

**Hidrogeološko poročilo
za objekt Fakulteta za
farmacijo, Univerza v
Ljubljani**

- Končno poročilo o
monitoringu

INVESTITOR**Fakulteta za farmacijo**
Aškerčeva cesta 7
SI-1000 Ljubljana**SODELUJOČI****IRGO Consulting d.o.o.**
Slovenčeva 93
SI-1000 Ljubljana

PROJEKTANT ELABORATA

IRGO Consulting d.o.o.,
Slovenčeva 93, SI-1000 Ljubljana
Dr. Vladimir Vukadin,
direktor


Consulting
d.o.o.

VODJA PROJEKTA

IRGO Consulting d.o.o., Slovenčeva 93, SI-1000 Ljubljana
dr. Jože Ratej,
Vodja oddelka za hidrogeologijo in okoljske študije



Sodelavci

OBDELAVA

Maja Kocjančič,
u.d.i. geologije
d.i. geotehnologije in rudarstva (UN)

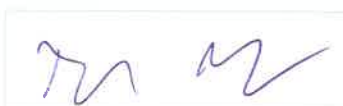


David Narat,
u.d.i. geologije



TERENSKÉ MERITVE, POPIS VRTIN

Tomaž Krajnc,
u.d.i. geologije



Boštjan Ivačič,
tehnik



Jaka Narat,
tehnik





Kazalo

1. Uvod	4
2. Lokacije piezometrov	4
3. Hidrogeološke razmere.....	5
3.1. Smer toka podzemne vode v zgornjem vodonosniku	6
3.2. Smer toka podzemne vode v spodnjem vodonosniku	8
4. Sklep.....	10

Slike

Slika 1 Območje novega objekta UL FFA in lokacije opazovalnih vrtin z dodatnim prikazom raziskav na sosednji parceli.	5
Slika 2 Nivo podzemne vode v zgornjem vodonosniku, na območju FFA in FS, Brdo.	6
Slika 3 Hidroizohipse in prevladujoča smer toka podzemne vode v zgornjem vodonosniku, na območju FFA in FS, Brdo.	7
Slika 4 Lokacija dodatnih piezometrov in obravnavanega območja FFA in FS.	8
Slika 5 Nivo podzemne vode v spodnjem vodonosniku na širšem območju FFA in FS, Brdo.	9
Slika 6 Nivo in razlika v nivoju podzemne vode v spodnjem vodonosniku.....	9
Slika 7 Hidroizohipse in smer toka podzemne vode v spodnjem vodonosniku na širšem območju FFA in FS, Brdo.	10

Tabele

Tabela 1: Lokacije piezometrov za objekt UL FFA.	4
Tabela 2: Osnovna statistika izmerjenega nivoja v piezometrih v visečem vodonosniku na območju FFA in FS.....	7
Tabela 3: Osnovna statistika izmerjenega nivoja v piezometrih v spodnjem vodonosniku na območju FFA in FS z dodatno opazovalno vrtino Pz-1/18 (*14.2.-8.4.2022). **OP-12 podatki za obdobje 12.2.-19.12.2021.	8

1. Uvod

Na Brdu pri Ljubljani, južno od potoka Glinščica in južno od Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo ter Fakultete za računalništvo in informatiko, je predvidena izgradnja novih objektov Fakultete za farmacijo (UL FFA) in Fakultete za strojništvo (FS).

Na območju FFA je bilo v fazi raziskav za projektiranje in izgradnjo načrtovanih in izdelanih 7 geomehanskih vrtin, izmed katerih so bile 2 izvedene in opremljene kot piezometri za potrebe hidrogeoloških preiskav. Junija 2021 je bila izdelana dodatna vrtina za potrebe projektiranja strojnice, ki je bila opremljena kot piezometer.

Na območju FS je bilo v fazi raziskav in izgradnjo načrtovanih in izdelanih 9 geomehanskih vrtin, izmed katerih so bile 3 izvedene in opremljene kot piezometri za potrebe hidrogeoloških preiskav.

Vse vrtine so v fazi raziskav služile za določanje sestave tal, piezometri pa so od februarja 2021 dalje služili za opazovanje nivoja podzemne vode.

V poročilu podajamo rezultate opazovanja nivoja podzemne vode v treh piezometrih na območju predvidenega objekta Fakultete za farmacijo, Brdo.

