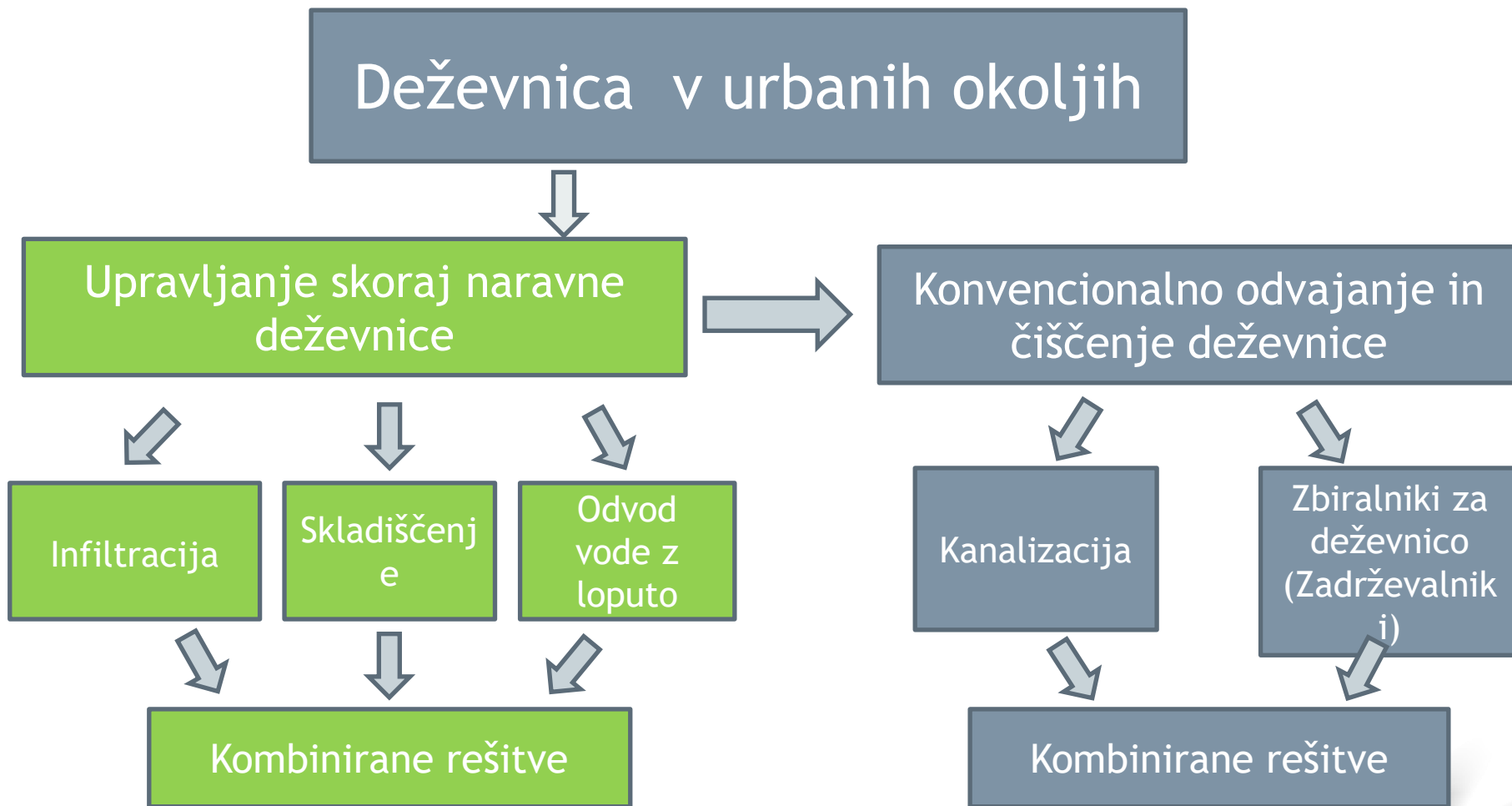


POGLAVJE 2.2: Deževnica v urbanih okoljih



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH



(Vir: povzeto po Londong & Nothnagel)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Vpliv podnebnih sprememb na konvencionalni kanalizacijski sistem

Ekstremni dež in poplave



Poplavljene ulice v Bonnu leta 2013 (Fotografija: Stephan Knopp GA/Bonn)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Vse pogostejši ekstremni vremenski dogodki

Padavine



Sušni scenarij



Centraliziran izpust v kombinirano kanalizacijo (brez zadrževanja):

- Preobremenitev kanalizacije zaradi vse več obilnih padavin
npr. v Berlinu, ca. 40 prelivov kanalizacije/leto
➡ negativni vplivi na rastlinstvo in živalstvo, umrljivost rib itd.
- Velika obremenitev onesnaževalcev, zlasti s prometnih površin, ki najdejo pot v vodna telesa (npr. mikroplastika, težke kovine,...)
- Vzpostavlja nenaravno vodno bilanco:
 - zmanjšuje proces lokalnega izhlapevanja
 - zmanjšuje lokalno polnjenje podzemne vode

Info: naravna vodna bilanca v Berlinu je 80% izhlapevanje, 20% vodna telesa podzemnih voda in 0% površinski odtok.



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Centraliziran izpust v kombinirano kanalizacijo brez čiščenja (zadrževanja):



Mešani prelivni bazeni v Berlinu-Wedding (Fotografija: BWB)

- Gradnja dragih podzemnih zadrževalnih bazenov (Berlinska akumulacija cca. 3,000 €/m³)

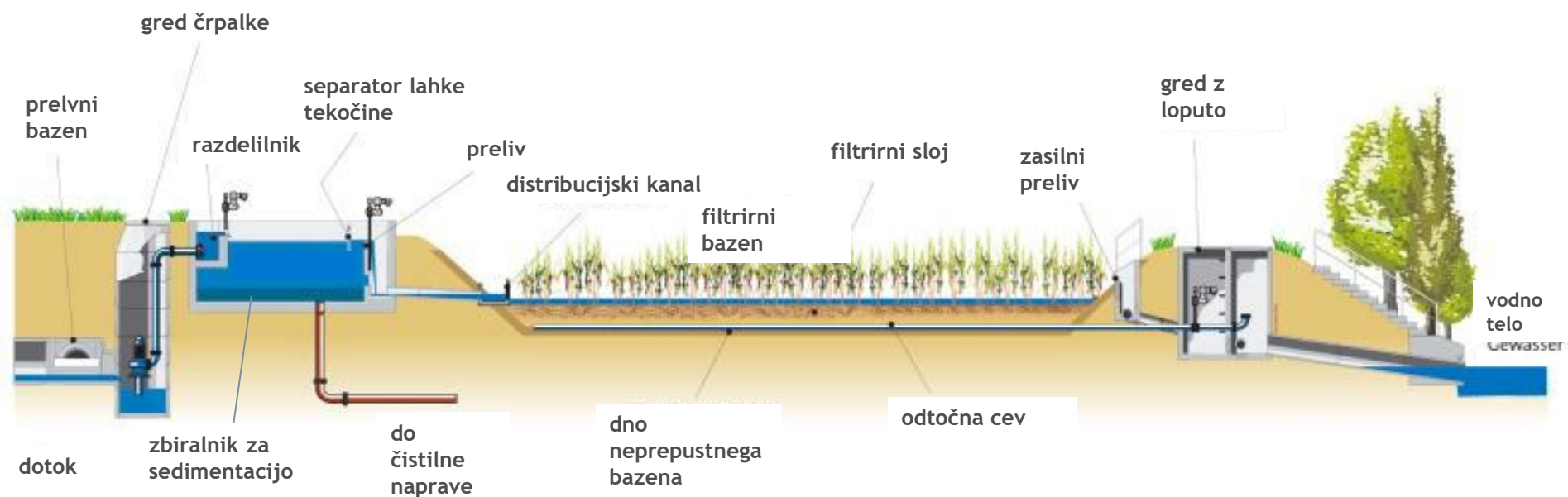


Stena za aktivacijo skladiščnega prostora v Berlinu-Wedding (Fotografija: BWB)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Centraliziran izupst: shematski diagram zadrževalnega filtra v tleh



(Vir: BWB)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Centraliziran izpust: zadrževalni filtri v zemlji



(Vir: Retentionsbodenfilter : Handbuch für Planung, Bau und Betrieb, 2015)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Centraliziran izpust z decentralizirano predhodno obdelavo na kraju samem (v uličnih jarkih):



Različni sistemi decentraliziranega predčiščevanja deževnice v Clayalleeju, Berlin (Fotografija: KWB, Sieker)



