5G za upravljanje oskrbe z vodo in odzivanje na izredne razmere v pametni občini Ilirska Bistrica (5G WAT-ERR-IB)

Analiza obstoječega vodovodnega sistema in načrtovanje vseh pametnih podsistemov vodovodne oskrbe v Občini Ilirska Bistrica

Oktober 2025

Sofinancira Evropska unija

Analiza obstoječega vodovodnega sistema in načrtovanje vseh pametnih podsistemov vodovodne oskrbe v Občini Ilirska Bistrica

WP number and title	**WP3 Use case 1 – Smart water supply design**
Deliverable number and title	**D3.1. Analysis of existing water supply system and design of all smart water supply sub-systems in the Municipality of Ilirska Bistrica**
Lead beneficiary	**Ilirska Bistrica Municipality**
Contributing partner	**Vahta**
Planned delivery date	**M9 (September 2025)**
Actual delivery date	**M10 (October 2025)**
Reporting period	**RP1**
Document type	**R — Document, report**
Dissemination level	**SEN - Sensitive**
Deliverable confirmed by	**WP leader**
Confirmation date	**30 October 2025**

Kazalo

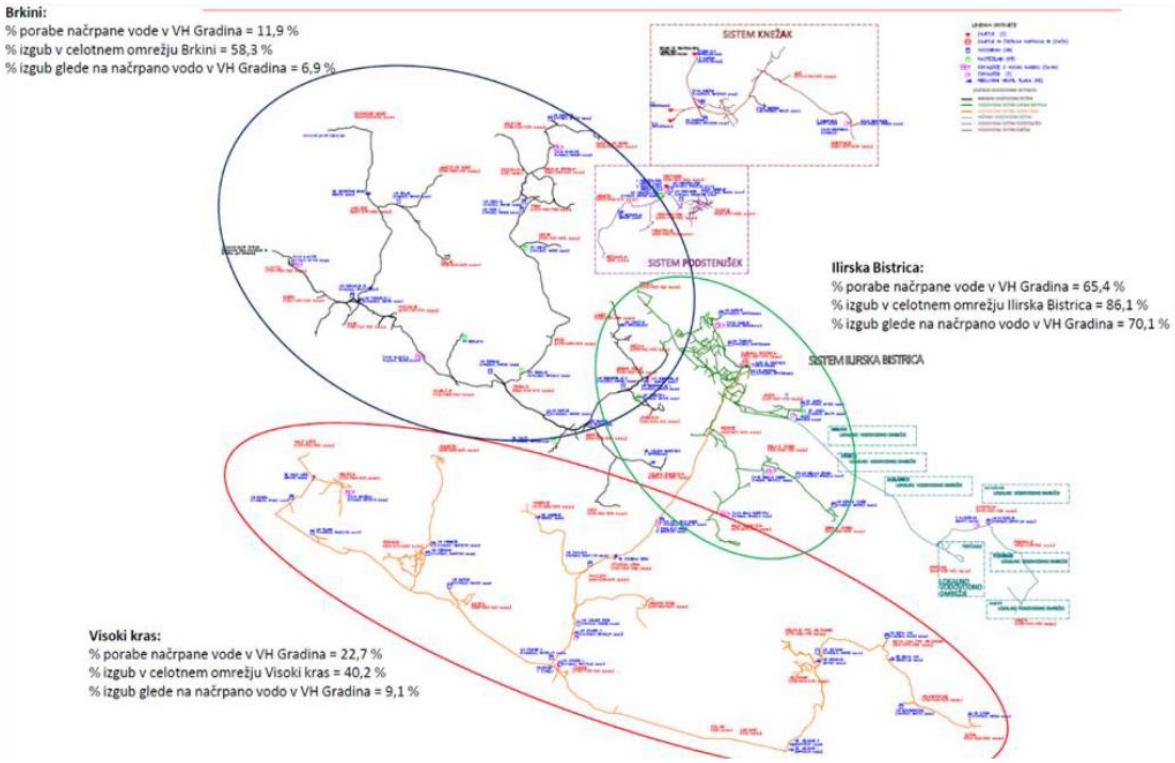
1. Opis problema 4
2. Izhodišča za tehnično rešitev 5
3. Varnost komunikacije 7
4. Podrobna analiza stanja in predlog rešitve 8
5. Stroškovna ocena ..... **Napaka! Zaznamek ni definiran.**