2. Lokacije piezometrov

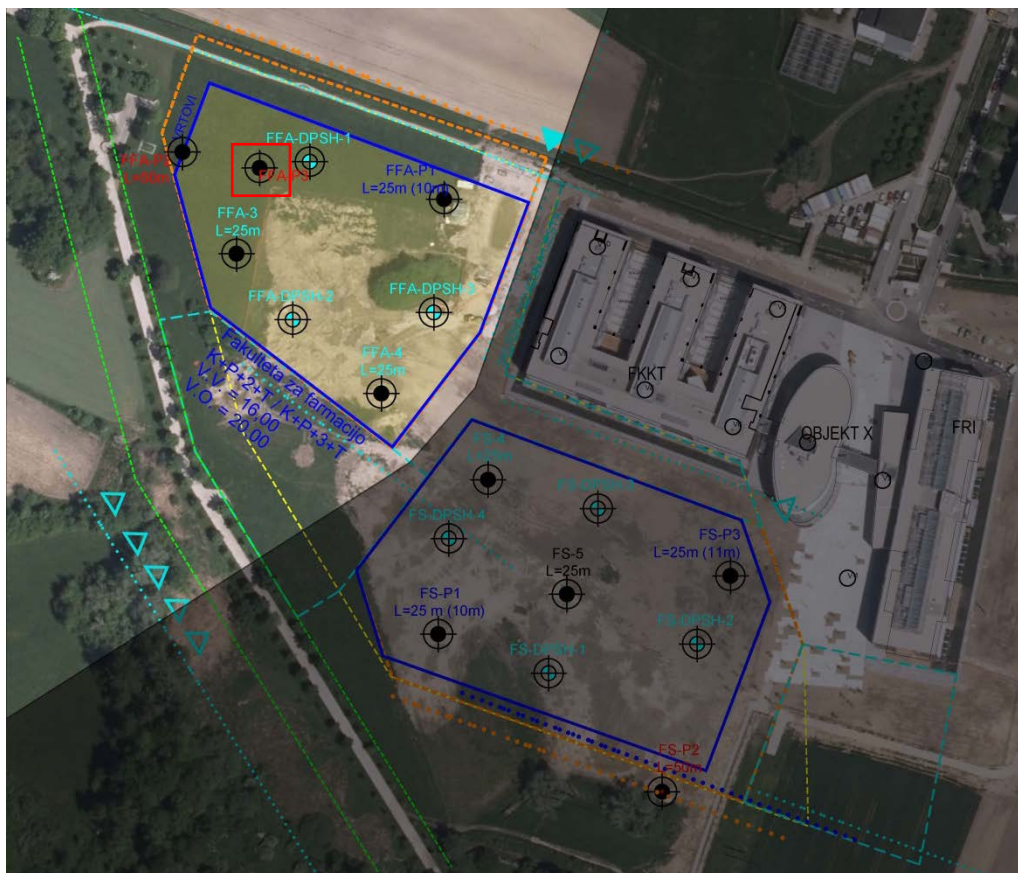
Tabela 1 podaja lokacije in glavne parametre piezometrov. Lokacije vrtin na območju novega objekta UL FFA prikazuje Slika 1. Z rdečim okvirjem je poudarjena lokacija dodatnega piezometra.

Tabela 1: Lokacije piezometrov za objekt UL FFA.

PIEZOMETER (OZNAKA)	D96	D96	Z TERENA (M N.V.)	Z USTJA (M N.V.)	ZAJET VODONOSNIK	POLOŽAJ GLEDE NA SMER TOKA PODZEMNE VODE
FFA-P1	458725,57	101394,62	297,56	298,26	Zgornji	Gorvodno
FFA-P2	458622,25	101414,40	297,80	298,97	Spodnji	Gorvodno
FFA-P3	458654,18	101405,48	297,71	298,64	Zgornji	Gorvodno
FS-P1	458723,35	101227,74	297,32	297,71	Zgornji	Dolvodno
FS-P2	458809,20	101167,12	297,16	297,93	Spodnji	Dolvodno
FS-P3	458835,47	101249,92	298,01	298,42	Zgornji	Dolvodno

Dolvodne razmere v vodonosniku so zajete s piezometri UL FS poročilo:

- Izvedba hidrogeoloških opazovalnih piezometrov za objekt Univerze v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo (UL FS) (IRGO Consulting d.o.o, februar 2021; 3009706) in
- Hidrogeološko poročilo za objekt Fakulteta za strojništvo, UL (IRGO Consulting, februar 2022; 3013933).



