

Rješenja plavo-zelene infrastrukture na primjerima u RH

Zagreb, 20.10.2021.

Tatjana Uzelac, dipl.ing.građ.



STARUM

Što je plavo-zelena infrastruktura?



STARUM

Što je plavo-zelena infrastruktura? Blue-green infrastructure? Plavo zelena infrastruktura je rješenje kojim se određuje način i poboljšanje uvjeta života u gradovima posebno vezano uz održivi razvoj i klimatske promjene.

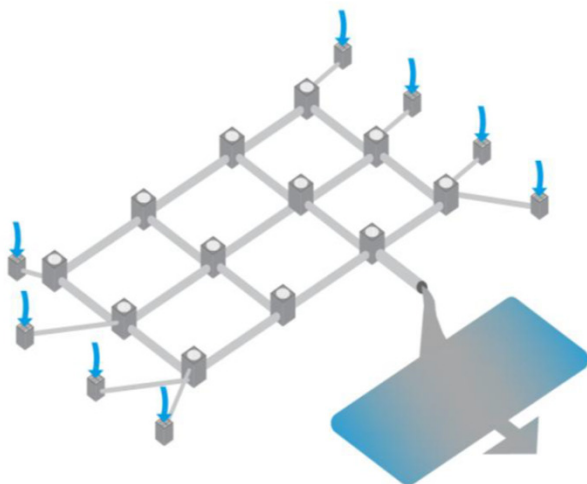
Promjena načina razmišljanja, gdje gradove ne vidimo samo kroz ceste, zgrade, asfalt, beton, kanalizaciju i ostalu infrastrukturu već za rastuće izazove klimatskih promjena koristimo i vodu i zelenilo za rješavanje problema poplava, temperaturnih otoka, zagađenja, društvenih i ekonomskih izazova kao i održivosti samih gradova.

BGI spaja urbane hidrološke funkcije (plava infrastruktura) s vegetacijskim sustavima (zelena infrastruktura) u urbani krajobrazni dizajn.

BGI jača urbani ekosustav pomoću prirodnih procesa u ljudskom okruženju.

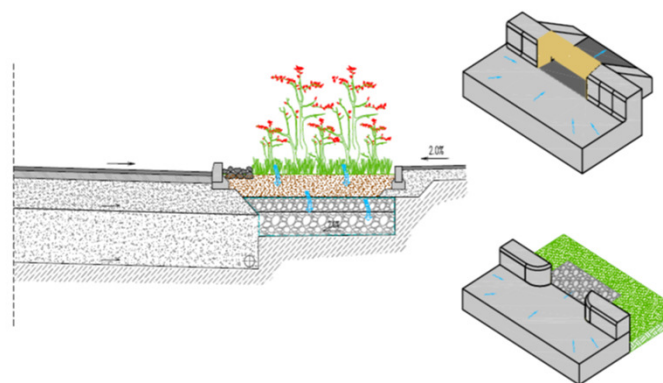
Kako implementirati plavo-zelenu infrastrukturu?

Tradicionalan pristup - Grey infrastructure



vs

Integralni pristup -
Water sensitive urban
design
Blue green infrastructure



Kako implementirati plavo-zelenu infrastrukturu?



Zeleni krovovi

Parkovi

Ulice s poroznim materijalom

Kišni vrtovi

Infiltracijski jarci

Detencije

Retencije

Lagune

Propusne površine mogu smanjiti
otjecanje za 70-90%, te smanjiti
temperaturu za 0,8°C



Rješenja plavo-zelene infrastrukture na primjerima izgrađenih sustava u RH

Nazorova ulica – Pula

Rekonstrukcija ulice i mješovitog sustava odvodnje 2007. – 2009. godina



Postojeće stanje ulice

Nazorova ulica - Pula

poslije 6 mjeseci (suradnja građevinara i krajobrzanih arhitekata)



Obilaznica– Pula, 03.2018.



Obilaznica - Pula, kišni vrtovi, 11.2019.



Pročišćavanje

Retencija - detencija

Kišni vrtovi –
infiltracijski jarci

Trg kralja Tomislava– Pula

prije rekonstrukcije



Trg kralja Tomislava– Pula

Kišni vrtovi – planirano, projekt BF Studio i Starum



Trg kralja Tomislava– Pula, izgradnja



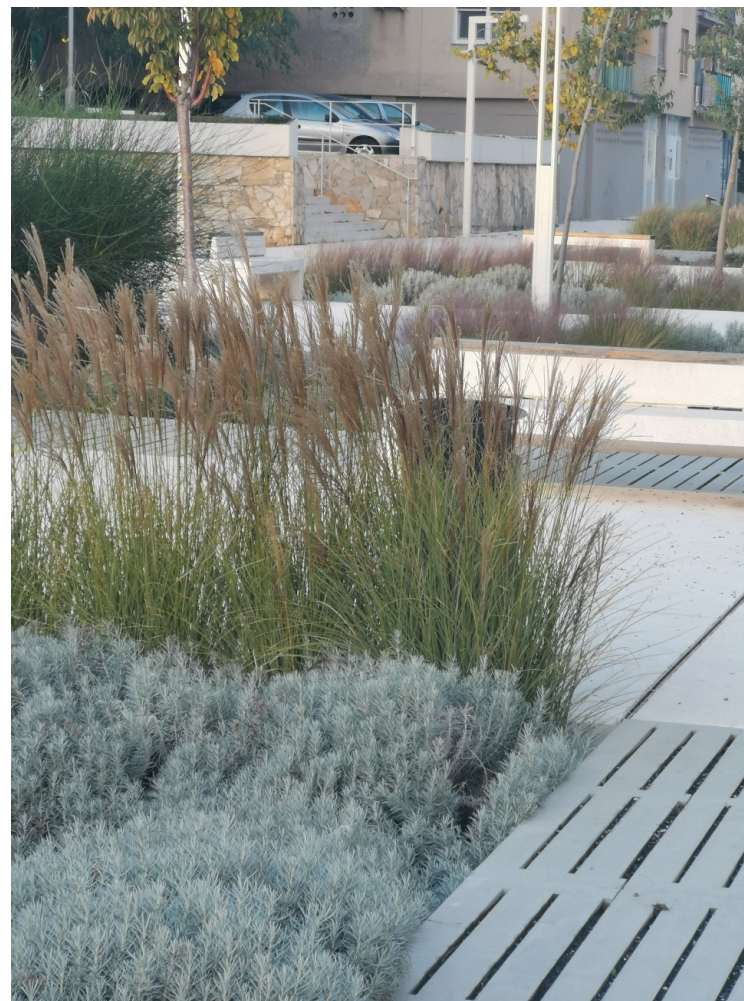
Trg kralja Tomislava– Pula,izgrađeno



Trg kralja Tomislava– Pula,izgrađeno



Trg kralja Tomislava– Pula,izgrađeno



Pula City Mall – kišni vrtovi



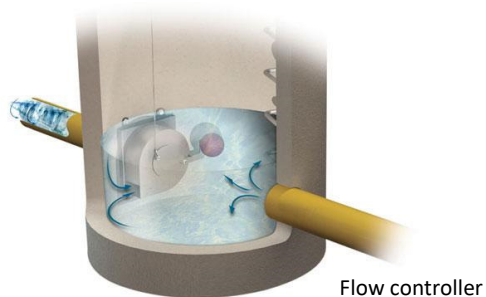
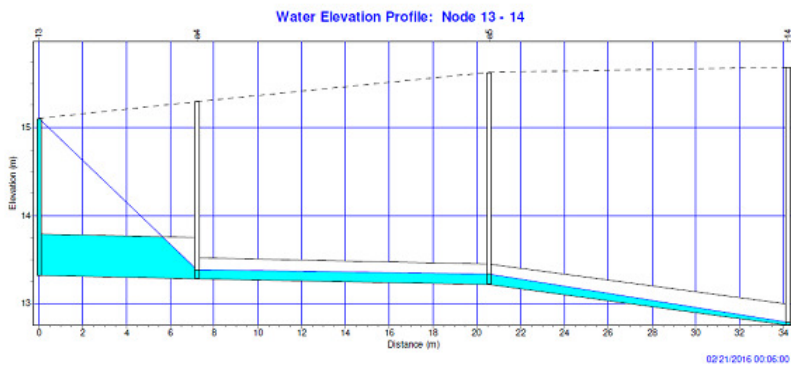
Pula City Mall – kišni vrtovi

Kišni vrtovi– zaštita od poplava i zaštita gradske mješovite kanalizacije od preljevanja



Pula City Mall – kišni vrtovi

Kišni vrtovi– zaštita od poplava i zaštita gradske mješovite kanalizacije od prelijevanja

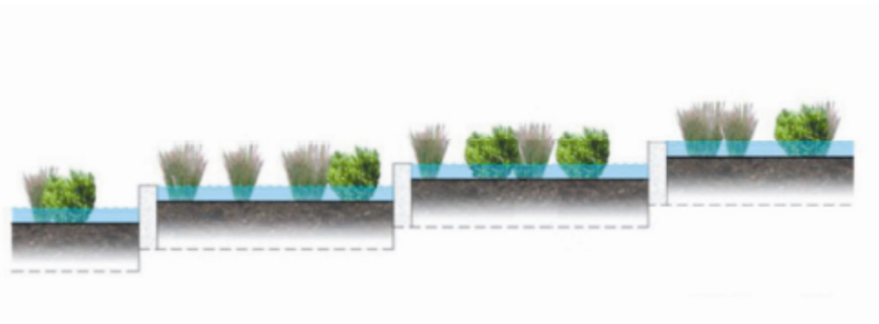
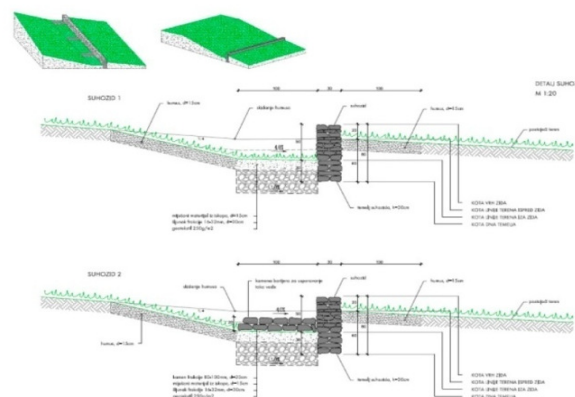


Mechanical Flow controller - connection to city sewer in the main manhole.

