

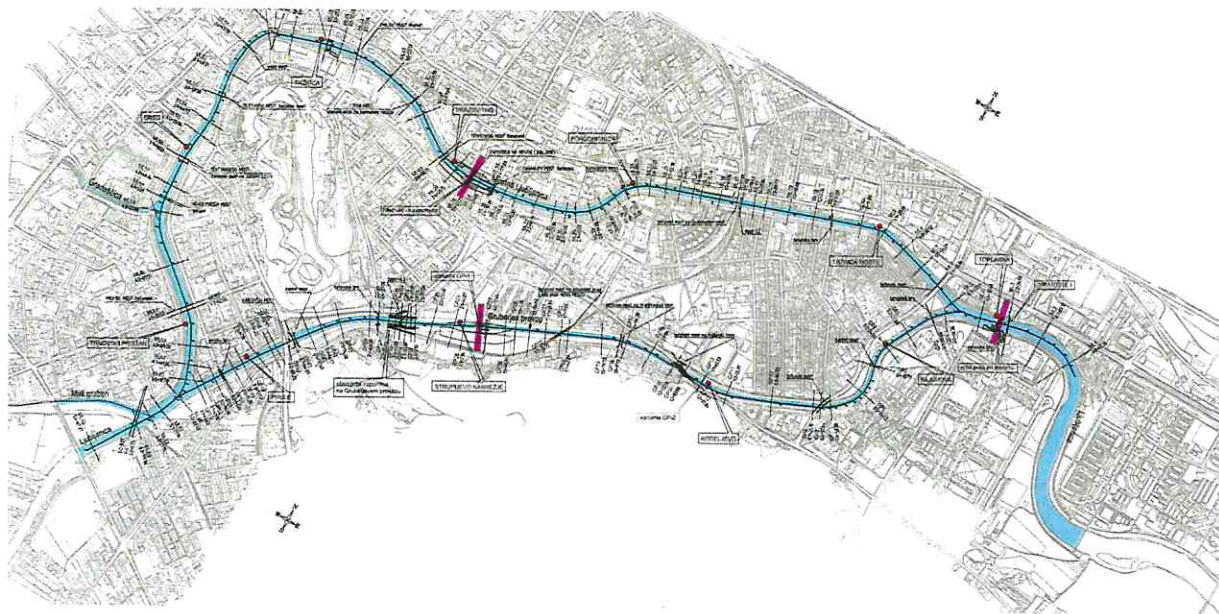
Študija transporta plavin

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

Večnamenski projekt Vzpostavitve krožne plovne poti, energetske izrabe in zagotovitve prehodnosti pregrad na Ljubljanici obravnava odsek Ljubljanice od cestnega mostu pri Livadi do peš mostu preko Ljubljanice 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. S projektom se tudi izboljšuje funkcionalnost obeh obstoječih jezov na Ljubljanici z vidika zagotavljanja poplavne varnosti Barja in jugozahodnega dela Ljubljane ter z vidika prehodnosti za ribe. 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).

