

konferenca
komunalnega
gospodarstva





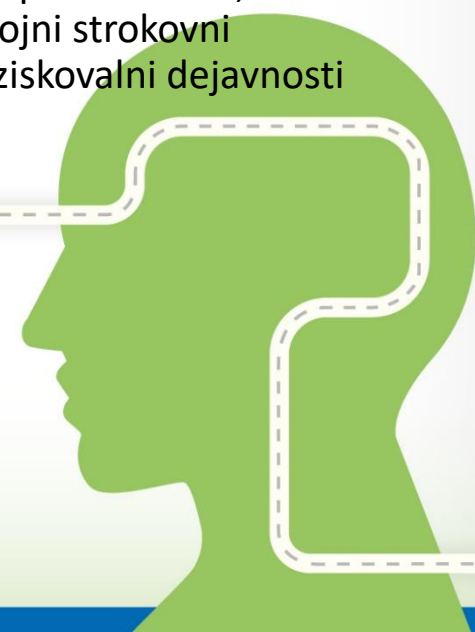
PREDSTAVITEV AVTORJEV

- 1 Mag. Joerg Prestor, univ. dipl. inž. geol.,
Geološki zavod Slovenije - višji razvojni
sodelavec
- 2 Mag. Maja Štajdohar, univ. dipl. inž. v. k. i.,
Javno podjetje VOKA-SNAGA, d. o. o. -
odgovorni strokovni razvojni inženir
- 3 Dr. Janja Svetina, mag. inž. geol., Geološki zavod
Slovenije - samostojni strokovni sodelavec
- 4 Simona Pestotnik, univ. dipl. inž. v. k. i., Geološki
zavod Slovenije - samostojni strokovni
svetovalec področja v raziskovalni dejavnosti



14. konferenca
komunalnega
gospodarstva

KOMUNALA smo LJUDJE ZA LJUDI



VSEBINA

1. Okviri in izhodišča – širša in lokalna skupnost
2. Opis stanja in tveganja – pomen hidrogeoloških razmer
 - a) za funkcionalnost mesta
 - b) za prostorski načrt in projektiranje
 - c) v luči podnebnih sprememb
3. Akcijski načrt
4. Sklep

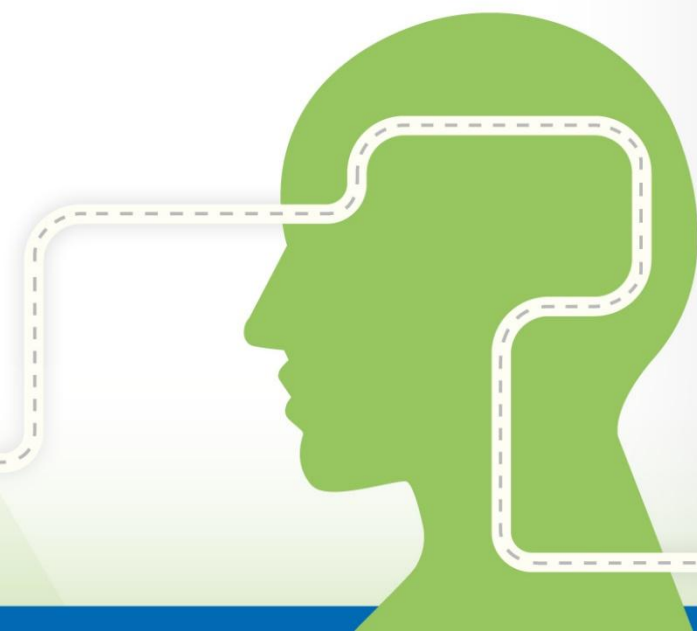


OKVIRI IN IZHODIŠČA



14. konferenca
komunalnega
gospodarstva

KOMUNALA *sme* **LJUDJE ZA LJUDI**



OKVIR ŠIRŠE SKUPNOSTI

Pametna raba vode, zelena infrastruktura in ohranjanje vodnega kroga.

Preprečevanje onesnaževanja ter zagotavljanje dostopa do čiste, cenovno dostopne vode.

Krepitev naravne infiltracije padavinske vode in odpornosti vodnih sistemov proti poplavam in sušam.

Cilj je razvoj gospodarstva, ki pametno ravna z vodo, in sodelovanje skupnosti pri trajnostnem upravljanju virov.

☐ **Trajnostno upravljanje vode**

☐ **Prilagoditev podnebnim spremembam**

☐ **Skupnostni vidik**



OKVIR LOKALNE SKUPNOSTI

Zadrževanje nalicov v podtalju, obnavljanje zalog vode za oskrbo in redčenje onesnaževal.

☐ **Ponikanje in zadrževanje**

Stabilnost hidrogeoloških razmer brez tveganj z izsuševanjem tal in preobremenitvijo kanalizacije.

☐ **Funkcionalnost mesta**

Mesto se vključuje v širšo mrežo, ki razvija sodobne prakse in krepi odpornost proti podnebnim spremembam.

☐ **Povezovanje v mrežo**

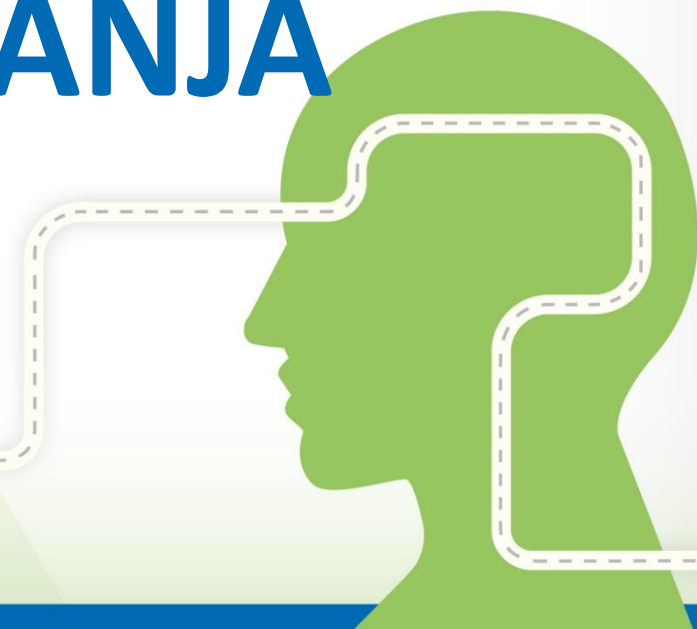


OCENA STANJA IN TVEGANJA



14. konferenca
komunalnega
gospodarstva

KOMUNALA *smo* **LJUDJE ZA LJUDI**

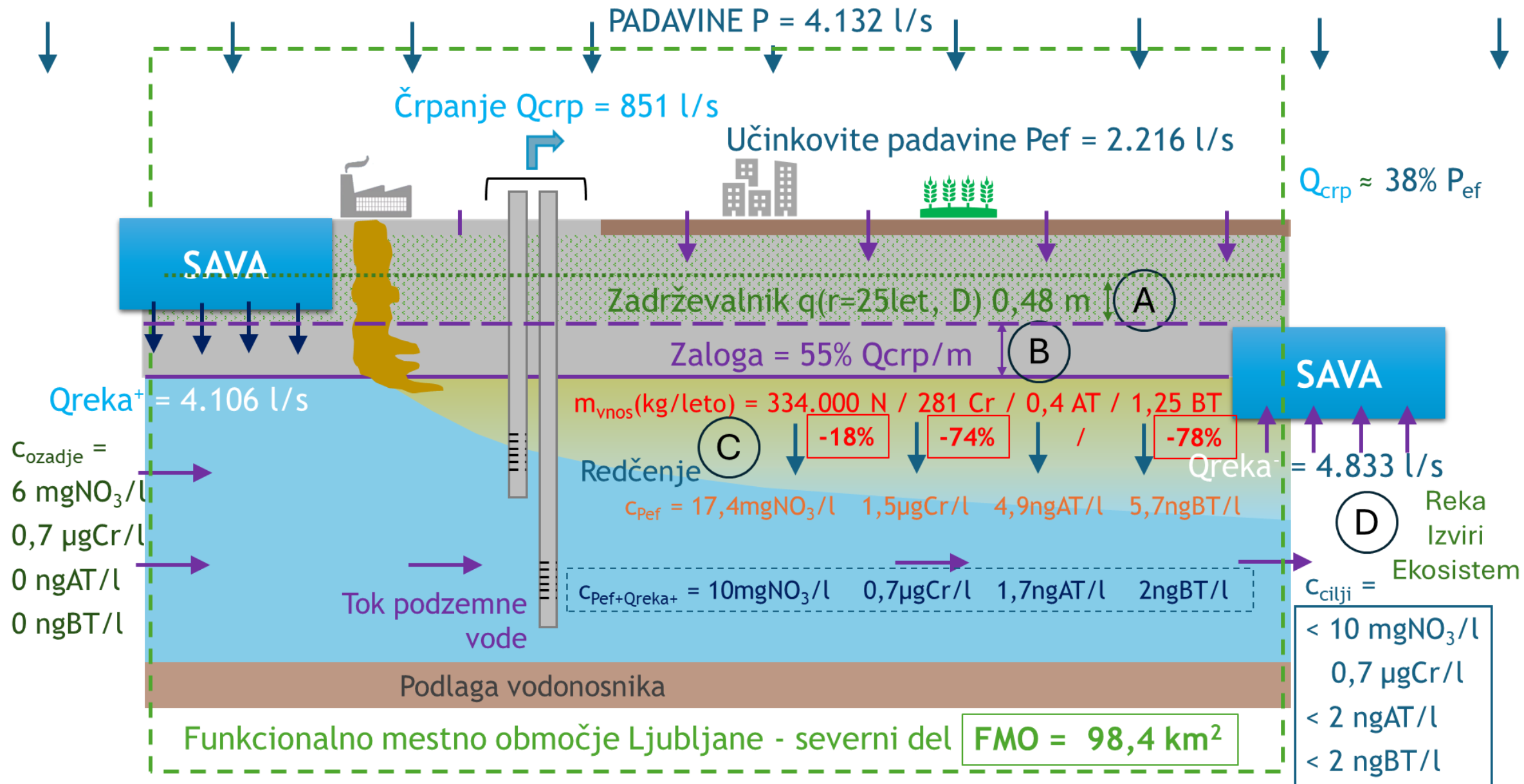


Hidrogeološke razmere pomembne za funkcionalnost mesta

- (A) 25 letni naliv se zadrži v podtalju z dvigom gladine za približno 0,5 m.
- (B) Celotna zaloga za letno oskrbo s pitno vodo se zadržuje v približno 2 m debeli plasti vodonosnika.
- (C) Padavine na območju mesta ne zadoščajo za redčenje onesnaževal iz lastnih izpustov.
- (D) Redčenje onesnaževal je dobro na račun reke Save, torej širšega zaledja mesta.