DECENTRALIZIRANO UPRAVLJANJE DEŽEVNICE

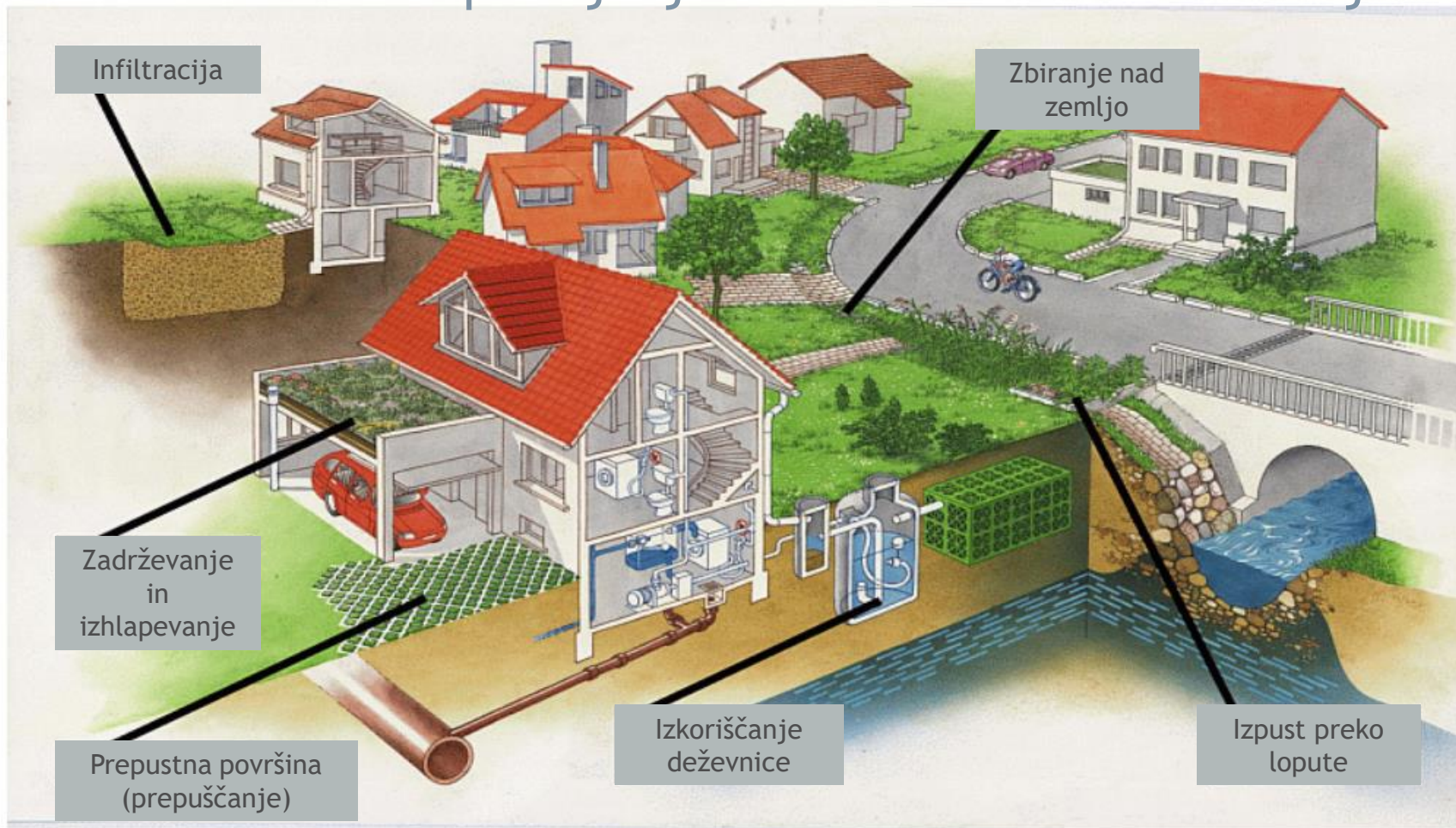
Prioritete za upravljanje z deževnico

- 
1. Izogibanje novim pozidavam in širjenju mestnih površin
 2. Zbiranje in uporaba deževnice na kraju samem
 3. Zadrževanje deževnice
 4. Infiltracija deževnice (polnjenje podzemne vode)
 5. Puščanje v vodno telo ali čistilno napravo



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Decentralizirano upravljanje deževnice v urbanih okoljih

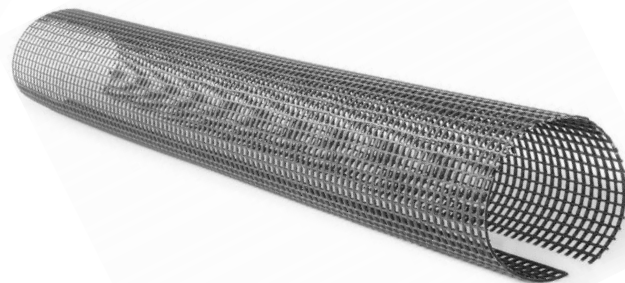


(Vir: fbr)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Zbiranje deževnice: zaščitna rešetka za listje zmanjšuje vzdrževanje



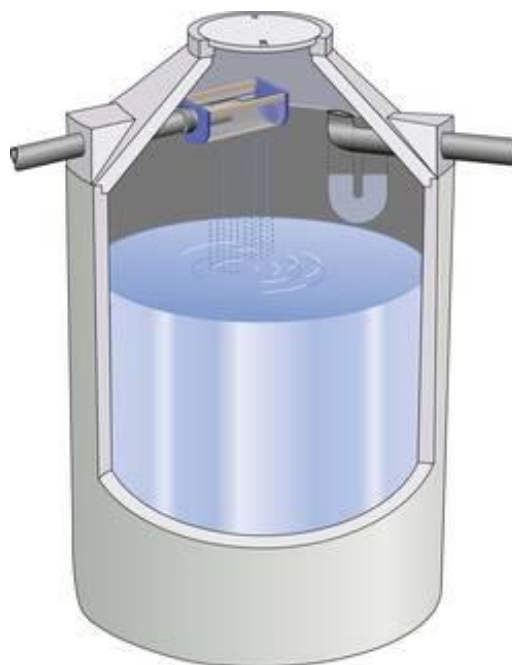
POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Zbiranje deževnice: zbiralniki za deževnico



Nicht enthalten: Wasser-Zapfhahn + Fallrohr-Anschluss-Zubehör, Gießkanne + Deko.

Za zalivanje vrta nadzemni zbiralniki (Graf)



Betonski podzemni(Mall)
zbiralniki



Plastični podzemni
zbiralniki (GreenLife)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Zbiranje deževnice: zbiralniki za deževnico za manjše uporabnike



Podzemni zbiralnik (Mall)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Zbiranje deževnice: zbiralniki deževnice za večje zbiranje



Poslovna stavba



Konvencionalni

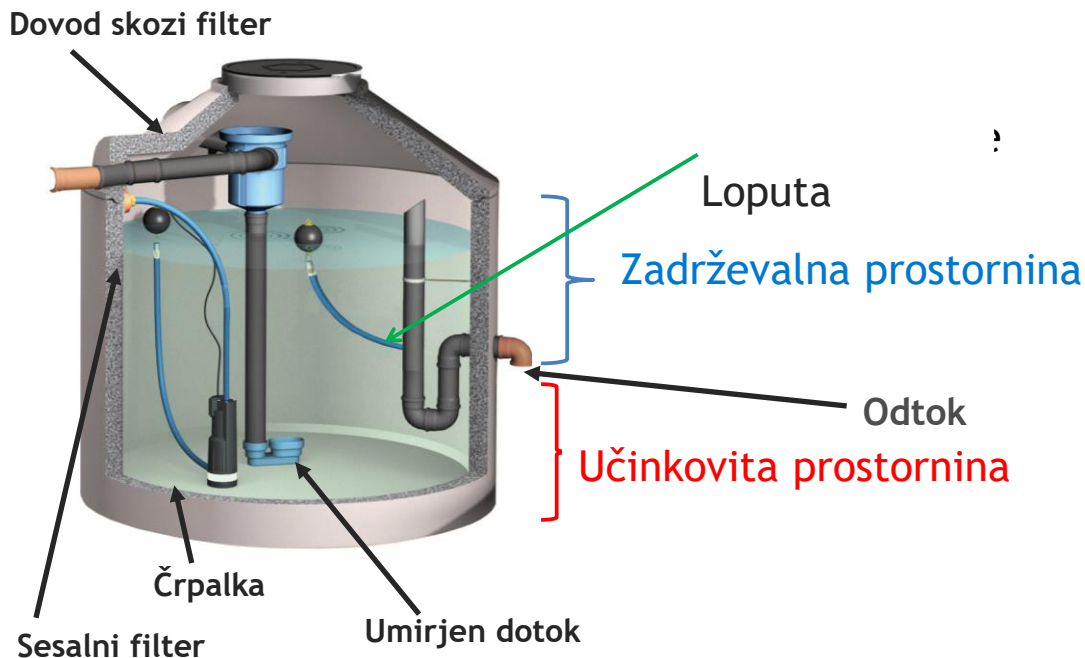
Letališče Charles de Gaulle

(Vir: fbr)