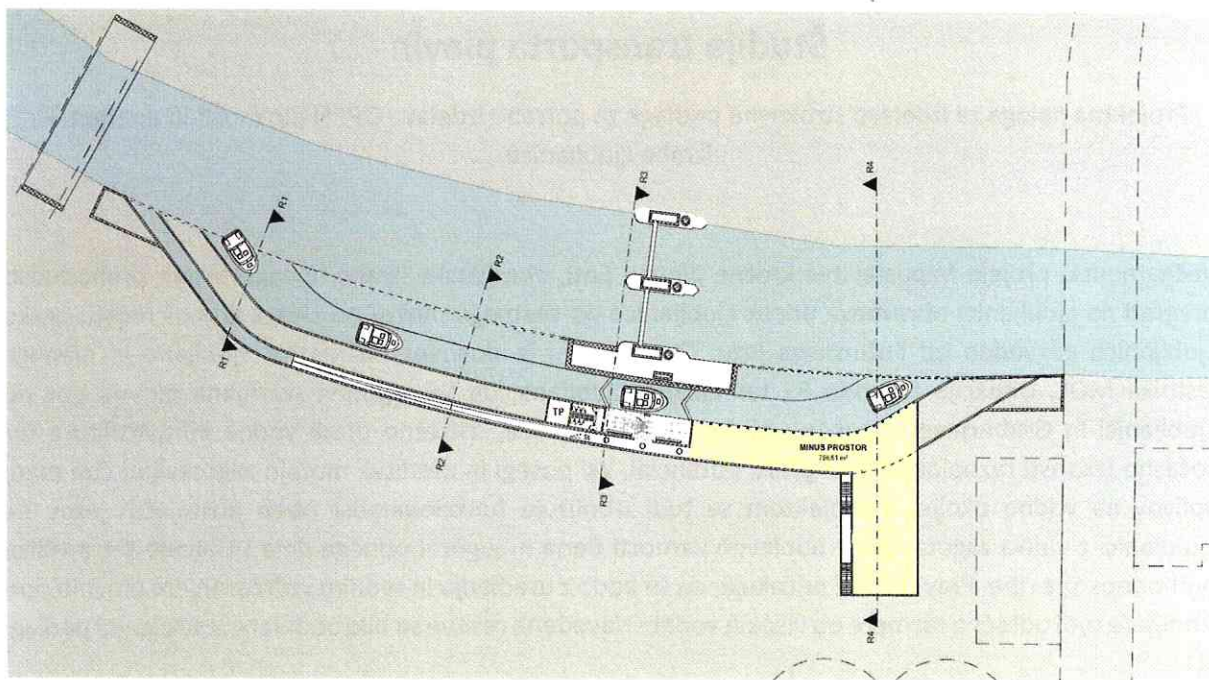
Opis projekta

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.



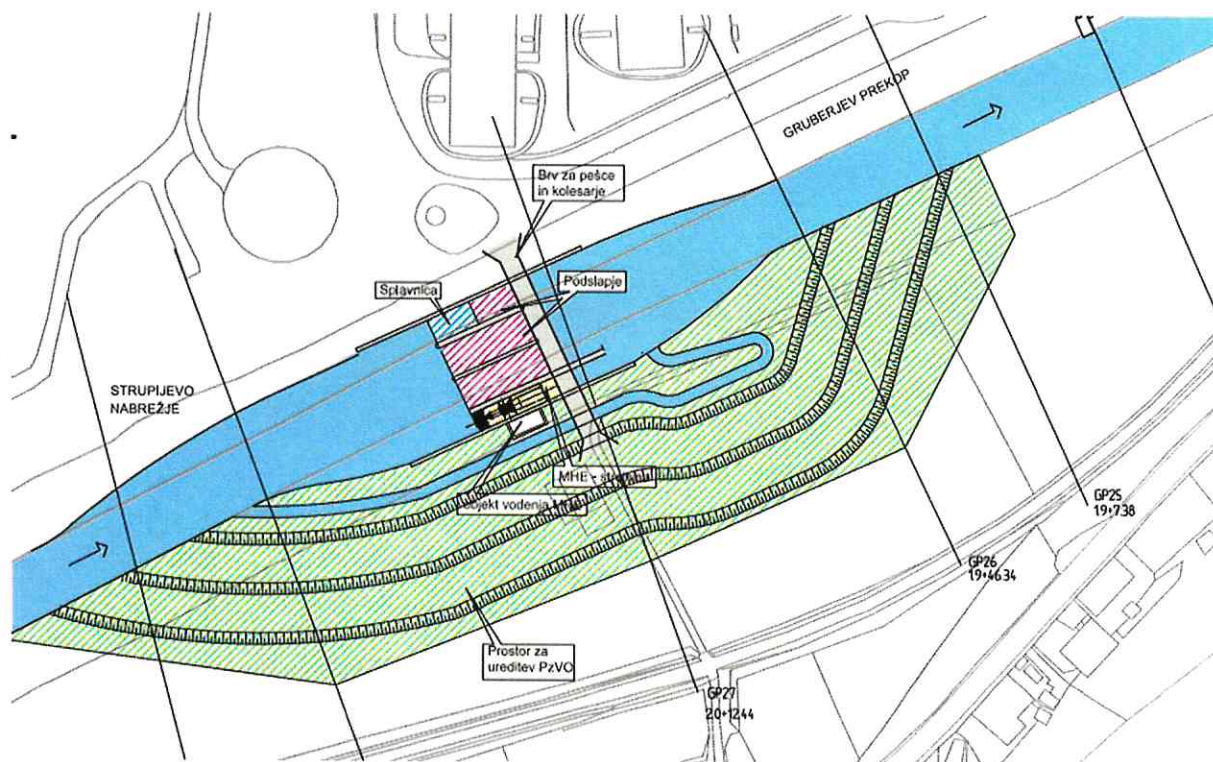
Slika 1: Območje projekta in posegov.

Pri Plečnikovi zapornici je na desnem bregu predlagana izgradnja male hidroelektrarne (MHE) z enim klasičnim agregatom inštaliranega pretoka 25 m³/s, splavnice za plovila do 10 m dolžine in prehoda za ribe v tehnični obliki. Na pregradi je predvidena tudi zamenjava zapornic. Navedeni objekti in naprave se bodo vključili v predvideno ureditev Ambroževega trga in že obnovljene Cukrarne.