During a heavy rain flow controller will be activated (works on principle in difference pressure between water level in city sewer and water level in manhole) and then the rain gardens and retention will start recharging. After a heavy rain, water from the rain gardens and retention will be slowly discharged in the city sewer.



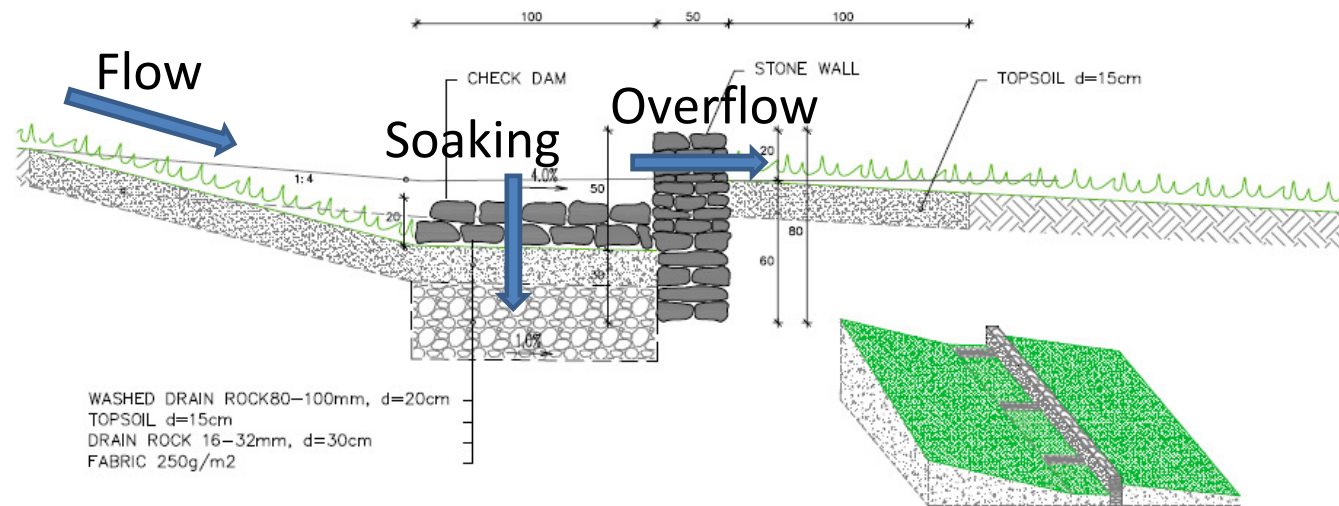
Lošinjska ulica – Pula, zaštita nižih dijelova grada od slivnih voda



Lošinjska ulica – Pula

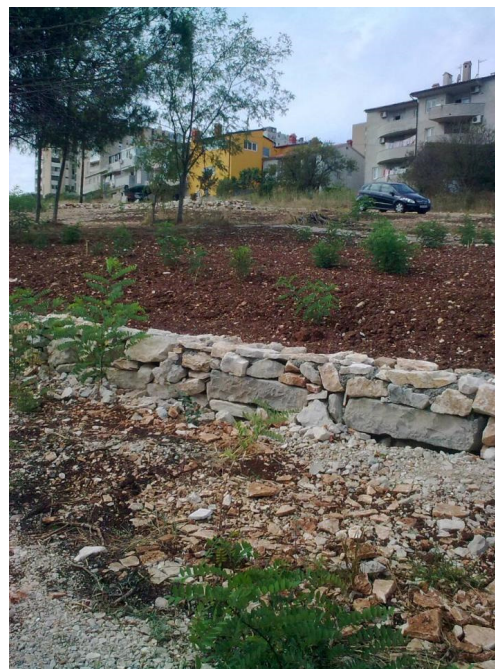
Suhozidi– zaštita nižih dijelova grada od površinskih voda

STONE WALL



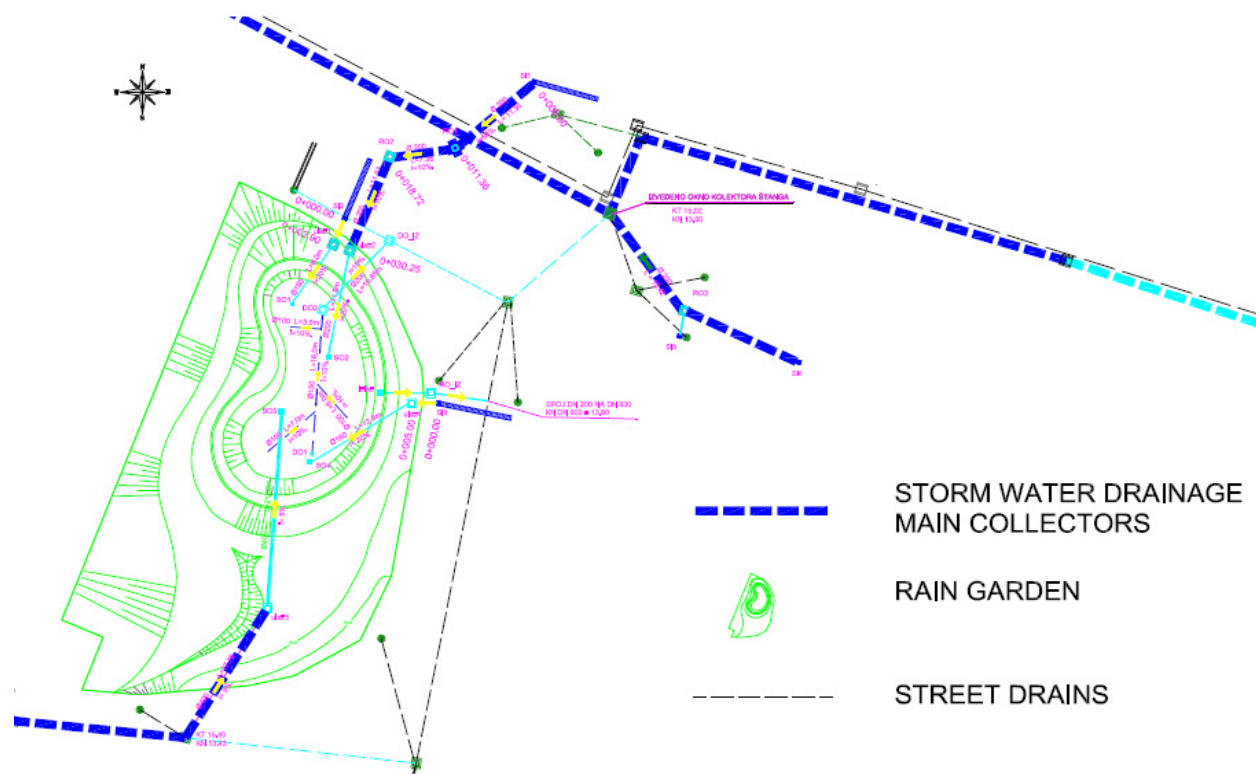
Lošinjska ulica – Pula

Suhozidi– zaštita nižih dijelova grada od površinskih voda



Štanga – Industrijska zona, Rovinj

Retencioniranje vršnih dotoka – zaštita kolektora



Štanga – Industrijska zona, Rovinj

izgrađeno



Štanga – Industrijska zona, Rovinj

1 sat nakon pljuska



Šijanski sliv, Pula

Rotor nakon izgradnje i prije rekonstrukcije 2014.g.



Šijanski sliv, Pula

Rotor rekonstrukcija 2015.-2017.g.



Šijanski sliv – Pula

nakon rekonstrukcije lagune i kišni vrtovi – 05.2017.(suradnja arhitekata,građevinara i krajobraznih arhitekata)



Šijanski sliv – Pula

nakon rekonstrukcije lagune i kišni vrtovi – 05.2017.



Šijanski sliv – Pula

nakon rekonstrukcije lagune i kišni vrtovi – 05.2017.



Šijanski sliv – Pula

nakon rekonstrukcije lagune i kišni vrtovi – 11.2019.



Šijanski sliv – Pula

nakon rekonstrukcije lagune i kišni vrtovi – 05.2017.



Šijanski sliv – Pula

nakon rekonstrukcije lagune i kišni vrtovi – 05.2017.