Zbiranje deževnice v kombinaciji z zadrževanjem

Cisterna z loputo

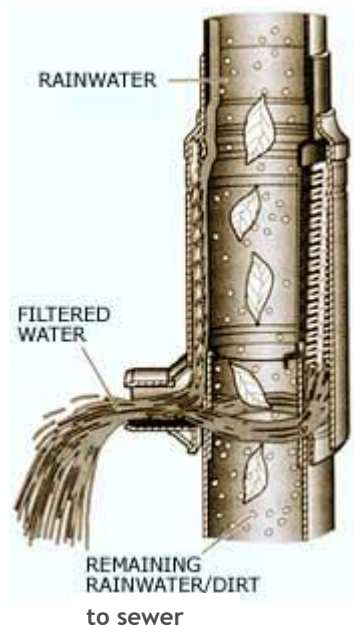


Obstaja konflikt med uporabo deževnice (cisterna bi morala biti ves čas polna) in hidravlično razbremenitvijo kanalizacije (cisterna mora biti po možnosti vedno prazna, da bi lahko zbrali nov odtok). Zadrževalne cisterne so konstruirane kot kombinirana konstrukcija za izpolnitev obeh zahtev. Imajo posebno **zadrževalno prostornino**, ki jo je mogoče izpustiti v kanalizacijo, in dodatno fiksno **učinkovito prostornino** za ponovno uporabo.



Filtri za deževnico

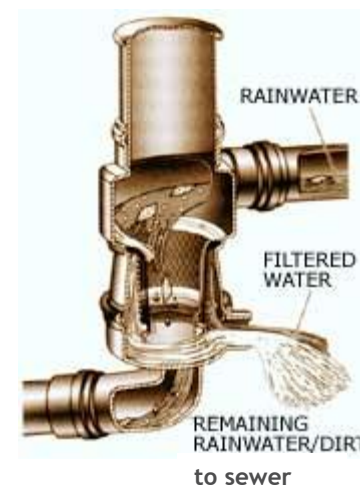
Različne vrste mehanskih filtrov za različen obseg ponovne uporabe (dovodne cevi, zbiralniki, pred zbiralniki, filtri za zbiralnike...)



Navpični cevni zbiralnik s filtrom preusmeri 90% deževnice v rezervoar skozi 0,17 mm mrežasti filter iz nerjavečega jekla



Plavajoči fini sesalni filter zagotavlja, da se deževnica črpa iz najčistejšega nivoja rezervoarja in ne vsebuje delcev.



Veliki vrtinčni fini filter preusmeri 90% odtoka deževnice s strešnih površin do 500 m².

(WISY AG filters. Vir: John Gould and Erik Nissen-Petersen (1999) Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply - Design, Construction and Implementation)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Filtri za deževnico



Filtri za deževnico za strešne površine do 500 m² (Vir: Otto Graf GmbH)



Filtri za deževnico za strešne površine do 6000 m² (Source: INTEWA GmbH)

Navpični filter

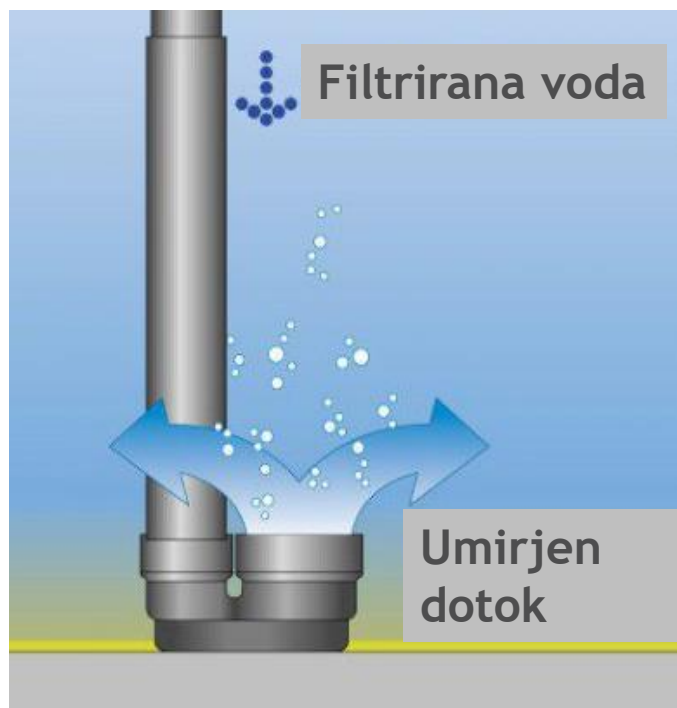


(Vir: Wisy, AG)



Integriran filter za zbiralnike deževnice
(Vir: 3P Technik Filtersysteme GmbH)

Umirjen dotok

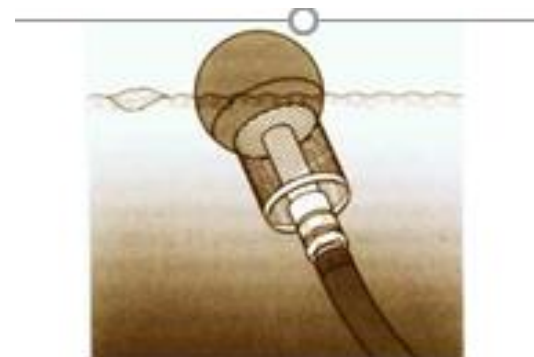


(Vir: 3P Technik Filtersysteme GmbH)



Umirjen dotok preprečuje vrtnčenje usedlin na dnu rezervoarja za deževnico

Sesalni filter



Plavajoči fini sesalni filter zagotavlja, da se deževnica črpa iz najčistejšega nivoja rezervoarja in ne vsebuje delcev



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Zbiranje deževnice: Črpalke

ESPA



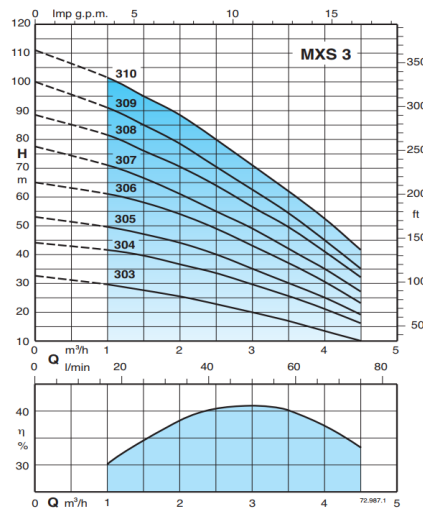
GreenLife



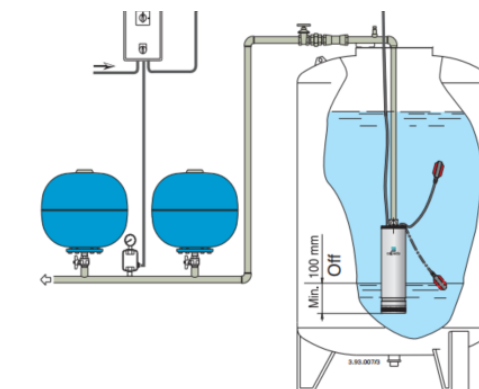
Intewa Rainmaster



Calpeda



Značilna krivulja



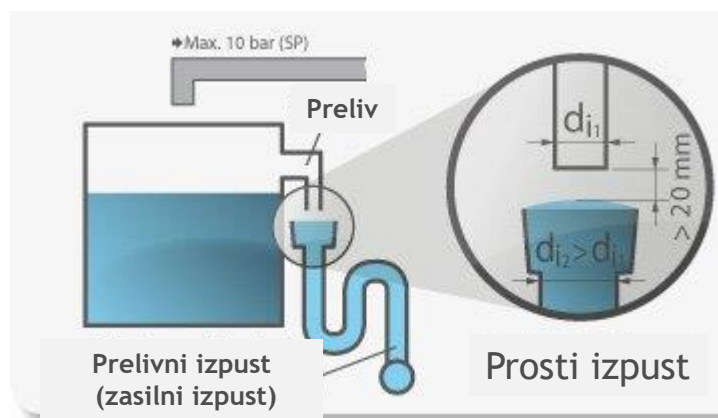
(emand)