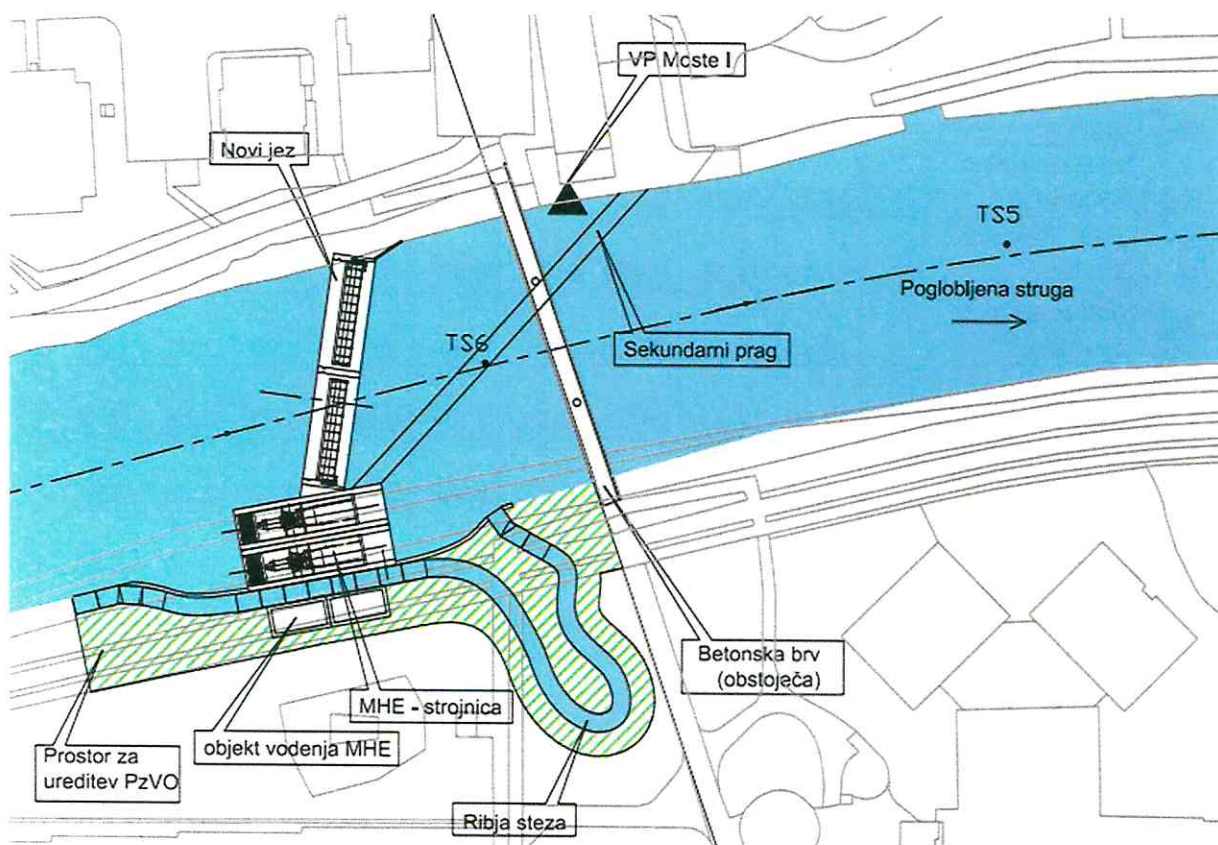
Slika 2: Situacija ureditev na Ambroževem trgu (Scapelab, 2023).

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 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.

Na lokaciji pri Toplarni je predvidena izgradnja nizkega jezusa za potrebe krožne plovbe in energetske izrabe, namestitve dveh gibljivih strojnic s skupnim inštaliranim pretokom $41 \text{ m}^3/\text{s}$ ter poglobitev dolvodne struge 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 jezusa pri Toplarni.

Plovba

Glavni poseg za zagotovitev krožne plovne poti okrog Grajskega hriba bo izvedba z dodatnega jezusa pri Toplarni, ki bo zagotavljal plovnost spodnje (vzhodne) zanke tudi ob minimalnih pretokih Ljubljanice. Za prehodnost jezovnih zgradb v mestni Ljubljani in Gruberjevem prekopu bodo na teh lokacijah izvedene splavnice. 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 presežati 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

Energetika

Energetska izraba Ljubljanice je predvidena na treh lokacijah.

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 ribe, 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 ribe, 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.