Funkcionalno mestno območje FMO Ljubljane (severni del)

2011 - 2040 (CM4 - RCP8.5)



Hidrogeološke razmere za prostorski načrt in projektiranje

Pretežno na stabilnih peščeno-prodnih plasteh, podzemna voda je globlje od petih etažnih kleti, padavinsko vodo je možno dobro ponikati.

■ Severni del mesta

Slabše stabilni sedimenti (pesek, melj in glina), ponikanje je možno le z razpršeno infiltracijo, podtalje ima zelo omejene zadrževalne sposobnosti nalivov.

■ Južni del mesta

Gradnja podzemnih etaž pospešuje izsuševanje, posedanje. Črpanje zalog vode pospešuje izcejanje in posedanja tal. Onesnaženje težje prodre, a se dolgo zadrži in slabo redči.



Severno območje
Ljubljane

Južno območje
Ljubljane

Sloj ponikalnih sposobnosti nenasičene cone

- 1: Dobra sposobnost infiltracije (>1000 l/s/ha)
- 2: Srednja sposobnost infiltracije (100-1000 l/s/ha)
- 3: Slabša sposobnost infiltracije (<100 l/s/ha)
- 4: Podzemna voda tik nad kamninsko podlago
- 5: Podzemna voda v dolinskem delu
- Globina do podzemne vode < 3 m
- Debelina krovni plasti > 3 m



0 2,5 5 km



Hidrogeološke razmere v luči podnebnih sprememb

Povečanje deleža napajanja iz padavin ali reke omogoča sproščanje dosedanjih onesnaženj.

- **Napajanje in pretok skozi vodonosnik**

Tok podzemne vode se lokalno lahko premakne za več sto metrov - tveganja za onesnaženja na novih lokacijah.

- **Smer toka podzemne vode**

Dvig gladine podzemne vode otežuje gradnjo podzemnih objektov, znižanje gladine pa oskrbo z vodo.

- **Gladina podzemne vode**

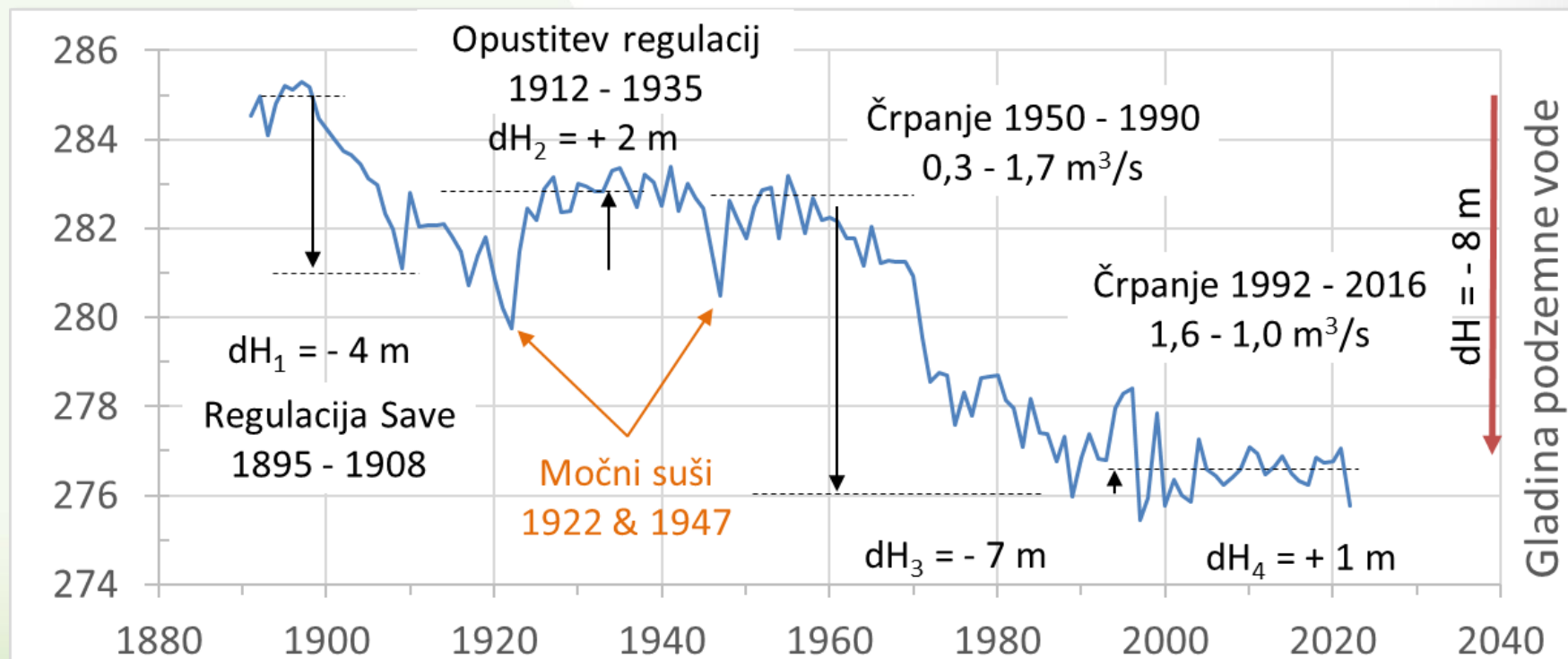
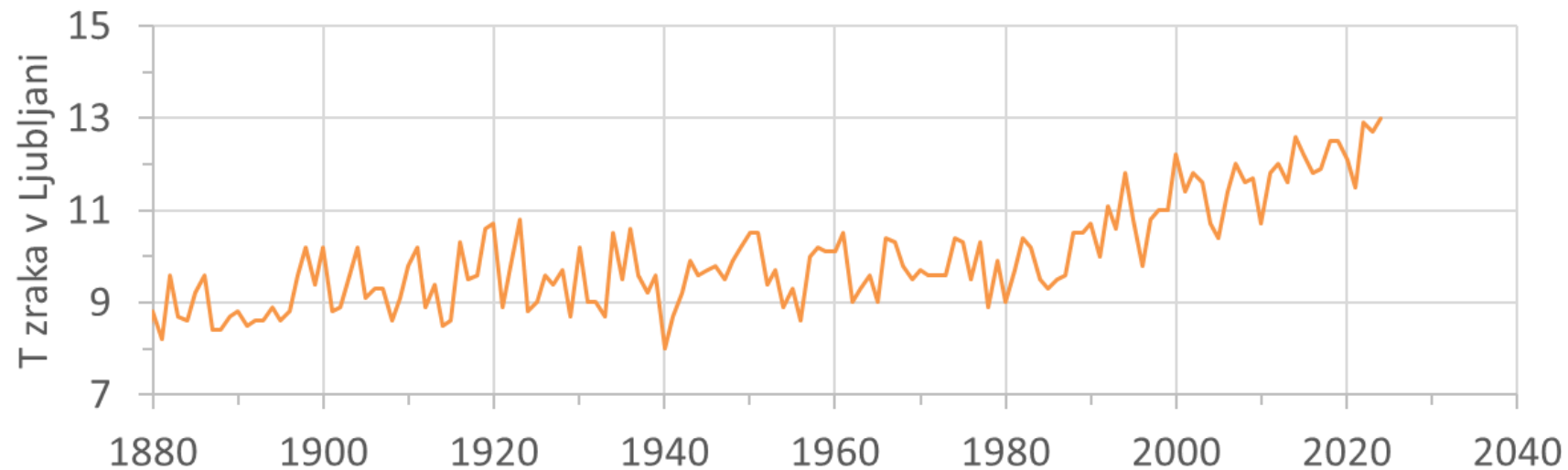


