

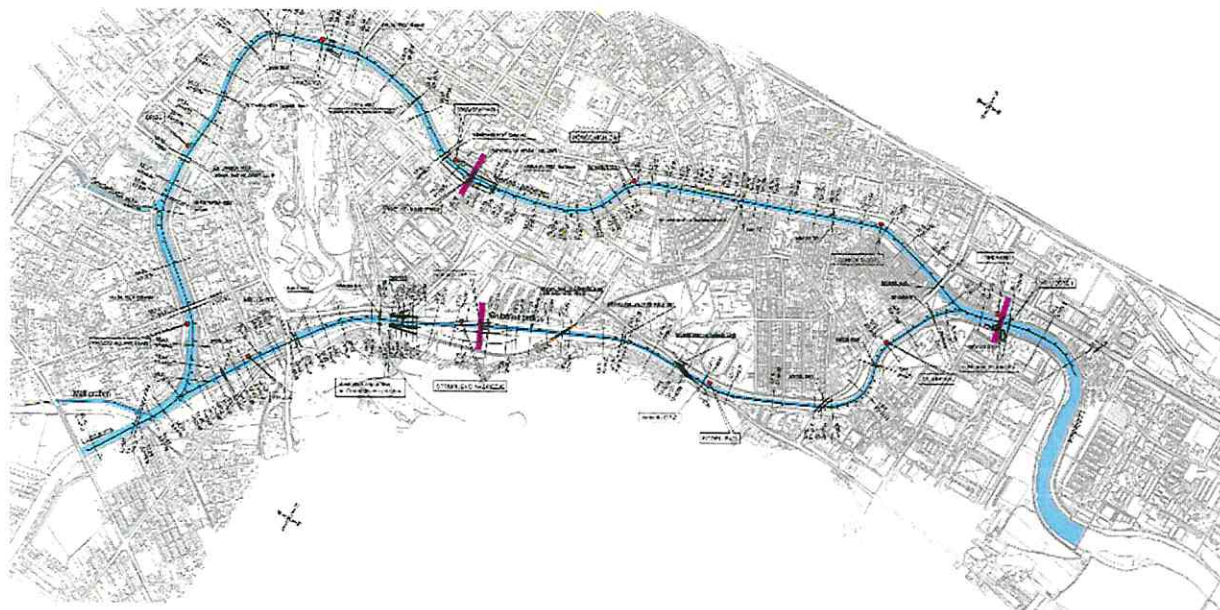
Geologija in hidrogeologija, Vpliv dviga gladine na Barju, Izvedba hidrogeološke ocene dviga podzemne vode na vplivnem območju

Projektna naloga za izdelavo strokovne podlage za potrebe izdelave OPPN plovnosti in energetske izrabe Ljubljane

Projektna naloga za izdelavo strokovne podlage za potrebe izdelave OPPN plovnosti in energetske izrabe Ljubljane. Večnamenski projekt Vzpostavitve krožne plovne poti, energetske izrabe in zagotovitve prehodnosti pregrad na Ljubljanici obravnava odsek Ljubljane od cestnega mostu pri Livadi do peš mostu preko Ljubljane gorvodno od Fužinskega jezua. Osnova zanj je dogovor Energetike Ljubljana in njenega lastnika MOL, Direkcije za vodo RS ter Elektro Ljubljana, da se zagotovi sklenjena plovna pot po Ljubljanici in Gruberjevem prekopu okrog Grajskega hriba, ustrezno uredi vodna infrastruktura ter sočasno izkoristi razpoložljiv energetski potencial. Vsi posegi in ureditve morajo zagotavljati čim manj vplivov na vodno okolje in priobalna zemljišča. S projektom se tudi izboljšuje funkcionalnost obeh obstoječih zajezev na Ljubljanici z vidika zagotavljanja poplavne varnosti Barja in jugozahodnega dela Ljubljane, prehodnosti za vodne organizme in istočasno z gradnjo splavnice na Ambroževem trgu in na lokaciji nove zapornice ne Gruberjevem prekopu, zagotavlja za rečna plovila. Prav tako se pričakuje, da se bodo z ureditvijo in rednim vzdrževanjem plovnih poti izboljšale tudi odtočne razmere ob visokih vodah. Navedene rešitve so bile obdelane v strokovni podlagi (1).