Slika 1 Območje novega objekta UL FFA in lokacije opazovalnih vrtin z dodatnim prikazom raziskav na sosednji parceli.

3. Hidrogeološke razmere

Širše obravnavano območje leži na severnem robu vodonosnika Ljubljanskega barja, kjer se pojavljajo pretežno zaglinjeni do peščeni prodi. Nad njimi se na ožjem območju fakultete pojavlja glinasta plast, ki ima vlogo ločilne plasti med vodonosnikom Ljubljanskega barja, ki je zaščiten z vodovarstvenim območjem (Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ljubljanskega barja in okolice Ljubljane (Uradni list RS, št. 115/07, 9/08 – popr., 65/12 in 93/13)), ter višje ležečim visečim vodonosnikom, v katerem se nivo vode nahaja blizu kote površja. V nadaljevanju besedila vodonosnik Ljubljanskega barja, imenujemo spodnji vodonosnik, medtem ko vodo nad glineno plastjo imenujemo viseč ali zgornji vodonosnik.

S črpalnimi poizkusi, ki so bili izvedeni v zasičenih conah, je bil ugotovljen koeficient prepustnosti zgornjega vodonosnika $1,14 \times 10^{-3}$ m/s in spodnjega vodonosnika $1,6 \times 10^{-4}$ m/s, kar uvršča oba vodonosnika po klasifikacijo IAH med dobroprepustne (5×10^{-3} m/s > k > 1×10^{-5} m/s). Med izvajanjem črpalnih testov v spodnjem vodonosniku so bili izmerjeni fizikalno kemijski parametri, ki so v mejah vodonosnika Ljubljanskega barja.

Spodnji vodonosnik se na obravnavani lokaciji pojavlja kot vodonosnik z odprtim do polzaprtim hidrodinamskim režimom. To pomeni, da se pod spodnjo mejo ločilne plasti gline (torej v

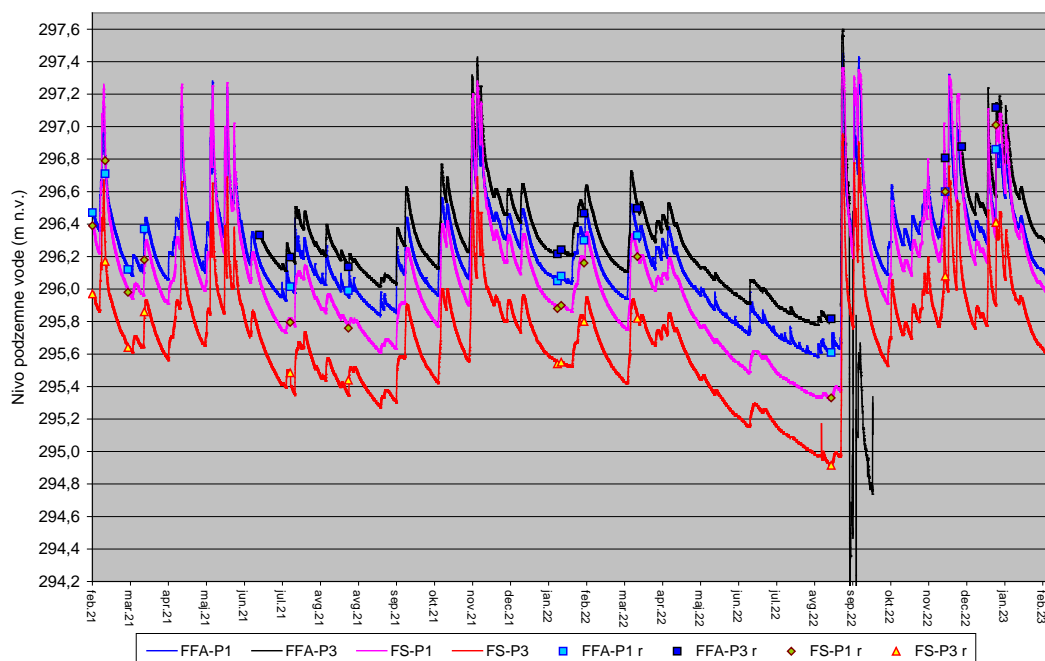
vrhnjem delu spodnjega vodonosnika) v odvisnosti od razgibanosti geometrije ločilne plasti ponovno pojavlja večino časa ali stalno prisotna nezasičena cona. To je potrebno upoštevati pri analizi hidrostatskega stanja pri določanju totalnih napetosti pri dimenzioniranju pilotov.