Nazorova ulica – 21.06.2018.- kišni vrt A3



Nazorova ulica– 21.06.2018.- kišni vrt A2



Šijanski sliv, rotor – 21.06.2018.- laguna



Šijanski sliv, rotor – 21.06.2018.- laguna



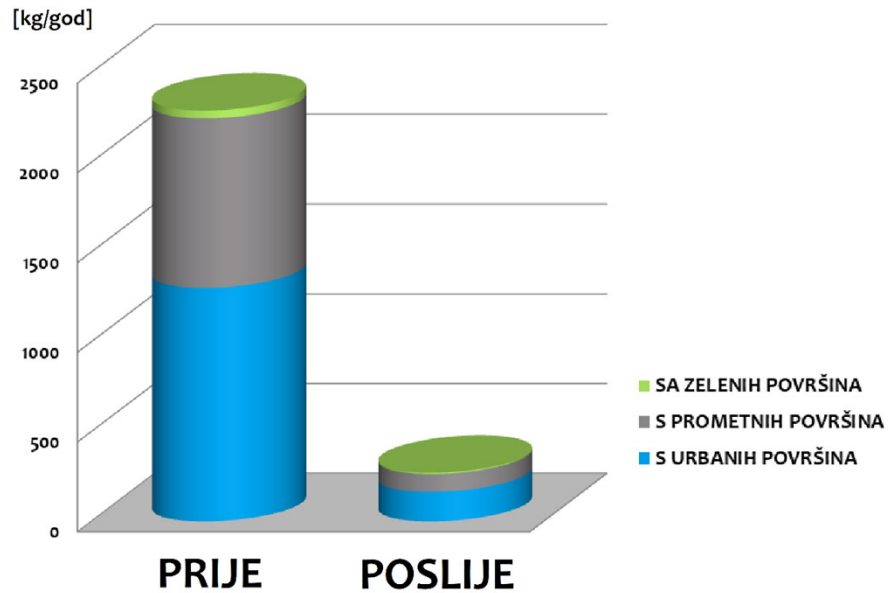
Ribarska koliba– 17.10.2021.- parking P1,Pula



UŠTEDE

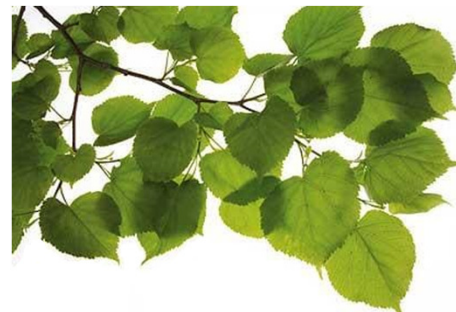
Facilities – road with storm water sewer and landscape design	Savings compared to classical project
Riva Street in Pula – road, drainage, landscaping	550 000,00 EUR
City beltway I phase – drainage, landscaping	7.000.000,00 EUR
Stanga industrial zone in Town of Rovinj – drainage, landscaping	660 000,00 EUR
Monsena tourist village – drainage and landscaping	700 000,00 EUR
Nazor Street in Pula – road, drainage, landscaping	100 000,00 EUR
Municipality of Stupnik – footpath by the main road with drainage and landscaping	100 000,00 EUR

Smanjenje tereta zagađenja Nazorova ulica



Smanjenje tereta zagađenja
gpdišenje: 85%

Tilia cordata: novih 23 komada



CO ₂	690 kg/god
PM ₁₀	2576 gr/god
O ₃	368 gr/god
NO ₂	207 gr/god
SO ₂	13 gr/god



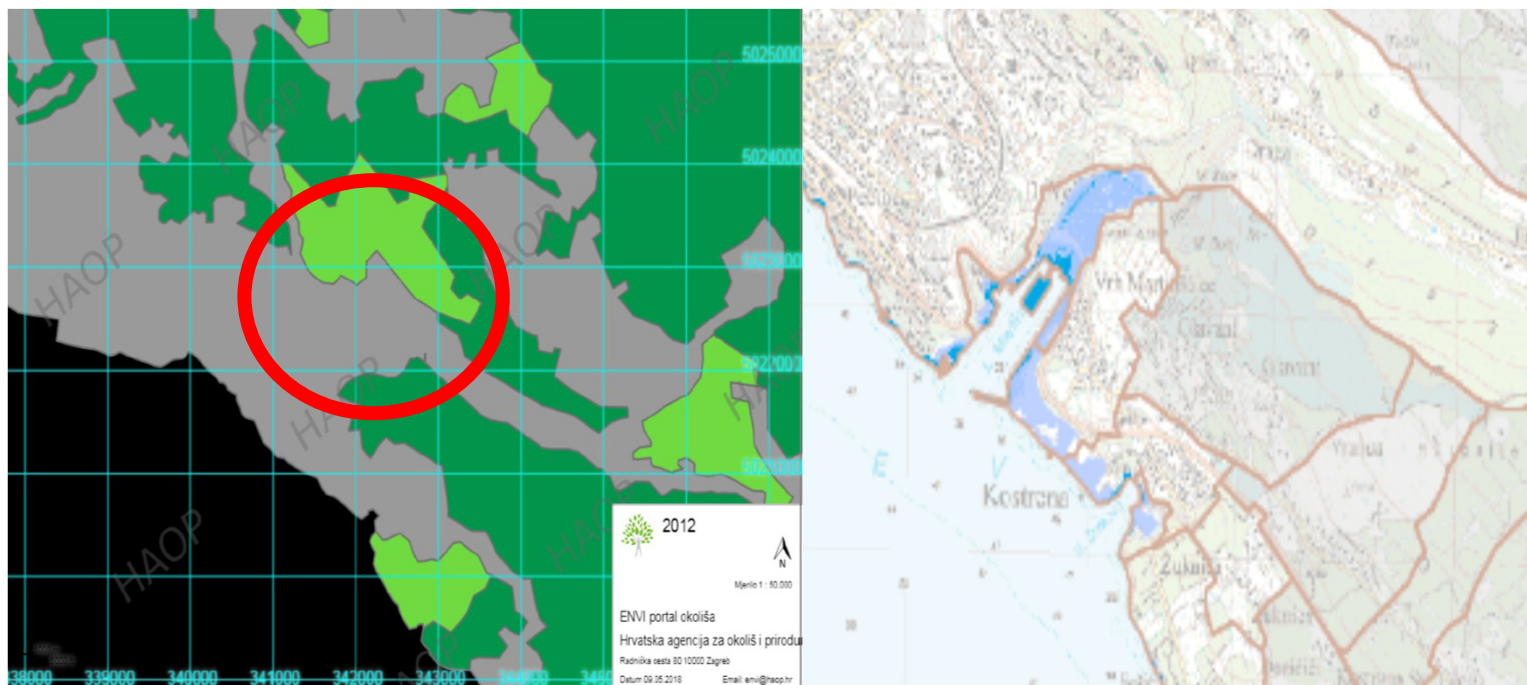
TREKUTNI RADOVI

Brodogradilište Viktor Lenac



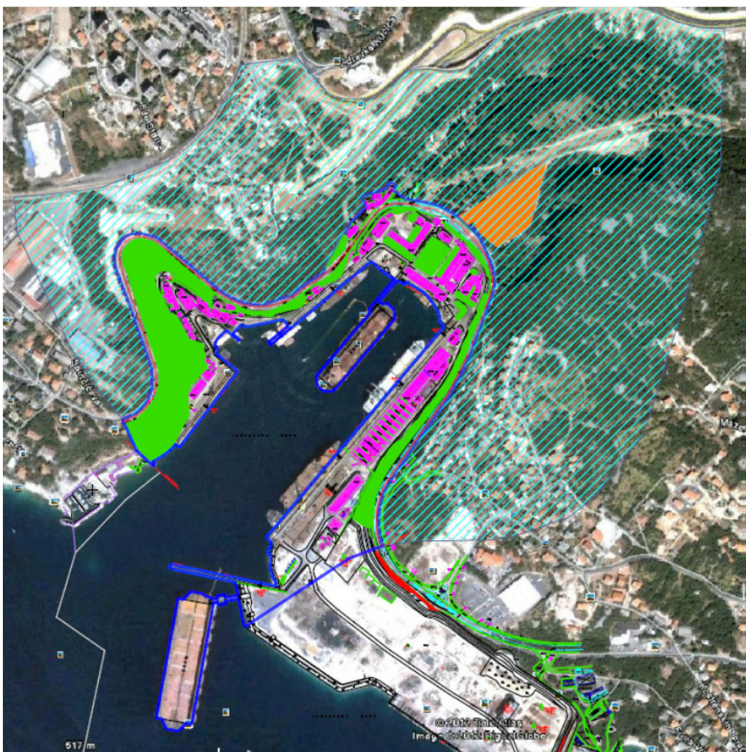
Namjena površina 1980.g.

Brodogradilište Viktor Lenac



Namjena površina 2012.g. – vjerojatnost plavljenja

Sliv brodogradilišta Viktor Lenac



Promjena namjene površina od šuma i livada u građevinsko područje uzrokovala je povećanje koeficijenata otjecanja za 10x.

