

GRADING d.o.o.
Obrežna ulica 1
2000 Maribor
Dr. Stanislav Škrabl

VE - OJSTRICA

| Osnovni podatki | |
|--------------------------------------|--|
| Naziv gradnje: | VETRNA ELEKTRARNA OJSTRICA |
| Vrsta projektne dokumentacije | |
| Vsebina: | Predhodno inženirsko geološko poročilo – VE Ojstrica |
| Naročnik: | Dravske elektrarne Maribor d.o.o. , Obrežna ulica 170, 2000 MARIBOR, Slovenija |
| Faza: | IDZ |
| Št. proj./načrta | 10-GN/2019 |
| Datum: | December 2019 |
| Projektant: | GRADING d.o.o., Obrežna ulica 1, 2000 MARIBOR |
| Poobl. inženir | Dr. Stanislav Škrabl, univ.dipl.inž.grad. |
| Vodja projekta: | Sandi Ritlop, univ.dipl.inž.str. |

Zadeva: **Predhodno inženirsko geološko poročilo o pogojih izgradnje VE Ojstrica**

1 UVOD

Po naročilu investitorja **dem dravske elektrarne maribor**, Obrežna ulica 170, 2000 Maribor (št. naročila 4500038641, z dne 29.10.2019) smo skladno s ponudbo Grading d.o.o., Podjetje za gradbeni inženiring, Obrežna ulica 1, 2000 Maribor (št. ponudbe 51/19, z dne 18.10.201) opravili terenski pregled mikrolokacije Veterne elektrarne Ojstrica in dostopnih poti, pregled obstoječih arhivskih podatkov o pričakovanih geološko-geomehanskih razmerah v vplivnem območju gradnje ter v pričujočem poročilo podajamo predhodno oceno pričakovanih geoloških razmer ter nekaj napotkov projektantu za načrtovanje zanesljivega temeljenja načrtovanih objektov.

Obseg in vsebina predhodnega geološkega poročila je opredeljena s projektno nalogo z naslovom PROJEKTNA NALOGA za izdelavo inženirsko geološkega poročila (geološka prospekcija terena) za projekt VE OJSTRICA z dne 01.10.2019, ki obsega naslednja poglavja: 2.1 Splošne geomorfološko – geološke razmere, 2.2 Tektonske razmere, 2.3 Inženirsko geološki opis posameznih lokacij z geomehanskimi karakteristikami, 2.4 Inženirsko geološki predlogi za temeljenje objektov in 3. Predlog dodatnih raziskovalnih del in preiskav za nadaljnje faze projekta.

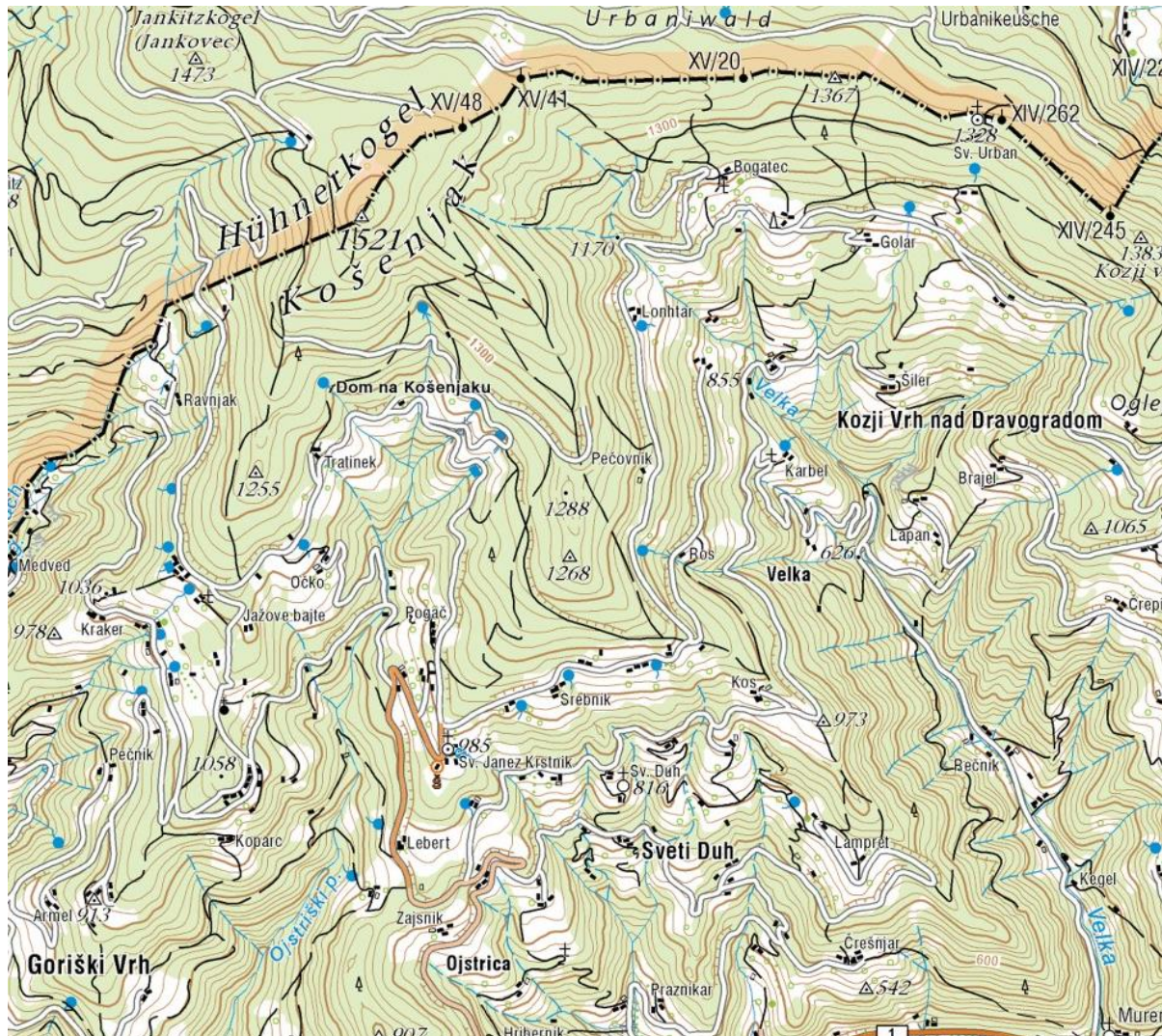
V sodelovanju s predstavniki naročnika smo prvi terenski ogled mikrolokacije VE Ojstrica opravili 27.11.2019. Terenskega ogleda, v razširjeni sestavi, so se udeležili predstavnik naročnika Jože Milič, vodja projekta za področje gradbeništva HSE Ljubo Korpar, predstavnica podjetja Lamela d.o.o. Ksenija Štern in Stanislav Škrabl. Dne 29.11.2019 sem po E pošti prejel podatke o natančnejših mikrolokacijah posameznih objektov oz. vetrnih agregatov VE1, VE2 in VE3. Na snovi predhodnega ogleda in podatkov iz literature sem ocenil, da je predložena mikrolokacija agregata VE3 lahko problematična, ker se zelo približuje prekritemu prelomu, ki po dosedanjih predvidevanjih poteka v smeri NW-SE na vzhodnem delu gorskega grebena, ki poteka med Sv. Duhom in vrhom Košenjaka nad Dravogradom na meji z Republiko Avstrijo.

Za oceno verjetnosti poteka prekritega preloma, ki po pričakovanih poteka na vzhodnem robu grebena med višinsko koto 750,00m pri Sv. Duhu ter nato zavije nekoliko zahodno ter se približa lokalnim vzpetinam (vrhovoma s kotama 1.268 in 1.288m) ter se zaključuje na višinski koti 1.300m levo pred vrhom

Košenjaka ob državni meji. Zato sem dne 29.11.2019 opravil ponovni terenski pregled mikrolokacij posameznih agregatov VE predvsem s ciljem pregleda lokacije kritičnega in prekritega preloma zaradi znatne verjetnosti, da se bo lahko lokacija agregata VE3 nahajala v njegovi neposredni bližini. Ocenjujem, da obstaja velika verjetnost obstoja prekritega preloma na obravnavanem območju, kar nenazadnje potrjujejo tudi številni potoki in močila ter tudi številna vodna zajetja, ki se zagotovo napajajo iz prelomnih struktur in razpoklinskih vodonosnikov v metamornih skladih pod vrhom Košenjaka.

2 MORFOLOŠKO – GEOLOŠKE RAZMERE

Mikrolokacija posameznih agregatov VE Ojstrica se nahaja na morfološko zahtevnem terenu (lokalnem grebenu), ki poteka v smeri NW-SE nekoliko vzhodno od vrha Košenjaka z nadmorsko višino 1.521m in Sv. Duhom na nadmorski višini približno 816m pod njim. Topografsko karto širšega območja Zahodnega dela Kobanskega severno od Dravograda prikazuje slika 1.



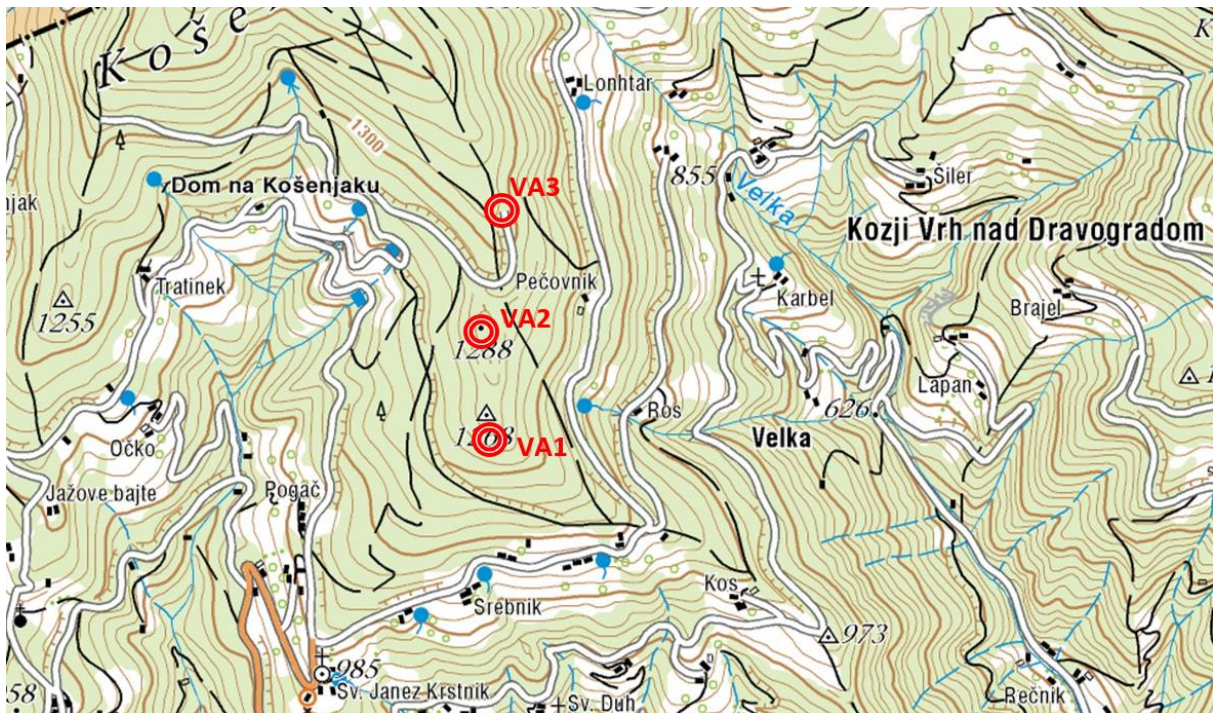
Slika 1: Topografska karta širšega območja VE Ojstrica

Iz topografske karte je razvidno, da so na zahodni in vzhodni strani gorskega grebena višine nekaj 100m locirani številni izviri, močila in tudi vodna zajetja kar potrjuje domneve o obstoju bolj izrazitih prelomov v metamornih skladih, ki so praviloma slabo prepustni ter se zato talna voda akumulira v razpoklinskih vodonosnih območjih ter izdaja na površje v obliki izvirov manjše in srednje izdatnosti.

Mikrolokacije posameznih agregatov VE Ojstrica so prikazane na sliki 2. Lokalni greben z osamljenima vrhovoma z nadmorskima višinama 1.268m in 1.288m ter bolj severno z nadmorsko višino od 1.400 do 1.500m na državni meji predstavlja naravni greben masiva Košnjak, ki ga na vzhodni strani omejuje nižja planota Kozji vrh nad Dravogradom z nadmorsko višino 500 do 700m. Voda iz številnih izvirov, ki izdajajo na površje pod metamornimi vzpetinami se zbira v reki Velki, ki se izliva v reko Dravo ob magistralni cesti Maribor – Dravograd.

Pobočje na vzhodni strani grebena je sorazmerno strmo, nagib znaša po moji oceni približno 1:2

($\beta \approx 27^\circ$) ter lahko v povezavi s prekritim prelomom, ki po pričakovanih poteka sorazmerno visoko na grebenu, pomeni težavo za izvedbo temeljenja približno 100,00m visokih stebrov VE v kolikor bodo predvideni temelji v neposredni bližini prelomnega območja.



Slika 2: Mikrolokacije posameznih agregatov VE Ojstrica na grebenu, ki ga gradijo metamorfni skladi ter kotlini oz. natančneje grapi na vzhodu zahodu

Na zahodni strani grebena s predvideno mikrolokacijo treh agregatov VE Ojstrica, pod Domom na Košenjaku, se prav tako nahaja približno 200 do 300m globoka grapa, kjer so pod grebenom in metamorfnimi skladi Košenjaka vidni številni izviri, ki so po moji oceni vezani na razpoklinske vodonosnike, voda priteka v dno grape po številnih manjših jarkih ter se zbira v Ojstriškem potoku ter odteka v smeri reke Drave proti dnu doline.