Hkrati ima to za posledico obravnavo dopustnosti gradnje, vezano na določbe Uredbe glede zagotavljanja transmisivnosti vodonosnika. Zaradi posega z gradnjo in končnim objektom v zasičeno cono visečega vodonosnika bo namreč prišlo do vzpostavitve ovire za tok podzemne vode. Vendar pa je potrebno upoštevati, da ta tok ni vezan na z Uredbo zaščiteno spodnji vodonosnik Ljubljanskega polja, temveč na zgornji, viseč vodonosnik. Tako s stališča količinskega stanja vodonosnika Ljubljanskega barja obravnavani objekti ne predstavljajo posega, ki bi zmanjševal njegovo transmisivnost.

3.1. Smer toka podzemne vode v zgornjem vodonosniku

V visečem vodonosniku razpolagamo na širšem obravnavanem območju s štirimi (4) merskimi mesti, v spodnjem pa z dvema (2).

Rezultati meritev nivojev podzemne vode od 22.1.2021 do 2.3.2023, kažejo na uniformno hidravlično polje v visečem vodonosniku. V visečem vodonosniku je generalna smer toka od severozahoda proti jugovzhodu, torej vzporedno z Glinščico. Ob visokih vodah se kratkotrajno smer toka obrne bolj proti severovzhodu. Glinščica sicer drenira širše območje visečega vodonosnika, vendar pa je smer toka podzemne vode pogojena tudi z zelo visoko prepustnostjo zgornjega vodonosnika in ta vsaj lokalno odteka vzporedno z vodotokom. Med izvedbo monitoringa je prišlo do okvare sonde v piezometru FFA-P3 in izostanka podatkov med 25.9.2022 in 20.12.2022. Predvidevamo, da je do okvare tlačne sonde prišlo kot posledica vrtnanja raziskovalne vrtine, dne 22.9.2022 z vrtalno garnituro na zrak za potrebe ovrednotenja geotermalnega polja. Tudi zelo nizke vrednosti v dnevih od 22.9.-10.10. so posledica vrtalnih del nato smo tlačno sondo odstranili z vrtine in jo ponovno vgradili dne 20.12.2022.



Slika 2 Nivo podzemne vode v **zgoranjem** vodonosniku, na območju FFA in FS, Brdo.

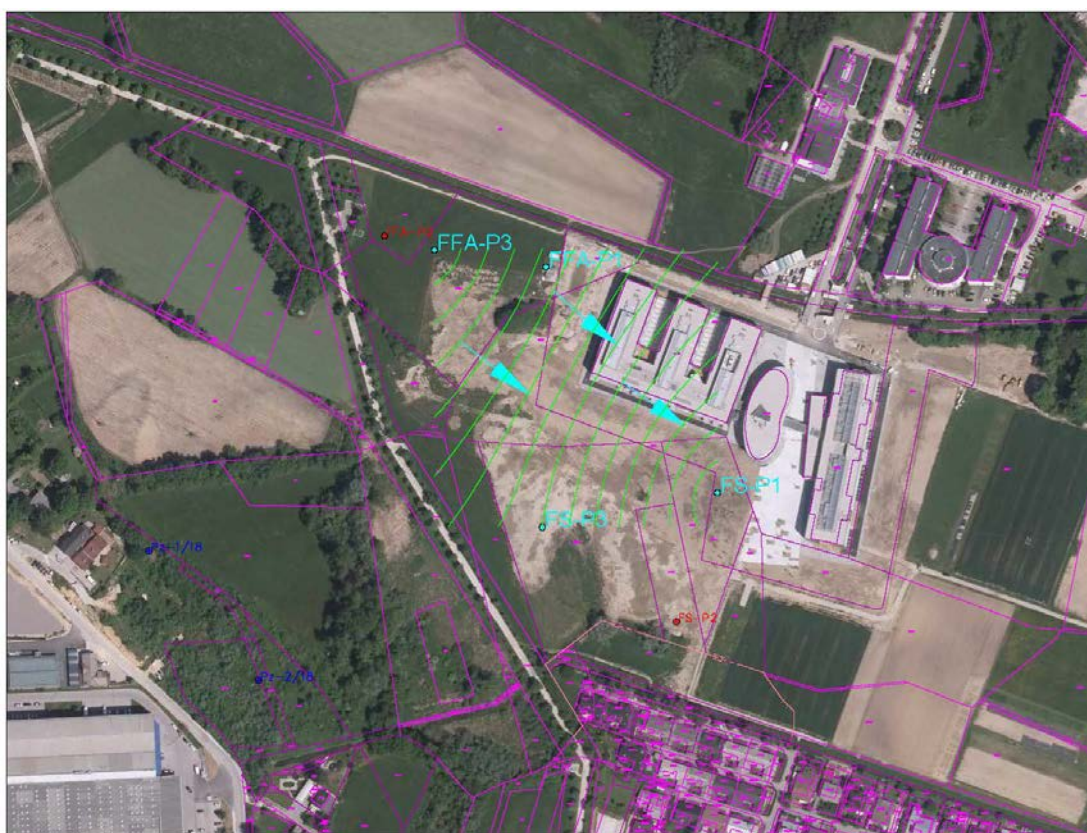
Viseč medzrnski vodonosnik je glede na hidrodinamski režim odprtega tipa. Glede na razpoložljive podatke nivoja podzemne vode je podzemna voda v visečem vodonosniku na območju FFA in FS na koti 294,91 - 297,60 m n.v.. Razpon nihanja nivoja podzemne vode v posameznem piezometru je 1,87-2,05 m. Prevladujoča smer toka je v visečem vodonosniku usmerjena proti jugovzhodu.