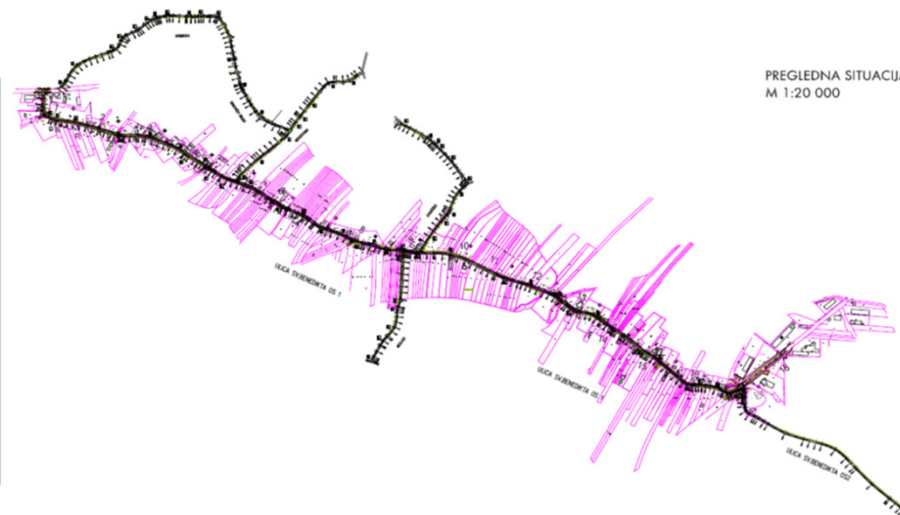
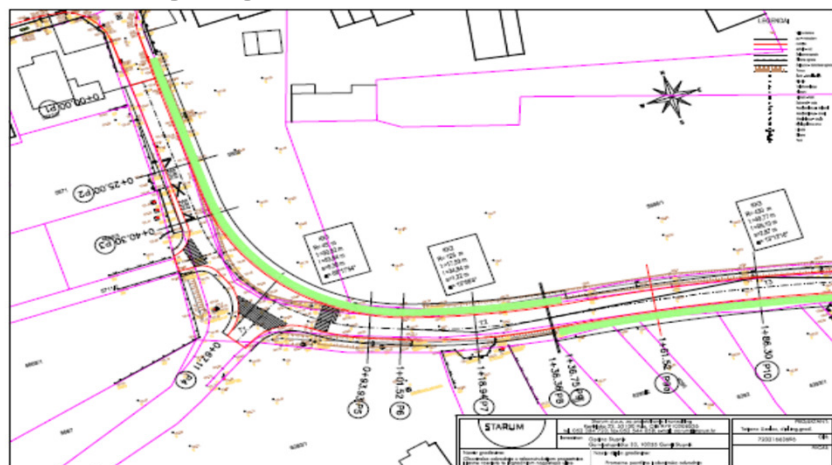
Cprije = 0.1

Cposlije = 1

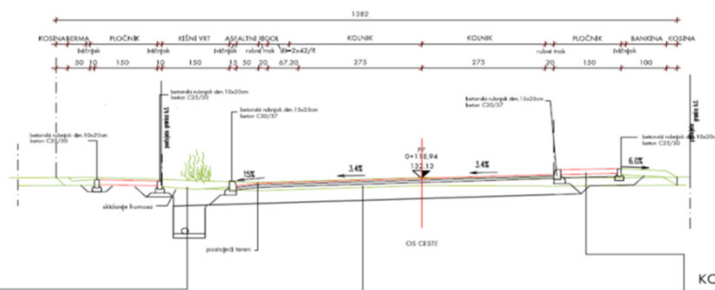
Rezervacija zelenih područja prije donošenja UPUa V.Lenac



OPĆINA STUPNIK



PREGLEDNA SITUACIJA
M 1:20 000



KONSTRUKCIJA INFILTRACIJSKOG JARKA - KIŠNOG VRTA

slobodno vodno lice	25 cm
mješavina plodne zemlje	40 cm
geotekstil 200 gr/m ²	
drenažni materijal	80 cm
geotekstil 200 gr/m ²	
sraslo tlo	145,0cm

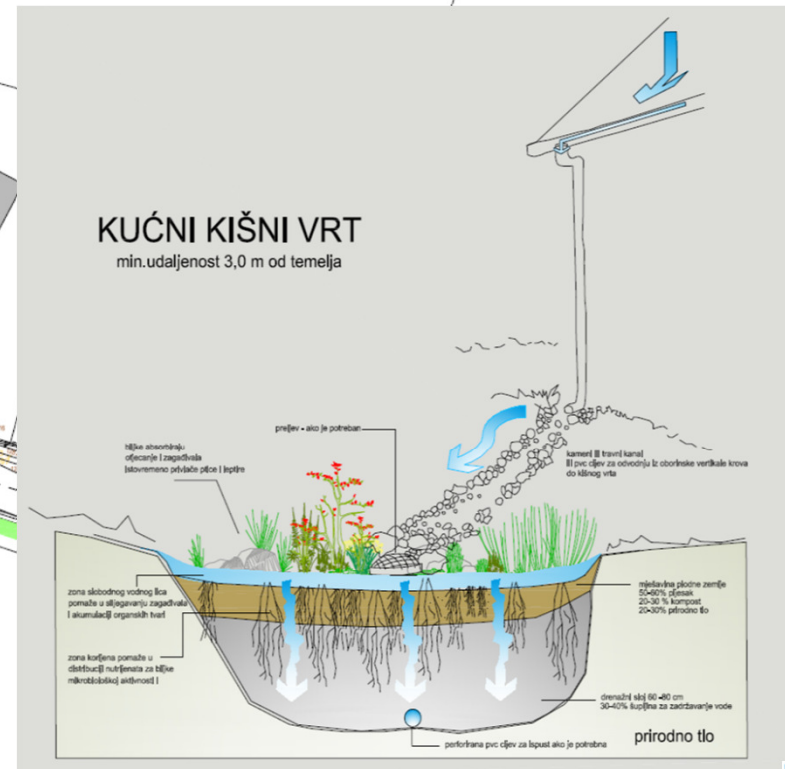
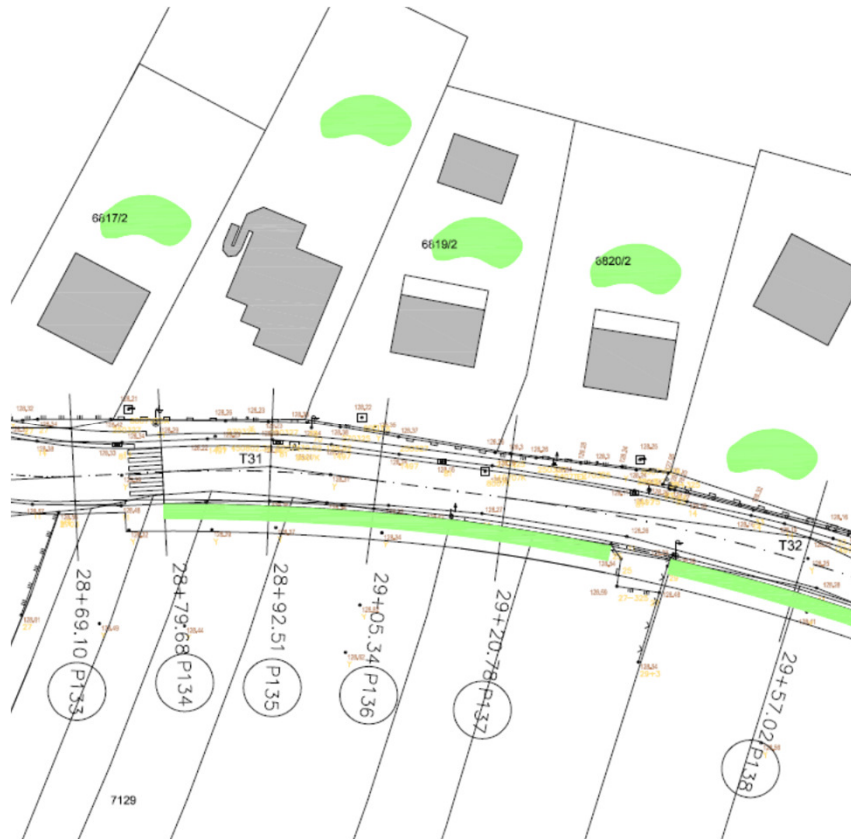
AC 11 SURF 50/70, AG1 - M4-E	4,0cm
AC 22 BASE 50/70, AG6 -M2-E	6,0cm
tamponski sloj od granuliranog kamenog materijala granulacije od 0-32mm	45,0cm
geomreža	
GEOTEXIL 300 g/m ²	
sraslo tlo	55,0cm

KONSTRUKCIJA PLOČNIKA

POROZNI BETON AGG 4/8 mm	12,0cm
DRENAŽNI SLOJ AGG 16/32 mm	30,0cm
geotekstil 200 gr/m ²	
nasip / zamjenski materijal-tampon	20,0cm
sraslo tlo	62,0cm