Hidrogeološke razmere v luči podnebnih sprememb

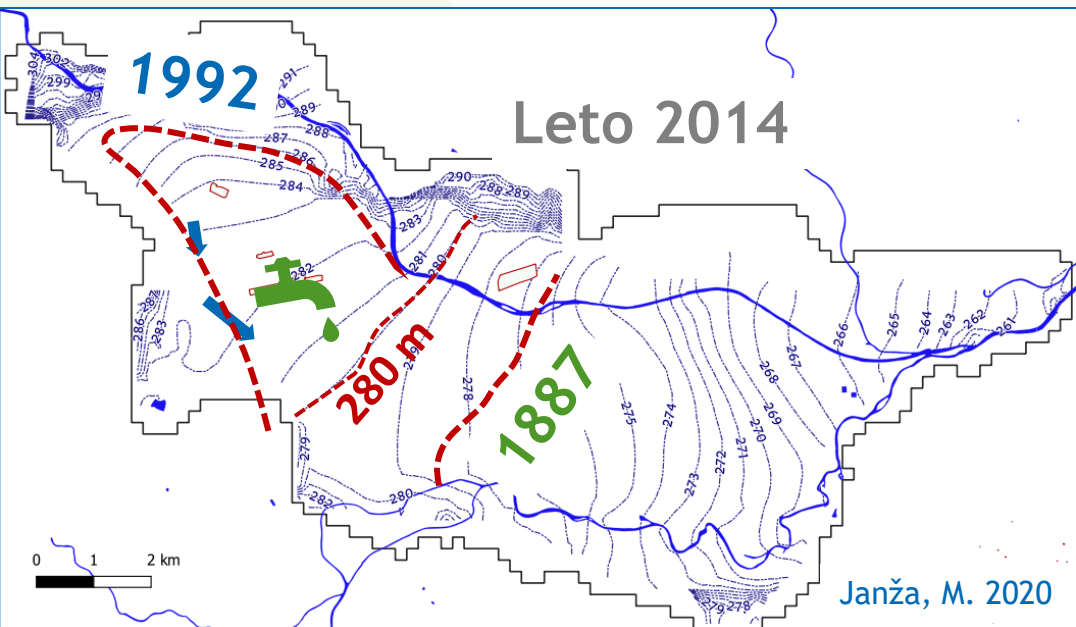
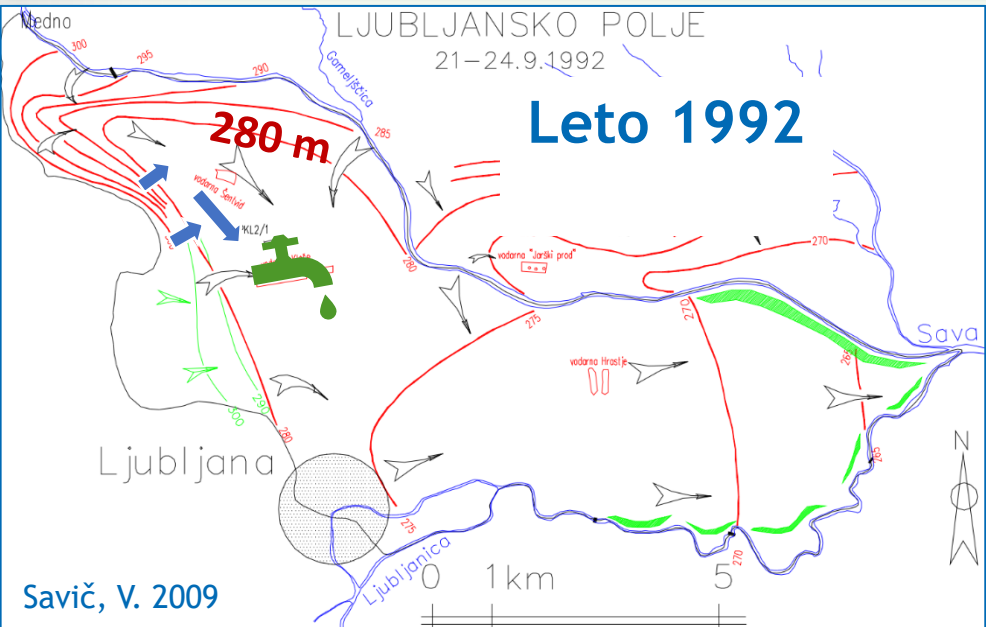
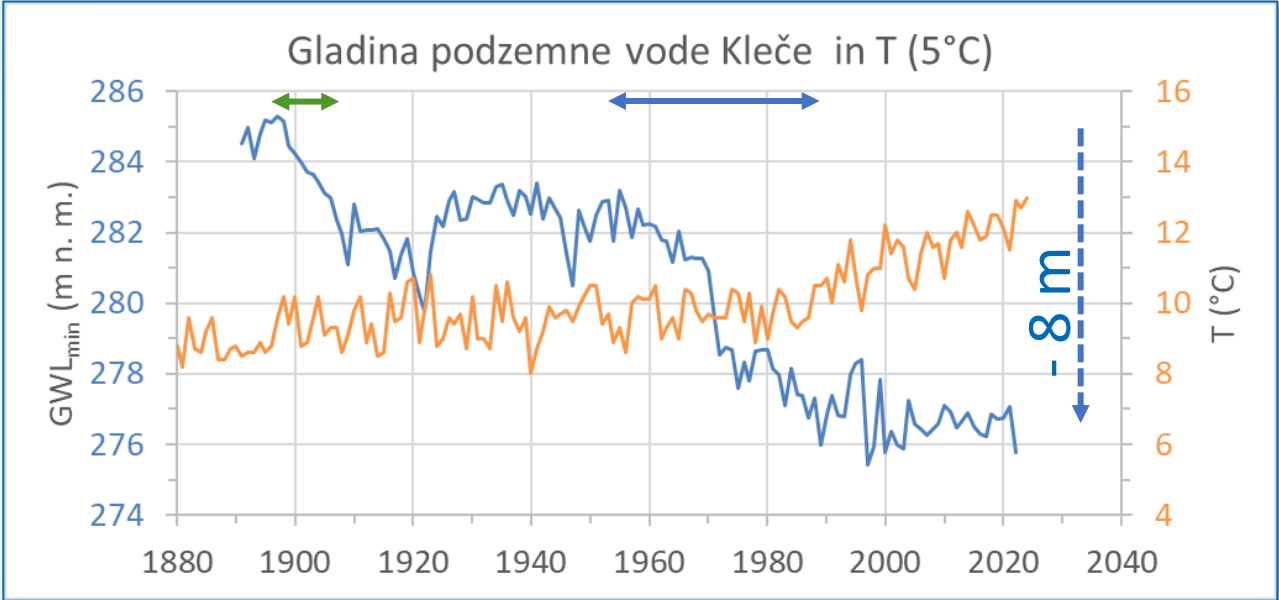
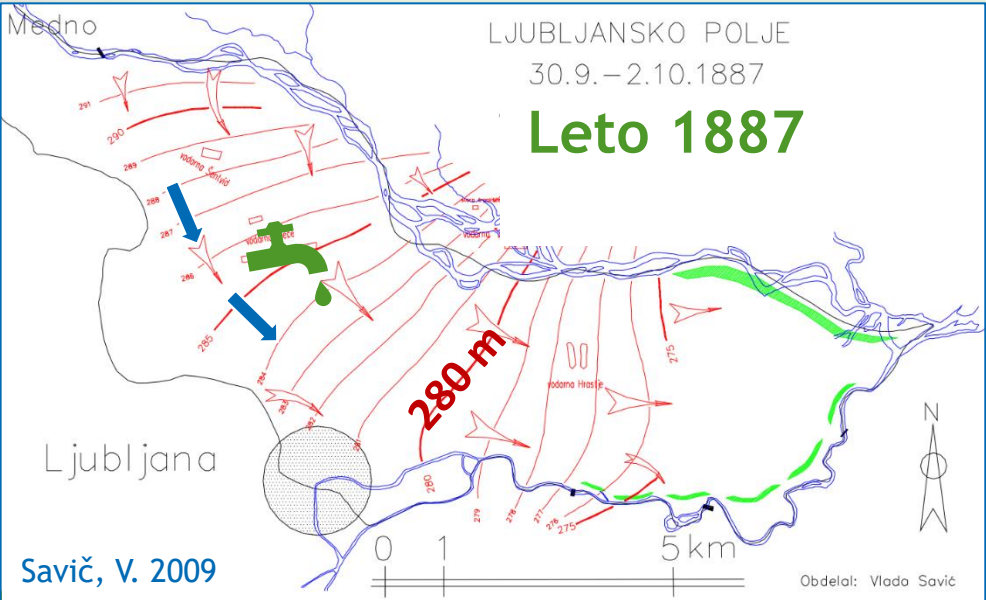
Hitro dviganje
temperatura zraka v
Ljubljani