1. Opis problema

Vodovodno omrežje v **Ilirski Bistrici**, ki je temeljna sestavina občinske infrastrukture, se razprostira na kar **200 kilometrih** in oskrbuje raznoliko paleto naselij z življenjsko pomembno pitno vodo. To omrežje, za katerega je značilnih **33 vodohranov**, **11 črpališč** in številne druge kritične komponente, je zadolženo za dobavo zdravstveno ustrezne pitne vode več kot **10.603 uporabnikom** (podatek za leto 2022). Kljub svoji ključni vlogi se sistem sooča s številnimi izzivi, ki ovirajo njegovo učinkovitost, trajnost in zanesljivost.

Pomembna težava, ki pesti vodovodno omrežje, je **velika izguba vode zaradi puščanj**. Ta problem poslabšujeta **starajoča se infrastruktura** in zastareli sistemi za spremljanje. Ti sistemi ne zagotavljajo podatkov v **realnem času**, ki so potrebni za učinkovito upravljanje z vodo, kar ne vodi le do **zapravljanja virov**, temveč tudi do **ekonomskega pritiska** na lokalno skupnost in prebivalce. Situacijo dodatno zaplete odsotnost naprednih orodij za spremljanje in analizo, zaradi česar sta napovedovanje in preventivno reševanje okvar sistema ali optimizacija distribucije vode na podlagi analitike povpraševanja **nedosegljiva cilja** v trenutnem režimu.

Vodovodna infrastruktura je **razmeroma stara**, čeprav se redno vzdržuje. Njeno starost je mogoče zaslediti vse do časa **pred drugo svetovno vojno**. Najstarejši deli segajo v leto **1934**, medtem ko je bila večina glavnih distribucijskih vodov zgrajena v **šestdesetih letih** prejšnjega stoletja. Sekundarni distribucijski vodi so bili zgrajeni večinoma v osemdesetih letih. Samo nekatere vasi imajo distribucijsko omrežje, obnovljeno po letu 2000, in sicer **Knežak, Bač, Hrušica in del Podgrada**, na novo pa je zgrajen tudi del distribucijskih vodov na relaciji **Ilirska Bistrica – Harije – Pregarje**. To se odraža tudi v **izgubah vode v transportu**, ki se merijo kot razlika med količino vode, ki se črpa na izvoru, in količino vode, ki priteče skozi števce na uporabniški strani.



Zgoraj prikazana shema prikazuje najnovejše ocene **izgube vode** na različnih krakih vodovodne infrastrukture, ki se gibljejo od **6,9 % do kar 70,1 %**. Slednji podatek pomeni izjemno visoko izgubo, ki jo nameravamo zmanjšati z namestitvijo senzorjev. Ti senzorji bodo **proaktivno opozarjali na okvare** in omogočili **hitrejšo popravilo**.

Geografska in demografska razporeditev **Ilirske Bistrice** dodaja plasti kompleksnosti upravljanju vodnih virov. Raznolika **topografija** občine in **razpršena populacija** zahtevata niansiran pristop k distribuciji vode. Ta pristop se mora znati prilagoditi edinstvenim izzivom, ki jih predstavljajo različna območja – na primer oddaljene ali višje ležeče regije, ki bi lahko trpele zaradi nižjih tlakov vode ali večje dovzetnosti za motnje v oskrbi.

2. Izhodišča za tehnično rešitev

Pot naprej zahteva ne le fizično nadgradnjo infrastrukture za zmanjšanje puščanja in izboljšanje vzdržljivosti, temveč tudi **integracijo pametnih tehnologij** za izboljšano zbiranje podatkov, analizo in odločanje.

Predvideni prehod na pametni sistem upravljanja z vodo, podprt z uvedbo senzorjev Interneta stvari (IoT) in napredne analitike, obljublja preobrazbo sedanjega omrežja. Takšen sistem bi

omogočal spremljanje pretoka, tlaka in kakovosti vode v realnem času po celotnem omrežju, kar bi olajšalo takojšnjo identifikacijo in odziv na puščanja, kontaminacijo ali druge anomalije.