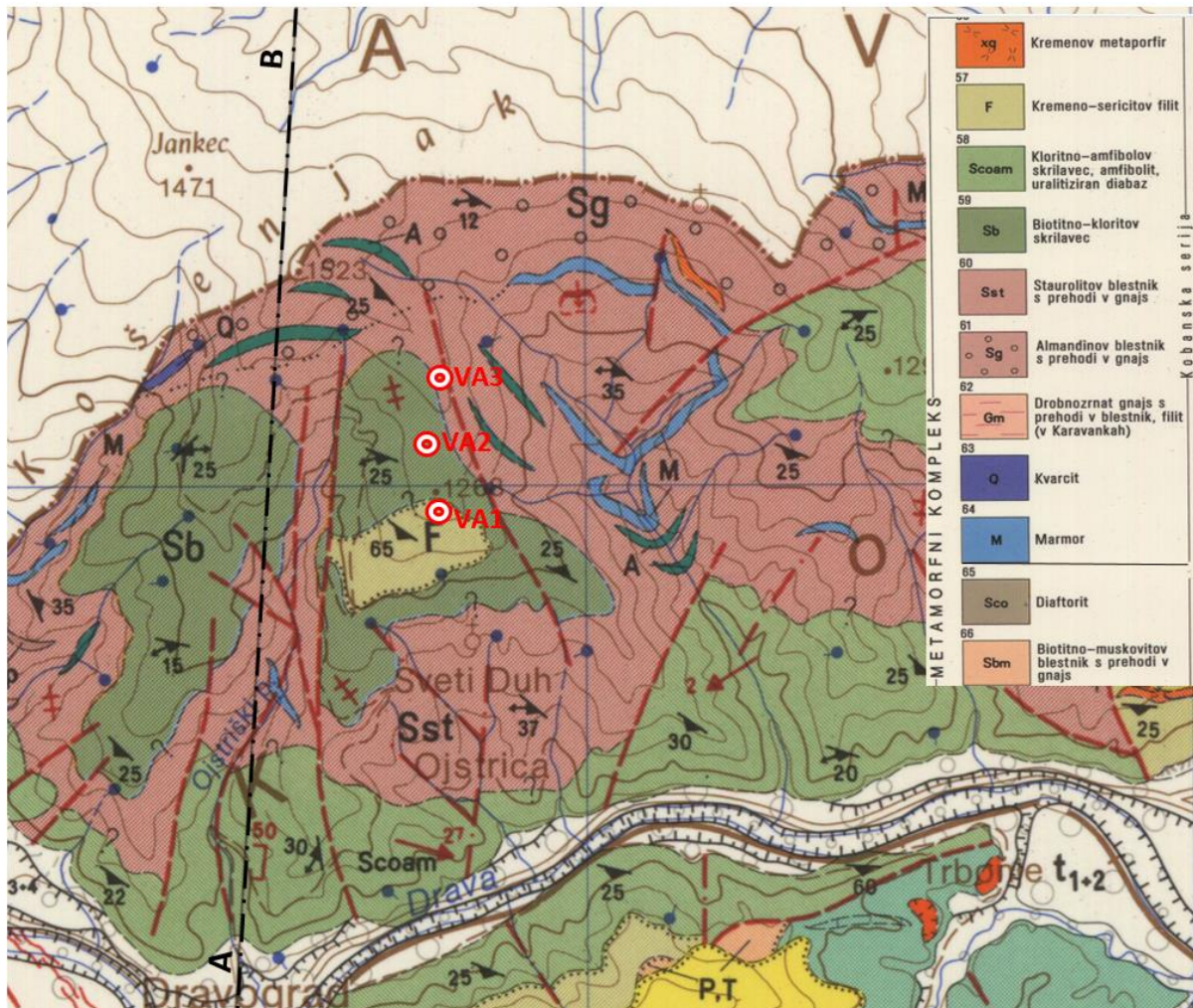
Z ozirom, da je predvidena mikrolokacija postavitve posameznih agregatov VE Ojstrica na sorazmerno ozkem grebenu, ki ga gradijo slabo prepustni metamorfni skladi, ocenjujem da morebitni vplivi talne vode, ki se nahaja v površinski plasti razpadlih in močno preperelih metamorfnih skrilavcev ne bodo pomembnejše vplivali na stabilnost mikrolokacij in zanesljivost temeljenja. Pri terenski prospekciji na površju območja predvidenih objektov nisem zasledil pomembnejših virov talne vode, ki pa se množično pojavljajo približno 100 do 200m nižje na pobočju. Na stabilnostne razmere širokega metamorfne grebena lahko potencialno še najbolj vpliva izvir na spodnjem robu kremeno sericitnega filita na nadmorski višini približno 1000m, ki opozarja na možno akumulacijo vode v sericitnem filitu ter izcejanja le te po kontaktni površini med skladi kloritovih skrilavcev in sericitnih filitov.

Geološka zgradba pogorja severno od Dravograda oz. reke Drave je podrobno prikazana na Osnovni geološki karti SFRJ, SLOVENJ GRADEC, M 1:100000, avtorja P. Mijoč in M. Žnidarčič s sodelavci (1), Geološki zavod Ljubljana, 1965-1972. Dodatne geološke in strukturne značilnosti pa so podane v Tolmaču h geološki karti, avtor P. Mioč, Geološki zavod Ljubljana 1972 (2).

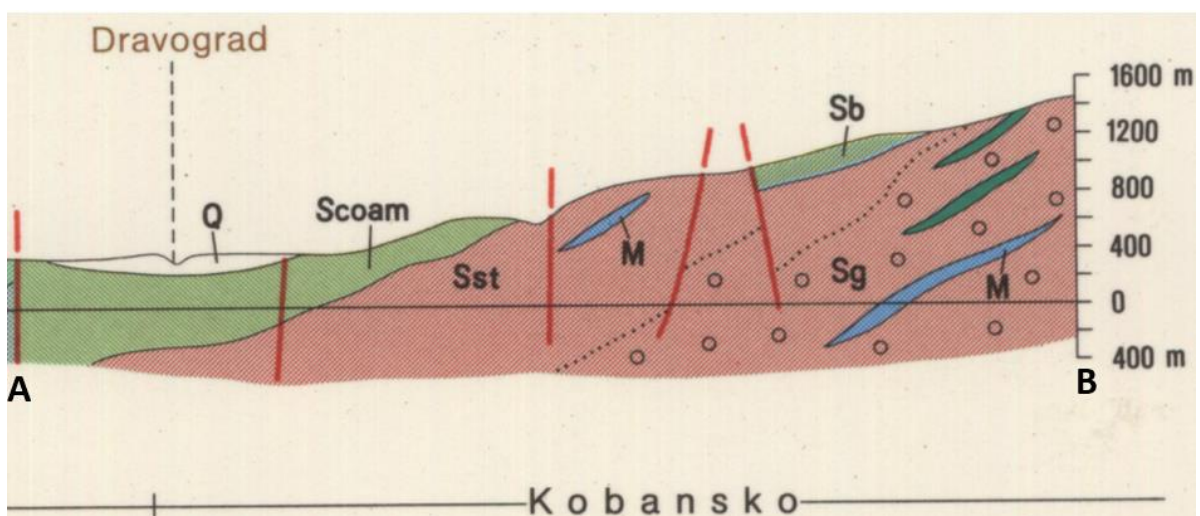
Izsek osnovne geološke karte z legendo metamorfnih kamnin, L 33-55, SLOVENJ GRADEC za območje lokacije VE Ojstrica prikazuje slika 3. Geološki prerez s prikazano geološko sestavo posameznih zvrsti metamorfne kompleksa v smeri Dravograd – vrh Košenjaka na višinski koti 1.521m prikazuje slika 4.

Kot je razvidno na slikah 3 in 4 se na območju mikrolokacije VE Ojstrica nahajajo metamorfni skladi, ki pripadajo geotektonski enoti Vzhodne Alpe, ki so zgrajene pretežno iz metamorfne kompleksa in staropaleozojskih skrilavcev. Metamorfne sklade delimo na spodnji del, ki ga gradijo gnajsi, eklogiti, amfiboliti, blestniki in kloritnoamfibolski skrilavci ter zgornji del, ki je znatno tanjši ter ga predstavljajo filitoidi (filoniti, filiti itd.). Vzhodno Kobansko in večji del Pohorja gradijo metamorfne kamnine znatno višje metamorfne stopnje kot so kamenine na zahodnem Kobanskem in na severozahodnem Pohorju. Tako po litopetrografskih značilnostih in po stopnji metamorfoze razlikujemo med pohorsko serijo za katero je značilna višja stopnja metamorfoze ter se nahaja nižje ter kobansko serijo, ki je nad njo.

Kobansko serijo gradijo blestniki in granatovi blestniki, ki prehajajo navzgor v stavrolitski blestnik. Sledi amfibolov skrilavec, amfibolit in uralitiziran diabaz. V istem nivoju pa nastopata biotitno kloritni do amfibolov skrilavec. Zgornji del metamornega zaporedja zastopajo filitoidi. Najnižji med njimi je kremenov sericitni filit. Geološki in s tem povezani inženirsko geološki oz. geotehnični pomen meje med filiti in spodaj ležečimi metamornimi kameninami doslej še ni bil natančno določen.



Slika 3: Izsek osnovne geološke karte z legendo metamornih kamnin, L 33-55, SLOVENJ GRADEC za območje lokacije VE Ojstrica na pogorju Košenjak nad Dravogradom



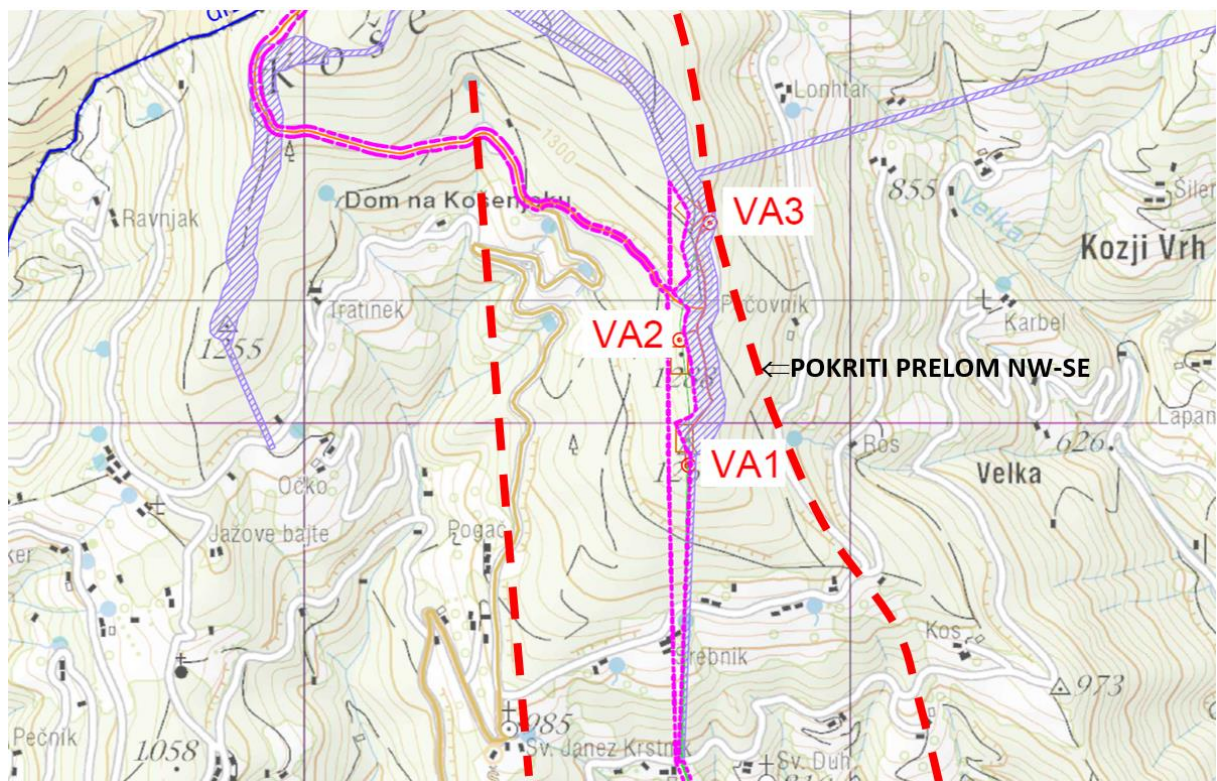
Slika 4: Geološki prezek s prikazano geološko sestavo posameznih zvrsti metamornega kompleksa v smeri A-B (Dravograd – vrh Košenjaka 1521m, slika 3)

Spodnji del metamornega kompleksa, ki je globlje metamorfoziran je značilen za Pohorje, nad njim pa leži kobanska serija, ki predstavlja nižje metamorfozirani del metamornega kompleksa, tipično pa je kobanska serija razvita predvsem na Košenjaku na Kobanskem, kjer se nahaja tudi mikrolokacije VE Ojstrica.

Na območju Ojstrice in Košenjaka (severozahodno od Dravograda) kot najnižji člen nastopa blestnik z granatom (almandinom). Navzgor granati postopoma izginjajo. Nad blestnikom z granati leži stavrolitni blestnik s prehodi v gnajs. Na pobočju severozahodno od Dravograda z Ojstrico sledi sivozelenkast drobnozrnat kloritnbiotitni skrilavec ter nekoliko severovzhodno proti Kozjemu vrhu amfibolski skrilavec z uralitiziranim diabazom in amfibolitom. Po pričakovanjih oba skrilavca predstavljata isti nivo metamorfoze, prvi predstavljajo metamorfozirane tufistične kamenine, amfibolski skrilavci pa so nastali iz bazičnih vulkanitov in njihovih tufov.

Za projekt VE Ojstrica (glej sliko 3) so pomembne naslednje metamorfne enote:

-Stavrotitov blestnik s prehodi v gnajs (S_{st}): nahaja se severno in severozahodno od Dravograda, manjši pojavi pa so še na Južnem Pohorju nekoliko vzhodnejše od Mislinje. Siva do svetlosiva, pri preperevanju rjavkasta kamenina je srednje in drobnozrnata z lepidoblastično strukturo. Tekstura je skrilava, ponekod plasirana. V sestavi kamenine so muskovit, zeleni biotit, stavrolit, andaluzit, zoisit, glinenci, droben granat in opaki minerali. Vmes se pojavljajo leče marmorja in tanjše leče amfibolita (P. Mioč²). Po sliki 2 ocenjujem, da se bo v stavrotitovem blestniku s prehodi v gnajs (S_{st}) nahajal betonski temelj agregata VE3. Po pričakovanjih gornji del Košenjaka, približno 800m nad mikrolokacijo VE3, gradi almandinov blestnik s prehodi v gnajs (S_g). Debelina plasti stavrotitovega blestnika s prehodi v gnajs (S_{st}) znaša več 100m ter je po moji oceni stabilna. Lokacija agregata VE3 je po pričakovanju potencialno neugodna, ker se nahaja ravno na površju z lokacijo prehoda med biotitno-kloritovim skrilavcem (S_b) in stavrotitovim blestnikom s prehodi v gnajs (S_{st}) ter hkrati tudi tik ob prekitem verjetno sub-vertikalnem prelomu (prikazan je na sliki 5), ki poteka v smeri NW-SE ob predvideni lokaciji agregata. Zavedati se je potrebno, da je potek preloma in tudi mejne ploskve med biotitno-kloritovim skrilavcem (S_b) in stavrotitovim blestnikom s prehodi v gnajs (S_{st}) določen zelo približno ter ju bo potrebno dodatno preveriti s terenskimi geofizikalnimi raziskavami.