Opis projekta

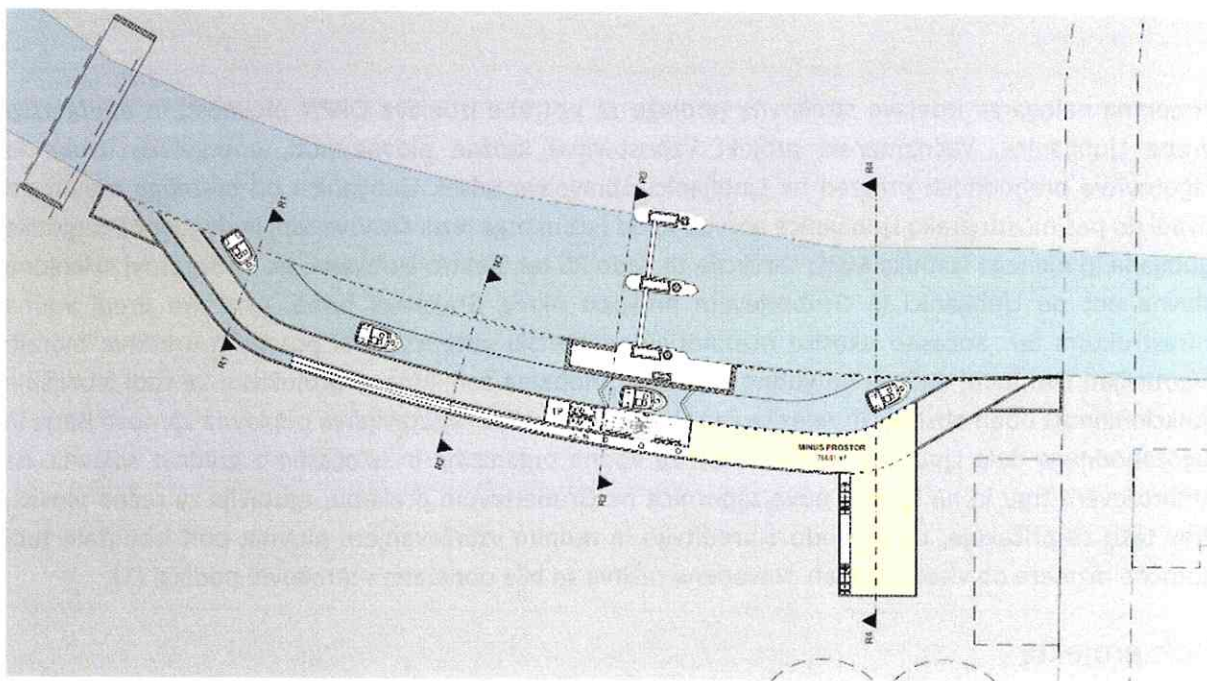
Trije osnovni elementi večnamenskega projekta so zagotavljanje krožne plovne poti okrog Grajskega hriba na območju med Livado in Fužinami, energetska izraba ter izboljšanje vodne infrastrukture, vključno z zagotovitvijo prehodnosti pregrad za vodne organizme.



Slika 1: Območje projekta in posegov.

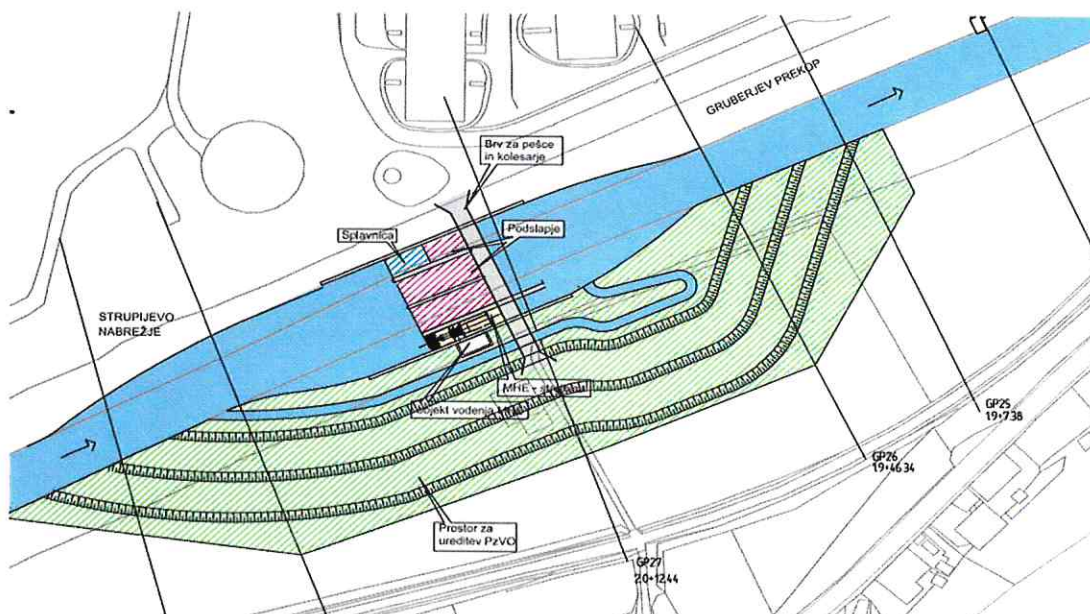
Pri Plečnikovi zapornici je na desnem bregu predlagana izgradnja male hidroelektrarne (MHE) z enim klasičnim agregatom inštaliranega pretoka $25 \text{ m}^3/\text{s}$, splavnice za plovila do 10 m dolžine in prehoda za