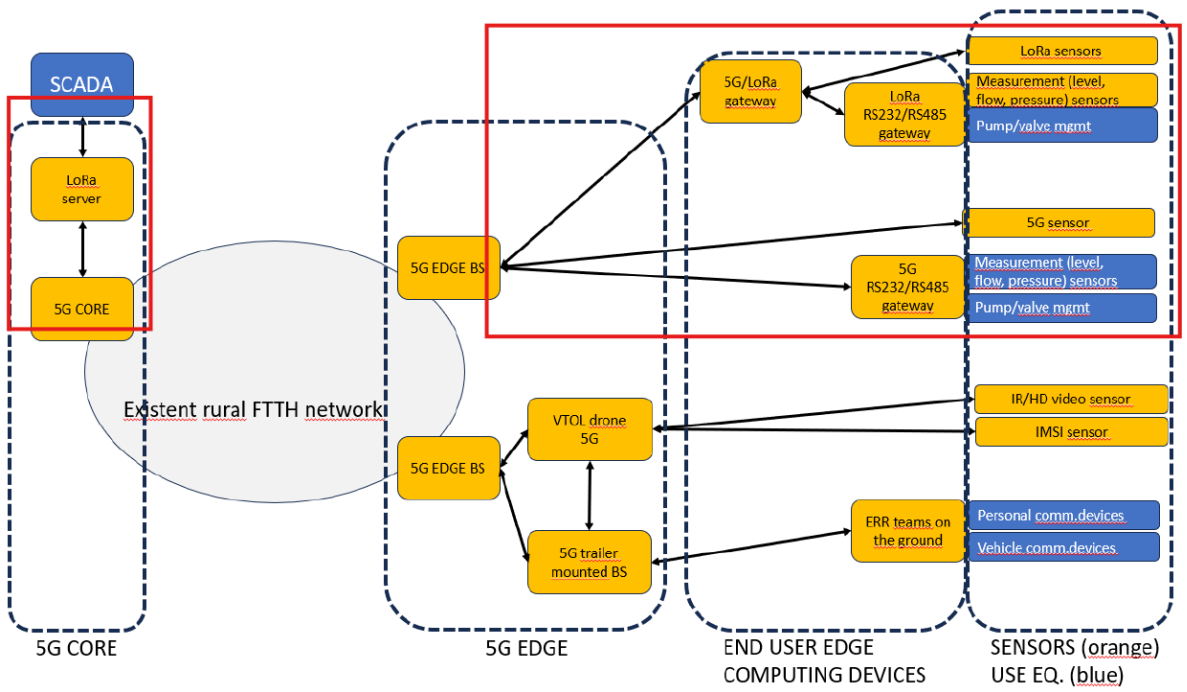
Predpostavka, ki temelji na izkušnjah preteklih primerov okvar, nas vodi k prepričanju, da je mogoče doseči **vsaj 5-odstotno izboljšanje** (manj izgube vode) kot rezultat opreme vodne infrastrukture s pametnimi napravami. To bi se prevedlo v ocenjeno **stroškovno korist približno 30.000 EUR letno le iz naslova zmanjšanja porabe energije.

Z uvedbo tehnologije interneta stvari (IoT), ki jo omogoča 5G, nameravamo ustvariti inteligenten sistem za upravljanje voda, ki omogoča spremljanje in nadzor v realnem času, v skladu s cilji Evropske unije za učinkovitost virov in varstvo okolja.

Z namestitvijo naprav IoT, podprtih s 5G, po celotnem vodovodnem sistemu projekt uvaja pametno infrastrukturo, ki je sposobna spremljanja in upravljanja v realnem času. To se ne sklada le s poudarkom razpisa na digitalizaciji javnih storitev za povečano učinkovitost in trajnost, temveč podpira tudi širše cilje EU glede ohranjanja virov in prilagajanja podnebnim spremembam.

Pričakuje se, da bo projekt znatno izboljšal učinkovitost in trajnost upravljanja vodnih virov v Ilirski Bistrici, kar bo privedlo do zmanjšanja izgube vode, izboljšanja kakovosti vode in bolj odpornih sistemov oskrbe z vodo.

Shema prikazuje sklope celotnega projekta, predmet te projektne naloge sta z rdečo barvo uokvirjena dela.