Slika 5: Lokacija VE Ojstrica z agregati VE1, VE2 in VE3, gradbiščnimi potmi in pokritima sobvertikalnima prelomoma na zahodni in vzhodni strani metamornega grebena Sv. Duh - Košenjak

-Biotitno-kloritov skrilavec (S_b): na območju Košenjaka in Ojstrice se razprostira sivozelenkast do zelenkast biotitno-kloritni skrilavec. Njegova lega do spodaj ležečega blestnika ni jasna oziroma še ni ugotovljena. Globino mejne ploskve med enotama S_{st} in S_b lahko le ocenimo ter znaša več 100m (glej

tudi prerez na sliki 4). Ali je mejna ploskev normalna, erozijsko diskordantna (neregularna) oz. ali ima tektonski značaj na osnovi dosedaj poznanih podatkov ni mogoče oceniti. Kamenino, ki ima tipično lepidoblastično strukturo, gradijo lističi klorita, biotita, epidota, lokalno je lahko povišana vsebina amfibolov. Nastopa še kremen in glinenci. Skrilava struktura je lepo izražena. Po značaju mineralne sestave sklepamo, da so ti skrilavci nastali iz bazičnih piroklastičnih in pelitnih sedimentov (P. Mioč²).

V plasteh biotitno-kloritovega skrilavca se po pričakovanih nahaja lokacija agregata VE2, ki je po moji oceni od vseh treh agregatov še najmanj kritična. Metamorfni masivi biotitno-kloritovega skrilavca (S_b) je stabilen ter z upoštevanjem pričakovane globine (več 100m) in dolžine vzdolž padnice grebena metamorfnih skladov (vsaj 2000m) ocenjujem, da je predložena lokacija agregata VE2 globalno manj problematična.

-Kremeno-sericitov filit (F): na zahodnem Kobanskem in zahodnem Pohorju leži sericitno-kremenov filit na biotitno-kloritnem in kloritno-amfibolskem skrilavcu. Na področju vzhodnega Kobanskega in severovzhodnega Pohorja leže ti skladi na gnajskih in blestnikih. Pri terenskih raziskavah doslej ni bilo mogoče ugotoviti, če gre delno za normalen, erozijsko-diskordanten ali tektonski značaj meje (P. Mioč²).

Skladi sestojijo iz sivnega sericitno-kremenovega skrilavca, temnega sericitnega skrilavca z grafitom in zelenkastega kloritnega skrilavca, med katerimi prvi močno prvladuje. Vmes se pojavljajo vložki apnenega filita in modrikastosivega epimarmorja. Značilni so pojavi kremenovega porfirja. Sericitno-kremenov skrilavec se sestoji pretežno iz sericita in kremenca. Količina epidota, biotita, klorita, kisljih plagioklazov, grafitu in opakih mineralov pa je zelo spremenljiva. S tem se spreminja tudi značaj kamenine. Ponekod zasledimo vložke kislega metatufa. V filitu nastopajo plasti in leče epimarmorja (eM). Razen kalcita vsebuje še precejšnjo količino metamorfozirane glinaste komponente in kremen. V njem opazujemo relikte z drobno brečasto strukturo, ki predstavlja verjetno metamorfoziran kalkernit. Ponekod je primarni apnenec vseboval več glinaste komponente in je pri metamorfozi nastal iz njega apnen filit. Sestoji se iz kalcita, sericita in klorita, pojavljajo pa se tudi zrnca kremenca (P. Mioč²).

Agregat VE1 (glej sliki 4 in 5) se nahaja na lokaciji, kjer se na površju nahaja prehod med med sivozelenkastim biotitno-kloritovim skrilavcem (S_b) in kremeno-sericitnim filitom (F), tik pod lokalno vzpetino na grebenu s koto 1268m. Ker natančne meje oz. lokacije prehoda med enotama (S_b) in (F) ob terenskem pregledu ni bilo mogoče natančno opredeliti bom pri nadaljnjem delu upošteval, da se bo AB temelj agregata VE1 nahajal v plasti kremeno-sericitnega filita (F), ki se nahaja po stopnji metamorfoze najvišje ter je po moji oceni najbolj izpostavljen preperevanju in razpadanju v gline in glinaste gruščke z ostanki filitnih kamenin.

Na obravnavani lokaciji, sverozahodno od Dravograda, v neposredni bližini metamorfnega grebena nad Ojstrico in Košenjakom ob državni meji v preteklosti ni bilo opravljenih pomembnejših geotehničnih raziskav ter pridobljenih podatkov, ki bi jih lahko koristno uporabili pri oceni pogojev temeljenja posameznih agregatov VE Ojstrica. Primerni oz. dokaj bogati obseg geotehničnih preiskav je bil opravljen le v okviru priprav na izgradnjo ČHE Kozjak na Kolarjevem vrhu, ki pripada vzhodnemu delu Kobanskega. Območji predvidene lokacije VE Ojstrica in akumulacijskega bazena ČHE Kozjak sta si med sabo kljub večji oddaljenosti precej podobni.

Na obeh lokacijah se na površju nahajajo skladi **kremeno-sericitovega filita (F)**, ki na lokaciji VE Ojstrica ležijo na biotitno-kloritnem skrilavcu (S_b), na lokaciji akumulacijskega bazena ČHE Kozjak (na vzhodnem Kobanskem) pa se ti skladi nahajajo na gnajskih in blestnikih. Zato bom pri podrobnejših ocenah za potrebe idejne zasnove projekta VE Ojstrica upošteval nekatera spoznanja pridobljena pri izvedbi raziskav in presoj zanesljivosti objekta ČHE KOZJAK – AKUMULACIJSKI BAZEN. Geotehnični podatki za kremeno-sericitne filite (F) na območju ČHE Kozjak so prikazani v publikaciji »Geološko geomehansko poročilo za potrebe izdelave projektne dokumentacije ČHE Kozjak«⁽³⁾, ki ga je po naročilu DEM-Dravske elektrarne Maribor d.o.o., Obrežna 170a, 2000 Maribor izdelalo podjetje IRGO Consulting d.o.o., Slovenčeva 93, 1000 Ljubljana pod proj. št. ic 89/07 v aprilu leta 2007.

3 TEKTONSKE RAZMERE

Skladno z zahtevami podanimi v veljavni PN z naslovom »PROJEKTNA NALOGA za izdelavo inženirsko geološkega poročila (geološka prospekcija terena) za projekt VE OJSTRICA z dne 01.10.2019 je potrebno preliminarno opredeliti:

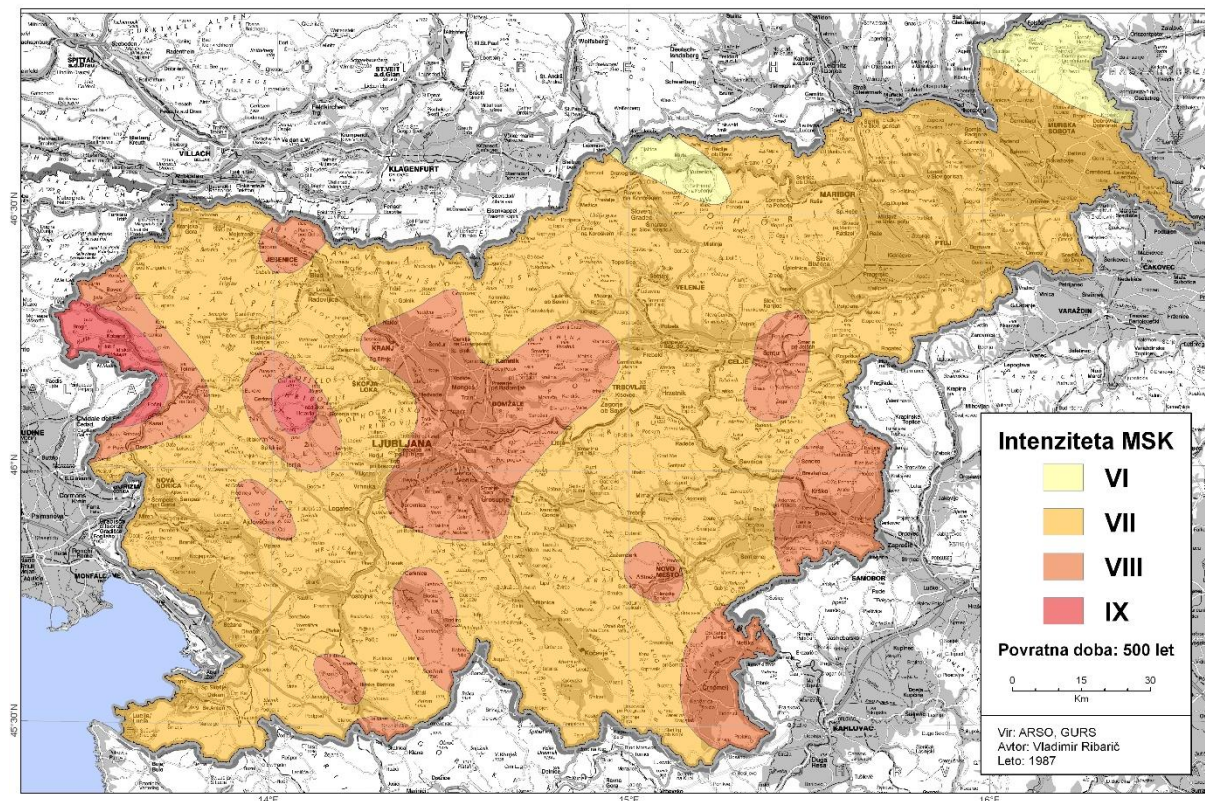
- Potresne stopnje območja, ki je predmet raziskave po slovenskem standardu SIST-ENV 1998-1-1, ki upošteva povratno dobo potresov 500let;
- Tektonske značilnosti terena – prelomi, narivi, geodinamični pojavi..(ugotovljene na podlagi terenskega ogleda);
- Opredelitev projektnega pospeška vključno s povratno dobo, letno verjetnostjo prekoračitve,

opredelitev temeljnih tal, Intenziteta po MSK 64 (EMS).

Republika Slovenije se nahaja na potresno aktivnem območju, ker se na območju RS stikajo različne tektonske enote: Alpe, Dinaridi in Panonski bazen. Večji del ozemlja se nahaja na Jadranski plošči, ki je ukleščena med veliko Afriško ploščo na jugu ter Evrazijsko ploščo na severu. Jadranska plošča je na nekaterih lokacijah razpokana, premika se v nasprotni smeri urinega kazalca ter se nariva na osrednji del plošče, kar povzroča sproščanje velikih notranjih napetosti pod površjem ter potrese. Slovenija velja za državo s srednjo potresno ogroženostjo. Potresi pri nas načeloma ne dosežajo velikih magnitud, vendar so lahko njihovi učinki zaradi razmeroma plitvih žarišč dokaj veliki. Potresna žarišča lahko nastajajo na celotnem območju Slovenije, vendar so potresno najbolj ogrožena območja Ljubljanske kotline, Idrijsko in Cerkljansko hribovje, Krško – Brežiška kotlina in Posočje. V 20. stoletju je bilo v Sloveniji vsaj 13 potresov, katerih intenziteta je presegla VII. stopnjo po evropski makroseizmični lestvici, kar sicer pomeni, da so povzročili večjo gmotno škodo.

Najmanj potresov je v skrajnem severovzhodnem delu Slovenije tako, da po moji oceni tudi pogorje Košenjaka nad Dravogradom ni pretirano potresno ogroženo. Oceno potrjujejo tudi sorazmerno majhni projektni pospeški, ki so bili upoštevani pri načrtovanju pregrade za HE Golica v Republiki Avstriji.

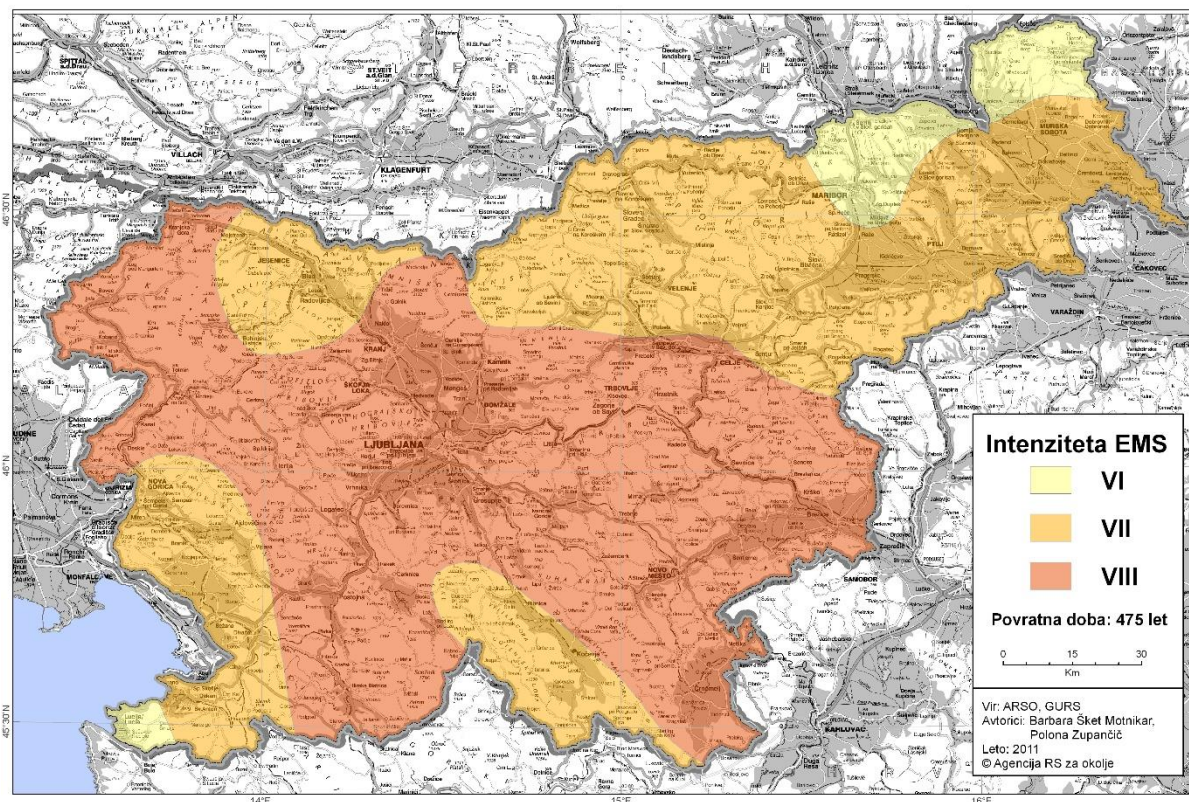
Obravnavano območje severno od Dravograda, nad Ojstrico oz. pod Košenjakom, uvrščamo v VI stopnjo oz. Intenziteto pričakovanih potresov po lestvici MSK-64 (Medvedev-Sponheuer-Karnik) s povratno dobo 500 let. Omenjena karta je bila v RS Sloveniji v uporabi od leta 1987 do leta 2007, prikazana je na sliki 6. Karta intenzitete pričakovanih potresov je bila zasnovana na kompleksnih seizmoloških, geoloških in geofizikalnih raziskavah različnih področij in sintezi rezultatov teh raziskav. Zato ima napovedni karakter, to pomeni, da daje oceno verjetnosti pojava pričakovanih potresov v prihodnosti, določenega s površinskim razporedom njihovih intenzitet v odvisnosti od naravnih značilnosti terena. Pri tako obravnavani oceni potresne nevarnosti je pričakovana intenziteta potresov pri povratni dobi 10.000 let pomenila največjo možno pričakovano intenziteto potresa na mikrolokaciji, ki je pomembna za načrtovanje objektov zelo velikega tveganja, povezanega z izgubo številnih življenj in/ali ogrožanja državne ekonomije, kamor uvrščamo atomske elektrarne in visoke zemeljske pregrade.