ribe v tehnični obliki. Na pregradi je predvidena tudi obnova zapornic, kar pa ni predmet te projektne naloge. Obnova zapornic bo izvedena v obsegu zamenjave hidromehanske opreme, krmiljenja in sanacije AB konstrukcije zapornice. Navedeni objekti in naprave se bodo vključili v predvideno ureditev Ambroževega trga in že obnovljene Cukrarne.



Slika 2: Situacija ureditev na Ambroževem trgu (Scapelab, 2023).

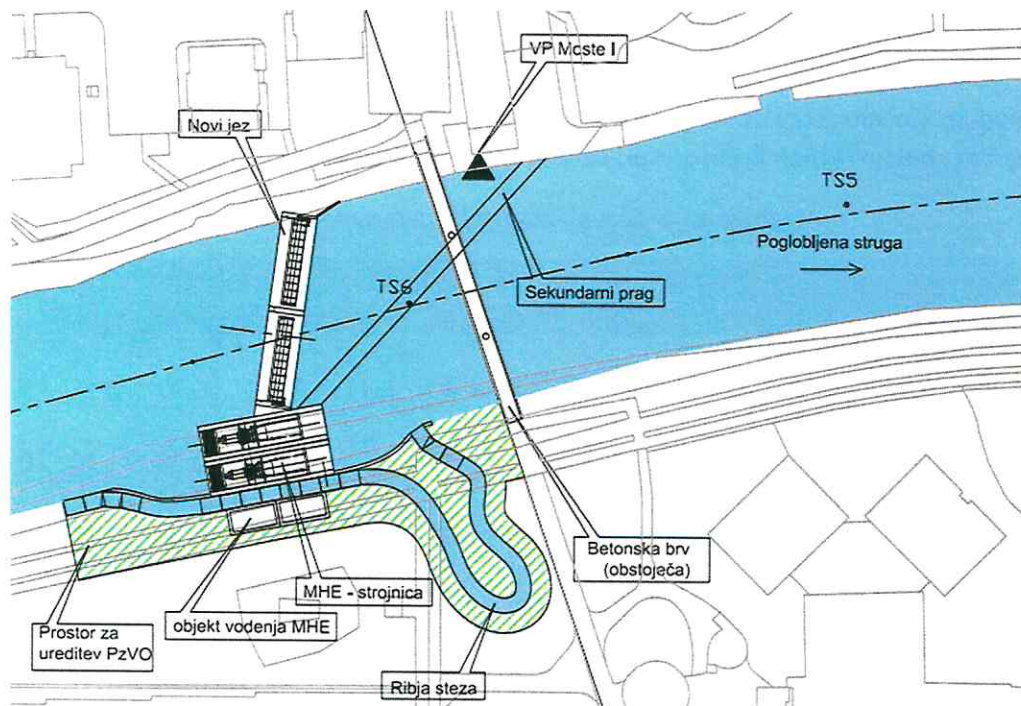
Na Gruberjevem prekopu je predlagana izgradnja jezu z visokovodnim prelivom, sodobna MHE z gibljivo strojnico z inštaliranim pretokom $20 \text{ m}^3/\text{s}$, splavnica za plovila do 10 m dolžine, prehod za ribe v sonaravni izvedbi ter premostitev (brv) za peš in kolesarski promet. Širšo okolico tega večnamenskega objekta se uredi kot zeleno območje za rekreacijo z izobraževalnimi vsebinami.