od leta 1980 naprej
 $+2^{\circ}\text{C}$

Upad gladine
podzemne vode
od leta 1890
- 8 m

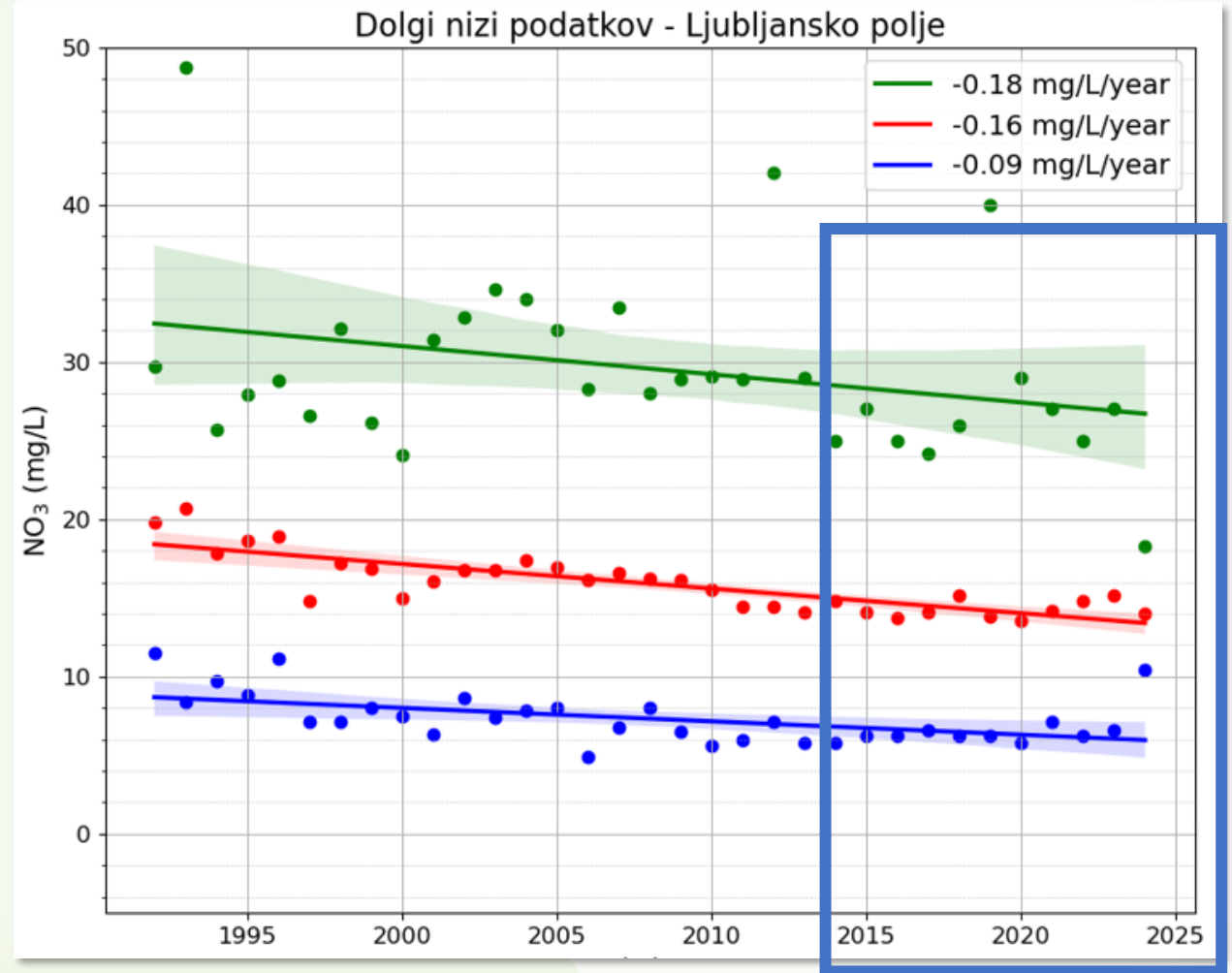
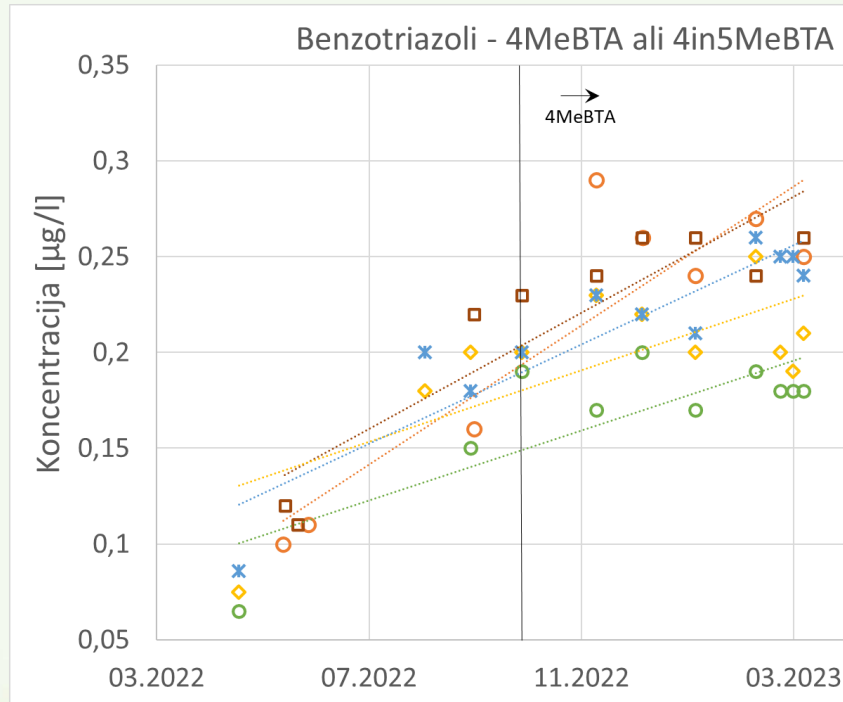


Hidrogeološke razmere v luči podnebnih sprememb



Trend kakovosti vode

- Trend upadanja nitrata 1995-2015 se je ustavil.
- Stara onesnaževala (AT, Cr, TCE,...) trdovratno ostajajo.
- Vdirajo novodobna onesnaževala.



Tveganja

- Preobremenjenost kanalizacije
- Preplavljanja iz kanalizacije
- Čista padavinska voda v odpad
- Dvig podzemne vode v temeljnih tleh
- Dreniranje stisljivih plasti

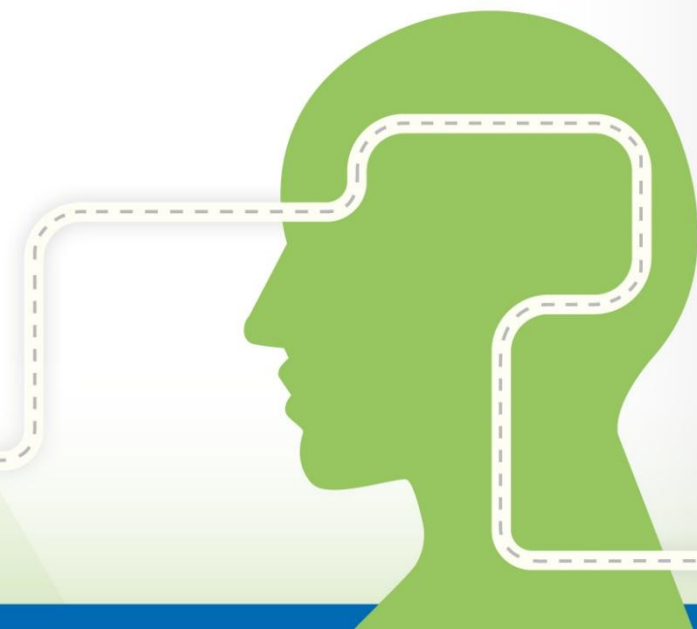
- Stara trdovratna onesnaževala
 - Pojavi novih onesnaževal
- Sprememba smeri in poti onesnaženj
 - Spiranje starih onesnaženj zaradi spremembe napajanja
- Občutljivost zajetij na izredna sušna obdobja

AKCIJSKI NAČRT



14. konferenca
komunalnega
gospodarstva

KOMUNALA *sme* **LJUDJE ZA LJUDI**



Akcijski načrt

Ponikalna sposobnost v prikazu stanja prostora v OPN

Varnostni faktor glede na pomembnost objekta

Obnavljanje naravnega napajanja podzemne vode

Zmanjševanje presežkov odtokov iz zaledja proti mestu

Spodbude za uporabnike za prehod na ponikanje

1. del

Zadrževanje in dovoljeni izpust (celotni, delni, brez)