Slika 6: Karta pričakovanih potresov po MSK-64 za povratno dobo 500 let (vir spletna stran ARSO)

V sistemu zaščite in reševanja v Republiki Sloveniji uporabljamo uporabljamo lestvico potresne intenzitete EMS (European Macroseismics Scale). Karta je nastala po sprejetju odločitve ECS o nujnosti posodobitve tedaj največ uporabljane lestvice MSK-64 (Medvedev-Sponheuer-Karnik). Lestvica potresne intenzitete EMS temelji na učinkih pričakovanih potresov na različnih mikrolokacijah v EU.

Prikazana je na sliki 7, povzamemo lahko, da se je za obravnavano območje severno nad Dravogradom intenziteta pričakovanega potresa po posodobitvi prvotne karte dvignila na stopnjo VII.



Slika 7: Karta pričakovanih potresov po EMS za povratno dobo 475 let (vir spletna stran ARSO)

V letu 2005 je bil v RS Sloveniji sprejet Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov (Ur.l. RS, št. 101/2005) s katerim smo v RS sprejeli evropski standard za potresno odporno gradnjo Eurocode 8, EC8 (SIST EN-1998). Po preteku prehodnega obdobja, od leta 2008 naprej, lahko pri projektiranju zato uporabljamo le karto projektne pospeška tal.

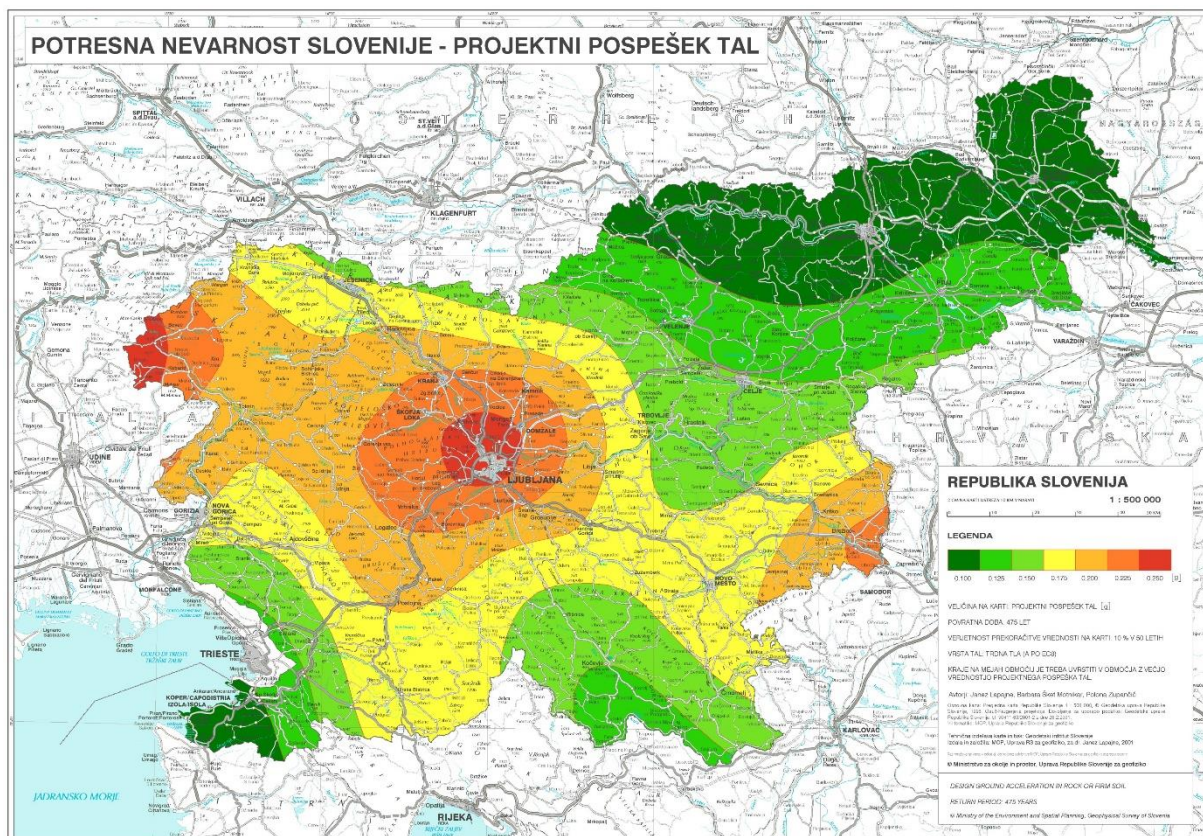
Po moji oceni posamezni načrtovani objekti VE Ojstrica ne predstavljajo vira izredno velike nevarnosti, ki bi se lahko odražala z izgubo številnih človeških življenj ter prav tako v primeru morebitne porušitve posameznih agregatov višine približno 100m ne bi bila povzročena ogromna materialna škoda, ki bi potencialno lahko ogrozila državno ekonomijo oz. obstoj RS Slovenije. Zato je po moji oceni povsem zadostno in potrebno pri načrtovanju posameznih agregatov VE Ojstrica upoštevati projektni pospešek za povratno dobo 475let. Karto pričakovanih projektnih pospeškov za povratno dobo 475 let prikazuje slika 8.

»Projektni pospešek tal, angl. design ground acceleration je po EC8 enak vršnemu (ali največjemu) pospešku tal, angl. peak ground acceleration (PGA). To je največja absolutna vrednost zapisa pospeška na prostem površju. Zapis pospeška je korigiran tako, da so izločeni šum in napake instrumenta. Projektni pospešek tal je določen za povratno dobo 475 let, ki ustreza verjetnosti 90 %, da vrednosti na karti ne bodo presežene v 50 letih (kar je predvidena življenjska doba navadnih objektov). Povratna doba je povprečen čas med prekoračitvami vrednosti projektne pospeška tal na dani lokaciji. Vrednosti projektne pospeška tal na karti veljajo za tla vrste A (trdna tla). Po EC8 je vrsta tal A skala ali druga geološka formacija, v kateri je hitrost strižnega valovanja vsaj 800 m/s in na kateri je največ 5 m slabšega površinskega materiala. Za druge vrste tal je potrebno projektni pospešek tal pomnožiti z ustreznim koeficientom tal S, angl. soil coefficient. Vrednosti koeficienta S za različne vrste tal so določene v EC8« (vir Tolmač h karti pričakovanih potresnih pospeškov, spletna stran ARSO). Vrste temeljnih tal po EC8 in pričakovane vrednosti koeficienta tal S pa so prikazane v tabeli št. 1.

Vrstno tal lahko določimo na osnovi hitrosti strižnega valovanja $v_{s,30}$ ali posredno na osnovi rezultatov

SPP, kjer $v_{s,30} = 30 / \sum_{i=1}^N (h_i / v_i)$ pomeni povprečno hitrost strižnega valovanja na zgornjih 30m trdnih

tal tipa A po EC8, pri strižni deformaciji 10^{-5} ali manj. Za vrsti tal S_1 in S_2 so potrebne posebne študije potresnih vplivov.



Slika 8: Karta pričakovanih projektnih pospeškov za povratno dobo 475 let, projektni pospešek na mikrolokaciji $a=0,1 \times g=1,0\text{m/s}^2$, trdna tla po EC8, verjetnost prekoračitve vrednosti 10% v 50 letih (vir ARSO, Urad za seizmologijo RS)

Tabela 1: Vrste tal po EC8

| Vrsta tal | Opis stratigrafije | $v_{s,30}$ (m/s) (hit. str. val.) | N_{SPT} (udarci/30cm) | C_u (kPa) | S |
|-----------|--|--------------------------------------|----------------------------|----------------|------|
| A | Skala ali druga skali podobna geološka formacija, na kateri je največ 5m slabšega površinskega materiala | >800 | | | 1.0 |
| B | Zelo gost pesek, prod ali zelo toga glina, debeline vsaj nekaj metrov, pri kateri mehanske lastnosti postopoma naraščajo z globino | 360-800 | >50 | >250 | 1.2 |
| C | Globoki sedimenti gostega ali srednje gostega peska, prod ali toge gline globine nekaj deset do več sto metrov | 180-360 | 15-50 | 70-250 | 1.15 |
| D | Sedimenti rahlih do srednje gostih nevezljivih zemljin (z nekaj mehкими vezljivimi plastmi ali brez njih) ali pretežno mehkih do trdnih vezljivih zemljin | <180 | <15 | | 1.35 |
| E | Profil tal, kjer površinska aluvialna plast debeline okrog 5 in 20 metri z vrednostmi v_s , ki ustrezajo tipoma C in D, leži na bolj togem materialu z $v_s > 800\text{m/s}$ | | | | 1.7 |
| S_1 | Sedimenti, ki so sestavljeni iz (ali vsebujejo) najmanj 10m debele plasti mehke gline/melja. Z visokim indeksom plastičnosti $I_p > 40$ in z visoko vsebnostjo vode | <100 | | 10-20 | |
| S_2 | Tla podvržena likvefakciji, občutljive gline ali drugi profili tal, ki niso vključeni v tipe A-E ali S_1 | | | | |

Z ozirom na pričakovano sestavo tal (ocenjujemo, da ni bolj kritična kot je bila ugotovljena za območje filitoidov akumulacijskega bazena ČHE Kozjak), lahko temeljna uvrstimo med tipe B do D, hkrati pa priporočamo, da se zaradi mikrolokacije posameznih agregatov VE1, VE2 in VE3 upošteva še količnik topografske izpostavljenosti S_T , ker bodo agregati višine približno 100m pozicionirani na izpostavljenih vrhnjih točkah oz. na lokalnih vzpetinah metamorfne grebena, ki se dviga od Sv. Duha proti Košenjaku (sliki 1 in 2) na severozahodnem pobočju nad Dravogradom.

Pri terenski prospekcijski ožjega območja stajnih mest posameznih agregatov dne 27. In 29.11.2019 nisem zaznal posebno zaskrbljujočih geodinamičnih pojavov, ki bi lahko imeli pomembne vplive na potresno ogroženost mikrolokacije. Še največ dodatne pozornosti sem namenil določanju meje med **kremono-sericitovimi filiti (F)** in **biotitno-kloritovimi skrilavci (Sb)**, ki je na terenu nisem nisem uspel najti oz. potrditi, predvidoma lahko poteka na območju agregata VE1. Podobno lahko zaključim tudi za razmejitvi med **biotitno-kloritovimi skrilavci (Sb)** in **stavrotitovimi blestniki s prehodi v gnajs (Sst)** ter prehodom med **stavrotitovimi blestniki s prehodi v gnajs (Sst)** in **almadinovimi blestniki s prehodi v gnajs (Sg)** pod Košenjakom, ki ju na terenu nisem uspel natančno registrirati. Ocenjujem, da očitno prehodi niso izraziti oz. ne povzročajo večjih stopenj na grebenu. Obstaja pa tudi možnost, da na površinsko razgibanem terenu nisem ospel dobro oceniti pričakovanih lokacij, ki jih povzemam iz literature (2). Zato priporočam ponovno terensko prospekcijsko mikrolokacij za objekte VE1, VE2 in VE3 ob prisotnosti pooblaščenega geodetskega inženirja, ki bolje pozna natančne mikrolokacije v naravi.

Po moji oceni sta z vidika stabilnosti temeljenja lahko potencialno ogroženi lokaciji agregatov VE1 oz. VE3, ki sta locirani na območjih prehodov med enotama **kremono-sericitovi filiti (F)** in **biotitno-kloritovi skrilavci (Sb)** pod spodnjo vzpetino na koti 1268m za VE1 oz. na možnem prehodu med enotama **biotitno-kloritovi skrilavci (Sb)** in **stavrotitovi blestniki s prehodi v gnajs (Sst)** za lokacijo agregata VE3.

Še najbolj verjetne so potencialno možne težave z lokacijo VE3 s stajnim mestom ob predvidenem pokritem prelomu NW-SE, ki se po predvidevanjih nahaja na srmem vzhodnem pobočju metamorfne grebena, ki poteka od Sv. Duha proti Košenjaku na državni meji.

Ocenjujem, da bi bilo v fazi IDZ koristno vsaj predvideti možnost spremembe stajnega mesta agregata VE3 za nekaj 10m v zahodni smeri za doseganje potrebnega odmika od pričakovanega prikritega preloma NW-SW, ki je shematično prikazan na sliki 5, predlagam, se v fazi načrtovanja DGD izvedejo potrebne terenske raziskave ter se hkrati skuša mikrolokacijo prikritega preloma NW-SW določiti z omejenim obsegom geofizikalnih raziskav. Podobne ugotovitve veljajo tudi za kontaktno ploskev med **kremono-sericitovi filiti (F)** in **biotitno-kloritovi skrilavci (Sb)** ob agregatu VE1, ker po dosedaj razpoložljivih geotehničnih podatkih ni povsem jasno ali je ploskev erozijsko-diskordantna (neregularna), tektonsko poškodovana oz. ali celo predstavlja narivnico filitoidov na bistveno večji skladovnici metamorfne skrilavcev.

Za celotno Kobansko serijo velja, da ozemlje seka več glavnih prelomov v smeri NW-SE, vpadi prelomov so zelo strmi, širine prelomnih con lahko znašajo od nekaj pa do 20m, kjer so metamorfne kamnine globlje razpadle v glino in glinaste gruše ter globoko oksidirane in preperete kar zagotovo vpliva na zanesljivost temeljenja agregatov v neposredni bližini. Širine in značaja prelomnih con ni mogoče ugotoviti brez ustreznih geotehničnih raziskav. Na masivu lahko nastopajo podrejeno tudi NNW-SSE usmerjeni prelomi, ki so po jakosti in dolžini premika manjši ter se lahko cepijo od NW-SE usmerjenih prelomov (vir IRGO, 2007)

Na obravnavani lokaciji je zaslediti več družin sistematičnih razpok (slika 5), ki so lahko vezane na glavne prelome NW-SE ter so verjetno planarnega tipa. Strukturna opažanja se v glavnem ujemajo s tektonsko zgodovino celotnih Vzhodnih Alp. Kamnine so bile metamorfozirane pri narivanju v kredni avstralpinski orogenezi. V miocenu se je pričelo ekstenzijsko ugrezjanje Panoskega bazena z generalno smerjo tenzije E-W. Konec miocena pa so se po predvidevanjih napetostne razmere spremenile v kompresijske z maksimalno tlačno napetostjo N-S, kar je povzročilo ugrezjanje Panoskega bazena in inverzijo bazenskih struktur. V to obdobje bi lahko umestili nastanek strmih NW-SE usmerjenih desnozmernih prelomov, ki lahko imajo vpliv na zanesljivost temeljenja približno 100m visokega objekta VE3 na metamorfne grebenu pod Košenjakom.

