja (kN)	929
Mres – Rezultantni momenat savijanja (kNm)	122052
Mz – Momenat torzije (kNm)	4067

Proračunska nosivost temeljnog tla je određena prema Evrokodu 7, proračunski pristup 3 – faktorisanje dejstva (GEO, STR) i redukovanje parametara tla.

Rezultati proračuna dozvoljenog opterećenja na tlo prikazani su u okviru tabele 4.

Tabela 4. Dobijene vrednosti proračunske nosivosti temeljnog tla (kPa) bez/sa seizmičkim uticajem

Z dubine fundiranja (mm) i dubina fundiranja (m)	730,34/ 8,93
Dimenzije temelja, prečnik (m)	22,0
Proračunska nosivost temeljnog tla (kPa) bez/sa seizmičkim uticajem	3071,50/ 2326,05

6. ZAKLJUČAK

Vetroturbina i noseća konstrukcija su u suštini gotov montažni proizvod, čije se karakteristike biraju prema zahtevanoj snazi vetra i seizmičkoj zoni. Sa druge strane, geotehnički uslovi su uvek specifični, zbog čega za lokaciju svake vetroturbine treba izvršiti detaljna geološka, inženjerskegeološka i geotehnička ispitivanja. Kvalitetne geotehničke podloge uvek omogućavaju izbor optimalnog načina fundiranja, podrazumevajući sigurnost, trajnost i ekonomičnost objekta. Nasuprot tome, težnja da se štedi na istražnim radovima, po pravilu se završava ili nesigurnim ili pogrešnim i skupim rešenjima fundiranja [2, 3].

U radu je prikazana koncepcija i metodologija geotehničkih istraživanja i ispitivanja za odabranu lokaciju vetroturbine TI-12 sa primerom usvojenog geotehničkog modela terena i pregledom geoloških, geomorfoloških, inženjerskegeoloških i geotehničkih karakteristika, kao podloge potrebne za projektovanje i proveru usvojenog tipa temeljne konstrukcije vetroturbine [7].

LITERATURA

- [1] Bieniawski Z. T, *Engineering Rock Mass Classification*, New York: John Wiley & Sons, 251 p, 1989.
- [2] Bowles J. E, *Foundation analysis and design*, Fifth Edition, The McGraw-Hill Companies, Inc, 1997.

- [3] *Geotechnical Investigation Guideline*, Document no.: 0045-6606 V00, Vestas Wind Systems A/S Hedeager 44 8200 Aarhus N Denmark www.vestas.com, 2014.
- [4] *Guidelines for Design of Wind Turbines*, 2nd Edition, Det Norske Veritas, Copenhagen (Wind.-Turbine.Certification@dnv.com) and Wind Energy Department, Risø National Laboratory (Certification@risoe.dk), 2002.
- [5] E. Hoek, E. T. Brown, The Hoek-Brown Failure Criterion – A 1988 Update, *Proceedings of 15th Canadian Rock Mech. Symp.*, Toronto, Canada, (Ed. Curran J.C.), Dept. Civ. Engineering, University of Toronto, pp. 31-38, 1988.
- [6] M. Jevremović, 2.1. *Idejni projekat. Projekat konstrukcije stubova vetroturbina*, CRE International d.o.o, 2022.
- [7] S. Ničić, *Idejni projekat. Projekat konstrukcije temelja vetroturbina*, CRE International d.o.o, 2022.
- [8] Savić D, *Geotehnički elaborat o istraživanjima terene za potrebe izgradnje vetroelektrane „VE Crni vrh“*, Geoin Group, 2021.
- [9] <https://www.mre.gov.rs/tekst/5910/-javne-konsultacije-na-nacrt-strategije-razvoja-energetike-rs-do-2040-sa-projekcijama-do-2050godine-sa-pratecim-izvestajem-o-spu.php>.

SUMMARY

GEOTECHNICAL RESEARCH FOR WIND TURBINE LOCATIONS ON THE SITE OF THE „CRNI VRH“ WIND POWER PLANT

With the increase in the production of "green" energy in the world, that trend has also arrived in Serbia, so "WPP Crni vrh" is a high-capacity wind power plant where electricity will be produced and delivered to end consumers via the planned transmission lines, which will increase the reliability and security in supplying electricity to consumers in the territory of the municipalities of Žagubica and Majdanpek and the city of Bor. When designing a wind power plant, it is very important to determine the geomechanical structure of the terrain, which determines the method of foundation (shallow or deep) of the wind turbine. Due to the high height of the column (125 m), the effect of wind is the dominant load on wind turbines. Due to its stochastic nature, as well as due to the frequent absence of a primary direction of action, the foundation rates are intended to be circular for the largest number of wind turbine positions. In addition, the circular shape is significantly more practical from the point of view of execution, and generally superior from the aspect of behavior (performance). In two locations, due to the combination of the relatively unfavorable position of the wind turbine in relation to the slope of the slope, the stratigraphy of the terrain and the geotechnical characteristics of the lithological layers represented, the solution of deep foundations on "standing" piles was adopted. The paper shows the way of presenting the results of geological, geomorphological, engineering geological and geomechanical laboratory tests, using the example of the selected location of the TI-12 wind turbine within the "wind power plant "Crni vrh.

Key Words: geotechnical research, wind power plant, wind turbine, renewable energy sources, environment