Minimalni delež zemljišča za zadrževanje in ponikanje

Prednostni seznam območij za povečanje ponikanja

Izbor ukrepov po učinkih na obnavljanje podzemne vode

Kazalniki za primerjalno analizo odpornosti odvodnje



Akcijski načrt

Sledenje trendov in bilance onesnaževal v podzemni vodi

Podrobnejša razdelitev vod z utrjenih in delovnih površin

Izboljšava pogoja „1 m nad najvišjo gladino podz. vode“

Upoštevanje samočistilne sposobnosti tal in podtalja

Povečevanje potenciala za rabo podzemne vode

Omejevanje izgub onesnaževal z naraščajočimi pojavi

Čiščenje obremenjenih vod skozi biološko aktivna tla

Vplivno območje ponikalnic, zlasti pri viseči podzemni vodi

Razmerje med zatesnjeno in ponikalno površino

Občutljivost zajetij na znižanje gladine podzemne vode za 2 m

2. del



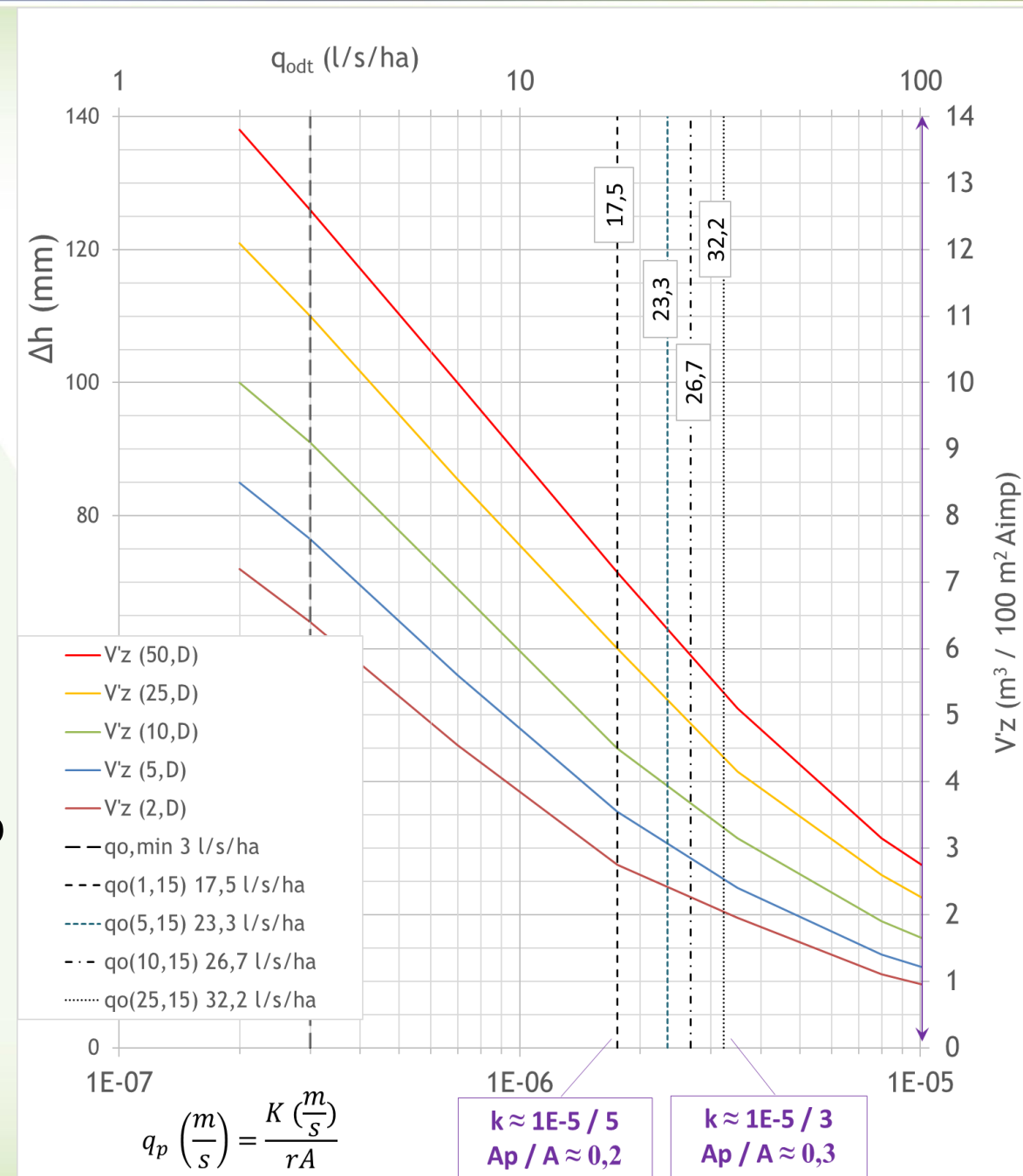
Ponikalna sposobnost v prikazu stanja prostora v OPN

Meja srednja / slabša ponikalna sposobnost

Pri prepustnosti $k = 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ zadostuje $0,2 < \text{FRP} < 0,3$ za ponikanje minimalnega naravnega površinskega odtoka.

Ponikalna sposobnost (q_p) je odvisna od prepustnosti (k) in razmerja med zatesnjeno in ponikalno površino (rA).

Faktor račene površine (FRP) kaže, na kakšnem delu parcele bo možno ponikati.



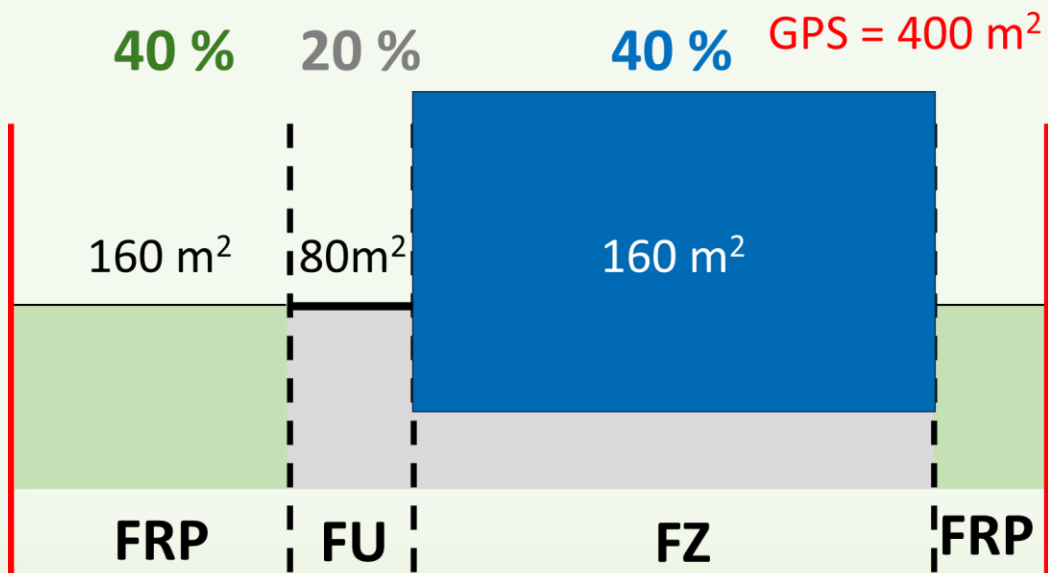
Meja srednja / dobra ponikalna sposobnost

$k = 1 \times 10^{-5}$ m/s in FRP = 20 %:

Zadrževalnik za 10-letne nalive: $V_z = 8,4 \text{ m}^3$ (105 mm)

$k = 1 \times 10^{-4}$ m/s in FRP = 20 %

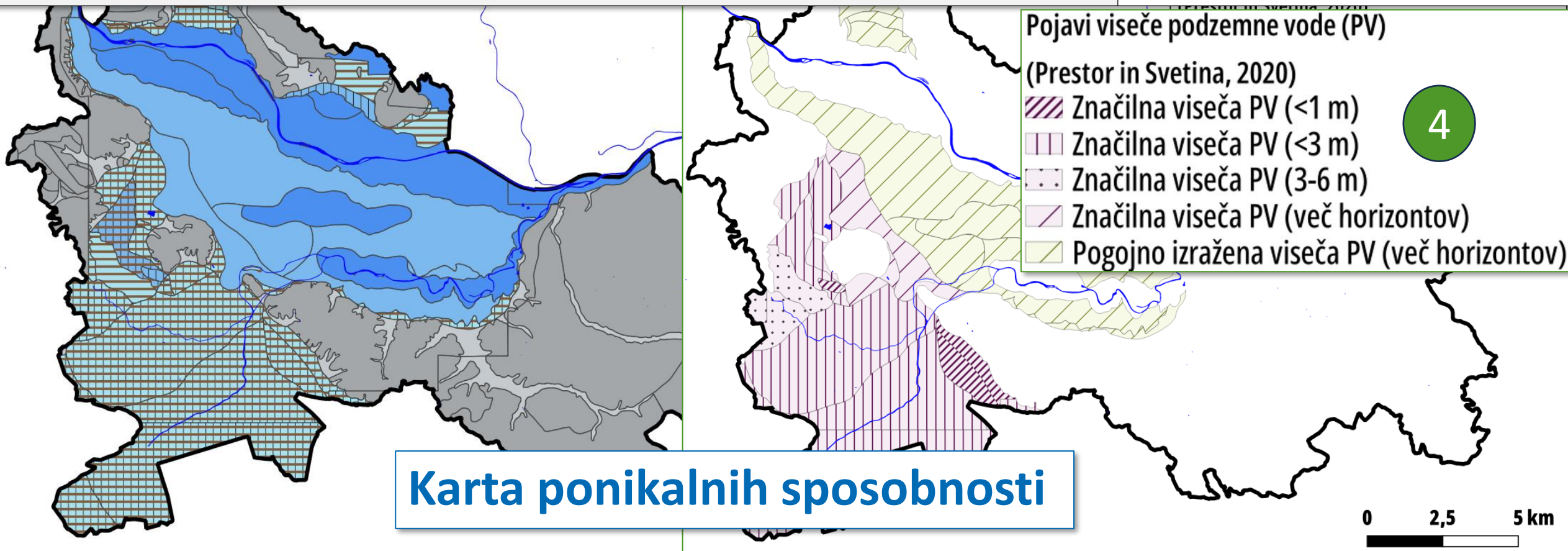
Zadrževalnik za 10-letne nalive: $V_z = 1,8 \text{ m}^3$ (23 mm)



1,00E-04	k (m/s)	1,00E-05
200	Aimp	200
40	Ap sr (m2)	40
5,0	rA	5,0
2,00E-05	qp (m/s)	2,00E-06
200,0	qodt (l/s/ha)	20,0
4,000	Qp (l/s)	0,400
Vz' m ³ /100m ²	r(let)	Vz' m ³ /100m ²
0,5	2	2,6
0,7	5	3,3
0,9	10	4,2
1,3	25	5,6
1,6	50	6,8
Vz (m ³)	r(let)	Vz (m ³)
1,0	2	5,2
1,4	5	6,6
1,8	10	8,4
2,6	25	11,2
3,2	50	13,6