Slika 3: Situacija ureditev pri novem jezu v Gruberjevem prekopu.

Obstoječa zapornica v Gruberjevem prekopu se bo opustila, obstoječe pregrade zapornice se bodo v celoti odstranile, tako, da bo zagotovljen nemoten pretok vode v svetlem preseku AB konstrukcije zapornice. Nova zapornica se bo zgradila cca 300 m dolvodno in bo prevzela funkcionalnosti obstoječe zapornice, dodatno bodo vgrajeni mala hidroelektrarna, splavnica in prehod za vodne organizme.

Na lokaciji pri Toplarni – Sotočje Mestne Ljubljance in Grubarjevega prekopa – 150 m dolvodno od Sotočja je predvidena izgradnja nizkega jezu za potrebe krožne plovbe in energetske izrabe, namestitev dveh gibljivih strojnica s skupnim inštaliranim pretokom $41 \text{ m}^3/\text{s}$ ter poglobitev dolvodne struge za 1,3 m v dolžini približno 1800 m (vzdolž celotne soseske Nove Fužine). Enako kot v Gruberjevem prekopu sta tudi tukaj predlagana sodobna pretočna agregata z velikimi izkoristki in majhnim vplivom na okolje, razvita v okviru programa LIFE06, projekt ENV/D/000485.



Slika 4: Situacija novega jezu pri Toplarni.

Plovba

Glavni poseg za zagotovitev krožne plovne poti okrog Grajskega hriba bo izvedba dodatnega jezu pri Toplarni, 150 m dolvodno od Sotočja, ki bo zagotavljal plovnost med zapornico v Gruberjevem prekopu, Sotočjem in Plečnikovo zapornico tudi ob minimalnih pretokih Ljubljance.

Za potrebe plovbe bo zapornica za Sotočjem vzdrževala koto gladine Ljubljance med Sotočjem in obema zapornicama na +283,1 m n.m., kar je za 0,45 m višje od trenutne kote pri pretoku $90 \text{ m}^3/\text{s}$.

Več podatkov o kotah dna struge in pričakovane gladine Ljubljanice je razvidno iz vzdolžnih profilov Ljubljanice, ki so sestavni del Študije Energetska izraba Ljubljanice ob istočasni vzpostavitvi krožne plovne poti in bo izdelovalcu strokovne podlage na razpolago. V izdelavi je tudi nov geodetski posnetek struge in objektov v območju struge Ljubljanice.

Za prehodnost rečnih plovil mimo zapornic v mestni Ljubljanici in Gruberjevem prekopu bosta na teh lokacijah izvedeni splavnici. Tako za plovno pot kot objekte splavnic je predpisano plovilo največje dolžine 10 m, širine 5 m in največjega ugreza trupa 0.6 m. Hitrost plovila ne sme presegati 8 km/h.

V študiji (1) so bili s hidravličnim matematičnim modelom določeni glavni parametri toka na predvidenem območju plovbe (preglednica 1). Preverjena je bila tudi prehodnost pod mostovi, kjer sta ugotovljeni najbolj kritični točki pri mostu na Kajuhovi in pri brvi za pešce od Kajuhove proti Štepanjskemu naselju. Ta dva mostova določata najvišjo možno koto zaježitve pod Sotočjem, ki znaša 283,10 m n.m. Po drugi strani kota gladine ne sme biti nižja, ker v nasprotnem primeru nastopijo težave z nezadostno globino pod zapornicama v Gruberjevem prekopu in na Ambroževem trgu. V Preglednici 1 so določeni glavni parametri toka na območju predvidene krožne plovbe: B = širina proste gladine; H = globina vode; V = hitrost toka. Podane so najmanjše, srednje in največje vrednosti na posameznih odsekih za pričakovani razpon pretokov, pri katerih je plovba še mogoča.

Preglednica 1: Glavni hidravlični parametri plovbe.