Installation example



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Zbiranje deževnice: izogibajte se navzkrižnih povezav (z omrežjem za pitno vodo)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Od deževnice do pitne vode (in piva)



Zbiralnik za čisto vodo z Rainmaster Favorit SC, AQUALOOP kontrolnim sistemom in UV dezinfekcijo



AQUALOOP Tap Comfort 1,600 l/d



AQUALOOP eno-membranska postaja z membrano in regulacijskim sistemom

(Vir: INTEWA GmbH; <https://www.intewa.de/produkte/aqualoop/referenzen/projekte/ihre-haus-wasserquellen/>)



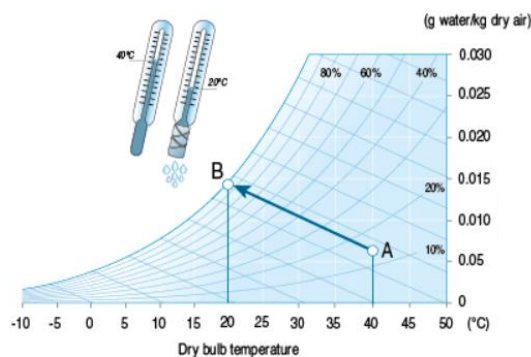
POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Adiabatsko hlajenje z deževnico

Hlajenje z elektriko

1 kW_{elec.} + 100 litrov vode ima hladilno moč 70 kW

1 kW_{elec.} ima max. 3.2 kW hladilne moči



Adiabatic humidification



Energie

Hersteller

Außengerät

Innengerät

Sehr effizient

A

B

C

D

E

F

G

Wenig effizient

Kühlen

3.20 < EER

3.20 ≥ EER > 3.00

3.00 ≥ EER > 2.80

2.80 ≥ EER > 2.60

2.60 ≥ EER > 2.40

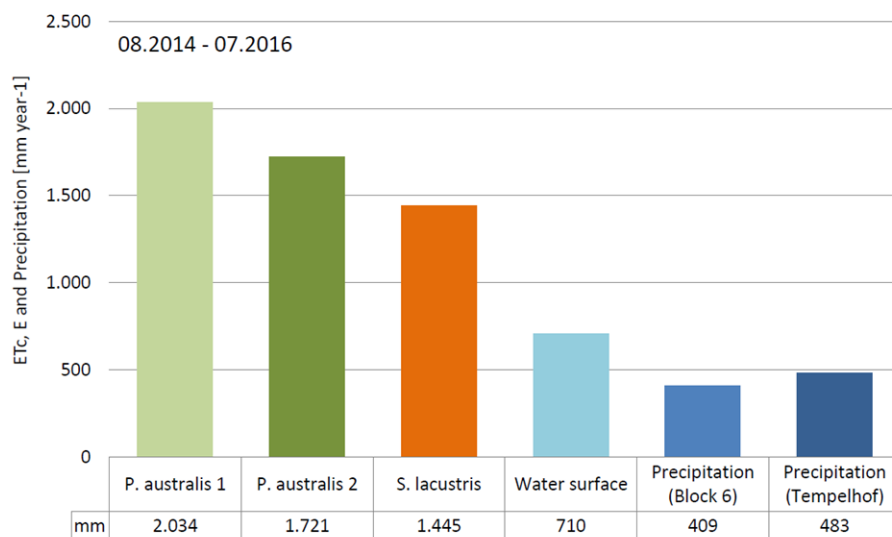
2.40 ≥ EER > 2.20

2.20 ≥ EER



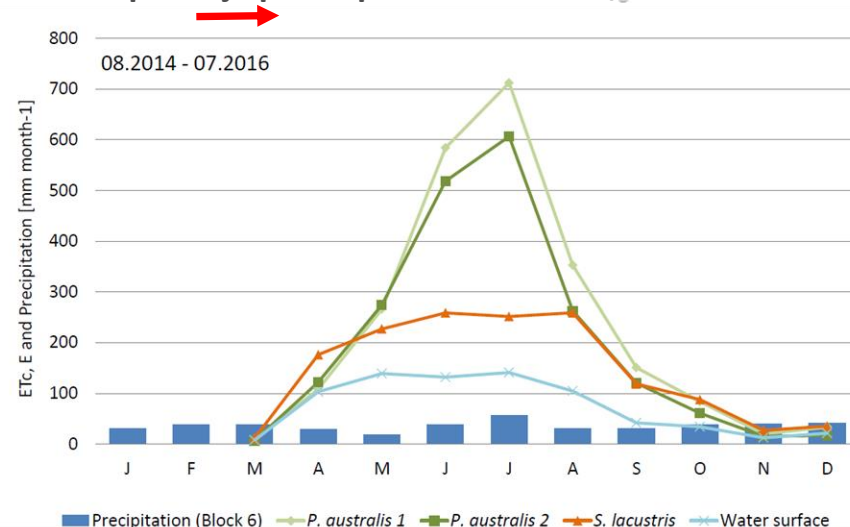
POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Hlajenje z izhlapevanjem deževnice v gosto naseljenih urbanih območjih



Količine vode, ki izhlapi iz trsja v enem samem poletnem mesecu, je toliko kot iz enega drevesa celo leto!

Izhlapevanje poleti približno 20 mm/d



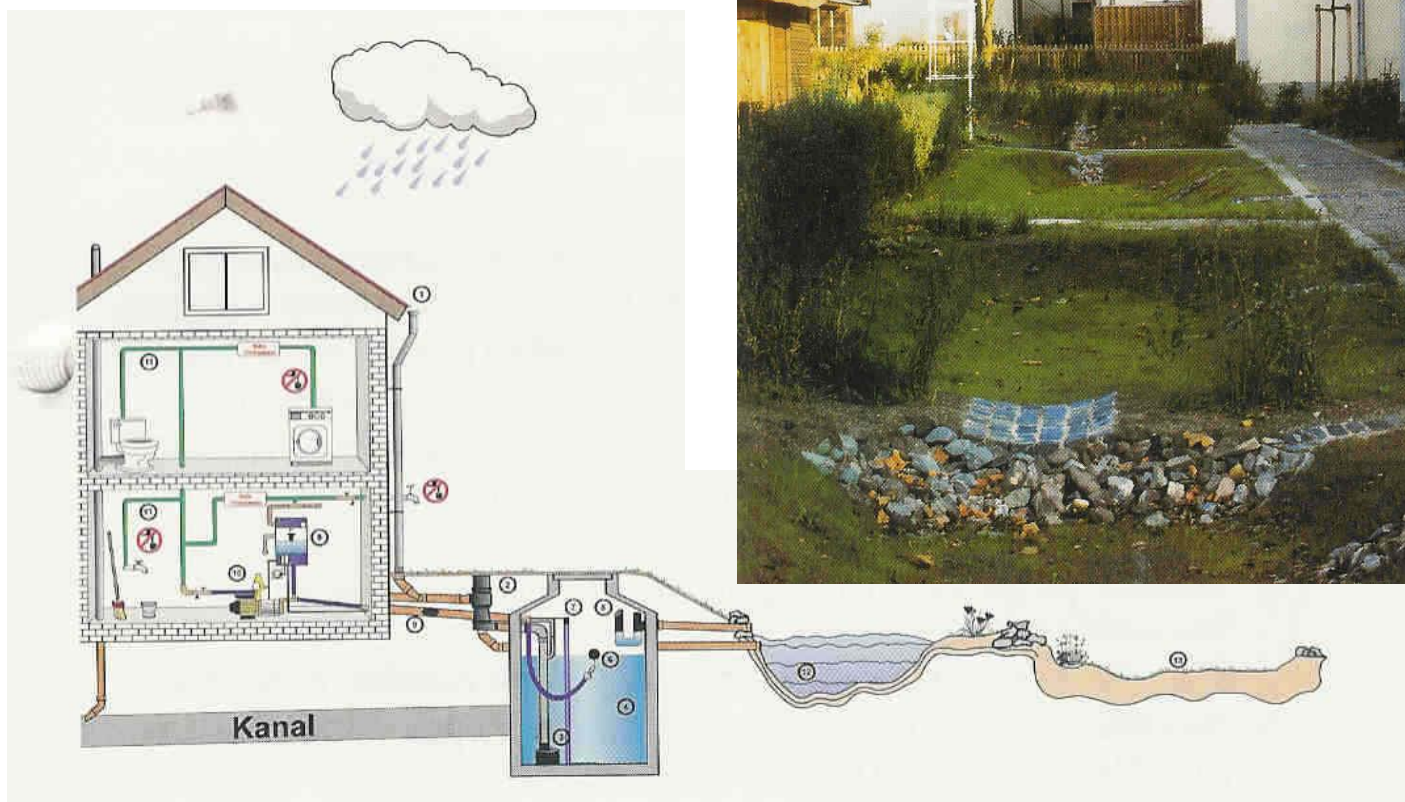
Koristi zbiranja deževnice

- Deževnica je razmeroma čista in njena kakovost je običajno dovolj za številno uporabo z malo ali celo brez čiščenja
- Deževnica ima nizko slanost in jo je mogoče ponovno uporabiti kjerkoli, kjer je potrebna mehka voda, na primer za pranje perila, hlajenje in v industriji (namesto RO, ionskega izmenjevalca itd.)
- Lahko prihrani do 50% potrebe po vodi v gospodinjstvu
- Zmanjša stroške energije za hlajenje: 1 m³ deževnice, ki izhlapi, sprosti 680 kWh energije
- Zmanjša obremenitev odtokov na kanalizacijo in poplave v mestnih območjih
- Zbiranje deževnice je prilagodljiva tehnologija, ki jo je mogoče zasnovati tako, da izpolnjuje skoraj vse zahteve
- Prispeva k samooskrbi z vodo