Osnovne statistične podatke merjenja nivoja podzemne vode v visečem vodonosniku podaja spodnja tabela.

Tabela 2: Osnovna statistika izmerjenega nivoja v piezometrih v visečem vodonosniku na območju FFA in FS.

	FFA-P1	FFA-P3	FS-P1	FS-P3
MINIMUM	295,58	295,78	295,32	294,91
MEDIANA	296,19	296,28	296,05	295,69
MAKSIMUM	297,45	297,60	297,36	296,96
POVPREČJE	296,21	296,30	296,07	295,68
RAZPON	1,87	1,82	2,04	2,05
ŠTEVILO MERITEV	18184	12525	18178	18184

*Iz statistične obdelave so izvzeti podatki piezometra FFA-P3 od 22.9-19.12.2022_vrtanje/okvara.



Slika 3 Hidroizohipse in prevladujoča smer toka podzemne vode v **zgoranjem** vodonosniku, na območju FFA in FS, Brdo.

3.2. Smer toka podzemne vode v spodnjem vodonosniku

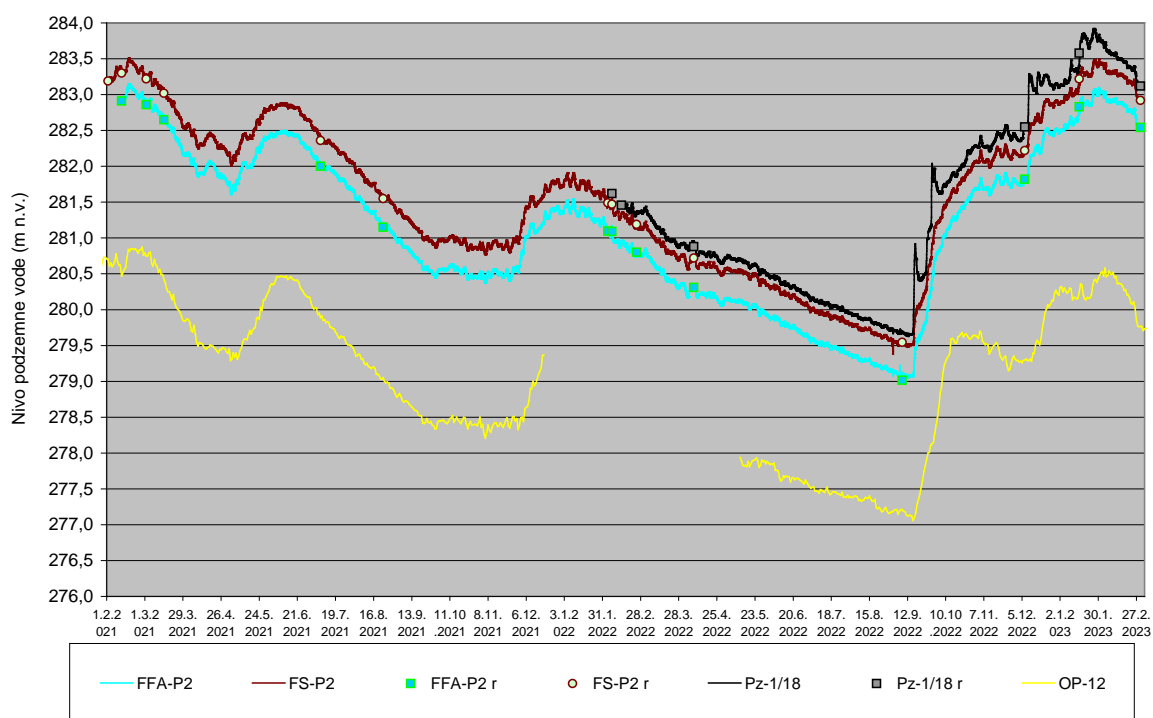
Na območju FFA in FS imamo dva (2) globoka piezometra. V bližini je bil leta 2018 izveden tudi piezometer Pz-1/18. Pridobili smo tudi podatke piezometra VO-KA OP-12. Glede na vse razpoložljive podatke nivoja podzemne vode je podzemna voda na območju fakultet v spodnjem vodonosniku na kotah 279,04-283,51 m n.v. Razpon nihanja nivoja je v FFA-P2 4,11 m in v FS-P2 4,13 m. Smer toka v spodnjem vodonosniku je generalno usmerjena proti severu.