		Bmin	Bmax	Bpovp	Hmin	Hmax	Hpovp	Vmin	Vmax	Vpovp
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
Mestna Ljubljana	pod zapornico 3 m ³ /s	20,80	41,74	28,13	1,60	3,41	2,48	0,03	0,11	0,06
	pod zapornico 55 m ³ /s	25,55	41,72	29,39	2,40	3,52	2,87	0,56	1,14	0,86
	nad zapornico 3 m ³ /s	22,05	48,39	28,56	2,57	5,10	3,62	0,02	0,05	0,04
	nad zapornico 55 m ³ /s	22,11	49,26	28,77	2,86	5,10	3,74	0,38	0,77	0,63
Gruberjev prekop	pod zapornico 3 m ³ /s	17,19	23,25	19,07	0,52	4,49	2,00	0,05	0,37	0,15
	pod zapornico 55 m ³ /s	18,43	23,25	21,03	1,97	4,48	2,76	0,90	1,51	1,31
	nad NOVO zapornico, 3 m ³ /s	22,27	32,13	25,07	2,53	4,97	3,18	0,02	0,05	0,04
	nad NOVO zapornico, 55 m ³ /s	22,50	49,42	25,76	2,82	5,31	3,39	0,37	1,09	0,87
Skupna	pod sotočjem 10 m ³ /s	41,75	44,16	42,58	2,95	3,29	3,15	0,10	0,10	0,10
	pod sotočjem 90 m ³ /s	41,73	43,98	42,50	2,86	3,25	3,11	0,90	0,93	0,92

V profilu obstoječe Plečnikove zapornice (lokacija ML) se na desnem bregu vgradi klasični agregat s Kaplan turbino in inštaliranim pretokom 25 m³/s. Nominalni padec znaša 2,37 m, najmanjši izkoristljiv pa 1,5 m. Moč agregata je 510 kW in srednja letna proizvodnja 2,228 GWh.

Na Gruberjevem prekopu se 300 m dolvodno od obstoječe zapornice zgradi nov večnamenski objekt, ki vključuje tudi MHE s t.im. *gibljivo strojnico*, v kateri je nameščena Kaplanova turbina z generatorjem v hruški ter nazivnim pretokom 20,6 m³/s. Nominalni padec znaša 2,31 m, najmanjši izkoristljiv pa 1,5 m. Moč agregata je 410 kW in srednja letna proizvodnja 1,412 GWh.

Pod sotočjem mestne Ljubljanice in Gruberjevega prekopa se v profilu 50 m gorvodno od obstoječe brvi za pešce izvede novo jezovno zgradbo, ki vključuje tudi dve gibljivi strojnici s Kaplanovima agregatoma in generatorjema v hruški in skupnim nazivnim pretokom 39,2 m³/s. Nazivni padec znaša 2,07 m, skupna največja moč obeh turbin 700 kW (2 x 350 kW) in srednja letna proizvodnja 3,056 GWh. V primeru obratovanja samo ene turbine je njena največja moč 440 kW.

Okoljski ukrepi

Izbrana varianta energetske izrabe predvideva obratovalno gladino Ljubljanice 286,00 na obeh gorvodnih zapornicah, kar sočasno pomeni dodatno ekološko funkcijo, saj se s tem ohranja boljša in trajna omočenost barja na daljšem odseku. Ta gladina je nekoliko višja od sedanje konzervativne prakse, ko se obratuje okrog kote 285,60 m n.m.

Zapornica na Gruberjevem prekopu ni prehodna za vodne organizme, na Ambroževem trgu pa je prehodnost zelo omejena oz. ni dokazana. Ob izvedbi predvidenih posegov so zato predlagani omilitveni ukrepi, kot so ureditev prehodov za vodne organizme, ukrepi za vzpodbujanje gorvodnega in dolvodnega ter prečnega prehajanja vodnih organizmov, zasaditev tipične obrežne vegetacije in obogatitev vegetacije na obrežnem pasu, ki bo predstavljala tudi zaščito pred erozijo. Takšna ureditev zagotavlja habitat za različne razvojne stopnje in velikosti ter vrste vodnih organizmov, dopušča nihanje vode zaradi energetske izrabe in je hkrati prilagojena naravnemu sezonskemu pretočnemu režimu s spremenljivimi hitrostmi toka, pretoki in vodnimi količinami.