OPĆINA STUPNIK



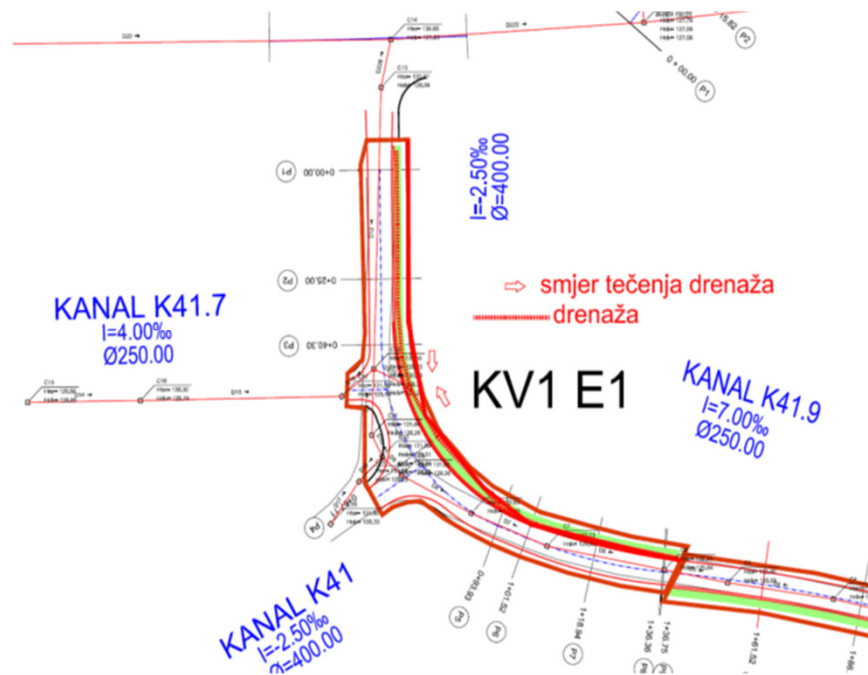
PRIMJER PRORAČUNA KV1E1

Najveći intezitet je za PP 5 godina 4 sata, ali zbog pročišćavanja vodu zadržavamo 24 sata.

Izmjerena infiltracija in situ iznosi:

$K=10E-7$

1. Proračun: Modificirna metoda Santa Barbara s drenažama, a bez vremena koncentracije jer direktno s prometnice ispuštamo u kišni vrt.
2. Računati su inteziteti za svaku minutu s faktorima korekcije prema Rainman studiji, te smo dobili volumen i visinu vode u drenažnom sloju.



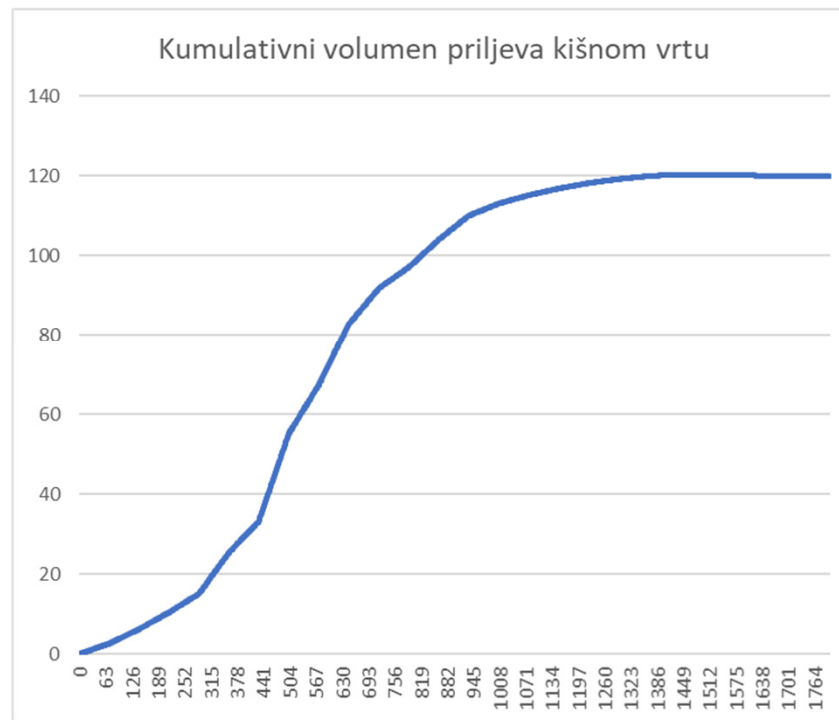
U proračun su uključena znanja iz:

- Hidrologije
- Hidromehanike
- Geomehanike
- Cestogradnje
- Melioracija

	ULAZNE VELIČINE		
24SATA	64,27	mm	PP5 g.
A	1134	ha	Slivna površina
H	0,3	m	Visina slobodnog vodnog lica
C	0,98		Koeficijent otjecanja
KV	240	m ²	Površina kišnog vrta
inf	0,0000001	m/s	Koeficijent vodopropusnosti
drenažni sloj	0,8	m	Visina drenažnog sloja
Vpora	40%	%	Volumen pora
Akvefektivno	96		

t	fin	isr	isr	Isrxfin	Isrxfin	Stopa priljeva	Volumen priljeva	Visina otjecanja	Stopa priljeva kišnog vrta	Volumen priljeva kišnog vrta	Volumen priljeva volumena kišnog vrta	Kumulativni volumen priljeva koji će se zadržati	Visina vode u drenažnom sloju	Visina vode u kišnom vrtu	t
(min)	-	mm/min	l/s/ha	mm/min	l/s/ha	l/s	m3	m	l/s	0	0	m3	m	m	(sati)
0	0	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0	0,000000000	0,024	0	0	0	0	0	0
1	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,035992846	0,000374925	0	0,016667
2	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,071985693	0,000749851	0	0,033333
3	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,107978539	0,001124776	0	0,05
4	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,143971385	0,001499702	0	0,066667
5	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,179964232	0,001874627	0	0,083333
6	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,215957078	0,002249553	0	0,1
7	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,251949924	0,002624478	0	0,116667
8	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,287942771	0,002999404	0	0,133333
9	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,323935617	0,003374329	0	0,15
10	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,359928463	0,003749255	0	0,166667
11	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,39592131	0,00412418	0	0,183333
12	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,431914156	0,004499106	0	0,2
13	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,467907002	0,004874031	0	0,216667
14	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,503899849	0,005248957	0	0,233333
15	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,539892695	0,005623882	0	0,25
16	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,575885541	0,005998808	0	0,266667
17	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,611878388	0,006373733	0	0,283333
18	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,647871234	0,006748659	0	0,3
19	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,68386408	0,007123584	0	0,316667
20	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,719856927	0,00749851	0	0,333333
21	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,755849773	0,007873435	0	0,35
22	0,44	0,044632	7,438806	0,019638	3,273075	0,623880772	0,037432846	0,000019246	0,024	0,00144	0,035992846	0,791842619	0,008248361	0	0,366667

IZLAZNI REZULTATI						
		Max.visina vode u kišnom vrtu =	0,00	m	izračunato	
		Visina vode u drenažnom sloju nakon 30 sati =	0,00	m	izračunato	
		Visina vode u kišnom vrtu nakon 30 sati =	0,00	m	izračunato	
		Da li su dimenzije kišnog vrta odgovarajuće?	TRUE			
OSTALE IZRAČUNATE VELIČINE						
		Vršni intezitet=	7,44	l/s/ha	izračunato iz distribucije	
		Odnos slivne površine i kišnog vrta	0,123	izračunato -faktor dimenzije		
		Kapacitet drenažnog sloja=	76,80	m3	izračunato	
		max.visina vode u drenažnom sloju	0,405948			
		Vmax=	120,30602	m3		



IZLAZNI REZULTATI					
	Max.visina vode u kišnom vrtu =	0,00	m		izračunato
	Visina vode u drenažnom sloju nakon 30 sati =	0,00	m		izračunato
	Visina vode u kišnom vrtu nakon 30 sati =	0,00	m		izračunato
	Da li su dimenzije kišnog vrta odgovarajuće?	TRUE			
OSTALE IZRAČUNATE VELIČINE					
	Vršni intezitet=	7,44	l/s/ha		izračunato iz distribucije
	Odnos slivne površine i kišnog vrta	0,123			izračunato -faktor dimenzije
	Kapacitet drenažnog sloja=	76,80	m3		izračunato
	max.visina vode u drenažnom sloju	0,405948			
	Vmax=	38,971003	m3		

- To znači da nam ostaje još $120 - 40 = 80$ m³ u drenažnom sloju, a koji će se prazniti više od 24 sata.