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Zbiranje deževnice v kombinaciji z infiltracijo prelivne vode



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

ZADRŽEVANJE DEŽEVNICE Obsežne zelene strehe



(Vir: Nolde & Partner)

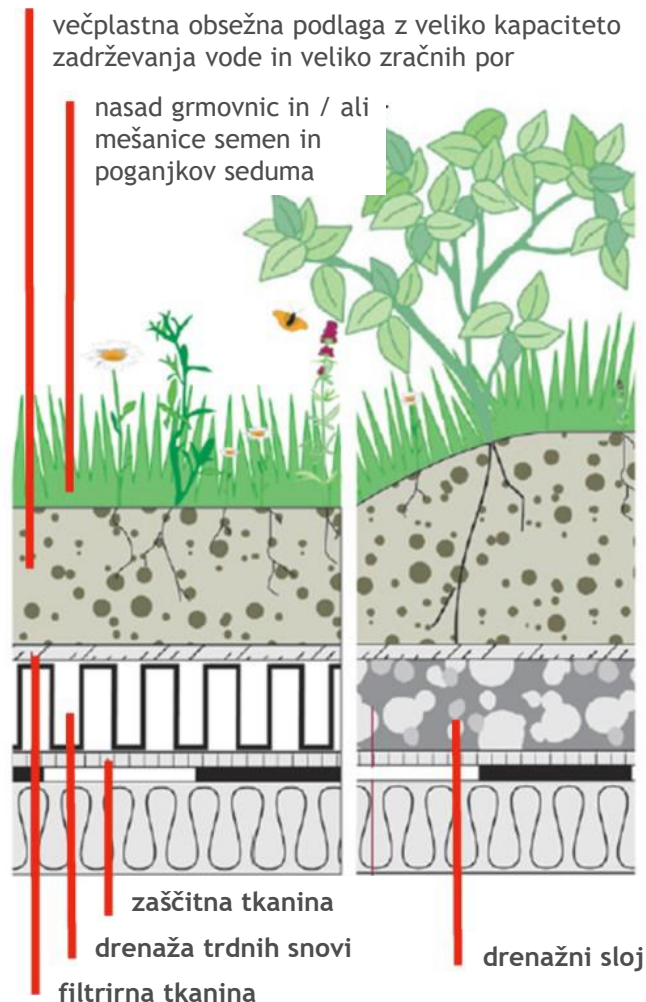


POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

ZADRŽEVANJE DEŽEVNICE Obsežne zelene strehe



Obsežne zelene strehe, Alexa, Berlin (Fotografija: FBB, G. Mann)



Namestitev obsežne zelene strehe

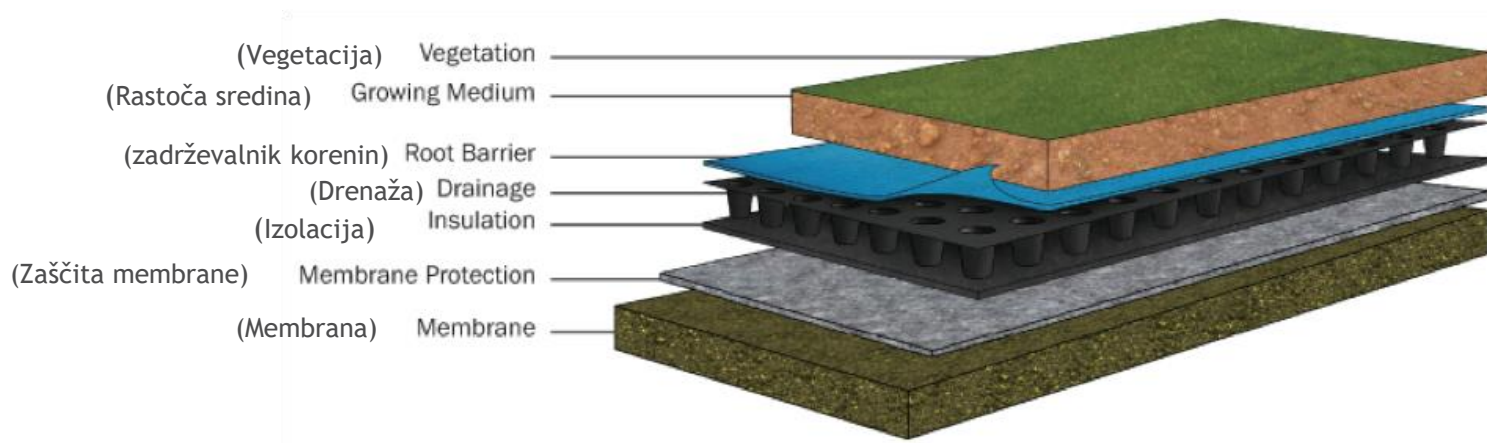
(Vir: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

ZADRŽEVANJE DEŽEVNICE

Prikaz večplastnega sistema zelene strehe



(Vir: Green Building Alliance

<https://www.go-gba.org/resources/green-building-methods/green-roofs/#lightbox/1/>)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

ZADRŽEVANJE DEŽEVNICE Intenzivne zelene strehe



(Vir: Optigrün)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

ZADRŽEVANJE DEŽEVNICE



Talna ozelenitev fasade z navadno divjo trto v Berlin-Schönebergu (Fotografija: D. Kaiser)

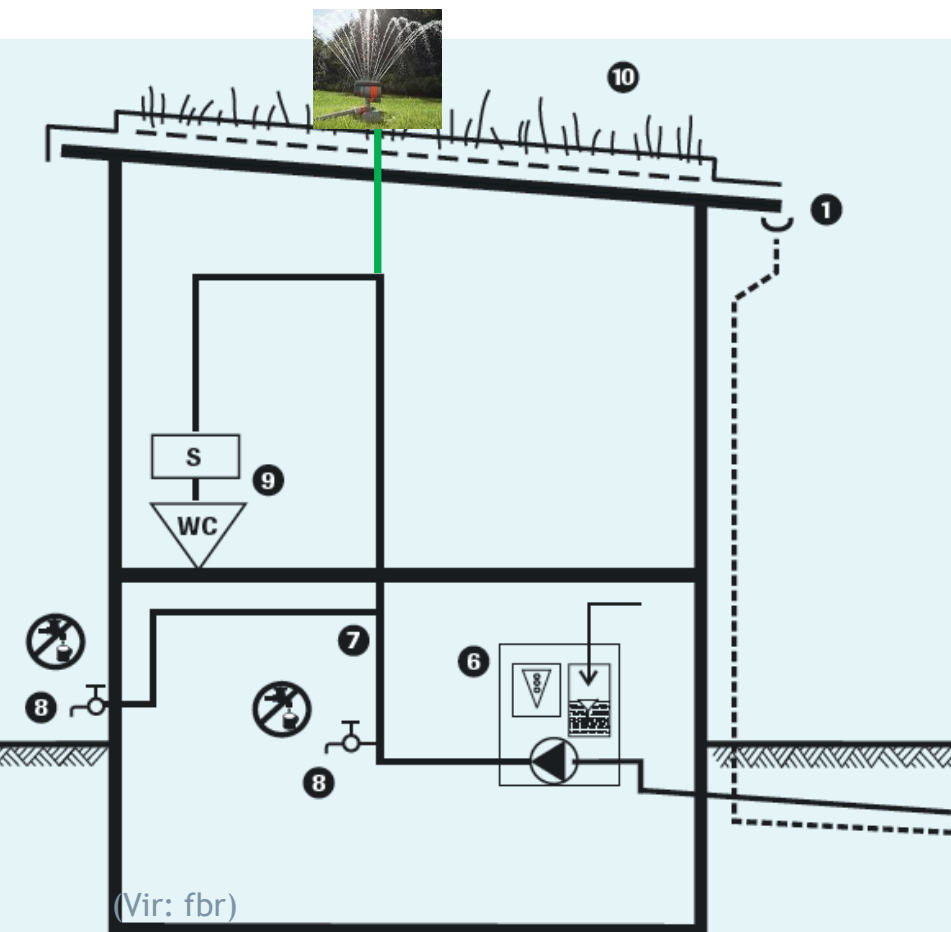
Ozelenitev pročelij in sten



Sistemska vezana ozelenitev fasade v zabojnikih, Inštitut za Fiziko v Berlinu Adlershof (Fotografija: M. Schmidt)