Oceno aktivnih premikov ob prelomih je težko zanesljivo izdelati, obstajajo sicer nekatere standardne metode (preverjanje ali prelomi sekajo in deformirajo druge geomorfološke pojave, z geofizikalnimi metodami visoke ločljivosti, z izvedbo razkopov preko prelomov in z geodetskimi meritvami aktivnih premikov ob ugotovljenih prelomih), ki pa v obravnavnem primeru niso uporabne, ker dejansko ne razpolagamo s potrebnimi terenskimi podatki. Po izvedeni analizi za potrebe ČHE Kozjak, IRGO 2007

lahko povzamemo, da so aktivni premiki ob posameznih prelomih verjetno nepomembni kar dokazujejo rezultati izvedenih GPS meritev relativnih premikov širšega območja, ki kažejo, da na tem območju ni ugotovljenih zastojev deformacij, ki bi ob morebitni sprostitvi lahko povzročile večje potresne sunke na obravnavanem območju. Za mikrolokacijo ČHE Kozjak (IRGO 2007) je bila izdelana tudi ocena možnih premikov za referenčni potres z magnitudo $M=5,0$, globino žarišča $h=10\text{km}$ in epicentralno razdaljo $D=8\text{km}$, ki kaže na možne premike velikosti do 20mm.

Za oceno projektnih pospeškov na mikrolokaciji stajnih mest posameznih agregatov VE Ojstrica bomo upoštevali model tal, ki je že bil upoštevan pri projektu ČHE Kozjak (IRGO 2007) za oceno pogojev izgradnje bazena v geološki enoti **kremeno-sericitovi filiti** (F), ki ga lahko pričakujemo na območju agregata VE1 ter je po naši oceni lahko najbolj kritična. Po geološki klasifikaciji so si filitne strukture na Zahodnem in Vzhodnem Kobanskem precej podobne, med sabo pa se razlikujejo le po metamorfnem masivu pod njimi, kjer na območju ČHE Kozjak nalegajo na gnajse in blestnike, na območju VE Ojstrica pa na sivozelenkaste drobnozrnate kloritnobiolitne skrilavce. Pred izvedbo potrebnih geotehničnih raziskav na območjih stajnih mest ne morem zagotovo napovedati globine do katere so filitni skladi prepereli in razpadli v gline in gruščke ter bom zato v nadaljevanju upošteval podatke prodobljene za potrebe načrtovanja ČHE Kozjak, ki se nahaja v primerljivih geoloških razmerah.

Prav tako bom upošteval predpostavko, da je metamorfna kamenina **kremeno-sericitov filit** (F), ki se nahaja na območju agregata EV1, najvišje na lestvici stopnje metamorfoze kamenin na Zahodnem Kobanskem in je tudi zato na tej lokaciji globina preperevanja in razpadanja lahko potencialno največja.

V okviru projekta ČHE Kozjak (IRGO 2007) je bil na mikrolokaciji akumulacijskega bazena opravljen primerni obseg geotehničnih raziskav filonitnega pokrova. Za potrebe načrtovanja projektnih rešitev so bile določene mehanske lastnosti posameznih geoloških enot, ki so podane v tabeli 2 (Vir: IRGO 2007).

Tabela 2: Območja dobljenih vrednosti in karakteristične vrednosti na območju akumulacijskega bazena

| Enota | Material | GSI | Prostorninska teža | Enoosna tlačna trdnost | Trdnostne karakteristike določene na osnovi laboratorija in po Burtonovi interpretaciji | | Elastični modul določen v laboratoriju | | Karakteristične trdnostne vrednosti ² | | Karakteristične vrednosti elastičnega modula ² | | Elastični moduli določeni s presimetrom | |
|-------|--|-------|--------------------|------------------------|---|-------------------------------|--|-----------|--|------------|---|--------------------|---|---|
| | | | | | c_{lab}/c_{resid} [kPa] | ϕ_{lab}/ϕ_{resid} [°] | E_{lab} [MPa] | c [kPa] | ϕ [°] | E [MPa] | E_1 [MPa] | E_2 [MPa] | | |
| | Nasip ⁽³⁾ | | 22 | - | - | - | 24 | 16 | 33 | 24 | - | - | - | - |
| 1,2 | Proluvij in močno pretrt preperel in zaglinjen filonit | - | 20/16 | 0.1-0.4 (0.23) | 0-17.5 (5.2) | 30.5-40.8 (36) | 4.5-28 (13) | 5.2 | 32.5 | 32 | 22-616 (30) | 38-1737 (715) | | |
| 3 | Srednje kompakten in preperel filonit | 10-20 | 23.5/- | 2.1-9.6 (5) | 33/27 ¹ | 44.3/39 ¹ | 455-815 (654) | 14-36 | 30-36 | 60-90 | 425-1067 (685) | 731-7734 (1976) | | |
| 4 | Manj kompakten in preperel filonit | 20-40 | 24.5/- | 8.8-21.2 (14.6) | 47/31 ¹ | 55.6/47 ¹ | 1795-5256 (3568) | 37-84 | 44-51 | 306-1071 | 858-4568 (1523) | 1235-74523 (6709) | | |
| 5 | Kompakten nepreperel filonit | 30-50 | 26.5/- | 18.8-67.4 (32.3) | 143/25 ¹ | 65.6/41 ¹ | 4494-20212 (11885) | 92-275 | 53-56 | 3541-13368 | 3868-8534 (5259) | 8756-95312 (43520) | | |

¹ Vrednosti določene po Burtonovi interpretaciji pri $\sigma_n=0.125\text{ MPa}$ (globina cca 5 m)

² Za enote 3,4 in 5 so vrednosti določene s Hoek-Brownovim porušitvenim kriterijem, za enoti 1 in 2 pa iz laboratorijskih in in-situ meritev

³ Vrednosti za nasip so privzete iz študije, ki so jo izdelali na UMB FG-Inštitut za geotehniko (GP-BŽ-01/06-07)

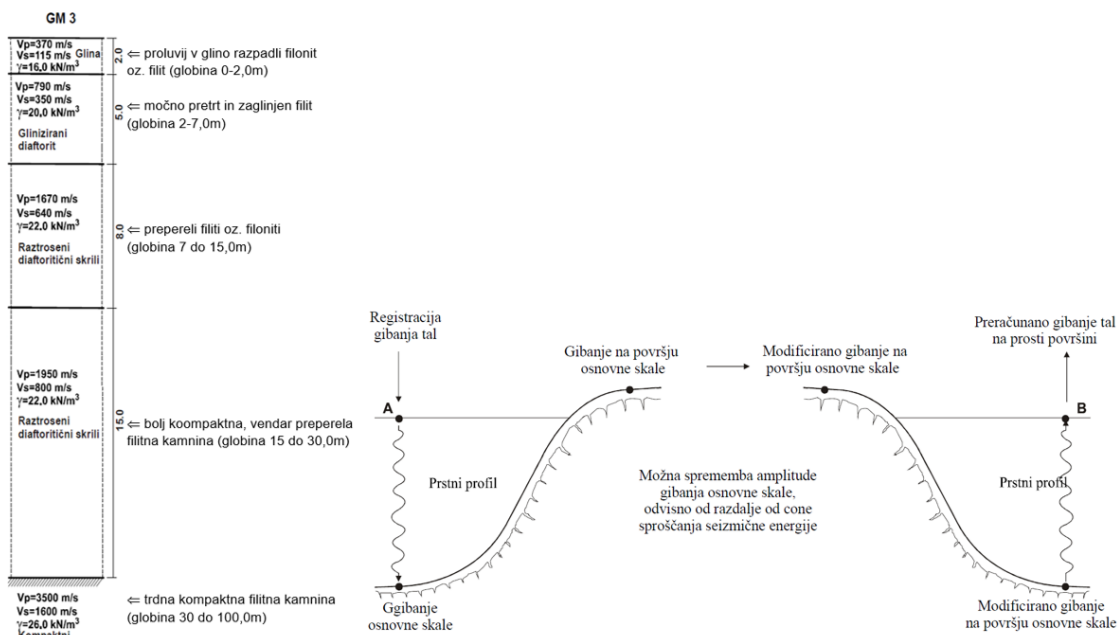
Za oceno pričakovanih seizmičnih vplivov na pregrado in druge objekte na vplivnem območju so bili za presoje amplifikacije potresnih vplivov analizirani številni seizmični modeli, ki so bili nato preverjeni z analizo odziva tal za različne seizmične spektre, ki so bili izmerjeni na površju tal pri pomembnejših potresih v preteklosti (Vir: IRGO 2007). Seizmični model za oceno amplifikacije gibanja v plasteh z nižjo hitrostjo pri strižnem valovanju ob potresih $v_{s,30} < 800\text{m/s}$ in postopek izračuna ob predpostavki modificiranega gibanja na površju osnovne skale tipa A po slovenskem standardu EC(8) je shematsko prikazan na sliki 9.

Za obravnavani primer agregata VE1 bom predpostavil, da bo temeljen na AB točkovnem temelju velikosti $(18 \times 18)\text{m}^2$ v globini 4,0m pod površjem, kjer se nahaja plast močno pretrtega in zaglinjenega sericitnega filita, ki sega še približno 3,0m pod koto temeljenja.

Skladno z modelom prikazanim na sliki 3 postopek omogoča preračun amplifikacije gibanja na ravni površini. Amplifikacija gibanja je bila preverjena za zapise gibanja oz. akcelerogrami:

-ACC1: Robič N-S, $M=6,1$, -ACC2: Kobarid N-Sm $M=6,1$, -ACC3: Bitola, $M=5,2-5,4$;

-ACC4: Gevgelija N-S, $M=5,6$, -ACC5: Ulcinj, $M=7,0$, -ACC6: Elcentro, $M=6,7$.



Slika 9: Seizmični model za oceno amplifikacije gibanja v plasteh z nižjo hitrostjo pri strižnem valovanju ob projektnem potresu $v_{s,30} < 800\text{m/s}$ in postopek izračuna ob predpostavki modificiranega gibanja na površju osnovne skale tipa A EC(8) (Vir: IRGO-IZIS, 2007)

Za izbrani model je količnik povečanja projektnih seizmičnih obremenitev (DAF) v znatni meri odvisen od globine temeljenja objekta. Za izbrani model M3 so rezultati analiz prikazani v tabeli 3.

Tabela 3: Vrednosti DAF za model M3 (Vir: IRGO-IZIS, 2007)

| Globina (h) | Lokalni potresi | | | | | Regionalni potresi | | | |
|----------------|-----------------|------|------|------|-------------|--------------------|------|------|-------------|
| | ACC1 | ACC2 | ACC3 | ACC4 | Povp. | ACC5 | ACC6 | ACC7 | Povp. |
| -2,0m | 1,72 | 1,27 | 1,36 | 1,45 | 1,45 | 1,47 | 1,44 | 1,13 | 1,35 |
| -4,0m | 1,52 | 1,18 | 1,12 | 1,27 | 1,27 | 1,40 | 1,23 | 1,11 | 1,24 |

Predlagam, da se za izbrano globino temeljenja $D=4,0\text{m}$ pod površjem, pri analizi potresne ogroženosti v fazi IDZ upošteva količnik $DAF \approx S$ (EC7)=**1,3**. Kar pomeni uvrstitev po EC8 med kategoriji B in D (sicer nekoliko bližje D), ker dejanska sestava tal ni poznana, bolj natančno in po pričakovanih manj konzervativno bo mogoče količnik amplifikacije oceniti po izvedbi geotehničnih raziskav na lokacijah posameznih stebrov VE Ojstrica. Ne glede, da so po pričakovanih razmere na področju temeljenja posameznih agregatov VE1, VE2 in VE3 različne, tokrat predlagam upoštevanje enotne vrednosti količnika $S=1,3$ za vse agregate veterne elektrarne.

Predlagam, da se v obravnavanem primeru količnik pričakovanih potresnih vplivov poveča še za faktor potresne izpostavljenosti (Anex A, Topographic amplifications factors). Skladno s priporočili lahko na pobočjih z nagibom $\beta \leq 15^\circ$ topografske efekte zanemarimo. Pri temeljenju neposredno ob izpostavljenih vrhovih in pobočjih pa je smiselno upoštevati še topografski faktor $S_T \geq 1,2$, pri grebenih oz. vrhovih, kjer višina presega širino osnovne ploskve je priporočena uporaba topografskega faktorja $S_T \geq 1,4$, ter pri temeljenju ob vrhovih vzpetin z nagibom $\beta \geq 30^\circ$ uporaba topografskega faktorja $S_T \geq 1,2$.

Zato predlagam, da se za izbrane mikrolokacije agregatov VE1 in VE2 v neposredni bližini lokalnih vzpetin z nadmorsko višino 1.268 in 1288m in tudi za VE3 v fazi IDZ upošteva topografski faktor amplifikacije potresnih vplivov $S_T=1,2$. Z upoštevanjem pričakovane sestave tal, projektnega pospeška mikrolokacije $a_h=0,1 \times g$, količnika vrste tal $S=1,3$ zaradi plasti manjše odpornosti na površju in topografskih značilnosti $S_T=1,2$. Pri dokazovanju potrebne projektne odpornosti temeljev, konstrukcije oz. stebrov posameznih agregatov VE Ojstrica s priključnimi elementi je zato potrebno upoštevati projektni pospešek:

$$a_{h,d} = 0,1 \times g \times S \times S_T = 0,1 \times 9,81 \times 1,3 \times 1,2 = 1,53 \text{m/s}^2 \approx 0,16g$$

V višjih fazah načrtovanja DGD in PZI je potrebno potresno ogroženost posameznih elementov VE Ojstrica ponovno preveriti z upoštevanjem dejanske sestave tal, ki bo določena s projektnimi geotehničnimi raziskavami.

4 INŽENIRSKO GEOLOŠKI OPIS POSAMEZNIH LOKACIJ Z GEOMEHANSKIMI KARAKTERISTIKAMI

Širše območje mikrolokacij posameznih agregatov VE Ojstrica je bilo pregledano (terenska prospekcija 27. in 29.11.2019). Pri terenski prospekciji je bilo obilo pozornosti namenjeno določanju dejanskih mikrolokacij posameznih agregatov VE1, VE2 in VE3 ter oceni geoloških razmer, ker v naravi razen ob cestnih vkopih in posameznih kameninskih blokov ni vidnih izdankov osnovnih kamenin na osnovi katerih bi bilo možno potrditi razmejitve med posameznimi vrstami metamorfnih kamenin, ki so poznane iz literature. Ocenjena je bila prisotnost razpok v vidnih delih masiva ter znatna možnost pokritega preloma v smeri NW – SE na vzhodni strani gorskega grebena nad Sv. Duhom severozahodno nad Dravogradom.