Zatim je napravljen proračun drenaža:

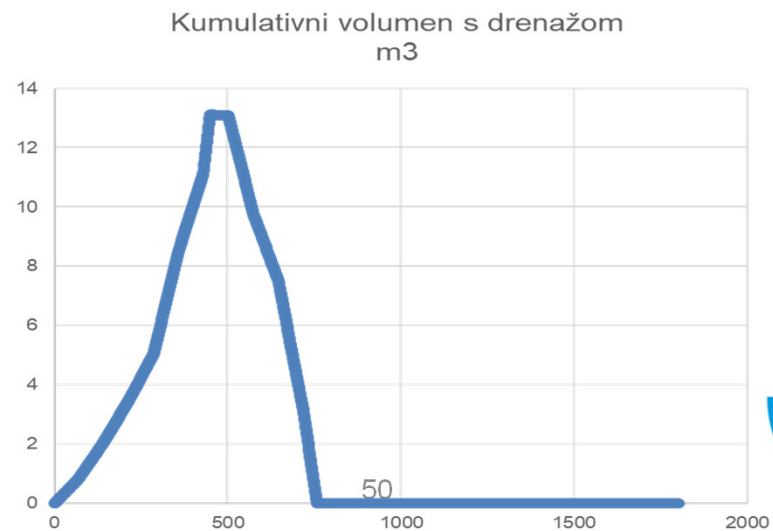
1. max.Infiltracija za K1E1 i dizajnirani presjek te dizajnirano tlo – Darcy
2. Proračun kapaciteta drenaže – slotovi,otvori /m1 i u odnosu na cijeli kišni vrt te visinu vode u kišnom vrtu