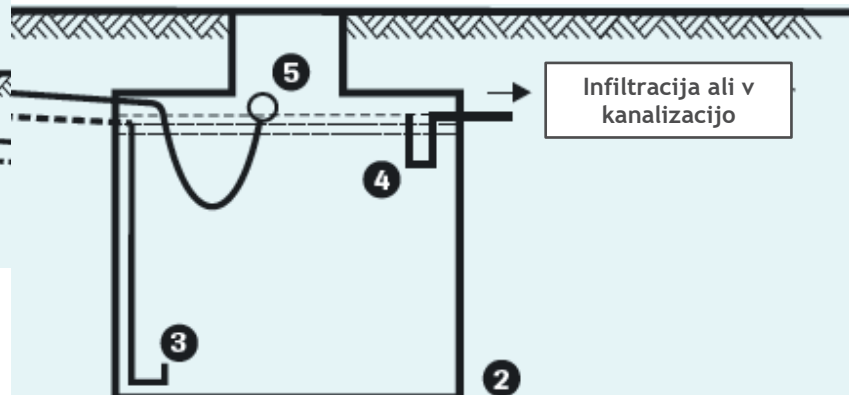


POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH



KOMBINACIJA ZBIRANJA DEŽEVNICE Z ZELENI MI STREHAMI

- 1 Strešni žleb
- 2 Zbiralnik za deževnico (npr. iz betona ali plastike)
- 3 Umirjen dovod
- 4 Prelivanje z lovilcem vonja
- 5 Sesalni filter (plavajoča ekstrakcija)
- 6 Sistem oskrbe z deževnico vključno s črpalko, nadzorno ploščo in rezervnim sistemom za pitno vodo
- 7 Servisne cevi za vodo
- 8 Točilna točka
- 9 WC
- 10 Zelena streha



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

INFILTRACIJA

Dežni vrtovi

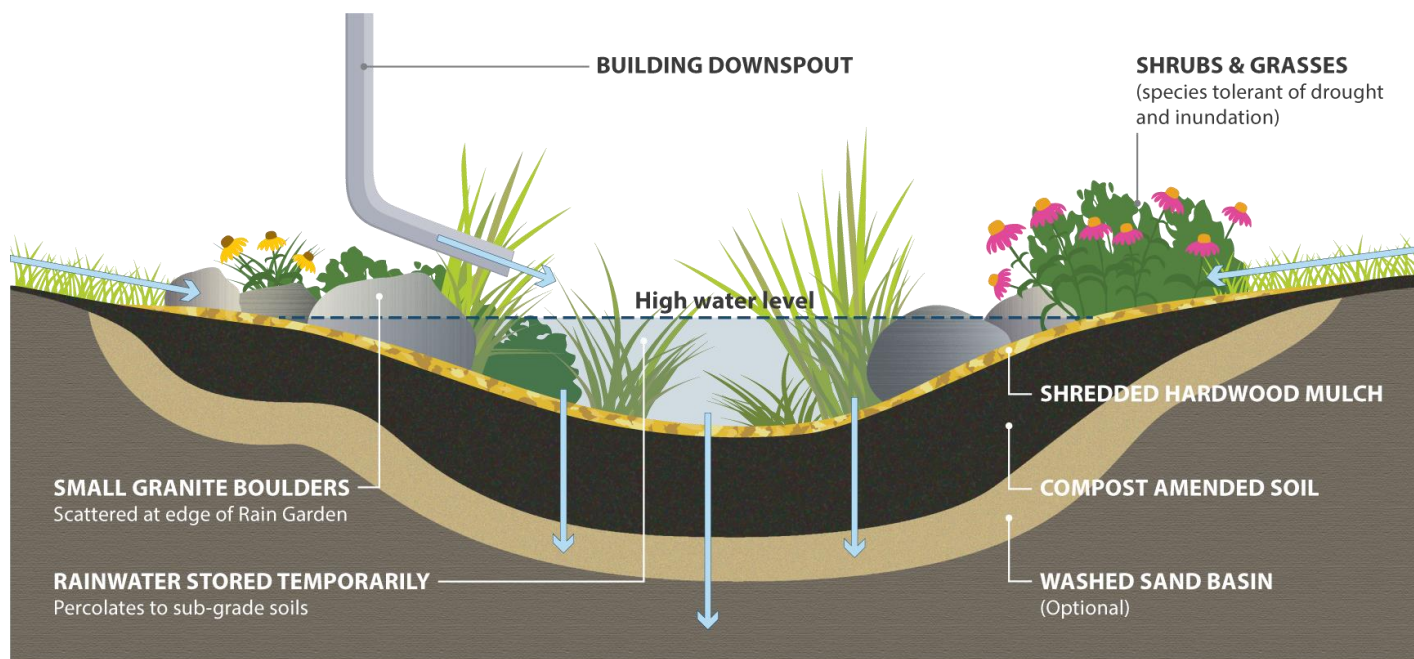


(Vir: <https://www.surfrider.org/coastal-blog/entry/cape-fear-chapter-installs-york-residential-rain-garden-in-north-carolina>)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

INFILTRACIJA Prerez dežnega vrta



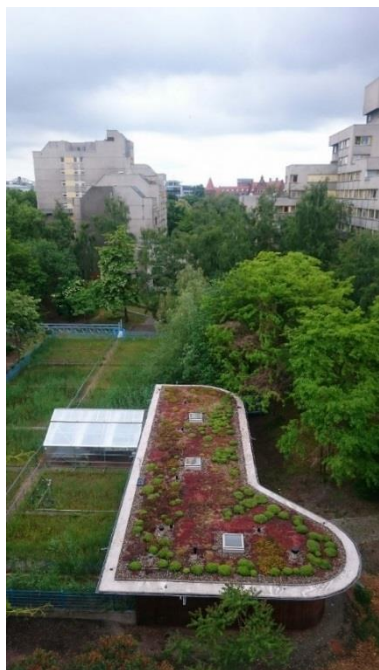
(Vir: Toronto and Region Conservation Authority; <https://trca.ca/news/complete-guide-building-maintaining-rain-garden/>)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

UPRAVLJANJE DEŽEVNICE

Blok 6 - Berlin: 100% odklop od kanalizacije
Zelene strehe, izhlapevanje, infiltracija in biotska raznovrstnost



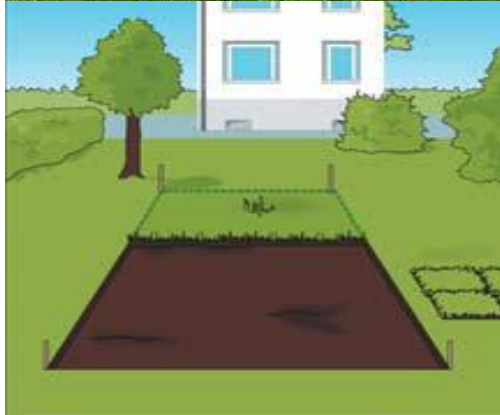
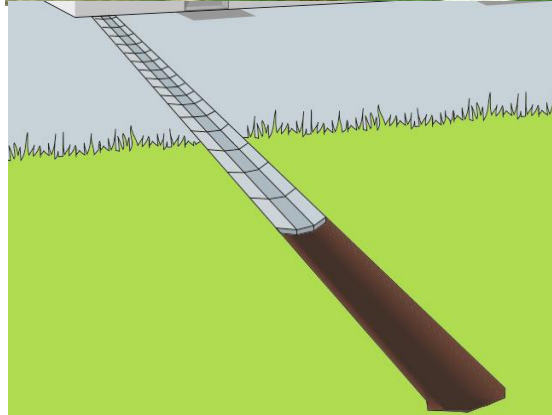
POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