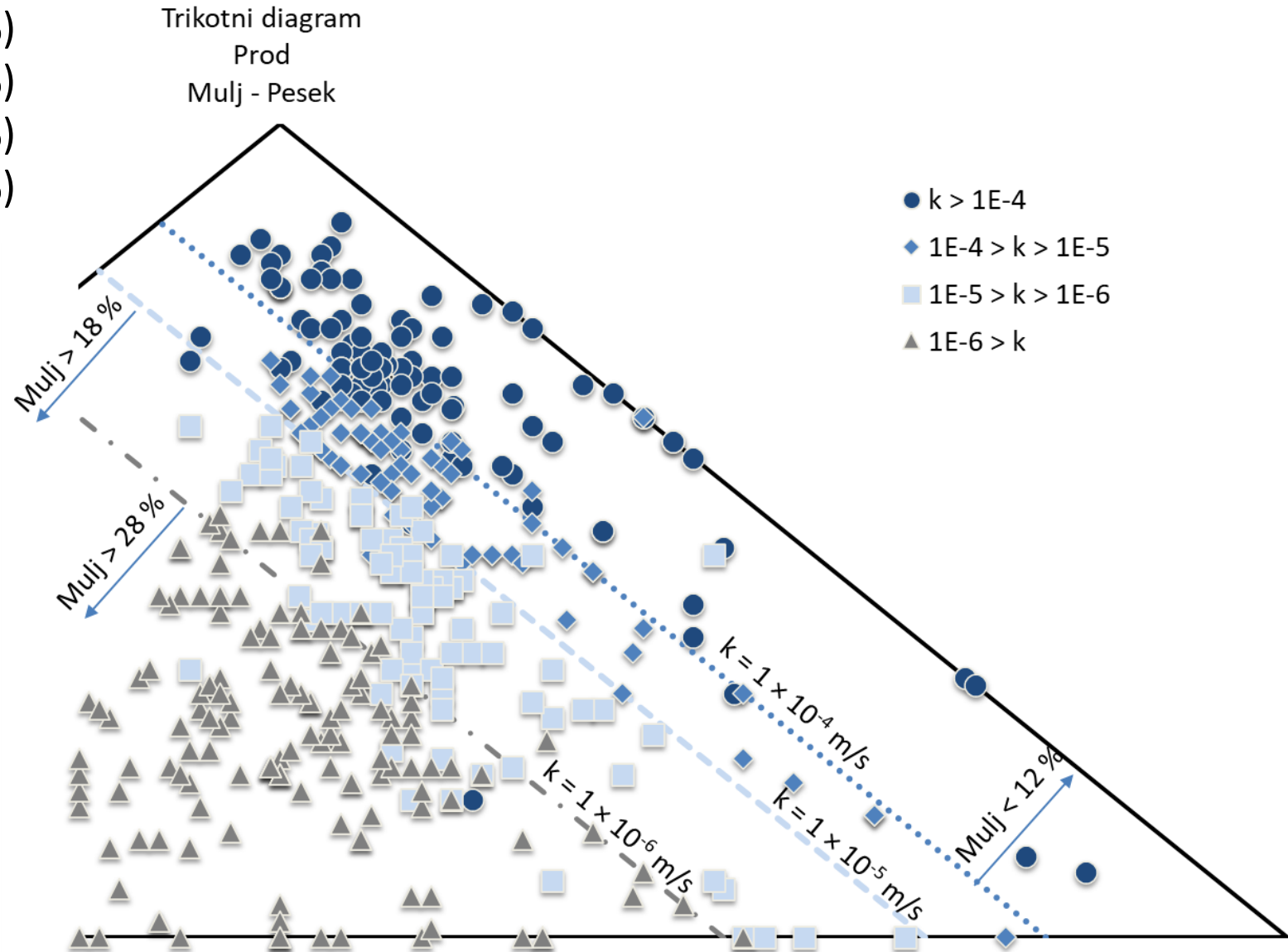
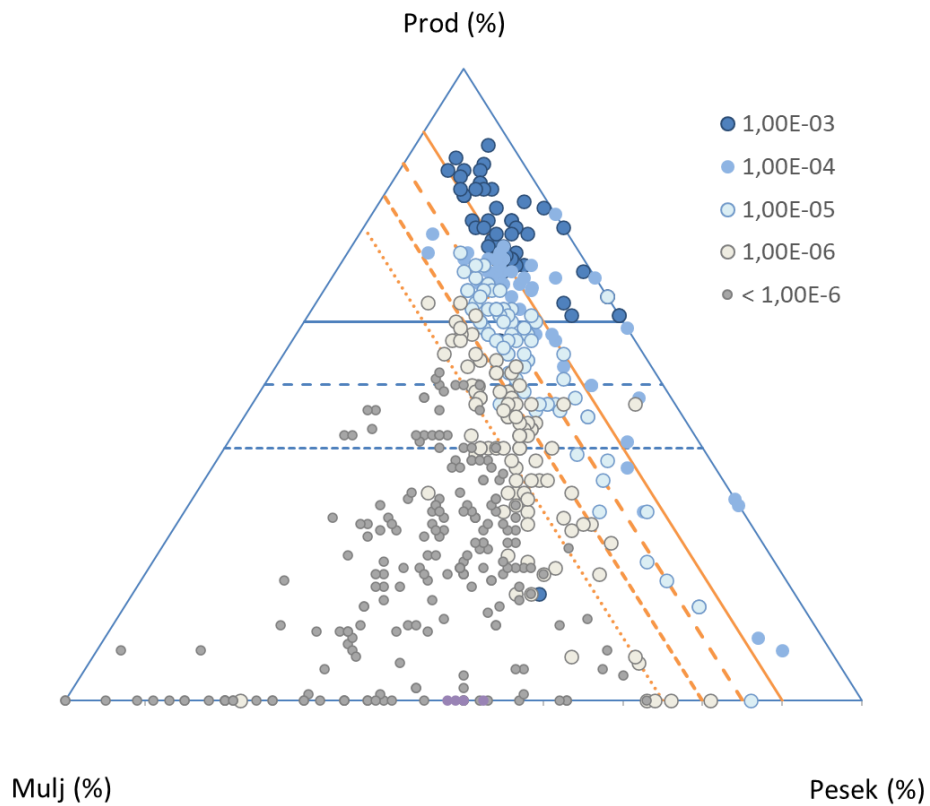


Prepustnost	Sposobnost infiltracije 1	Sposobnost infiltracije	Krovne plasti	Globina do podzemne vode
1: dobra ($k > 1 \times 10^{-4}$ m/s)	1: dobra ($q_p > 6$ mm/min)	1: dobra ($q_p > 1000$ l/s/ha)	A: <3 m	a: <3 m
2: srednja ($1 \times 10^{-5} < k$ (m/s) $< 1 \times 10^{-4}$)	2: srednja ($0,6 < q_p$ (mm/min) < 6)	2: srednja ($100 < q_p$ (l/s/ha) < 1000)	B: >3 m	b: >3 m
3: slabša ($< 1 \times 10^{-5}$ m/s)	3: slabša ($< 0,6$ mm/min)	3: slabša (< 100 l/s/ha)		
Podzemna voda tik nad kamninsko podlago			2	3
Podzemna voda v dolinskem delu				



Ocena prepustnosti iz granulometrijskih analiz

$k > 1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ (Gr > 60 %) + (Si in Cl < 10 %)
 $k > 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ (Gr > 50 %) + (Si in Cl < 15 %)
 $k > 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ (Gr > 40 %) + (Si in Cl < 20 %)
 $k < 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ (Gr < 40 %) + (Si in Cl > 25 %)



Dovoljeni izpust (celotni, delni, brez)

Celotni: Izpust + preliv (ponikanje ≈ 0)