Glede na izzive, ki izhajajo iz kombinacije zelo dinamične topologije (hribovita območja z globokimi dolinami), obstoječih rešitev za daljinsko merjenje, razpršenih vasi, obsežnih neposeljenih območij in pomanjkanja ustrezne oskrbe z električno energijo, smo se odločili, da bomo za omogočanje primera uporabe pametne infrastrukture uporabili **hibridno rešitev 5G**, ki združuje:

- Prednosti **5G infrastrukture**: kapaciteta, nizka zakasnitev in izvorna podpora za **IoT** z **URLLC** (*Ultra-Reliable Low-Latency Communication*), vendar z izzivi pri pokritosti zaradi fizikalnih omejitev širjenja frekvence **3,6 GHz**, in
- Prednosti **vzajemne rešitve robnega računalništva (*parallel user edge computing*)** in standardne **LoRaWAN** infrastrukture za pokritost/senzoriko: velik doseg na **868 MHz** frekvenci za javno uporabo in izjemno nizko porabo energije (do 10 let življenjske dobe baterije).

Z uporabo obeh tehnologij, vendar z omejitvijo **LoRa** na tiste lokacije, ki nimajo ustrezne oskrbe z električno energijo in/ali jih ni mogoče razumno pokriti s **5G**, in s prenašanjem vsega prometa prek **5G hrbtenice (*backhaul*)**, lahko združimo najboljše iz obeh svetov.

Glede na omejen doseg 5G signala na frekvenčnem območju 3,6 GHz (ne več kot 2 km v dani topologiji) v primerjavi z dosegom LoRaWAN (15 km), trenutnim stanjem energetske učinkovitosti (10 let delovanja baterije LoRa senzorjev v primerjavi z nekaj meseci delovanja baterije klasične 5G opreme) in trenutno finančno dostopnostjo različnih senzorjev, je tehnološka izbira uporaba povezljivosti v sunkih (*burst-type of connectivity*) za povezovanje senzorjev.

Za zagotovitev ustrezne varnosti bo **LoRa strežnik** nameščen kot del **jedra 5G (*5G Core*)**, in sicer tako, da bo pravilno zbiral promet od senzorjev **LoRaWAN** in ga posredoval obstoječi zaledni rešitvi **SCADA**, ki se že uporablja za upravljanje delov vodovodne infrastrukture.

3. Varnost komunikacije

5G komunikacija je za vsak primer uporabe ločena od vseh ostalih z uporabo mehanizma frekvenčnega rezinjenja (frequency slicing), vgrajenega v 7tandard 5G.

LoRaWAN komunikacijski trunki (povezave) so šifrirani preko AES + CMAC2/CTR3, kar je vgrajeno v standard protokola LoRaWAN.

Komunikacija, ki poteka skozi obstoječe odprto dostopno omrežje FTTH (Optika do doma), bo ločena od vse ostale komunikacije z uporabo ločenih VLAN-ov (enega ali več za vsak primer uporabe), kot del implementiranih pravil za segmentacijo prometa VULA/VLAN.

Poleg tega je IP komunikacija lahko dodatno šifrirana.

Izbrana rešitev je tudi v skladu s tem, kar industrija trenutno prepoznava kot optimalno izbiro: *“ Postalo je jasno, da bodo v bližnji prihodnosti, medtem ko bosta 4G in 5G ciljala na aplikacije z nizko zakasnitvijo in visoko prepustnostjo, aplikacije, ki temeljijo na LoRa in LoRaWAN, zavzele večji del segmenta masovnega interneta stvari (Massive IoT). Glavni nosilci tega razvoja bodo mobilni operaterji, operaterji nelicenciranega spektra in podjetja s svojimi zasebnimi uvedbami. Trg se usmerja k strategiji dostopnega omrežja z več radijskimi tehnologijami (Multi-Radio Access Network – Multi-RAN), ki izkorišča dopolnilne 8tandard, vključno s 4G, 5G, LoRaWAN in drugimi, kot je Wi-Fi 6.”* (Viri: https://vermont-rep.com/en/introducing-the-lorawan-and-5g-fact-vs-fiction-series-2/ ;https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/lora-vs-5g-for-iot-data-transmission)

4. Podrobna analiza stanja in predlog rešitve

Na osnovi obširne analize vodovodne infrastrukture so bile identificirane lokacije in potrebe za vsako od teh lokacij. Vseh lokacij skupaj je 99. Vsaka lokacija je bila opredeljena s prioriteto (0 - ni potrebne nadgradnje, 3 – nizek vpliv nadgradnje, 2 – srednji vpliv nadgradnje, 1- velik vpliv nadgradnje). Tabela vseh lokacij (datoteka »5G-WAT-ERR-IB_Lokacije in popis objektov.xlsx«) je priloga tega dokumenta.