Vsebina projektne naloge in območje obdelave

V postopku priprave in sprejetja OPPN je potrebna preveritev geološko/geomehanskih in hidroloških razmer in pogojev za ureditev/gradnjo objektov na lokaciji Ambroževega trga, Gruberjevega prekopa in Sotočja. Preveritev razmer in pogojev za geologijo in geomehaniko mora biti obdelano najmanj v naslednjem obsegu:

- Preučitev arhivskih podatkov.
- Terenska raziskovalna dela v obliki geomehanskih vrtin (6x15 m) in vzporednih meritev (SPT 18 kom),
- presiometer 6 kom)
- Odvzem vzorcev 18 kom
- Laboratorijske analize odvzetih vzorcev (analize strižnih trdnosti 3 kom, stisljivosti 3 kom, enoosna tlačna trdnost 3 kom, lab CBR 2 kom, analiza zrnavosti 20 kom)
- Postavitev geološkega modela za potrebe analize temeljenja novih objektov .
- Geotehnični izračuni (nosilnost, posedanja, vplivi nihanja vode na gradnjo objektov) .
- Predlogi varovanja gradbene jame.
- Geološko-geotehnična poročila s pogoji temeljenja objektov.
- Preveritev tveganj zaradi spremembe stanja podzemnih voda (temelje/kletne prostore...).

Preveritev razmer in pogojev za hidrogeologijo mora biti obdelana najmanj v naslednjem obsegu:

- Študijo obstoječega stanja, ki obsega pregled literature (izvedenih raziskav na širšem obravnavanem območju), pregled obstoječih opazovalnih vrtin za meritve gladine podzemne vode in razpoložljivih meritev gladine podzemne vode, pregled kleti bližnjih objektov. Študija vključuje meritve gladine podzemne vode na vsaj 12 obstoječih vrtinah (lokacije naj bodo enakomerno prostorsko razporejene, da omogočijo oceno hidrogeoloških razmer v okolici Ljubljanice, posebej v širši okolici Toplarne, Dom upokojencev Fužine). . Na podlagi zbranih podatkov se določi prostorski položaj gladine podzemne vode (hidroizohips) in njenega nihanja, načrt novih piezometričnih vrtin z lokacijami in programom raziskav (črpalni preizkusi, nalivalni preizkusi, aktivacija). Dovoljenja in soglasja za izvedbo meritev pridobi izvajalec. Študijo pregleda naročnik in poda mnenje.
- Izdelava piezometričnih vrtin. Sedem globljih piezometrov za določitev gladine podzemne vode v prodnem vodonosniku Ljubljanskega polja s povprečno globino vrtanja 17 m in pet piezometrov za visečo gladino podzemne vode s povprečno globino vrtanja 9 m. Predlogi lokacij globljih piezometrov so: Plečnikova zapornica; jez Gruberjev prekop in bližnje otroško igrišče gorvodno, jez sotočje levi breg, park Moste, OŠ Martina Krpana, parkirišče Fužine pri gostilni Anžič. Predlogi lokacij plitvih piezometrov so: Plečnikove zapornice desni breg, jez sotočje desni breg, Moščanski most, okolica objekta s hišno številko Ob Ljubljanici 60, še ena lokacija se opredeli, ostale preverijo in po potrebi prilagodijo (tudi dopolnijo na primer z dodatnim plitvim piezometrom v Fužinah ali ukinejo). Piezometri morajo imeti izvedeno ustrezno tesnenje (s čepi/cementacijo), da se prepreči vertikalno pretakanje padavinske vode ali podzemne vode med vodonosnimi sloji. Piezometri morajo biti aktivirani, geodetsko posneti in imeti zunanji premer cevovoda 114 mm.
- Izvedba nalivalnih preizkusov v vrtinah s poročilom (okvirno 5 kom)
- Izvedba črpalnih preizkusov v piezometrih (12 kom)
- Vgradnja sond za spremljanje gladine podzemne vode (postanejo last naročnika ali investitorja 14 kom, predvidoma se dve vgradi v obstoječa piezometra)
- Monotoring glavin v piezometrih z letnim poročilom, vmesno poročilo 8 mesecev po potrditvi naročila
- Vzorčenje vode s kemijskimi analizami (12 kom; nabor parametrov naj obsega vsaj osnovne terenske fizikalno kemijske parametre vključno z motnostjo, pH in DO, osnovne katione in anione, Fe, Mn, amonij, nitrat, nitrit, ortofosfat, krom, klor, sulfat, TOC, DOC) ter analizami izotopov kisika in vodika. Ponudnik v sklopu izbora sporoči natančen nabor parametrov in način vzorčenja za ugotavljanje vpliva dotokov Ljubljanice in morebitnega onesnaženja v podzemno vodo.
- Hidrogeološko poročilo, ki obsega:
 - o Poročilo o vseh izvedenih terenskih delih.
 - o Preučitev odnosa med površinsko in podzemno vodo na celotnem vplivnem območju plovne poti. Analizo odvisnosti nihanja glavin podzemnih voda in gladine Ljubljanice.
 - o Izdelava geološkega in hidrogeološkega modela z upoštevanjem posredovanega hidrološkega modela vodotokov
 - o Oceno možnih vplivov poglobljanja struge Ljubljanice (odstranitev konglomerata in zamuljenega dna reke) pod Sotočjem na podzemne vode.
 - o Simulacijo dviga gladine Ljubljanice in vpliva na stanje podzemne vode (na položaj gladine, smer toka in kakovost podzemne vode). Oceno dviga podzemne vode na vplivnem območju.