ZADRŽEVANJE DEŽEVNICE Zgrajeno mokrišče v središču Berlina



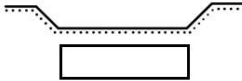
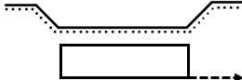
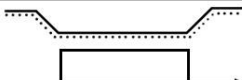
INFILTRACIJA

Z vegatacijo poraščeni kanali in površinska infiltracija



INFILTRACIJA

Izbor tehnologij infiltracije pod različnimi pogoji tal in površin

Permeability				Selection procedure for rain (1) management system	
Class	Permeability	k_f from	k_f to	Low area availability	High area availability
II	high	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$	 Swale infiltration	 Swale infiltration 10 : 1
II	medium	$5 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	 Swale-trench infiltration without discharge	 Swale infiltration 6 : 1
III	moderate	$2 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-7}$	 Swale-trench infiltration with partly throttled discharge	 Swale infiltration 4 : 1
IV	low	$7 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-7}$	 Swale-trench infiltration with throttled discharge	(3)  Swale infiltration 2 : 1

(1) Razmerje med povezanim zaprtim območjem in območjem infiltracije je 10: 1

(2) Razmerje med povezanim zaprtim območjem in območjem infiltracije, kot je navedeno

(3) Kf vrednost brez omejitev navzdol

(Vir: Povzeto po Londong & Nothgnagel, 1999)



INFILTRACIJA

Prepustnost tal

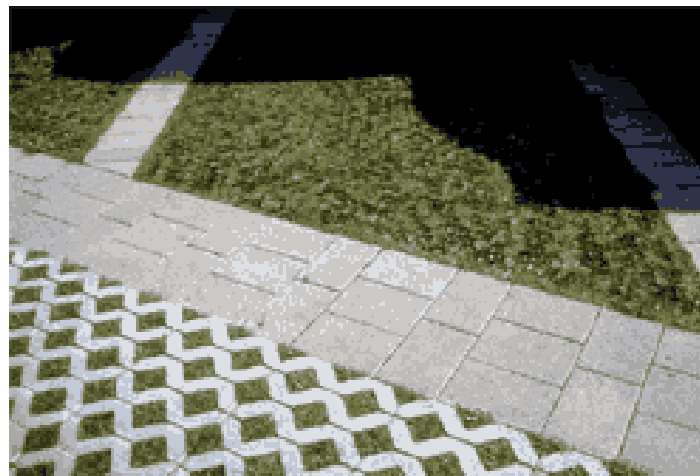
- Prepustnost tal je najpomembnejši dejavnik, ki določa, ali je infiltracija deževnice uporabna na določenem mestu in vpliva tudi na izbiro tehnologije
- Prepustnost tal se meri kot koeficient filtracije k_f
- Tehnično ustrezen obseg k_f za infiltracijo deževnice je med 1×10^{-3} (86 m/d) in le 1×10^{-6} m/s (86 mm/d)

Na primer, z vrednostmi k_f večjimi od 10^{-3} se deževnice infiltrira, ne da bi jo v fizični / kemični in biološki procesi v zgornjem sloju tal dovolj obdelali. Z vrednostmi k_f , manjšimi od 10^{-6} , se bo deževnica kopičila v tleh in zelo počasi odtekala v tla.



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

INFILTRACIJA Prepustni tlakovci



(Vir: Sieker)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

INFILTRACIJA

Prepustni tlakovci

Permeable Pavers



Permeable Concrete



Permeable Asphalt



(Vir: USGS Wisconsin Water Science Center)



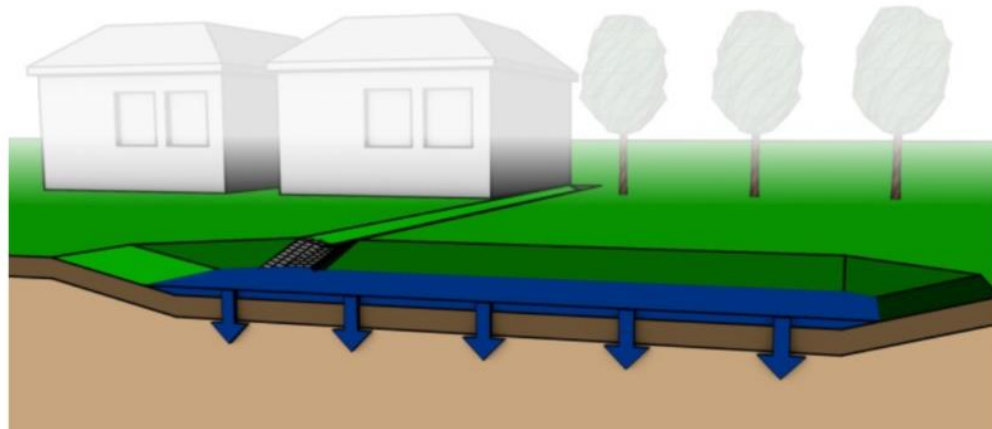
POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

INFILTRACIJA

Z vegetacijo poraščeni kanali



Z vegetacijo poraščeni kanali pri Rummelsburger Buchtu, Berlin (Fotografija: Sieker)



Shematski diagram infiltracijskega kanala, poraščenega z vegetacijo: z dotokom, nadzemnim zadrževalnim prostorom in infiltracijo (Fotografija: Sieker)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

INFILTRACIJA

Z vegetacijo poraščeni kanali



(Vir: Sieker)



TAKING COOPERATION FORWARD

POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

INFILTRACIJA

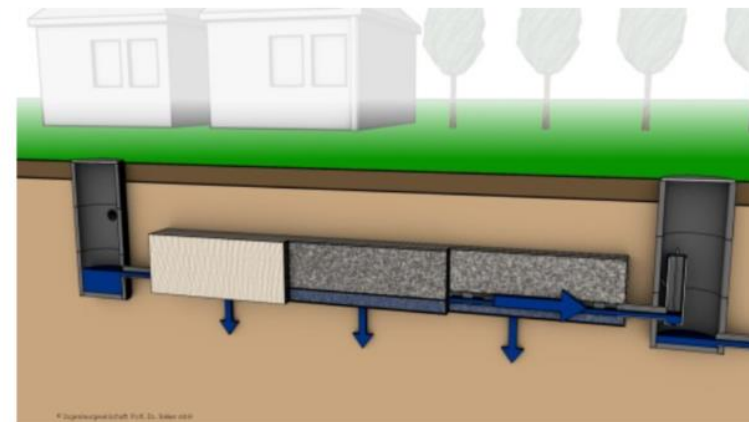
Infiltracijski jarki



Pogled na dno namakalnika - soakaway (Fotografija: Sieker)



Postavitev infiltracijskega jarka s polnilnim materialom (Fotografija: Sieker)



Prikaz infiltracijskega jarka s sedimentacijsko komoro pri dotoku in odtoku, krniljenim z loputo - throttled outflow (Vir: Sieker)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

INFILTRACIJA

Infiltracijski jarki



(Vir: <https://sustainablestormwater.org/2007/05/23/infiltration-trenches/>)



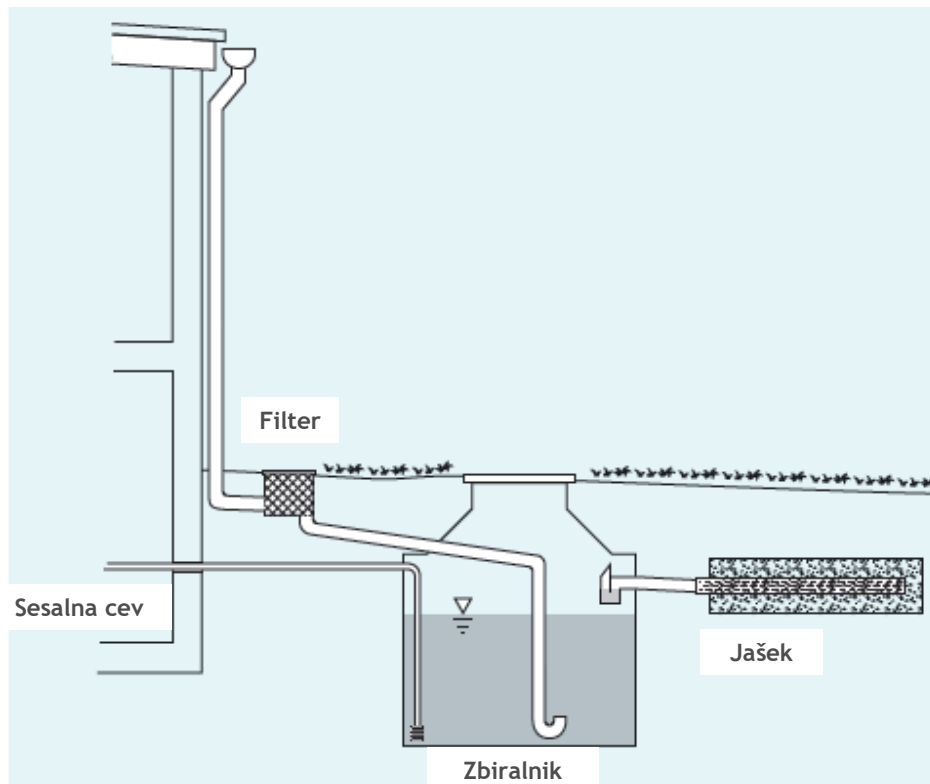
(Vir: Minnesota Stormwater Manual)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