Posamezni agregati VE Ojstrica so umeščeni pretežno na vzhodno stran metamorfnega grebena, ki poteka na mikrolokaciji VE približno v smeri N-S od nadmorske višine približno 800m pri cerkvi Sv. Duha ter do nadmorske višine približno 1.300m ob mikrolokaciji agregata VE3. Brežine na čelni in zahodni strani metamorfnega grebena so razmerno blage z nagibom 1:2,5 do 1:3, nagib brežin na vzhodni strani pa znaša generalno 1:2 ter se na nekaterih območjih še lokalno poveča do 1:1,75. Na osrednjem delu grebena, ob agregatih VE1 in VE2, obstajata lokalno izpostavljeni, sicer neimenovani vzpetini oz. vrhova z nadmorskima višinama 1266m nad VE1 ter z nadmorsko višino 1.288m pod agregatom VE2.

Pri natančnejši določitvi inženirsko-geoloških razmer na mikrolokacijah posameznih agregatov VE Ojstrica se pojavljajo zagate, ker ni na razpolago natančnejših podatkov o sestavi, strukturi in geomehanskih lastnostih posameznih tipov metamorfnih kamenin, ki sestavljajo metamorfne sklade na zahodnem Kobanskem in tudi na zahodnem Pohorju.

Sleme, vrhovi in pobočja metamorfnega grebena so močno poraščeni, prekriti s travno rušo, le mestoma so opazni izdanki kamenin. Pobočja na mikrolokaciji po prvi oceni ne kažejo znakov recentnih in fosilnih nestabilnosti ter zato ocenjujem, da so v obstoječih naklonih v glavnem stabilna, brez izrazitih tendenc k nestabilnosti.

Na območju agregata VE1 (pod vzpetino s koto 1.268m) se na površju nahajajo **kremeno-sericitovi filiti (F)** odloženi na plasti **biotitno-kloritovih skrilavcev** (Sb). Zaradi podobnosti s kameninsko sestavo oz. s **filoniti** na lokaciji akumulacijskega bazena HE Kozjak, ocenjujem, da sta globini razpadanja in preperevanja na obeh lokacijah lahko približno enaki. Na obravnavani lokaciji se pod približno 0,5m humosa in travne ruše nahaja plast filitnega grušča s kosi kamnine velikost do 20cm v glinasti osnovi (proluvij, oznaka 1, tabela 2) z globino 1 do 4,0m. Pod plastjo proluvija sledi plast preperelega in pretretega zaglinjenega filita z lokalno ohranjeno strukturo (oznaka 2). Nato sledi močno preperel filit z jasno izraženo strukturo (foliacijo), debelina plasti je spremenljiva (oznaka 3, tabela 2). Enoti 3 in 4 predstavljata zmerno preperel in kompakten filit, debeline plasti pa ni mogoče ugotoviti, ker obe enoti prehajata iz ene v drugo ter sta v glavnem neregularno razporejeni. Prav tako ni mogoče v naprej opredeliti debeline plasti kremeno sericitovih filitov (F), ki so naloženi regularno ali dis-kordantno na biotitno kloritove skrilavce pod njimi. Pogled na jedro vrtine V8-b z različnimi filitoidnimi kameninami, ki so bile ugotovljene z raziskavami za potrebe ČHE Kozjak prikazuje slika 10.

Ocenimo lahko, da prehodi med posameznimi enotami niso zvezni, so tudi težko določljivi ter dejansko skoraj preveč odvisni od avtorjev oz. oseb, ki so izvajale popise jedra posameznih vrtin. Tudi rezultati dopolnilnih in laboratorijskih raziskav na odvzetih vzorcih zelo variirajo tako, da je realna stopnja zaupanja v lokalno zelo visoke geomehanske parametre precej omajana in manj zanesljiva.

Predlagam, da se pri geomehanskih analizah za fazo IDZ na območju VE1 upošteva podobne karakteristične vrednosti zemljin in kamnin kot so bile določene za filonit pri projektu ČHE Kozjak ter so naslednje:

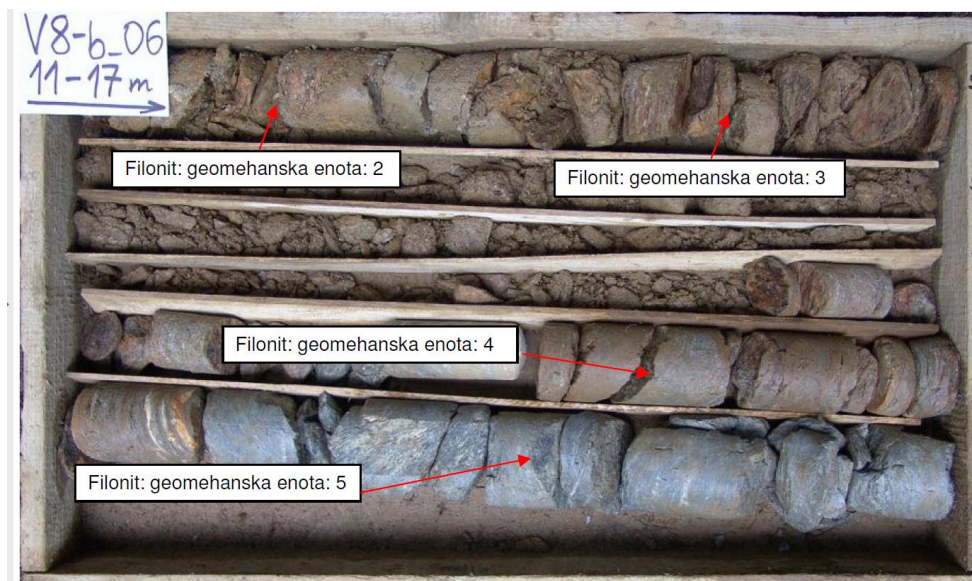
Proluvij,(0-2m); $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$, $\phi=30^\circ$, $c=3,0 \text{ kPa}$, $E=20,0 \text{ MPa}$;

Preperel in zaglinjen filit, (2-7m); $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$, $\phi=32,5^\circ$, $c=5,0 \text{ kPa}$, $E=30,0 \text{ MPa}$;

Prepereli filit, (7-15m); $\gamma=22 \text{ kN/m}^3$, $\phi=35^\circ$, $c=15,0 \text{ kPa}$, $E=50,0 \text{ MPa}$;

Kompaktni filit, (15-30m); $\gamma=24 \text{ kN/m}^3$, $\phi=38^\circ$, $c=25 \text{ kPa}$, $E=100,0 \text{ MPa}$.

Globina proluvija se lahko lokalno hitro spreminja, zgoraj navedena globina 2,0m predstavlja srednjo vrednost, ki se lahko na mikrolokaciji zelo spreminja ter zato predlagam globino temeljenja $D=4,0\text{m}$, ki se lahko v višjih fazah načrtovanja spremeni v odvisnosti od rezultatov projektnih geotehničnih raziskav, ki jih bo podrobno opraviti v okviru izdelave DGD projektne dokumentacije.



Slika 10: Pogled na jedro vrtine V8-b s prikazom filonitov (enote 2, 3, 4 in 5), Vir: IRGO 2008

Agregat VE2 se po pričakovanjih nahaja v območju **biotitno-kloritovih skrilavcev** (Sb) katerih debelina po moji oceni presega 100 m. Hkrati pa ocenjujem, da se mikrolokacija agregata VE3 nahaja na območju kjer **biotitno-kloritovi skrilavci** (Sb) po moji oceni zvezno prehajajo v **stavrotitove blestnike s prehodi v gnajs** (Sst). Hkrati pa se mikrolokacija agregata VE3 nahaja v bližini domnevno pokritega preloma NW-SE, ki je prikazan na slikah 3 in 5.

V tej fazi natančne lokacije pokritega preloma ter tudi prehoda med skladi (Sb) in (Sst) ni mogoče natančno določiti. V naslednjih fazah načrtovanja bo potrebno dodatno preveriti lokacijo temeljenja VE3 z geofizikalnim profiliranjem v smereh N-S in W-E, ker temeljenje po moji oceni neobičajnega in približno 100m visokega objekta VE3 v prelomnem območju, vsaj po moji oceni, ni sprejemljivo. Zato predlagam, da že v fazi IDZ načrtovalci preučijo možnosti premika mikrolokacije v smeri zahod za 25 do 50m (v lokacijskem načrtu se naj dopusti možnost premika), da bi se izognili prelomnemu območju, ki po predvidevanjih poteka v neposredni bližini lokacije VE3.

V primeru premika mikrolokacije VE3 proti zahodu bi se po pričakovanjih tudi temelj VE3 nahajal v metamornem skladu **biotitno-kloritovih skrilavcev** (Sb).

Ocenjujem, da so sivozeleni **biotitno-kloritovi skrilavci** (Sb) nekoliko manj občutljivi na vplive razbremenitev in s tem povezano vpijanje vode ter je zato lahko globina razpadanja v gline in grušče nekoliko manjša kot to velja za filite. Ocenjujem, da se tudi v tem metamornem skladu globina dezintegracije oz. razpadanja osnovne kamenine in prepevanja zelo spreminja v odvisnosti od razpok in bližine prelomov, kjer lahko znaša tudi 20m.

Ocenjujem, da so parametri mehanskih lastnosti biotitno-kloritovih skrilavcev v primerjavi s filiti nekoliko višji. Za fazo IDZ predlagam, da se pri dokazovanju mehanske odpornosti in stabilnosti temeljenja agregatov VE2 in VE3 upošteva naslednje mehanske lastnosti:

Proluvij, (0-2m); $\gamma=20\text{kN/m}^3$, $\phi=30^\circ$, $c=3,0\text{ kPa}$, $E=20,0\text{ MPa}$;

Preperel in zaglinjen skrilavec, (2-6m); $\gamma=21\text{kN/m}^3$, $\phi=35^\circ$, $c=5,0\text{ kPa}$, $E=40,0\text{ MPa}$;

Prepereli skrilavec, (6-12m); $\gamma=22\text{kN/m}^3$, $\phi=36^\circ$, $c=10,0\text{ kPa}$, $E=60,0\text{ MPa}$;

Kompaktni skrilavec, (12-30m); $\gamma=24\text{ kN/m}^3$, $\phi=38^\circ$, $c=25\text{ kPa}$, $E=100,0\text{ MPa}$.

Zgoraj navedene materialne lastnosti predstavljajo le oceno mehanskih lastnosti ob predpostavki, da mikrolokacija temeljev posameznih agregatov VE ni v območju vplivov večjih prelomnih območij, ki se jim je potrebno pri temeljenju v čim večji možni meri izogniti.

Tudi za agregata VE2 in VE3 predlagam izvedbo temeljenja na AB temeljni plošči v globini 4,0m pod površjem. Sorazmerno velika globina temeljenja je po moji oceni potrebna zaradi pričakovanih projektnih vplivov, ki se bodo odražali z zelo velikimi navori (momenti) na temeljno konstrukcijo in zelo majhno lastno težo in tudi majhnimi horizontalnimi vplivi zaradi izredne višine objekta z generatorjem na višini približno 100m nad površjem.

Predvidene mikrolokacije postavitve posameznih agregatov VE Ojstrica se nahajajo na sorazmerno

ozkem gorskem grebenu, ki ga gradijo slabo prepustni metamorfni skladi. Zato ocenjujem, da morebitni vplivi talne vode, ki se nahaja v površinski plasti razpadlih in močno preperelih metamorfnih skrilavcev ne bodo pomembneje vplivali na zanesljivost temeljenja. Pri terenski prospekiji območja predvidenih objektov nisem zasledil pomembnejših virov oz. izvirov talne vode, ki pa se množično pojavljajo približno 100 do 200m nižje na pobočju. Na stabilnostne razmere širokega metamorfnege grebena lahko potencialno še najbolj vpliva izvir na spodnjem robu kremeno sericitnega filita na nadmorski višini približno 1000m, ki opozarja na možnost akumulacije vode v sericitnem filitu ter izcejanja le te po kontaktni površini med stavrolitovimi blestniki in sericitnimi filiti.

4 INŽENIRSKO GEOLOŠKI PREDLOGI ZA TEMELJENJE OBJEKTOV

Temeljenje posameznih agregatov se po moji oceni lahko predvidi kot plitvo na AB točkovnih temeljih velikih dimenzij, globoko na pilotih, s kombinacijo plitvega in globokega temeljenja ter tudi kot plitvo z izboljšnjem lastnosti temeljnih tal pod plitvimi temelji. V obravnavanem primeru predlagam izvedbo temeljenja na AB točkovnem temelju v globini $D=4,0\text{m}$ pod površjem v plasti preperelih in delno zaglinjenih filitov.

Vplivi na AB temelj nam še niso poznani ter jih bom za oceno zadostne projektne odpornosti in posedkov oz. rotacije AB betonskega temelja le ocenil na osnovi mojih pričakovanj.

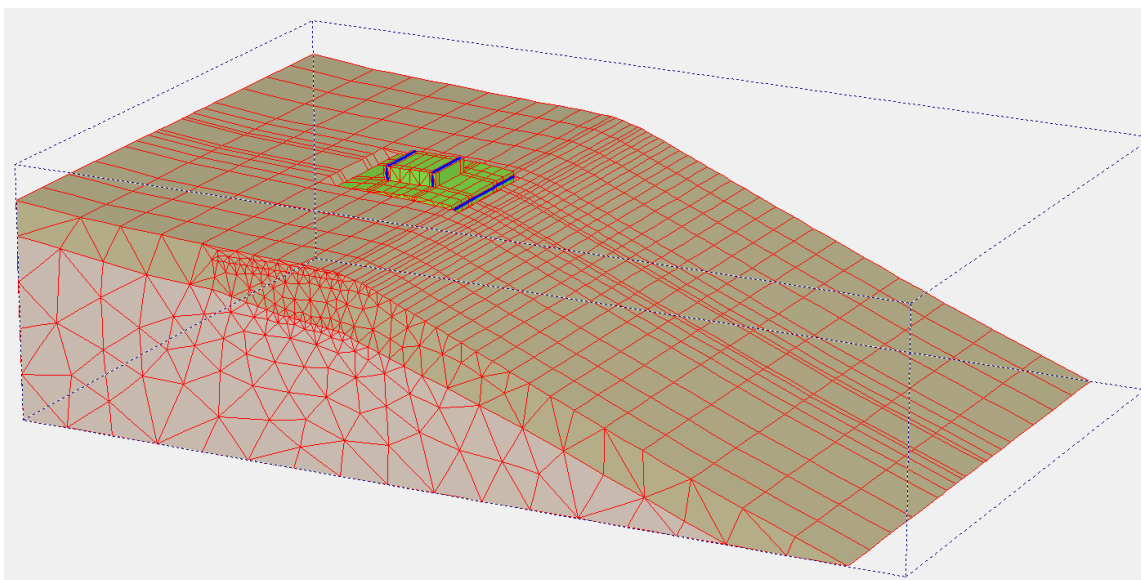
V kolikor upoštevamo kvadratni AB betonski temelj s stranico $L=B=18\text{m}$ lahko ocenimo neugodni vertikalni vpliv (teže stebra in agregata na višini približno 100m v računu ne upoštevamo), ki lahko znaša:

$$V=18 \times 18 \times 2 \times 25 + 18 \times 18 \times 2 \times 20 = 29.160,00 \text{ kN/temelj}$$

Največja dovoljena eksentričnost vplivov na temelj v smeri W-E znaša $e_B=B/6=3,00\text{m}$ ter dopušča največjo momentno obremenitev: $M=3,00 \times V=87.480,00 \text{ kNm/temelj}$

Horizontalni vpliv je približno ocenjen z upoštevanjem delovanja sunka vetra na višini 100m nad težiščno točko temelja: $H=M/100=874,80 \text{ kN/temelj}$

Geomehanski model temelja in tal na vplivnem območju VE1 (brez prikazane površinske plasti proluvija) prikazuje slika 11.