$$Q = CA\sqrt{2gh}$$

3. Proračun protoka drenažne cijevi za kišni vrt određene duljine

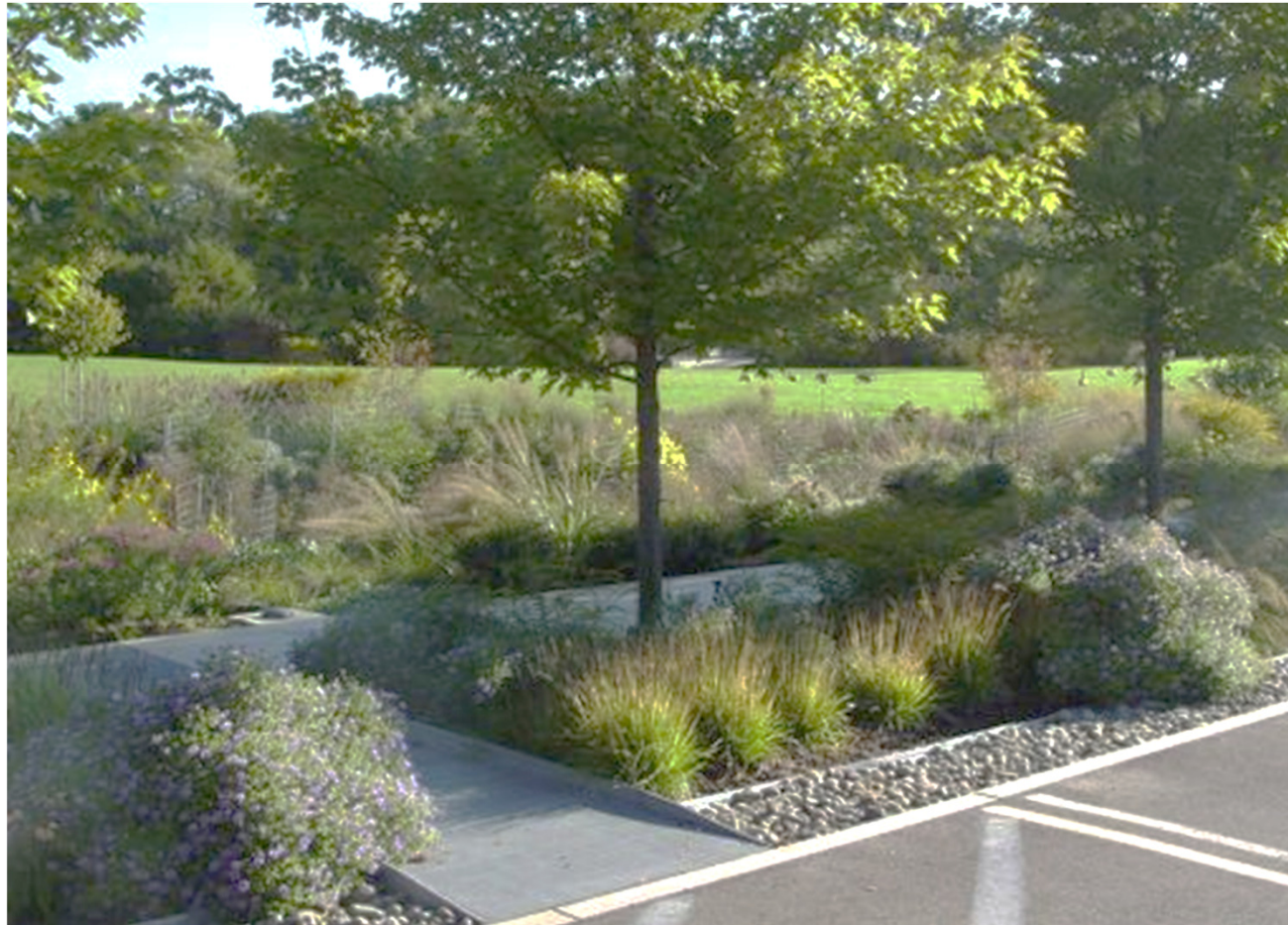
USA i EU – Manning

Australia – Colebrook - White

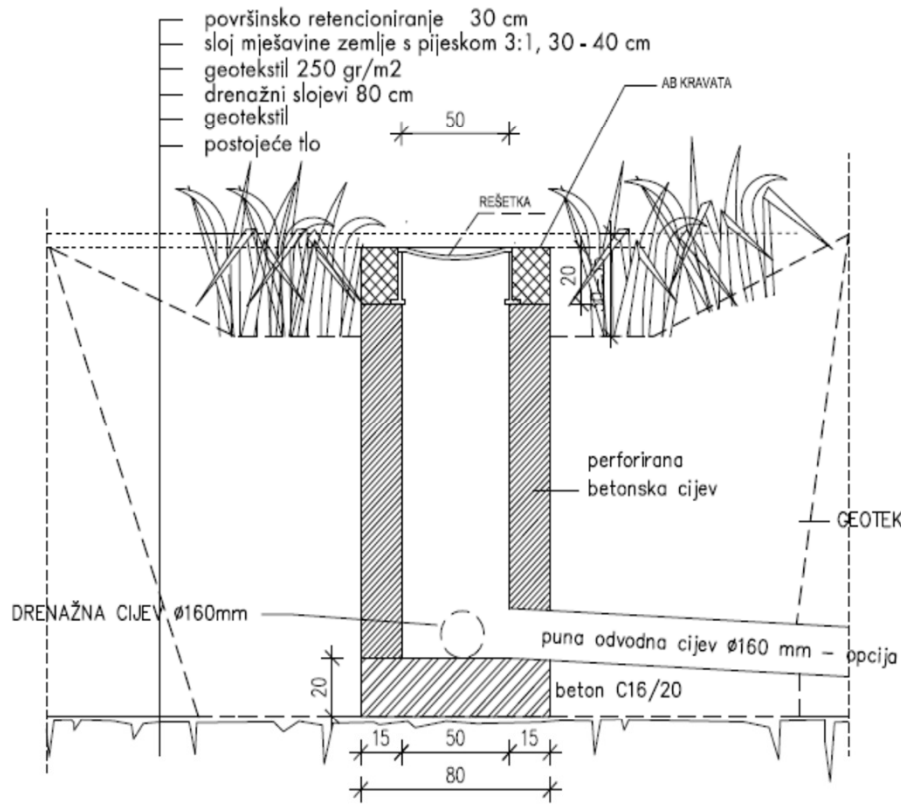


STARUM

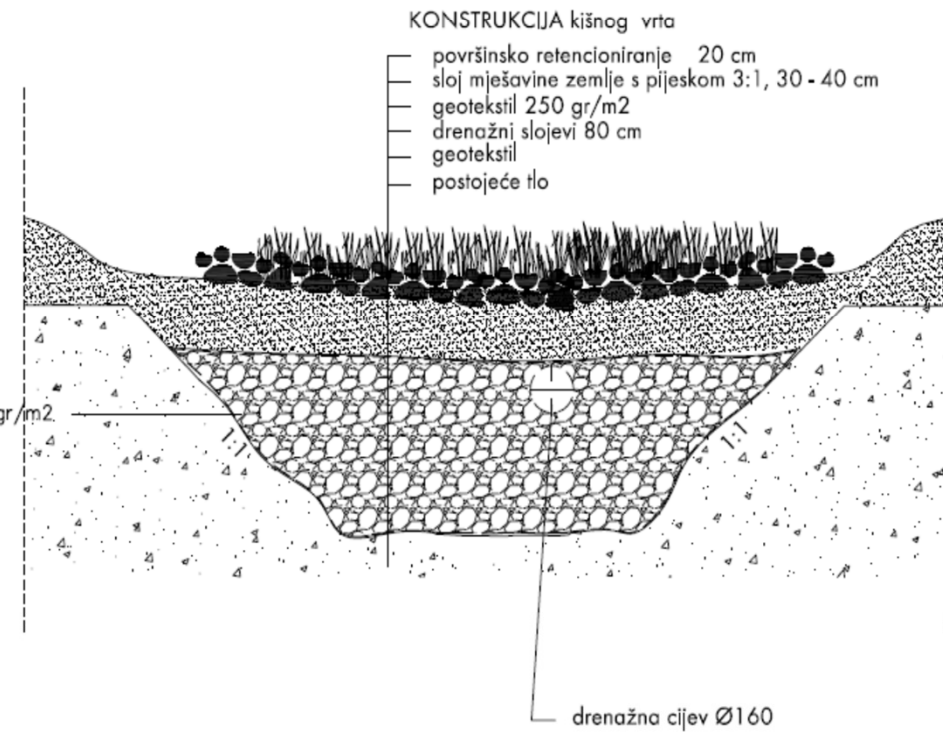
DETALJI

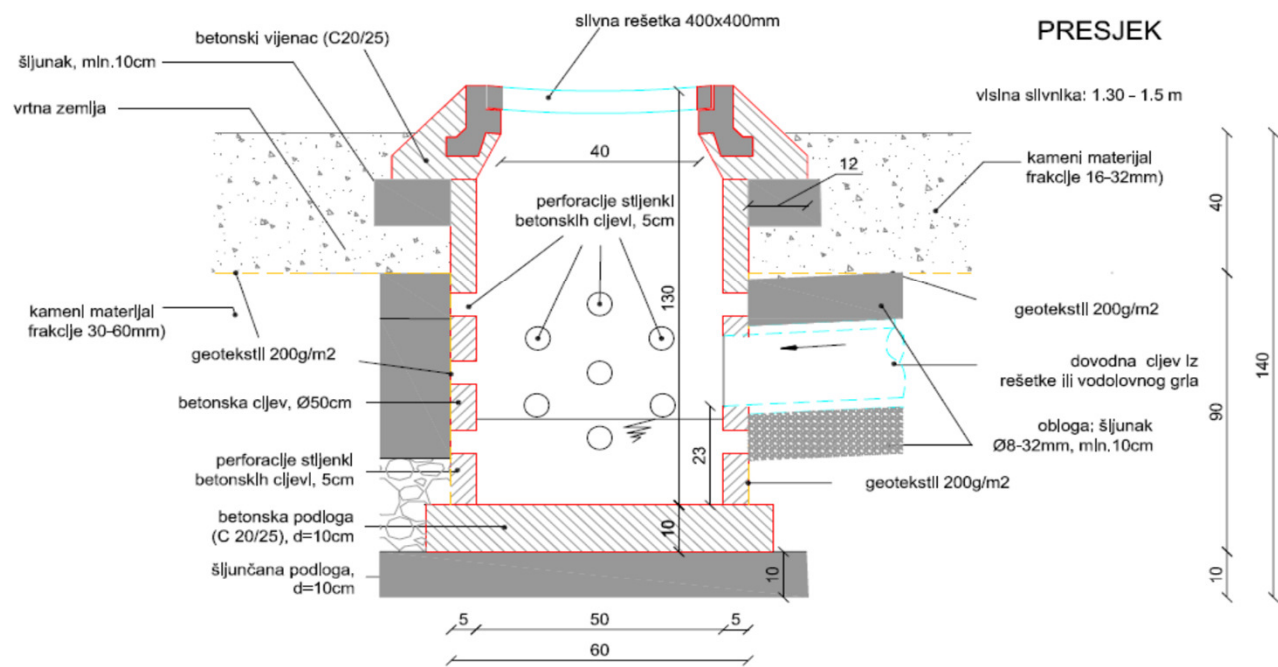


DETALJ SLIVNIKA U KIŠNOM VRTU



DETALJ KIŠNOG VRTA

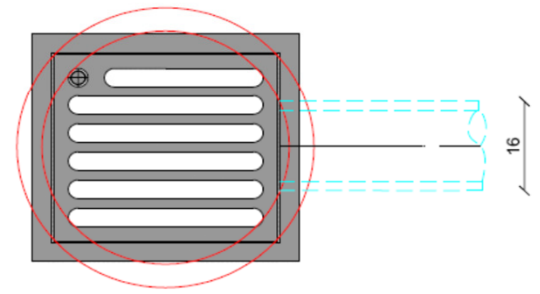


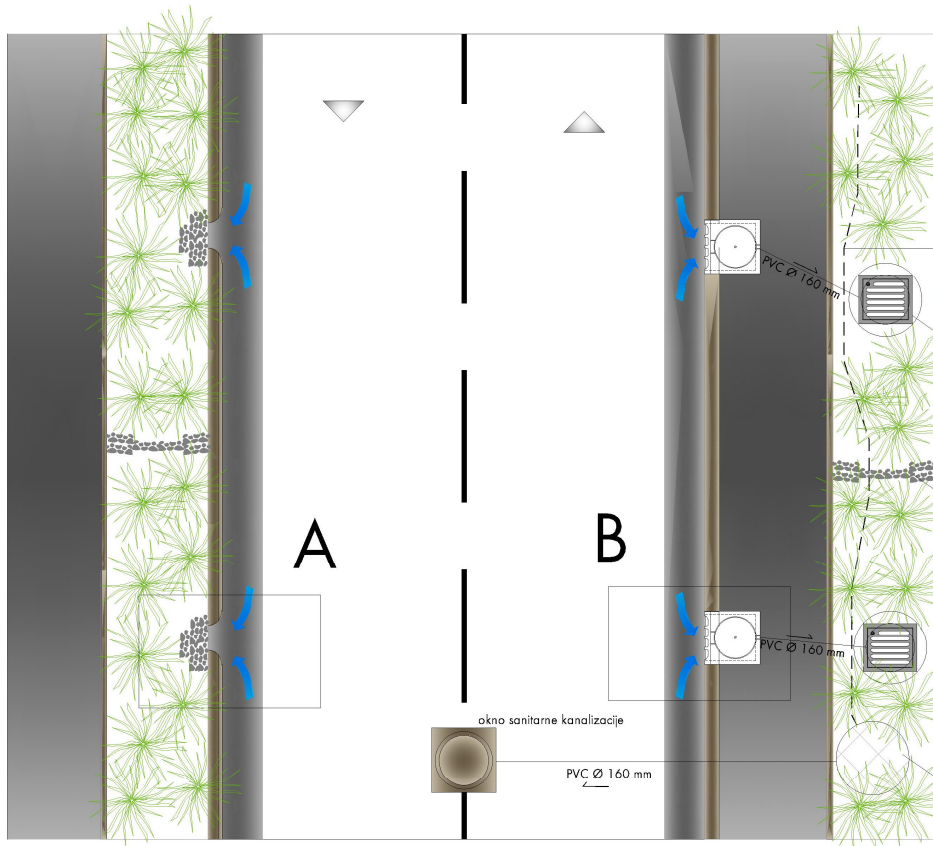


DETALJ PERFORIRANOG SLIVNIKA
M 1:10

TLOCRT

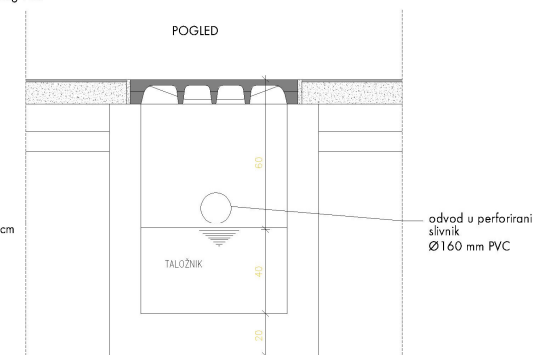
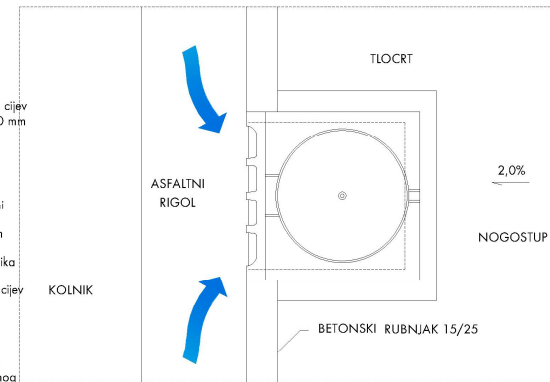
silvna rešetka: lijevano-željezna rešetka 400x400mm sa okvirom nosivost: 150kN