V sklopu projekta 5G-WAT-ERR-IB se bo naslovilo le lokacije s prioriteto 1 in lokacije, ki sovpadajo z lokacijami 5G komunikacijskih stolpov. Lokacij z identificirano prioriteto 1 je 43, lokacij kjer bazna postaja sovpada s potrebo po senzoriki, pa je 10.

Analiza je izkazala tri različne tipologije lokacij z vidika komunikacijske povezljivosti:

- Lokacije, kjer je senzorje mogoče povezati preko Ethernet povezljivosti na jedro omrežja,
- Lokacije, ki jih je mogoče povezati preko 5G omrežja in
- Lokacije, kjer se senzorje povezuje preko LoRaWAN povezljivosti.

Prav tako je analiza pokazala, da so potrebni trije tipi senzorjev (kjer jih še ni), in sicer;

- Senzorji za merjenje pretoka vode,
- Senzorji za merjenje nivoja vode in
- Senzorji za merjenje tlaka vode.

Senzorji za meritev pretoka vode morajo biti prilagojeni preseku cevi, na kateri se pretok spremlja. Ostali senzorji so univerzalni za vse lokacije, kjer so potrebni.

Nekatere (kompleksnejše) lokacije so že opremljene z mikrokrmilniki (edge computing) proizvajalca Siemens in je potrebno zagotoviti le komunikacijski vmesnik 5G.

Nekatere druge lokacije so že opremljene s senzorji in tam ni potrebe po zmogljivostih robnega računalništva, in jih je potrebno opremiti z ustreznimi komunikacijskimi vmesniki (ali Modbus na 5G ali Modbus na LoRa).

Večina že prisotnih merilnikov pretoka je proizvajalca Arad, vrste Octave. Na lokacijah, kjer je za take merilnike potreben le komunikacijski vmesnik, je smiselno kupiti sistemski komunikator istega proizvajalca.

Lokacije, ki jih je mogoče povezovati preko Ethernet povezljivosti, se opremijo s Siemens mikrokontrolerji (če jih že ni).

Na lokacijah baznih postaj so potrebni poleg 5G RRU tudi LoRaWAN prehodi (gateway), ki bodo zbirali signale iz okoliških senzorjev.

Spodnja tabela prikazuje potrebo po novih/dodatnih sestavnih delih.

Tip naprave	Količina
Ultrazvočni merilec pretoka vode	31
Merilec nivoja vode	15
Merilec tlaka vode	13
Komunikacijski vmesnik ModBus-- 5G (eden na senzor)	2
Komunikacijski vmesnik ModBus—LoRa (eden na senzor)	56
Komunikacijski vmesnik Ethernet – 5G (eden na lokacijo)	4
LoRa prehod (gateway)	14

Tabela s prikazom za vsako lokacijo posebej

Name of the location	Location	Electric power	Fiber connectivity	5G Base station	LoRaWAN Node	Merilec pretoka	Dimenzija cevi	Merilec nivoja	Merilec tlaka	Komunikator	Obstoječih merilnikov	Št vseh merilnikov na objekt	Prioriteta	ModBus - LoRa	ModBus - 5G	Eth-5G
RT Jasen	Jasen BŠ	Yes	Yes	No	No	0		1	0	ModBus na LoRaWAN	0	1	1	1	0	0
VH Starod (tunel)	Starod BŠ	Yes	Yes	No	No	1	DN150	1	0	Siemens + 5G	1	3	1	0	0	1
Črp VH M.Bukovica	Mala Bukovica BŠ	Yes	Yes	No	No	2	DN80	1	2	Siemens + 5G	0	5	1	0	0	1
Črp Hrušica	Hrušica BŠ	Yes	Yes	No	No	1	DN80	0	1	Siemens + 5G	0	2	1	0	0	1
VH Trnovo	Vodnikova BŠ	No	No	No	No	1	DN 100 in DN250	0	0	Modbus RTU na 5G	1	2	1	0	2	0
RT Smrje	https://maps.app.goo.gl/bsNre8CHJRBR48Rv5	No	No	No	No	1	DN 80	0	0	ModBus na LoRaWAN	0	1	1	1	0	0