Namen in vsebina projektne naloge

Prostorsko-lokacijski poudarek študije je na obeh rečnih odsekih dolvodno od obstoječih pregrad, kjer bo v prihodnosti zaradi zagotavljanje plovbe treba vzdrževati hidravlične parametre struge. V ta namen je potrebna ocena transporta in usedanja lebdečih in rinjenih plavin (teh zelo verjetno praktično ni, še zadnji ostanek bo izločen z izgradnjo ZVV Razori). Analize morajo vključevati odsek Ljubljanice do Fužinskega jezua in biti uporabne tudi za potrebe načrtovanja opreme MHE in splavnic. Ob tem je pomembno dejstvo, da je pretok lebdečih plavin v času srednjih pretokov majhen, bistveno naraste le v obdobju visokih pretokov kot posledica padavin na obrobju Ljubljanskega barja, medtem ko kraški izvir Ljubljanice nima izrazito visokih koncentracij plavin.

Obseg dela

Izdelovalec mora za študijo zagotoviti manjkajoče podatke, izvesti njihovo analizo, po presoji uporabiti matematični model za transport plavin, izvesti prognozo za spremenjeno stanje vodotoka in predlagati ukrepe za obvladovanje transporta plavin po zaključku izgradnje novih objektov. Izvesti je potrebno:

- 1) **Zbiranje in analizo razpoložljivih arhivskih podatkov** (DRSV, MOL, ARSO, Energetika Ljubljana, ...) ter podatkov aktualnih monitoringov (ARSO, MOL, ...). Analiza podatkov vključuje kronološki pregled posnetkov dna Ljubljanice, zadnji je bil izdelan v letu 2023 [2]. Upoštevati je treba tudi vpliv predvidenega ZVV Razori.
- 2) **Najmanj enoletno spremljanje koncentracij** suspendiranih snovi v Ljubljani na 2 lokacijah in sicer na Špici ter na Fužinskem jezua (kjer je možna namestitev stacionarnih merilcev). Izvajati je treba kontinuirno merjenje v času pretokov, višjih od 50 m³/s ter dodatno občasno, najmanj 6x letno, kontinuirno merjenje v normalnih in sušnih hidroloških razmerah z urnim intervalom meritev koncentracij lebdečih plavin.
- 3) **Določitev zrnastostne sestave suspendiranih snovi**. Izvede se odvzem vzorcev v vsaj 2 visokovodnih dogodkih in sicer kot avtomatski odvzem 24 vzorcev (časovni interval 1-2 uri) in nadaljnja analiza koncentracij in zrnastostne sestave suspendiranih plavin v laboratoriju. Izvajalec mora meritve zagotoviti na podlagi ustreznih hidroloških prognoz, ki jih izvaja sam ali jih pridobi kot javne podatke (ARSO). Navedeni visoki pretoki Ljubljanice se smatrajo v profilu VP Moste.
- 4) **Hidrometrično meritev v času visokovodnih razmer** za potrebe izračuna transporta plavin in možnosti točnejše umeritve hidravličnega modela. Meritev se izvede pri mostu na Livadi, ter v Gruberjevem prekopu in mestni Ljubljani v ustreznih profilih, ki jih določi izvajalec, skupaj v treh (3) profilih.
- 5) Po presoji izdelovalca analiz modeliranje transporta lebdečih plavin na odseku od AC mostu nad Špico do Fužinskega jezua ali analitična določitev bodoče dinamike plavin. Kompleksnost numeričnega modela ali izračuna se določi na podlagi razpoložljivega fonda arhivskih in dodatno pridobljenih podatkov.
- 6) **Zaključno poročilo** s prognozo premeščanja plavin (predvsem lebdečih, po potrebi pa tudi rinjenih) po izgradnji predvidenih objektov ter napotki za obvladovanje morebitnih problematičnih lokacij in situacij.

Vhodni podatki

Za izdelavo naloge bodo uporabljeni vsi 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, ...). Uporabi se razpoložljive hidrološke podlage.

Geodetske meritve Ljubljanice in pritokov ter objektov na Ljubljanici (mostov, oblog, pragov) niso predmet ponudbe. Predane bodo 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.

Viri

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

[2] Batimetrična izmera dna Ljubljanice in Gruberjevega prekopa (VECTRINO, 2023)

Roki izdelave

	Obseg vsebin	Rok
1	Zbiranje in analiza podatkov	T0 + 3 mesece
2	Meritev koncentracij na 2 lokacijah	T0 + 12 mesecev
3	Določanje zrnastostne sestave lebdečih plavin	T0 + 12 mesecev
4	Hidrometrične meritve	T0 + 12 mesecev
5	Zaključek modeliranja ali numeričnih analiz	T0 + 13 mesecev
6	Zaključno poročilo	T0 + 14 mesecev

T0 = datum podpisa pogodbe oz. naročila