- Preveritev tveganj zaradi spremembe stanja podzemnih voda (hidrogeološke razmere, vodovarstvena območja...).

Pri izdelavi strokovnih podlag geologije in hidrogeologije je potrebno oceniti vpliv dviga Ljubljanice tudi na območjih Gradaščice, Malega grabna in Galjevca.

V zaključkih izdelane strokovne podlage je potrebno navesti vse robne pogoje za gradnjo in obratovanje novonačrtovanih objektov na Ljubljani, identificirati vse okoliščine, ki lahko kakorkoli vplivajo na poslabšanje obstoječega stanja s priporočili za odpravo ali omilitev posledic posegov v strugo Ljubljanice, ki so predvideni z Vzpostavitvijo krožne plovne poti in energetske izrabe Ljubljanice.

Za območje Ljubljanice so bili v letu 2023 izdelani geodetski posnetki obstoječe struge in objektov (mostovi) na območju predvidene krožne plovne poti. Geodetske meritve Ljubljanice in pritokov ter objektov na Ljubljani (mostov, oblog, pragov) zato niso predmet ponudbe. Izvedene so ločenem postopku in bodo predane izdelovalcu naloge po podpisu pogodbe. Izdelovalec naloge sodeluje pri morebitnih dopolnitvah geodetskih podlag ali jih po potrebi in posebnem dogovoru izvede sam, kar pa ni predmet tega naročila.

Za izdelavo naloge je potrebno uporabiti vse obstoječe podatki, strokovne podlage in študije, ki so razpoložljivi v arhivih Direkcije za vode RS, Mestne občine Ljubljana in Energetike Ljubljana (kot soinvestitorjev projekta) ter ostalih razpoložljivih virov, npr. FGG UNI v Ljubljani, Inštitut za vode RS, Hidrotehnik in v javno dostopnih virih (MOP, ARSO, ...).

Obseg dela

Izdelovalec mora za naročnika izdelati pisni elaborat v obsegu in kvaliteti, ki bo omogočala presojo vplivov načrtovanih posegov v strugo Ljubljanice na obstoječe stanje, identificirati vse potencialne nevarnosti, poslabšanja oz. izboljšave obstoječega stanja po izvedenih posegih predvidenih s projektom Krožne plovne poti in energetske izrabe Ljubljanice.

Prav tako je potrebno elaborirati geologijo struge Ljubljanice na lokacijah gradnje in iz tega izhajajoče zahteve po zaščiti gradbenih jam, pogojih gradnje in vplivih novo načrtovanih objektov med uporabo in obratovanjem in identificirati omejitve, ki jih z nobenim od znanih ukrepov ni mogoče odpraviti.

Pri izdelavi dokumentacije je potrebno presojati tudi odpornosti novega stanja, na vplivno območje posegov v strugo Ljubljanice, na podnebne spremembe, če se ugotovi, da takšni vplivi obstajajo.

Viri

[1] Energetska izraba Ljubljanice ob istočasni vzpostavitvi krožne plovne poti. Študija št. HPLJ-B040/084, mapa 0X/M01. IBE in LUZ, september 2016.

Roki izdelave

	Obseg vsebin	Rok
1	Geološko - geotehnične raziskave in poročilo	TO + 9 mesecev

2	Hidrogeološke raziskave in poročilo	TO + 9 mesecev
3.	Poročilo o vplivu dviga gladine na Barju (Geološko - geotehnične vsebine in hidrogeološke vsebine)	TO + 9 mesecev
5.	Monotoring gladin v piezometrih z letnim poročilom, vmesno poročilo 8 mesecev po podpisu pogodbe	TO + 13 mesecev

TO = datum podpisa pogodbe