Plitva kamninska podlaga $< 3\text{m}$

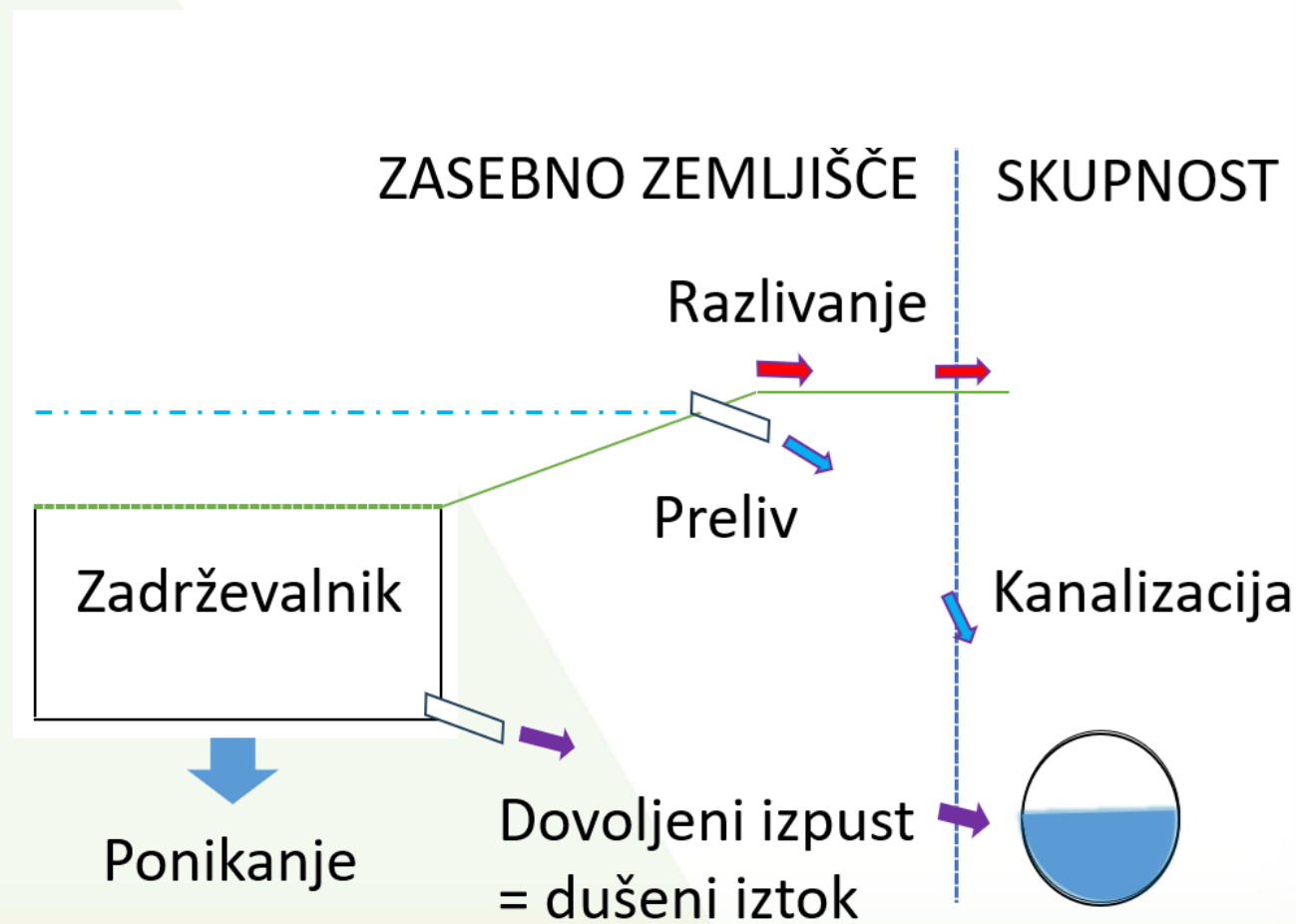
Gladina podzemne vode $< 3\text{m}$

Delni: Ponikanje + izpust + preliv

$k < 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

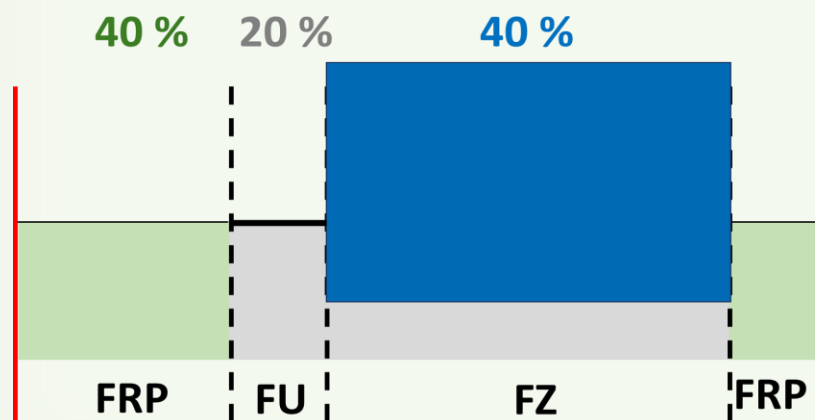
Brez: Ponikanje + preliv

$k > 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$



Minimalni delež zemljišča za zadrževanje in ponikanje

Pri prepustnosti $k > 5 \times 10^{-6}$ m/s je potrebna minimalna površina za ponikanje (A_p , min) manjša kot so predvideni deleži raščenega terena.



$$\frac{A_p}{A} = dA_p = \frac{\Psi_m \times q_0 \times 10^{-7}}{k}$$

r (let)	10	10	10
$q_0(r,D) \times 0,1$ (l/s/ha)	26,7	26,7	26,7
Ψ_m	0,3	0,5	0,8
K (m/s)	dA_p	dA_p	dA_p
5,00E-07	160%	267%	427%
1,00E-06	80%	134%	214%
5,00E-06	16%	27%	43%
1,00E-05	8%	13%	21%
5,00E-05	2%	3%	4%
1,00E-04	1%	1%	2%
5,00E-04	0,2%	0,3%	0,4%

Ponikalna površina A_p bi presegala velikost parcele A

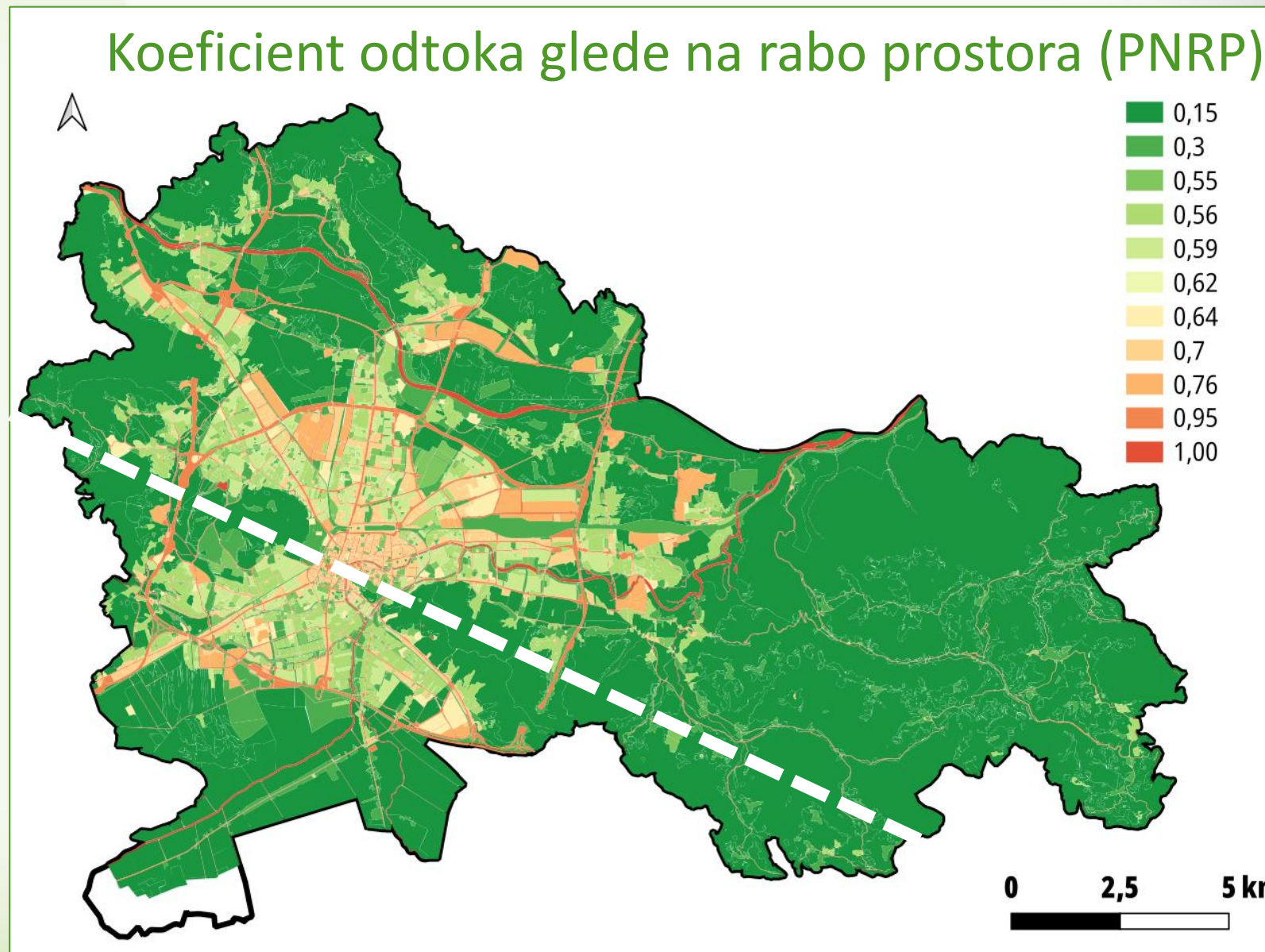
Ponikalna površina A_p bi presegala raščen teren (FRP)