RT Tominje	https://maps.app.goo.gl/TwKmGEBpcfcrrB9B8	No	No	No	No	1	DN 100	0	0	ModBus na LoRaWAN	0	1	1	1	0	0
VH Čelje	Čelje BŠ	No	No	No	No	1	DN80	1	1	ModBus na LoRaWAN	2	5	1	5	0	0
VH Prem 2	Prem BŠ	No	No	No	No	1	DN100	1	0	ModBus na LoRaWAN		2	1	2	0	0
VH Šembije	Šembije BŠ	No	No	No	No	1	DN80	0	0	ModBus na LoRaWAN	1	2	1	2	0	0
VH Dolnji Zemon	Dolnji Zemon BŠ	No	No	No	No	1	DN100	0	0	Siemens na 5G	0	1	1	0	0	1
VH Pavlica	https://maps.app.goo.gl/izJyRqoYwKsTeVfQ9	No	NO	No	No	1	DN80	1	0	ModBus na LoRaWAN	1	3	1	3	0	0

VH Veliko Brdo	Veliko Brdo BŠ	No	No	No	No	1	DN80	1	0	ModBus na LoRaWAN	0	2	1	2	0	0
VH Podbeže	Podgrad BŠ	No	No	No	No	1	DN80	1	0	ModBus na LoRaWAN	0	2	1	2	0	0
VH Finida	Hrušica BŠ	No	No	No	No	1	DN80	1	0	ModBus na LoRaWAN	1	3	1	3	0	0
VH Koritnice	Koritnice BŠ	No	No	No	No	1	DN80	0	0	ModBus na LoRaWAN	0	1	1	1	0	0
Merilni jašek Prešernova odcep Strma pot	https://maps.app.goo.gl/LWt5jjcHh1Jm7Wjd9	No	No	No	No	0	DN150	0	0	ModBus na LoRaWAN	1	1	1	1	0	0
Merilni jašek križišče Spetič	https://maps.app.goo.gl/uvNQEuAYNrKgXVF18	No	No	No	No	0		0	0	ModBus na LoRaWAN	1	1	1	1	0	0

Merilni jašek Pošta IB	https://maps.app.goo.gl/qtSqFpanzABdeQcY6	No	No	No	No	0		0	0	ModBus na LoRaWAN	1	1	1	1	0	0
Merilni jašek obvoznica Župančičeva	https://maps.app.goo.gl/rKzmd5gCwRtvFXhEA	No	No	No	No	0	DN150	0	0	ModBus na LoRaWAN	2	2	1	2	0	0
Merilni jašek Starodsmer Račice	https://maps.app.goo.gl/KY5TgkQ62Vx4DwLA8	No	No	No	No	0	DN80	0	1	ModBus na LoRaWAN	1	2	1	2	0	0
Merilni jašek Podgrad	https://maps.app.goo.gl/L1teMFLG5BaonMqG8	No	No	No	No	1	DN100	0	1	ModBus na LoRaWAN	1	3	1	3	0	0

Merilni jašek Križata	https://maps.app.goo.gl/cDHGf7ehwjvxruwy6	No	No	No	No	1	DN50	0	4	ModBus na LoRaWAN	1	6	1	6	0	0
Merilni jašek razcep Jelšane za vas Dolenje	https://maps.app.goo.gl/LPvRNgsX73ucPN1b7	NO	No	No	No	0		0	0	ModBus na LoRaWAN	1	1	1	1	0	0
Merilni jašek smer SLO (venturi)	https://maps.app.goo.gl/hzZegBLj6snfuHcXA	NO	No	No	No	1	DN150	0	0	ModBus na LoRaWAN	0	1	1	1	0	0
Merilni jašek Preložje konec	https://maps.app.goo.gl/3bhWsEapzUAMEUEC9	No	No	No	No	1	DN80	0	0	ModBus na LoRaWAN	0	1	1	1	0	0