Slika 11: Geomehanski model AB temelja $L \times B = (18 \times 18) \text{ m}^2$ temeljenega v globini $D=4,0\text{m}$ pod površjem ob pobočju z nagibom $\tan\beta = 1:2$ oz. $\beta \approx 27^\circ$

Izvedba dokazov zanesljivosti

AB točkovni temelj: $B=18,00\text{m}$, $L=18,00\text{m}$

Globina temeljenja: $D=4,0\text{m}$ pod površjem

Temeljenje AB pasovnega temelja bo izvedeno v preperelih in še delno zaglinjenih sericitnih filitih z mehanskimi lastnostmi: $\gamma=20\text{kN/m}^3$, $\gamma'=10\text{kN/m}^3$, $\phi=32,5^\circ$, $c=5,0\text{kPa}$, efektivna vertikalna obtežba z zasutjem ob temelju znaša vsaj $q=\gamma' \times D=40,0\text{kN/m}^3$ (upoštevana je teža proluvija ob temelju na globini 4,0m, ker ocenjujem, da kljub vsemu ob kritičnih hidrogeoloških razmerah obstaja možnost vzpostavitve zveznega nivoja talne vode, ki lahko bistveno vpliva na projektno odpornost tal pod temeljem).

Projektna odpornost tal pod temeljem je preverjena skladno s slovenskim standardom SIST EN 1997 po projektnem pristopu PP2 z izrazom:

$$R_d = A' \times (c' \times N_c \times b_c \times s_c \times i_c + q' \times N_q \times b_q \times s_q \times i_q + 0,5 \times \gamma' \times B' \times N_\gamma \times b_\gamma \times s_\gamma \times i_\gamma) / \gamma_{R,v}$$

kjer A' in B' pomenita afektivno površino in širino pravokotnega temelja, (N_c , N_q in N_γ) količnike nosilnosti pasovnega temelja, (b_c , b_q in b_γ) količnike nagiba temeljne površine, (s_c , s_q in s_γ) količnike oblike pasovnega temelja, (i_c , i_q in i_γ) količnike horizontalnih vplivov in $\gamma_{R,v}$ delni količnik odpornosti za vertikalne vplive na temelj, ki za PP2 znaša 1,4.

$$N_q = e^{\pi \times \tan \phi} \times \tan^2(\pi/4 + \phi/2), \quad b_q = b_\gamma = (1 - \alpha \times \tan \phi)^2, \quad s_q = 1 + (B'/L') \times \sin \phi$$

$$N_c = (N_q - 1) \times \cot \phi, \quad b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \times \tan \phi), \quad s_\gamma = 1 - 0,3 \times B'/L'$$

$$N_\gamma = 2 \times (N_q - 1) \times \tan \phi, \quad s_c = (s_q \times N_q - 1) / (N_q - 1)$$

$$i_q = (1 - H_d' / (V_d' + A' \times c' \times \cot \phi))^m, \quad m = m_B = (2 + B'/L') / (1 + B'/L') \text{ horizontalni vpliv } H_d' \text{ deluje v smeri B}$$

$$i_\gamma = (1 - H_d' / (V_d' + A' \times c' \times \cot \phi))^{m+1}, \quad m = m_L = (2 + L'/B') / (1 + L'/B') \text{ horizontalni vpliv } H_d' \text{ deluje v smeri L}$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c \times \tan \phi), \quad H_d' \text{ oz. } V_d' \text{ pomenita skupni horizontalni oz. vertikalni vpliv}$$

$A' = B' \times L'$, $L' = L - 2 \times e_L$ pomeni efektivno dolžino temelja; $B' = B - 2 \times e_B$ efektivno širino temelja ter e_L oz. e_B izsrednost (ekscentričnost) vertikalnega vpliva V_d' , ki ga povzročata navora MB oz. ML na težiščno točko pravokotnega temelja.

Oznaka c' pomeni delež efektivne kohezije, q' najmanjšo vertikalno efektivno napetost ob dnu temelja (upoštevana je lastna teža proluvija v globini $D=4,0\text{m}$ zmanjšana za silo vzgona), α označuje nagib temeljne površine ter ϕ strižni kot preperelega in zaglinjenega filita pod temeljem z ravno površino.

Obravnavani AB točkovni temelj se lahko nahaja ob strmem pobočju (po sliki 11 znaša nagib tal pred temeljem približno 1:2), postopek naveden v SIST EN 1997 dejansko velja le za ravno površino tal pred temeljem in zato je potrebno projektno odpornost tal dodatno reducirati s količnikom največjega nagiba tal pred temeljem $g_\gamma = g_q = g_c = (1 - \tan(\beta))^2$ (Mini Budhu, 2011, SU Arizona, USA).

VPLIV VETRA V SMERI W-E: M_L ; d in horizontalna sila H_B ; d

$$L = 18,00\text{m}, B = 18,00, \alpha = 0, L' = 18,00\text{m}, B' = 15,00\text{m}$$

$$V_d' = 29.160,00\text{kN/m}, H_d' = 874,80\text{kN/m}, e_B = 3,00\text{m}, e_L = 0,00\text{m}$$

$$\phi = 32,5^\circ, c = 5,0\text{kPa}, \gamma' = 10,0\text{kN/m}^3 \text{ (pod temeljem)}, q = 40,0\text{kPa}$$

$$N_q = 24,58, \quad b_q = b_\gamma = 1,00, \quad s_q = 1,358$$

$$N_c = 37,02, \quad b_c = 1,00, \quad s_\gamma = 0,800$$

$$N_\gamma = 30,05, \quad s_c = 1,373$$

$$i_q = 0,955, \quad m = m_B = 1,6$$

$$i_c = 0,953, \quad \gamma_{R,v} = 1,4$$

$$i_\gamma = 0,928, \quad g_\gamma = g_q = g_c = 0,25$$

Izvedba dokaza projektno odpornosti:

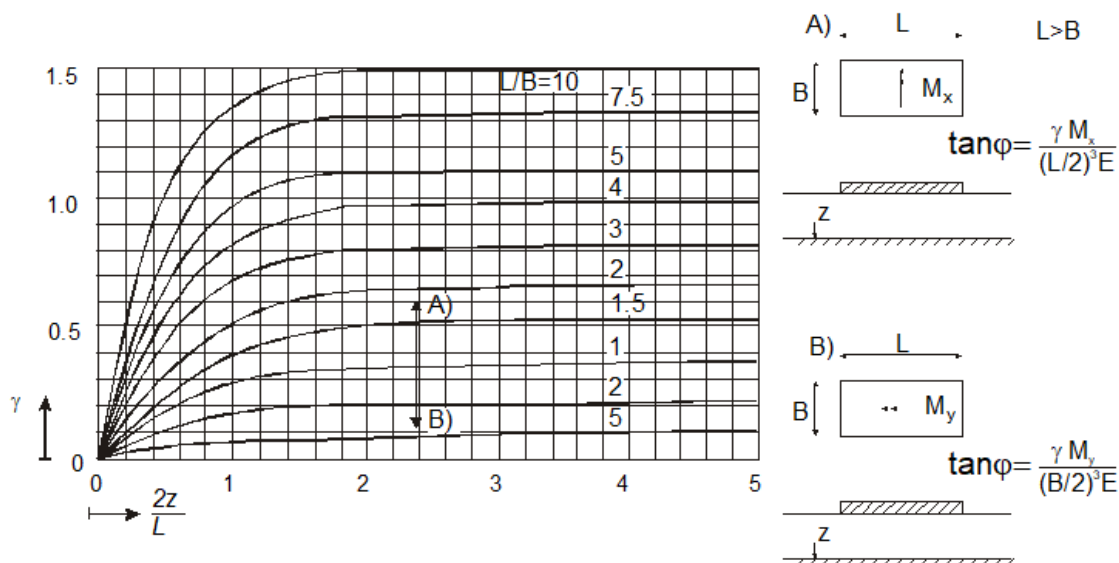
$$R_d = 110.172,70\text{kN} > V_d' = 29.160,00\text{kN/m} \text{ (pogoj po SIST EN 1997 je izpolnjen)}$$

Izvedba dokaza mejnega stanja zdrsa temelja ($\delta = \phi$, $\gamma_{R,h} = 1,1$)

$$R_d = V_d' \times \tan \delta / \gamma_{R,h} = 16.888,15\text{kN/m} > H_d' = 874,80\text{kN/m} \text{ (pogoj po SIST EN 1997 je izpolnjen)}$$

V obravnavanem primeru je po moji oceni lahko najbolj kritična rotacija togega AB temelja zaradi delovanja sunkov vetra, ki predstavlja ob predpostavljeni višini objekta verjetno kritični primer z vidika mejnih stanj nosilnosti kot tudi uporabnosti.

Rotacijo togega temelja lahko za elastična temeljna tla s predpostavko, da se površina temelja nahaja na horizontalnem površju, približno ocenimo z uporabo postopka po Sovincu, ki temelji na teoriji elastičnih tal pod togim temeljem. Postopek izračuna prikazuje slika 12. Pri izračunih rotacije bomo upoštevali materialne podake (module elastičnosti), ki so prikazani v tabeli 4.



Slika 12: Približno ocena rotacije togega temelja po Sovincu

Tabela 4: Materialne lastnosti metamornih skladov in preperin ob temelju VE1

| ID | Name | Type | γ_{unsat} [kN/m ³] | γ_{sat} [kN/m ³] | k_x [m/day] | k_y [m/day] | k_z [m/day] | E_{50}^{ref} [kN/m ²] | E_{oed}^{ref} [kN/m ²] | E_{ur}^{ref} [kN/m ²] | c_{ref} [kN/m ²] | ϕ [°] | ψ [°] | ν_{ur} [-] | P_{ref} [kN/m ²] | Power [-] | $K_{0,nc}$ [-] |
|----|-------------------------------|---------|--|--|------------------|------------------|------------------|--|---|--|-----------------------------------|---------------|---------------|-------------------|-----------------------------------|--------------|-------------------|
| 1 | PROLUVIJ | Drained | 19,0 | 19,0 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 20000,0 | 20000,0 | 60000,0 | 3,0 | 30,0 | 0,0 | 0,20 | 100 | 0,500 | 0,500 |
| 2 | Preperel in zaglinjen flit | Drained | 20,0 | 20,0 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 30000,0 | 30000,0 | 90000,0 | 5,0 | 32,5 | 0,0 | 0,20 | 100 | 0,500 | 0,463 |
| 3 | Kompakten delno preperel flit | Drained | 22,0 | 22,0 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 50000,0 | 50000,0 | 1,5E5 | 10,0 | 36,0 | 6,0 | 0,20 | 100 | 0,500 | 0,412 |

Pri oceni posekov bomo upoštevali naslednjo sestavo tal pod temeljem:

$$d=0-6,0m, \quad E=30,0MPa, \quad \beta_1=0,23$$

$$d=6,0-30m, \quad E=50,0MPa, \quad \beta_2=0,15$$

$$\tan(\varphi_z) = ((M_z / (B/2)^3) \times (\beta_1 / E_1 + \beta_2 / E_2)) = 0,00128$$

Ocenimo lahko, da bi zaradi sunka vetra v smeri W-E, ki bi lahko povzročil moment $M_z = 87.480,00kNm$ na težišče AB temelja nastal zasuk togega temelja $\tan(\varphi_z) = 0,00128$, ki bi pomenil posedek temelja na vzhodni strani velikosti 11,50mm, dvizek na zahodni strani za 11,50mm ter premik agregata na predpostavljeni višini 100m za 12,80cm.

VPLIV VETRA V SMERI NW-SE: $M_L;d$, $M_B;d$ in horizontalna sila $H_B;d$, $H_L;d$

$$L = 18,00m, \quad B = 18,00, \quad \alpha = 0, \quad B' = L' = 13,76m$$

$$V_d' = 29.160,00kN, \quad H_d' = 874,80kN/m, \quad e_B = 2,12m, \quad e_L = 2,12m$$

$$\phi = 32,5^\circ, \quad c = 5,0kPa, \quad \gamma' = 10,0kN/m^3 \text{ (pod temeljem)}, \quad q = 40,0kPa$$

$$N_q = 24,58$$

$$b_q = b_\gamma = 1,00$$

$$s_q = 1,537$$

$$N_c = 37,02$$

$$b_c = 1,00$$

$$s_\gamma = 0,70$$

$$N_\gamma = 30,05$$

$$s_c = 1,560$$

$$i_q = 0,957$$

$$m = m_B = m_L = 1,50$$

$$i_c = 0,955$$

$$\gamma_{R;\nu} = 1,4$$

$$i_\gamma = 0,930$$

$$g_\gamma = g_q = g_c = 0,25$$

$$R_d = 103.783,90 \text{ kN} < V_d' = 29.160,00kN \text{ (pogoj po SIST EN 1997 je izpolnjen)}$$

Izvedba dokaza mejnega stanja zdrsa temelja ($\delta = \phi$, $\gamma_{R;h} = 1,1$)

$$R_d = V_d' \times \tan \delta / \gamma_{R;h} = 16.888,15kN > H_d' = 874,80kN \text{ (pogoj po SIST EN 1997 je izpolnjen)}$$

Premike togega temelja smo za predpostavljene vplive ocenili tudi z elasto-plastično analizo sodelovanja med AB temeljem in tlemi z upoštevanjem realnih terenskih razmer z nagibom površja na vzhodni strani temelja, ki je prikazan na sliki 11.

V izračunu je upoštevana tudi pričakovana togost temeljnih tal, kjer so za razbremenilna napetostno deformacijska stanja upoštewane tri kratne vrednosti modulov, ki veljajo za obremenilna napetostno deformacijska stanja. V analizi je upoštevana togost nerazpokanega betonskega temelje debeline 2,0m ob priključku stebra velikost 8,0m×8,0m v osrednjem delu ter debelina temeljne plošče 1,5m na robnem območju temelja.