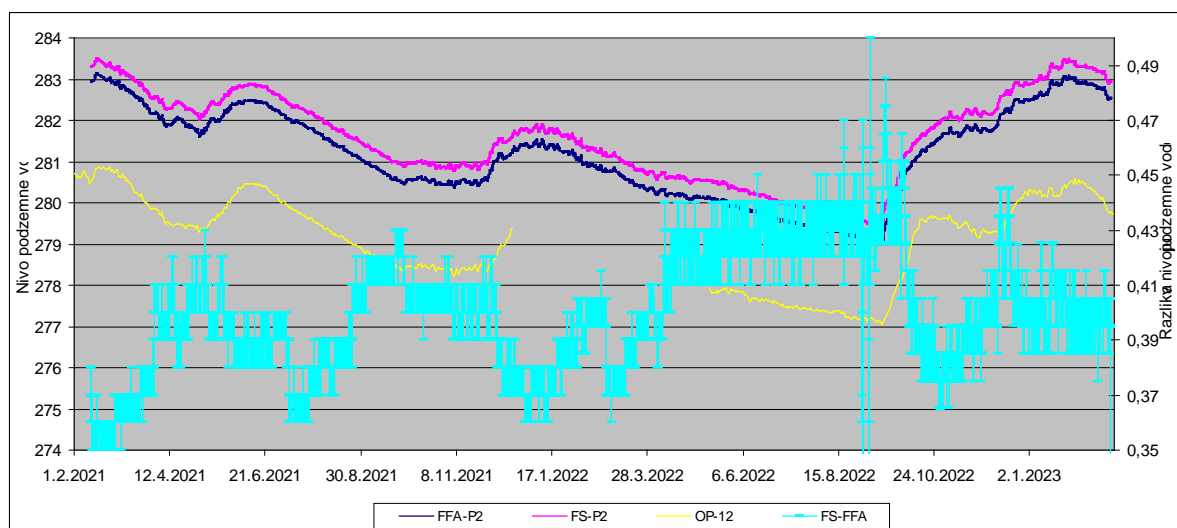
Slika 4 Lokacija dodatnih piezometrov in obravnavanega območja FFA in FS.

Tabela 3: Osnovna statistika izmerjenega nivoja v piezometrih v spodnjem vodonosniku na območju FFA in FS z dodatno opazovalno vrtino Pz-1/18 (*14.2.2022-2.3.2023). **OP-12 dnevni podatki za obdobje 12.2.2021-2.3.2023.