$$k > 5 \times 10^{-6} \text{ m/s} \approx A_p, \text{ min} < \text{FRP}$$

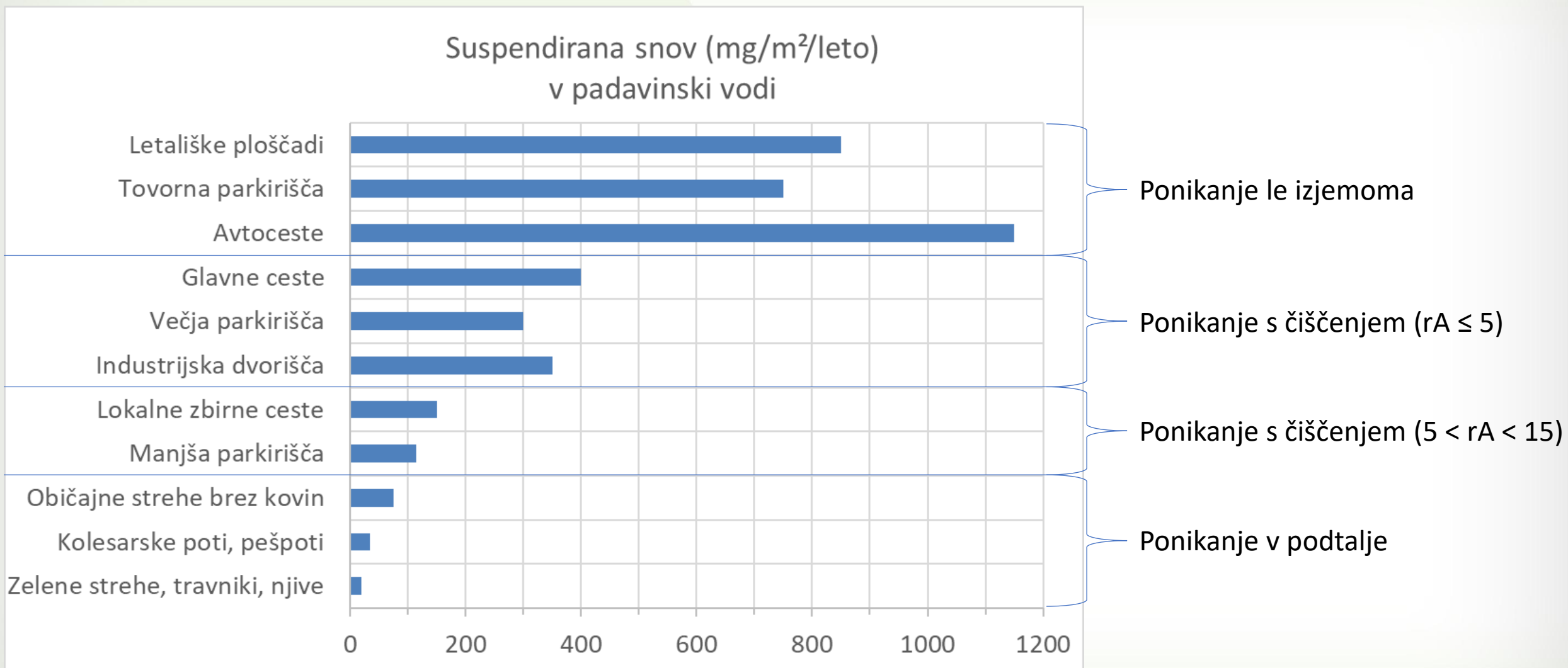
Prednostni seznam območij za povečanje ponikanja

16 % stavb ima dobro,
46 % srednjo in
29 % nizko
ponikalno sposobnost.

9 % stavb leži na območjih
plitve kamninske podlage.



Podrobnejša razdelitev vod z utrjenih in delovnih površin



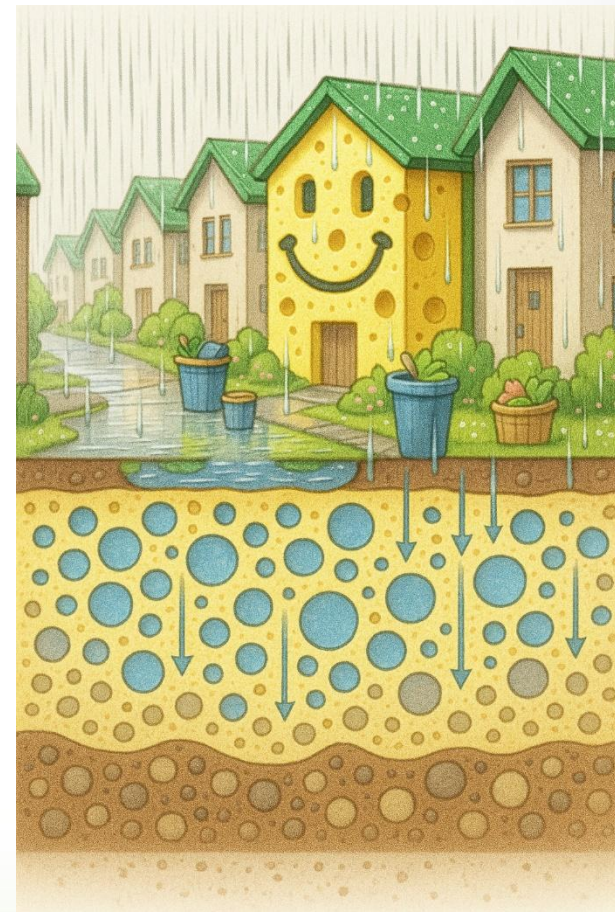
Kazalniki za primerjalno analizo odpornosti odvodnje

Načrtovanje odvodnje	2	1	0
Soglasja	Optimiziran vpliv	Minimalne zahteve	Brez
Sodelava med strokovnjaki	Različne stroke	Ena stroka	En strokovnjak
Pravočasnost načrtovanja	Idejna zasnova / pobuda	Gradbeno dovoljenje	Po gradbenem dovoljenju
Odtok in zadrževanje	2	1	0
Delež neonesnaženih površin A_{imp}	$\geq 80 \%$	60 - 79 %	<60 %
Strehe	Zadrževanje/brez kanalizacije	Brez kanalizacije	V kanalizacijo
Varnost stavb	25 let	10 let	5 let
Ponikanje in odvajanje	2	1	0
Delež v naravnem vodnem krogu	$\geq 80 \%$	60 - 79 %	40 - 59 %
Odtočni koeficient Ψ_m enote urejanja	< 0,3	0,3 - 0,4	$\geq 0,4$
Ponovna uporaba vode	Znotraj in zunaj	Zunaj	Brez

SKLEP

Pri razvoju strategije prilagajanja upravljanja padavinske in podzemne vode v Ljubljani spodbujamo, da:

- mesto poskrbi za vodo na svojem funkcionalnem območju in ne prenaša obremenitev na dolvodna območja,
- vsak objekt /parcela prevzema odgovornost za zadrževanje in ponikanje svojih padavinskih voda.



AI-generated image using Microsoft Copilot

Ponazoritveno zadrževalno - ponikalno polje pri bazenu Tivoli

Prostornina: maks. efektivna prostornina 41 m³

- Na površju: 24 m³
- Pod površjem: 17 m³

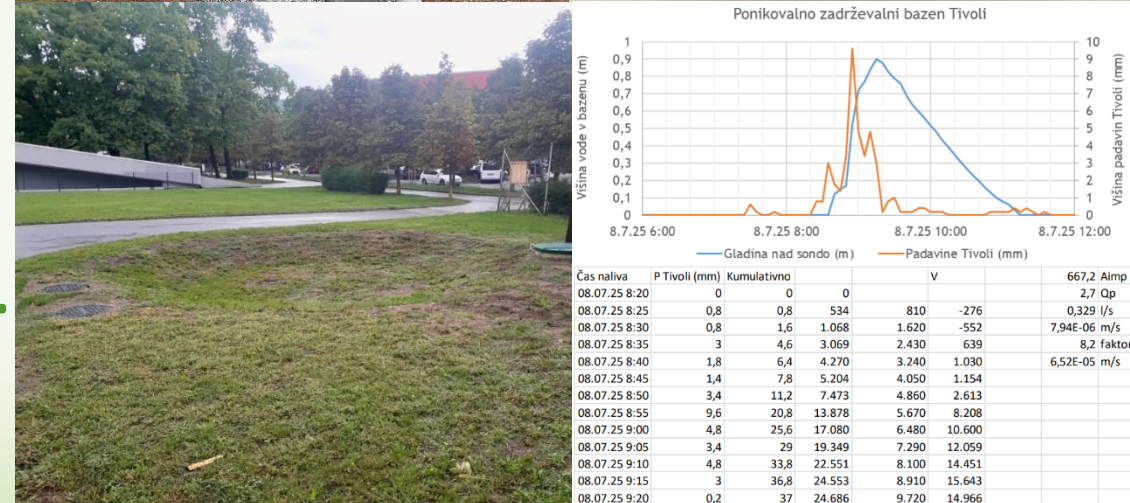
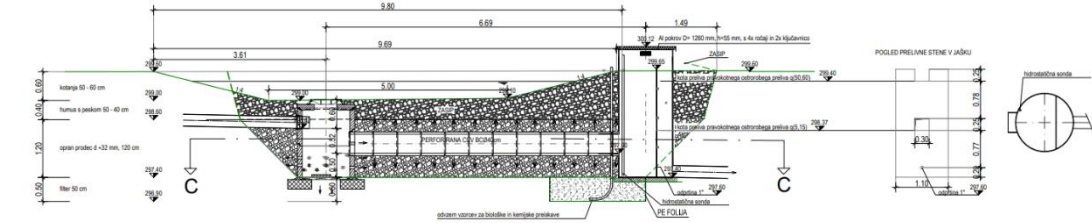
Prepustnost:

- tla: $k = 1,22 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
- krovna plast: $k = 7,94 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ do $2,57 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
- vzorci zemljine: $k_{\text{USB}} = 9 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ do $7,8 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

Meritve: višina nalivov, ki se stekajo v bazen

- dinamika polnjenja in praznjenja
- ponikalna sposobnost
- iztok čez prelive

Opazovanja v naslednjih letih bodo omogočala vpogled nad učinkovitostjo od same izgradnje naprej.



HVALA ZA POZORNOST!



MAURICE Ljubljana



www.interreg-central.eu/projects/maurice



joerg.prestor@geo-zs.si



+386 41 605 832

Interreg
CENTRAL EUROPE



Co-funded by
the European Union

MAURICE



GeoZS

Geološki zavod
Slovenije



VODOVOD
KANALIZACIJA
SNAGA



14. konferenca
komunalnega
gospodarstva