Merilni jašek Prelože začetek	https://maps.app.goo.gl/95yxkvw7BkYGcNSg8	No	No	No	No	1	DN100	0	1	ModBus na LoRaWAN	0	2	1	2	0	0
Merilni jašek Harije cerkev	https://maps.app.goo.gl/p6eMnsV4xRh8hgxK6	No	No	No	No	0		0	0	ModBus na LoRaWAN	1	1	1	1	0	0
Merilni jašek Tominje	https://maps.app.goo.gl/YPj8rWBt6xAaYS128	No	No	No	No	0		0	0	ModBus na LoRaWAN	1	1	1	1	0	0
Merilni jašek Zajelšje	https://maps.app.goo.gl/YPj8rWBt6xAaYS128	No	No	No	No	0		0	0	ModBus na LoRaWAN	1	1	1	1	0	0

Merilni jašek Javorje	https://maps.app.goo.gl/eGRGLtvi1jQigP8J7	No	No	No	No	0		0	0	ModBus na LoRaWAN	1	1	1	1	0	0
Merilni jašek Huje	https://maps.app.goo.gl/GNrdYRCPHfR6KMqF8	No	No	No	No	0		0	0	ModBus na LoRaWAN	1	1	1	1	0	0
Merilni jašek Gaberk	https://maps.app.goo.gl/mQjYBaDRNNhNvuEh6	No	No	No	No	0		0	0	ModBus na LoRaWAN	1	1	1	1	0	0
Merilni jašek Topolc	https://maps.app.goo.gl/zwpq5fvGap4tuDbBA	No	No	No	No	0		0	0	ModBus na LoRaWAN	1	1	1	1	0	0

Merilni jašek Špeh (Gubčeva in Vojkov)	https://maps.app.goo.gl/aVNNxikJERfJ7Efo7	No	No	No	No	0		0	0	ModBus na LoRaWAN	1	1	1	1	0	0
Merilni jašek Vodnikova kapelica	https://maps.app.goo.gl/kBNaqMerteRn4wHP7	No	No	No	No	0		0	0	ModBus na LoRaWAN	1	1	1	1	0	0
Kneža k- PGD Kneža k	https://maps.app.goo.gl/q8n97HQnAHZZpYXf8	No	No	No	No	0	DN 100	0	0	ModBus na LoRaWAN	1	1	1	1	0	0
Merilni jašek Starod Free shop		No	No	No	No	0		0	0	ModBus na LoRaWAN	1	1	1	1	0	0
Merilni jašek Kleda		No	No	No	No	0		0	0	ModBus na LoRaWAN	1	1	1	1	0	0

VH Jelšane	Jelšane BŠ	Yes	Yes	Yes	Yes	1		0	1	Ethernet, obstoječi Siemens	0	2	0	0	0	1
VH Gor. Zemon	Gornji Zemon BŠ	Yes	Yes	Yes	Yes	2		0	0	Ethernet, obstoječi Siemens	0	2	2	0	0	1
VH Dobropolje 1	Dobropolje BŠ	Yes	Yes	Yes	Yes	0		0	0	Ethernet, obstoječi Siemens	1	1	0	0	0	1
VH Pregarje 2	Pregarje BŠ	Yes	Yes	Yes	Yes	0		0	0	Ethernet, obstoječi Siemens	0	0	0	0	0	1
VH Prem 1	Prem BŠ	No	No	Yes	Yes	1	DN100	1	1	Ethernet, obstoječi Siemens	0	3	1	0	0	1
VH Kilovče	Kilovče BŠ	No	No	Yes	Yes	1	DN80	1	0	Ethernet, obstoječi	0	2	1	0	0	1

									Siemens						
VH Podtabor	Podtabor BŠ	No	No	Yes	Yes	1	DN100	1	0	Ethernet, obstoječi Siemens	0	2	2	0	0	1
VH Starod 1	Starod BŠ	No	No	Yes	Yes	2	DN100	1	0	Ethernet, obstoječi Siemens	0	3	3	0	0	1
VH Plama	Podgrad BŠ	No	No	Yes	Yes	2	DN100	2	0	Ethernet	1	5	1	0	0	1
VH Knežak	Knežak BŠ	No	No	Yes	Yes					Ethernet	1	1	1	0	0	1
Velika Bukovica	Velika Bukovica BŠ	No	No	Yes	Yes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(alternativa: Kamnolom)	Kamnolom BŠ	No	No	Yes	Yes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Podgraje	Podgraje BŠ	No	No	Yes	Yes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VH Tominje	Tominje BŠ	Yes	No	Yes*	Yes	0		0	0	Ethernet, obstoječi	0	0	0	0	0	1

									Siemens							
					31		15	13		31	90		56	2	15	