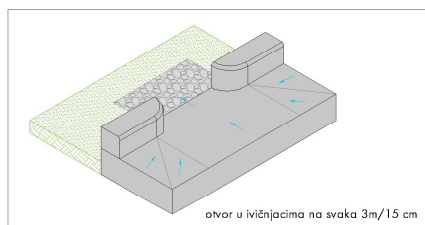


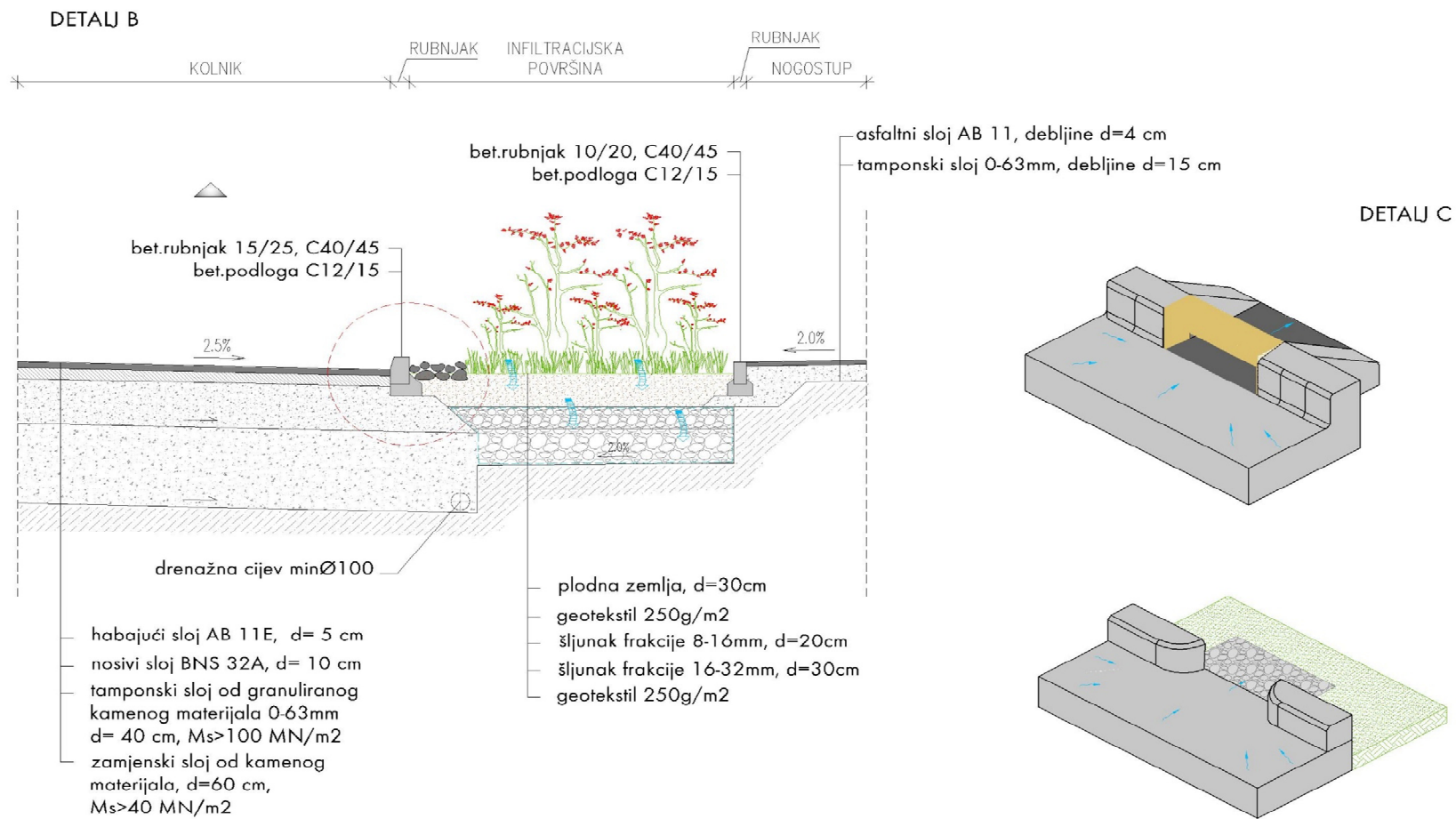
DETAJ IZVEDBE INFILTRACIJSKOG JARKA

DETAJ B - iz rigola u vodolovno grlo

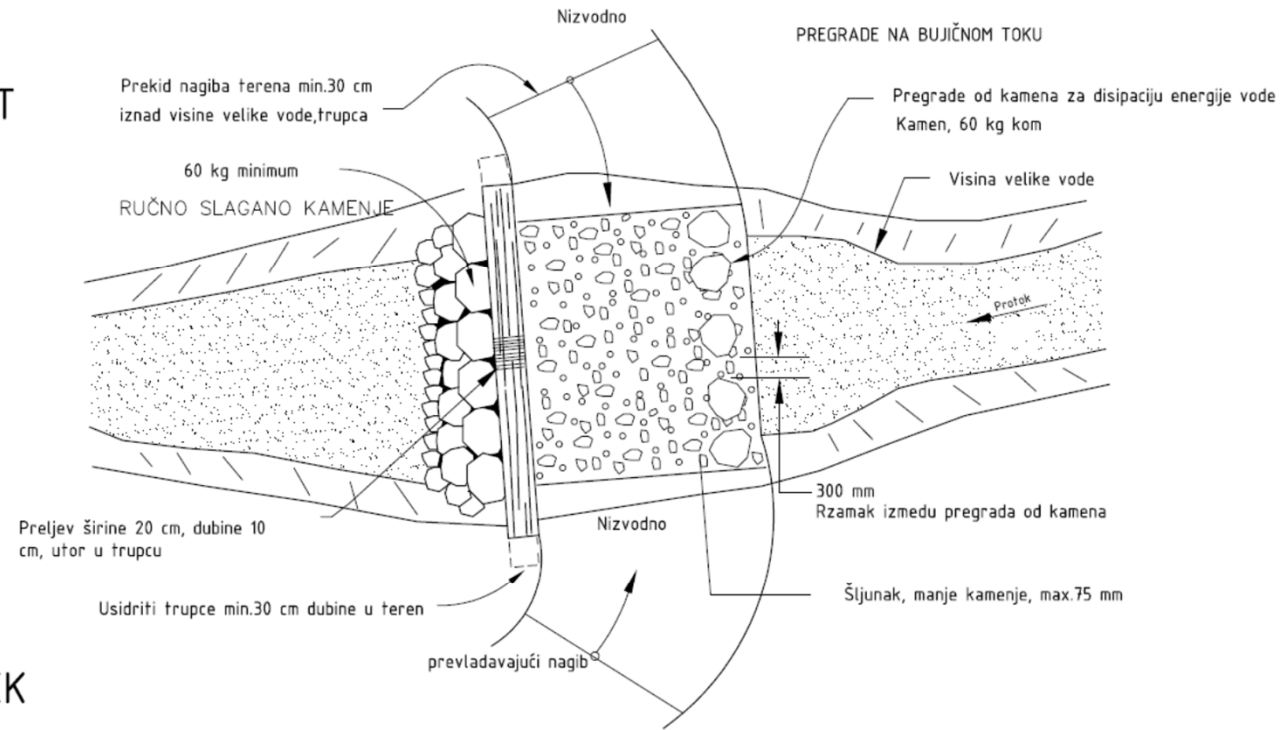


DETAJ A - iz rigola direktno u kišni vrt

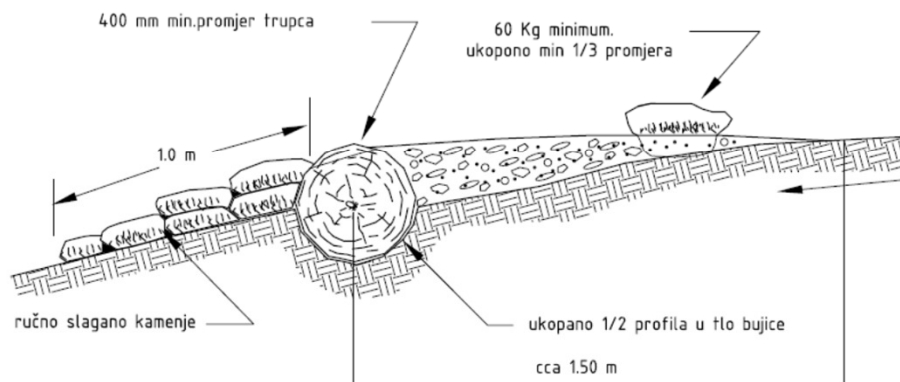




TLOCRT



PRESJEK



SWOT na izgrađenim primjerima (dosadašnja iskustva)

SNAGE

Zaštita područja od oštećenja uzrokovanih plavljenjem
Ekološki orijentirana rješenja (smanjene CO2 i temperaturnih otoka)
Prikupljanje kišnice
Višestruko jeftinija rješenja
Socijalna osjetljivost

SLABOST

Nedostatak propisa
Veza između koncepta i izgradnje često nije dobro uspostavljena
Neki dionici također se tek trebaju uvjeriti u razmjere učinkovitosti WSUD metoda u praksi

MOGUĆNOSTI

Planiranje urbanog prostora kao interaktivna, ekološka infrastruktura javno vidljiva, tehnički jednostavna i lijepa - temelj je budućeg pristupa
Financiranje iz EU fondova

PRIJETNJE

Nedostatak znanja i nedostatak prijenosa znanja
Institucionalna fragmentacija, kao i praznine u znanju i svijesti
Potreba za značajnim istraživanjem kako bi se prepoznale temeljne prepreke i pokretači
Dodatni doseg i obrazovanje za javnost i institucije te vlast

ZAKLJUČAK

Promijenjeni način razmišljanja, gdje vidimo gradove ne samo kroz ceste, zgrade, asfalt, beton, kanalizaciju i drugu infrastrukturu, već za rastuće izazove klimatskih promjena, također koristimo vodu i zelenilo za rješavanje poplava, temperaturnih otoka, zagađenja, društvenih i ekonomskih izazova, kao i održivost samih gradova. Rješenja bi trebala kombinirati funkciju, estetiku i upotrebljivost.

Poboljšanje kvalitete oborinskih voda tretiranim prema WSUD principima ne samo da koristi vodnim tijelima u koja se ispuštaju, već također stvara priliku u kojoj se oborinske vode mogu koristiti za povećanje zaliha pitke vode. Već postoje značajni pokretači zamjene tradicionalnog upravljanja oborinskim vodama inovativnim, održivim mjerama, poput WSUD -a, a trenutačna je situacija sazrela da nositelji promjena provedu daljnja istraživanja u tom području, revolucioniraju tradicionalne metode i usvoje novu paradigmu u upravljanju urbanim oborinskim vodama.

Rješenja treba planirati u multidisciplinarnoj suradnji u prostornom planiranju, urbanom projektiranju, krajobraznoj arhitekturi te posebno upravljanju vodama na nivou sliva.