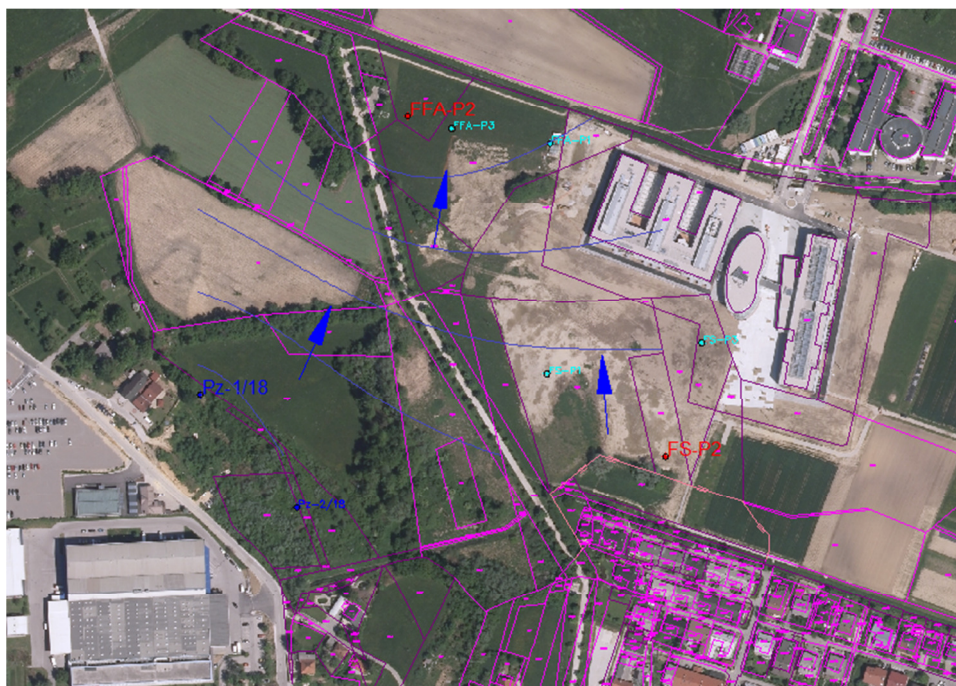
	FFA-P2	FS-P2	PZ-1/18*	OP-12
MINIMUM	279,04	279,38	279,63	277,06
MEDIANA	281,20	281,62	281,10	278,86
MAKSIMUM	283,15	283,51	283,92	282,45
POVPREČJE	281,17	281,59	281,43	279,06
RAZPON	4,11	4,13	4,29	5,39
ŠTEVILO M.	17950	18182	9134	614



Slika 5 Nivo podzemne vode v **spodnjem** vodonosniku na širšem območju FFA in FS, Brdo.



Slika 6 Nivo in razlika v nivoju podzemne vode v **spodnjem** vodonosnik.



Slika 7 Hidroizohipse in smer toka podzemne vode v **spodnjem** vodonosniku na širšem območju FFA in FS, Brdo.

4. Sklep

Piezometri so za potrebe monitoringa količinskega stanja podzemne vode v prostoru primerno locirani. S pomočjo nekoliko širše slike opazovanja tudi bližnjih piezometrov in dovolj dolgega opazovalnega obdobja vsaj dve hidrološki leti smo dobili dovolj dober vpogled v hidrogeološke razmere na obravnavanem območju.

Na piezometru FFA-P3 je prišlo do napačnih vrednosti na tlačni sondi, od dne 22.9.2022-10.10.2022 ko je sonda prikazovala zelo nizke vrednosti. Najverjetneje zaradi vrtnanja raziskovalne vrtine v neposredni bližini. Vrtanje je potekalo na zrak s pnevmatskim udarno rotacijskim kladivom, od dne 22.9.2022 dalje. Pri iznosu materiala je iznašalo tudi podzemno vodo ter tako zniževalo nivo v piezometru FFA-P3 pri tem pa je prišlo tudi do uničenja sonde. Na območju FFA-P3 so bili najvišji nivoji vseeno doseženi v dnevih pred 22.9.2022 in sicer dne 17.9.2022, ko je maksimalna vrednost znašala 297,60 m.

Iz dosedanjih meritev in interpretacije izhaja, da je na obravnavanem območju zelo spremenljiva dinamika podzemne vode. Opraviti imamo tako z dvema vodonosnikoma, ki se med seboj razlikujeta po hidrogeoloških lastnostih (prepustnosti, poroznosti in izdatnosti), posledično pa tudi glede na dinamiko podzemne vode. Zgornji vodonosnik ima generalno smer toka proti jugovzhodu vzporedno s potokom Glinščice. Spodnji vodonosnik ima generalno smer toka proti severu.

V času gradnje objektov FFA naj se nadaljuje z monitoringom podzemne vode na obravnavanem območju in spremlja morebitni vpliv na dinamiko podzemne vode zaradi gradnje.