INFILTRACIJA

Zbiranje deževnice skupaj z infiltracijskim jarkom



(Vir: fbr)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

INFILTRACIJA

Polnilni material za sistem za infiltracijo v jarek



(Vir: ENREGIS)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

INFILTRACIJA Kombinirani sistemi



Sistem podolgovatih jarkov v Birkensteinu, Brandenburg
(Fotografija: Sieker)

Namakanje, izhlapevanje in infiltracija skupaj



Shematski prikaz sistema drevesnih jarkov
(Vir: Sieker)



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

ŠTUDIJA PRIMERA : ZBIRANJE DEŽEVNICE (VKLJUČNO Z ULIČNIMI ODTOKI)

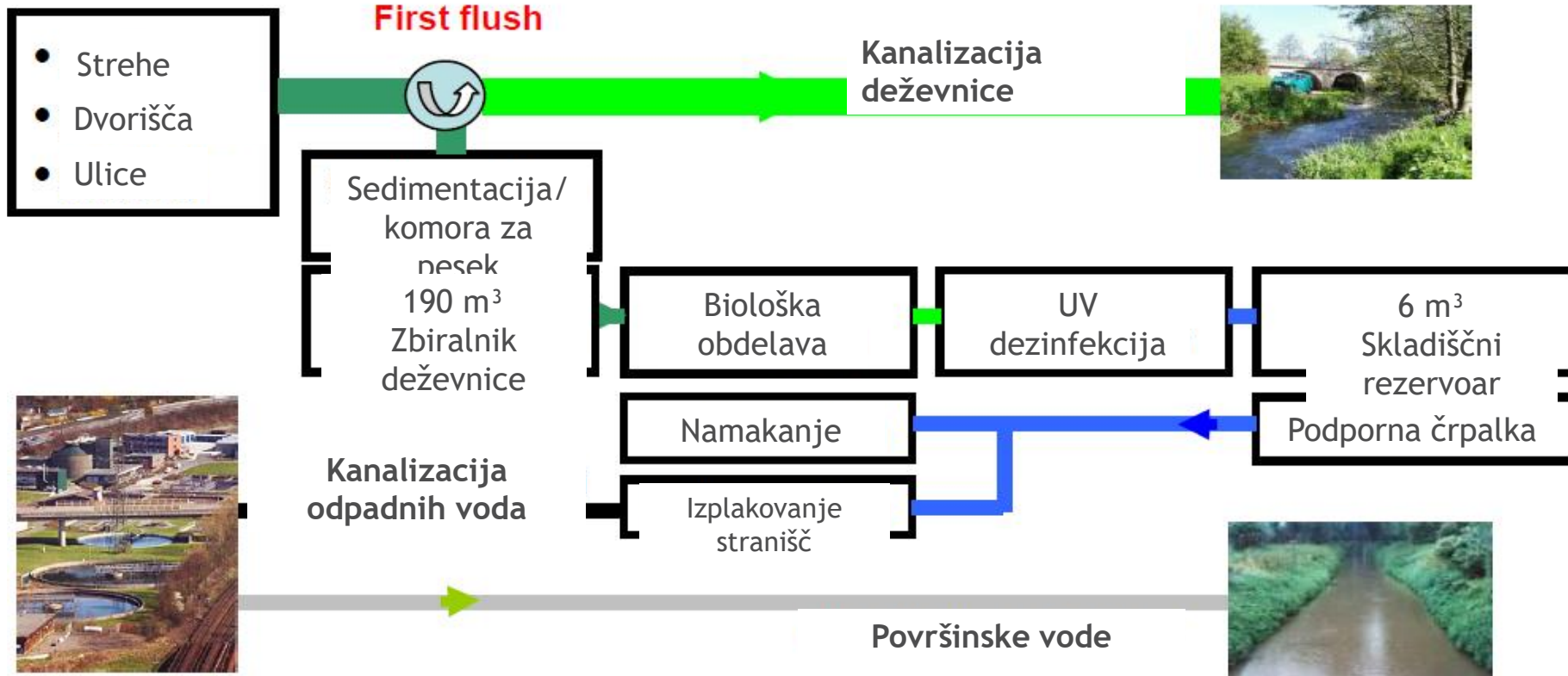
Zbiranje deževnice v Berlinu-Lankwitz



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

ŠTUDIJA PRIMERA : ZBIRANJE DEŽEVNICE (VKLJUČNO Z ULIČNIMI ODTOKI)

Tok načrtovanja čiščenje deževnice



Zasnova sistema



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

ŠTUDIJA PRIMERA : ZBIRANJE DEŽEVNICE (VKLJUČNO Z ULIČNIMI ODTOKI)



Kanalizacija deževnice s stikalom za preusmeritev



Filter zemlje zasnovan v notranjosti stavbe



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

ŠTUDIJA PRIMERA : ZBIRANJE DEŽEVNICE (VKLJUČNO Z ULIČNIMI ODTOKI)

Kakovost vode iz sistema za zbiranje deževnice
v primerjavi s kakovostjo pitne vode v Berlinu

		Ablauf Sandfilter			Pitna voda v Berlinu (tipične koncentracije)
Parameter		Max	Min	Mittel	
LF [$\mu\text{S}/\text{cm}$]		199,00	60,00	103,38	Cond.: 813 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Trans [%]		97,10	24,00	83,79	
TOC		5,30	1,26	2,49	TOC: 4.5 mg/l
BSB ₇		3,00	0,59	0,86	
CSB		15,80	4,56	6,82	
N _{ges}		3,82	0,69	2,06	
P _{ges}		0,174	0,014	0,089	
Cl		17,22	0,81	4,05	
NO ₂ -N	[mg/l]	0,131	0,006	0,063	
NO ₃ -N		3,512	0,364	1,726	
PO ₄		1,65	0,09	0,28	
SO ₄		19,51	2,72	7,09	SO ₄ : 180 mg/l
Na		7,69	1,13	5,12	
Mg		2,07	0,05	1,47	Mg: 13 mg/l
Ca		19,76	6,68	15,74	
HH ₄ -N		6,61	0,47	3,54	Ca: 110 mg/l

- Potencial varčevanja s pitno vodo:
70% potreb po vodi za izplakovanje stranišč (80 stanovanj)
= 2,500 m³/a
- Higienske zahteve so izpolnjene
- ➡ Samo neonesnažen del deževnice vstopa v površinske vode, kar je dobro za okolje



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

ŠTUDIJA PRIMERA : ZBIRANJE DEŽEVNICE (VKLJUČNO Z ULIČNIMI ODTOKI)

Zbiranje deževnice vključno z uličnimi odtoki, Berlin

Značilnosti	Prvi projekt te vrste v Berlinu, ki za zbiranje deževnice vključuje odtoke iz ulic
Začetek projekta	2000
Področje zbiranja	Površine streh in dvorišč vključno z zaprtimi uličnimi površinami
Področje zbiranja	12,000 m ² zaprtih površin
Zbiralnik deževnice	190 m ³ ; deževnica se preusmeri iz kanalizacije za deževnico (vključno s prvim splakovanjem)
Pred obdelava	Sedimentacija in komora za pesek (lovilci peska)
Biološka obdelava	Zasnovan filter za zemljo in UV-dezinfekcija
Kapaciteta	10 m ³ /d
Možnost ponovne uporabe	Izplakovanje stranišč (200 oseb) in namakanje



POGLAVJE 2.2: DEŽEVNICA V URBANIH OKOLJIH

Katera tehnologija ravnanja z deževnico je najbolj primerna za moj projekt?

- Običajno ne gre za en ukrep, ampak za kombinacijo več različnih ukrepov, da bi pod danimi pogoji dobili najboljše rezultate
- Koristna je ekonomska študija, ki poleg finančnih ciljev upošteva tudi nefinančne cilje za določen ukrep. Ocena ekonomske učinkovitosti ne bi smela temeljiti samo na velikosti naložbe, ampak mora vključevati tudi prihodnje obratovalne stroške in prihranke.