Rezultati analize kažejo, da bi zaradi sunka vetra v smeri W-E, ki bi povzročil moment $M_z=87.480,00\text{kNm}$ na težišče temelja, lahko nastal posedek temelja na vzhodni strani velikosti 12,91mm, dvizek na zahodni strani za 4,860mm ter premik agregata zaradi deformacij AB temelja na predpostavljeni višini 100m za 17,50cm.

Zaradi lastne teže temelja z zasutjem ter vpliva vetra $M_z=87.480,00\text{kNm}$ bi se v temeljni plošči debeline 2,0m v mejnem stanju uporabnosti lahko aktivirale naslednje največje vrednosti notranjih sil:

$M_{11, \text{Max.}}=1.737,58 \text{ kNm/m}$

$M_{22, \text{Max.}}=1.002,80 \text{ kNm/m}$

$M_{12, \text{Max.}}=404,500 \text{ kNm/m}$

$V_{13, \text{Max.}}=652,04 \text{ kNm/m}$

$V_{12, \text{Max.}}=263,02 \text{ kNm/m}$

$V_{23, \text{Max.}}=992,96 \text{ kNm/m}$

Podobni so tudi rezultati izračunov premikov za obremenitve z udarom vetra v smeri NW-SE, pri notranjih obremenitvah se pri diagonalnih vplivih na AB temelj pojavljajo bistveno večje koncentracije notranjih sil, zlasti ob vogalih sidrnega bloka ter bi ga bilo zato najbolj primerno zasnovati v krožni oz. valjasti obliki.

5 PREDLOG DODATNIH RAZISKOVALNIH DEL IN PREISKAV ZA NADALJNJE FAZE PROJEKTA

V Republiki Sloveniji je pri načrtovanju geotehničnih raziskav in pri geotehničnem projektiranju obvezna uporaba standarda SIST EN 1997: 2005, ki določa osnovne pogoje geotehničnega projektiranja v inženirski praksi. Navedeni standard pri načrtovanju obsega in vrste potrebnih raziskav v osnovi razlikuje med objekti z zanemarljivimi tveganji (Geotehnična kategorija 1), objekti brez izjemnih tveganj in zahtevnih tal ter obremenitev (Geotehnična kategorija 2) in preostale objekte z neobičajno velikimi tveganji, zelo zahtevnimi pogoji tal, izjemnimi obtežbami in/ali objekte na področjih z veliko seizmičnostjo (Geotehnična kategorija 3).

Pri objektih z zanemarljivimi tveganji je mogoče osnovne projektne zahteve izpolniti na osnovi izkušenj in rezultatov kvalitativnih geotehničnih preiskav, kjer je tveganje globalne stabilnosti in premikov tal zanemarljivo in kadar primerljive lokalne izkušnje kažejo, da so pogoji tal dovolj enostavni. Za projektiranje in gradnjo takšnih objektov se lahko uporabi rutinske metode.

Pri gradnjah običajnih objektov in temeljenj brez izjemnih tveganj in zahtevnih tal ter obremenitev je potrebno pri dokazovanju izpolnjevanja bistvenih projektnih zahtev upoštevati kvantitativne geotehnične podatke. Pri določanju obsega raziskav in izvedbi terenskih in laboratorijskih preiskovanj se praviloma uporabljajo standardizirane metode. V kategorijo običajnih vrst konstrukcij in objektov prištevamo: temeljenja na točkovnih in pasovnih temeljih, temeljenja na temeljnih ploščah, globoka temeljenja na pilotih in kesonih, konstrukcije za podpiranje in opiranje pobočij in zadrževanje vode, izkopi, temeljenje premostitvenih objektov, nasipe in druga zemeljska dela, vse vrste geotehničnih sider ter predore v trdnih, nerazpokanih kamninah brez dodatnih posebnih zahtev.

Objekte oz. posamezne konstrukcijske sklope za katere so značilna izjemna tveganja tako z vidika posledic izgube človeških življenj in ogromne materialne škode zgoraj citirani standard za geotehnično projektiranje podrobno ne obravnava. Pri takšnih projektih je potrebno upoštevati za izpolnjevanje bistvenih projektnih zahtev priporočila, alternativne predpise in pravila, ki so bolj rigorozna od zahtev veljavnega slovenskega standarda za geotehnično projektiranje. Med takšne projekte prištevamo: zelo velike in nenavadne konstrukcije, visoke pregrade, konstrukcije z neobičajno visokimi tveganji in z izjemno zahtevnimi pogoji temeljenja ali obtežbami, objekte na področjih z veliko seizmičnostjo in konstrukcije na področjih, kjer obstaja verjetnost nestabilnosti terena ali stalnih premikov, kar zahteva posebne preiskave in posebne ukrepe.

V obravnavanem premiru imamo opravka z nekoliko neobičajno konstrukcijo, ki jo predstavlja temeljna

konstrukcija pričakovane tlorisne velikosti okvirnih dimenzij 20,0m×20,0m ter steber višine približno 100,00m (v kolikor so moje informacije pravilne) z veternim agregatom, ki bo lociran približno 100,0m nad gorskim hrbtu med Sv. Duhom in Košenjakom severno od Dravograda.

Po moji oceni je konstrukcija VE1, VE2 in VE3 vsaj po mojih dosedanjih izkušnjah neobičajna ter jo je že zato potrebno uvrstiti v smislu Slovenskega standarda SIST EN 1997 med zelo zahtevne ter zato predlagam uvrstitev objekta v Geotehnično kategorijo 3.

Prav tako takšno razvrstitev potrjuje tudi zelo zahtevna obtežba, ki jo predstavlja neugodni vpliv zaradi sunkov vetra ter povzročča ekstremne vrednosti momentov, ki jih je potrebno varno prevzeti s temeljno konstrukcijo ter prenesti v temeljna tla.

Tudi pričakovano sestava tal ne moremo obravnavati kot enostavno in povsem zanesljivo za izvedbo temeljenja, ker se na posameznih mikrolokacijah izmenjujejo vključki različnih metamorfni kamenin ter njihove medsebojne oz. interakcijske sovisnosti vzdolž kontaktnih ploskev med njimi še niso poznane.

Nenazadnje geotehnično zahtevnost projekta stopnjuje tudi domneven pokriti prelom, ki po dosedaj poznanih strukturnih podatkih poteka v smeri NW-SE ter se približa izbrani lokaciji VE3, ki mi jo je posredoval nartočnik.

Za potrditev predložene geološke zgradbe in zagotovitev zanesljivega temeljenja načrtovanih objektov predlagam, da se na izbranih mikrolokacijah izvedejo naslednje geotehnične raziskave:

5.1 GEOFIZIKALNE RAZISKAVE

Na vsaki mikrolokaciji VE1, VE2 in VE3 se naj najprej opravijo geofizikalne raziskave za zanesljivo določitev lokacije preloma NW-SE (slika 5) ob agregatu VE3 ter za določitev sestave metamorfnega masiva (hitrosti razširjanja seizmičnega valovanja) in globine posameznih plasti ter medsebojnih sovisnosti med različnimi metamorfnimi skladi v kontaktnih površinah med njimi.

Predlagam izvedbo geoseizmičnih refrakcijskih raziskav z izvedbo vsaj dveh raziskovalnih profilov dolžine najmanj 100m na območju vsakega agregata VE1, VE2 in VE3.

Skupna dolžine geoseizmičnega profiliranja naj znaša vsaj 800m.

5.2 SONDAŽNE RAZISKAVE

Za potrditev zanesljivega temeljenja posameznih agregatov VE Ojstrica predlagam izvedbo štirih strukturnih vrtin na območju temeljev posameznih agregatov VE1, VE2 in VE3. Predlagam, da se na vsakem temelju izvede vsaj po eno približno 20,0m globoko sondažno vrtino s potrebnimi dopolnilnimi geotehničnimi raziskavami.

V kolikor bodo z rezultati geoseizmičnih raziskav ugotovljene anomalije oz. spremembe v sestavi temeljnih tal na mikrolokacijah temeljev posameznih objektov je potrebno na vsakem vogalu predvidenega temelja izvesti še po eno dodatno kontrolno sondažno vrtino globine vsaj 10,0m za zagotovitev homogene sestave tal pod celotno površino temelja posameznih agregatov VE Ojstrica.

5.3 DOPOLNILNE RAZISKAVE V VRTINAH

Med izvedbo sondažnih del je potrebno opraviti preiskave SPT, meritve s presiometrom, pridobiti vzorce za laboratorijske preiskave, opraviti terensko klasifikacijo kamenin (RQD, GSI) ter spremljati nivoje talne vode v kameninah. V kolikor bodo geofizikalne raziskave manj uspešne bo potrebno dodatno izvesti še meritve hitrosti valovanja v vrtinah.

5.4 LABORATORIJSKE PREISKAVE

Na pridobljenih vzorcih zemljin je potrebno opraviti identifikacijske preiskave in preiskave strižne trdnosti ter stisljivosti s prepustnostjo v kolikor bo kvaliteta pridobljenih vzorcev izvedbo teh preiskav dopuščala. Na odvzetih vzorcih metamorfnih kamnin se naj opravi omejeni obseg preiskav tlačne trdnosti, deformabilnosti in trdnostnega indeksa.

5.5 TERENSKO KARTIRANJE.

Na mikrolokacijah posameznih agregatov oz. objektov VE Ojstrica je potrebno opraviti inženirsko kartiranje površja ter izdelati IGK s pričakovanimi prelomi, izdanki kamenin, izviri talne vode ter drugih pojavov, ki bi lahko nakazovali neregularnosti v sestavi tal in potencialno površinsko nestabilnost obravnavanih mikrolokacij.

5.6 GEOLOŠKO GEOTEHNIČNI ELABORAT

Na osnovi rezultatov terenskih in laboratorijskih raziskav ter geotehničnih meritev je potrebno izdelati geološko geotehnični elaborat z dokazi zanesljivosti predvidenega sistema temeljenja, napoved posedkov in deformacij predvidenih temeljnih konstrukcij, dokazi stabilnosti brežin ter izdelati vse standardne priloge k elaboratu, ki so običajne pri temeljenju zelo zahtevnih objektov v geotehnični praksi. Skladno z veljavno zakonodajo je potrebno izdelati »Poročilo o rezultatih opravljenih raziskav«

ter »Geotehnično projektno poročilo«, ki skupaj predstavljata vsebino Geološko geotehničnega elaborata o pogojih temeljenja načrtovanih objektov VE Ojstrica. Vsebina elaborata mora biti skladna z zahtevami veljavnega slovenskega standarda SIST EN 1997, dela 1 in 2.

6 ZAKLJUČKI

Pričujoče »Predhodno inženirsko geološko poročilo o pogojih izgradnje VE Ojstrica« podaja oceno geoloških, inženirsko-geoloških, seizmičnih in geotehničnih pogojev izgradnje VE Ojstrica na Zahodnem Kobanskem nad Dravogradom. Mikrolokacija posameznih objektov VE1, VE2 in VE3 se nahaja na gorskem grebenu med Sv. Duhom in Košenjakom na državni meji z Republiko Avstrijo, ki ga gradijo metamorfni skladi zgornjih stopenj metamorfoze. Zato so ti materiali lahko neenakomerno in globoko razpadli v gline in gruščice ter močno in neenakomerno globoko prepereli in razpokani ter ne predstavljajo povsem zanesljive osnove za temeljenje zelo zahtevnih objektov.

Ocena pogojev izgradnje in temeljenja je izdelana na osnovi terenske prospekcije, podatkov iz literature in vzporeditve podobnih razmer in geotehničnih pogojev, ki so bili določeni v primerljivih razmerah pri pripravah projekta ČHE Kozjak pred približno desetimi leti.

Metamorfni gorski greben s skupaj tremi agregati VE in kotlini oz. grapi na zahodni in vzhodni strani po predvidevanjih ločujeta močnejša preloma v smeri N-S na zahodni ter NW-SE na vzhodni strani grebena. Prelom NW-SE na vzhodu po predvidevanjih poteka v bližini mikrolokacije VE3 na višinski koti približno 1.300,00m. Ker temeljenje nenavadne in zelo visoke konstrukcije tik ob prelomu ni primerno, je potrebno najprej preveriti lokacijo in širino prelomne cone ob VE3 z geofizikalnimi metodami. Podobno velja za lokacijo VE1, metamorfni skladi **kremeno-sericitovih filitov (F)** prehajajo v **biotitno-kloritove skrilavce** (Sb), kjer je potrebno ugotoviti ali je prehod zvezen in postopen in/ali predstavlja diskontinuiteto v masivu, ki je zato manj primeren za temeljenje. Zato predlagam, da se v fazi DGD najprej izvedejo geofizikalne raziskave za določitev mikrolokacij diskontinuitet v pobočju, ki bi lahko ogrožale zanesljivost temeljenja. V primeru neugodnih rezultatov je po moji oceni še vedno možno opraviti premik mikrolokacije VE3 v smeri zahod. V kolikor pa bo dokazano, se v vplivnih območjih ni pomembnejših diskontinuitet v masivu se raziskave nadaljujejo z natančnim kartiranjem mikrolokacij in izvedbo sondažnih vrtin na mikrolokacijah temeljev posameznih objektov VE1, VE2 in VE3.

Z ozirom na sorazmerno majhne nagibe brežin in z upoštevanjem strižne trdnosti **kremeno-sericitovih filitov (F)**, ki so podobni **filonitu (F)**, ki je bil podrobno raziskan pri izvedbi projekta ČHE Kozjak, ocenjujem, da se brežine na pretežnem delu masiva stabilne. Zaradi težavne določitve mikrolokacij posameznih agregatov VE Ojstrica v naravi, predlagam ponovni terenski pregled s prisotnostjo geodeta, ki najbolje pozna razmere v naravi.

Izdelana je ocena pričakovanih seizmičnih vplivov na temelje objektov, ki jo je smiselno še dodatno preučiti v kolikor se bo izkazalo, da so seizmični vplivi ključnega pomena za mehansko odpornost in stabilnost načrtovane gradnje.

Rezultati numeričnih elasto-plastičnih analiz po MKE in rezultati analitičnih izračunov kažejo, da je ob upoštevanju do sedaj poznanih mehanskih lastnosti podobnih kamenin, primerno temeljenje nenavadno visokih objektov EV1, EV2 in EV3 na AB temeljih na globini približno 4,0m pod površjem. V izračunih so upoštevani le ocenjeni neugodni vplivi ter zato rezultati še niso dokončni niti nimajo večjega praktičnega pomena. V kolikor pa se bodo pri izvedbi dodatnih geotehničnih raziskav pokazale večje heterogenosti in diskontinuitete v temeljnih tleh bo potrebno sistem temeljenja spremeniti oz. ga prilagoditi naravnim geotehničnim pogojem na predloženih oz. nekoliko spremenjenih mikrolokacijah.

Zato predlagam, da se projektne geotehnične preiskave (predlog obsega raziskav je podan v petem poglavju te študije) opravijo v fazi izdelave DGD projektne dokumentacije.

Maribor: 02.12.2019

Pooblaščen inženir:

Dr. Stanislav Škrabl, univ.dipl.inž.gradb.

