

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

*Janova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Gradbeništvo,  
Komunalna smer

Kandidatka:

**Andreja Rutar**

**Analiza vpliva parametrov na kakovost prelite  
vode in volumne zadrževalnih bazenov po  
standardu ATV-A 128E**

**Diplomska naloga št.: 2993**

**Mentor:**

izr. prof. dr. Jože Panjan

**Somentor:**

asist. dr. Mario Krzyk

Ljubljana, 31. 1. 2008

## **STRAN ZA POPRAVKE**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisana **ANDREJA RUTAR** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:  
**»ANALIZA VPLIVA PARAMETROV NA KAKOVOST PRELITE VODE IN  
VOLUMNE ZADRŽEVALNIH BAZENOV PO STANDARDU ATV-A 128E«.**

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,  
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 18.1.2008

---

(Podpis)

---

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

- UDK:** 628.2(043.2)
- Avtor:** Andreja Rutar
- Mentor:**izr. prof. dr. Jože Panjan
- Somentor:** asist. dr. Mario Krzyk
- Naslov:** Analiza vpliva parametrov na kakovost prelite vode in volumne zadrževalnih bazenov po standardu ATV-A 128E
- Obseg in oprema:** 86 str., 5 pregl., 43 sl., 46 en.
- Ključne besede:** mešani kanalizacijski sistemi, razbremenilniki, zadrževalni bazeni, standard ATV-A 128E, analiza zadrževalnih volumnov

### **Izvleček**

Diplomska naloga obravnava nemški tehnični standard ATV-A 128E, ki se uporablja za projektiranje hidrotehničnih objektov s prelivom na mešanih kanalizacijskih sistemih. Naloga je razdeljena v štiri smiselne sklope, bistveni del pa predstavlja postopek določanja volumnov zadrževalnih bazenov in parametre, ki se pri tem uporabljajo.

Prvi del naloge opisuje zadrževalno-razbremenilne objekte, njihov namen in delovanje. V drugem delu so obravnavana izhodišča standarda. Opisani so parametri, ki jih standard zajema ter postopek določanja zadrževalnih volumnov. V tretjem delu naloge je predstavljen primer določitve zadrževalnih volumnov za KS Velenje – Šoštanj. Zadnji del diplomske naloge pa analizira vpliv vhodnih parametrov na specifični zadrževalni volumen za primer treh bazenov na območju KS Velenje – Šoštanj in podaja izsledke podobne raziskave iz tuje literature.

Z analizo ugotovimo, kateri parametri pomembno vplivajo na volumen zadrževalnega bazena in kateri parametri nanj nimajo velikega vpliva. Rezultat take analize je torej kriterij, ki nam pove, pri določanju katerih parametrov moramo biti posebno previdni. Približno ocenjevanje pomembnih parametrov namreč lahko vodi do neprimerne dimenzioniranja.

---

## **BIBLIOGRAFIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

<b>UDC:</b>	<b>628.2(043.2)</b>
<b>Author:</b>	<b>Andreja Rutar</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>assoc. prof. Jože Panjan</b>
<b>Co-supervisor:</b>	<b>assist. dr. Mario Krzyk</b>
<b>Title:</b>	<b>Analysis of the Impact of Parameters on the Quality of Overflowed Water and the Volumes of Stormwater Tanks According to the ATV-A 128E Standard</b>
<b>Notes:</b>	<b>86 p., 5 tab., 43 fig., 46 eq.</b>
<b>Key words:</b>	<b>combined wastewater sewers, overflows, stormwater tanks, ATV-A 128E standard, analysis of retained volumes</b>

### **Abstract**

This work focuses on the German ATV-A 128E standard used for the design and dimensioning of stormwater overflows in combined wastewater sewers. The work is divided into four logical sections, while the essential part covers the procedure of specifying the volumes of the stormwater tanks and the parameters used in that procedure.

The first part of the work describes the retention and overflow facilities, their purpose and their function. In the second part, the basic points of the standard are dealt with. The parameters covered by the standard are described along with the procedure for defining retention volumes. In the third part of the work, an example is presented of defining the retention volumes for the local community of Velenje – Šoštanj. The last part of the thesis analyses the influence of input parameters in the example of the three tanks in the Velenje – Šoštanj location and gives the results of similar research presented in foreign literature.

The analysis enables us to see which parameters have a significant influence on the volume of the stormwater tanks and which parameters do not have a major influence. Therefore, the result of this analysis is the criteria showing us which parameters we need to define with extreme care. Approximations in the estimation of important parameters can result in inappropriate dimensioning.

## **ZAHVALA**

Za vse nasvete in pomoč pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Jožetu Panjanu in somentorju asist. dr. Mariu Krzyku.

Posebna zahvala gre družini, prijateljem in kolegom za vso podporo in vsem, ki so mi kakorkoli pomagali in me vzpodbujali v času študija in pri izdelavi te diplomske naloge.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ZADRŽEVALNO-RAZBREMENILNI OBJEKTI.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Razbremenilniki.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2</b>	<b>Deževni bazeni.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Deževni zadrževalni bazeni.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Deževni prelivni bazeni.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Kombinirani bazeni.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Deževni bazeni za delno čiščenje.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>Kanali z zadrževalno prostornino in prelivom.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4</b>	<b>Zadrževalni bazeni brez predhodnega razbremenilnika.....</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>STANDARD ATV-A 128E.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>Splošno.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2</b>	<b>Načela načrtovanja.....</b>	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>Obseg načrtovanja.....</b>	<b>18</b>
<b>3.4</b>	<b>Parametri v standardu ATV-A 128E.....</b>	<b>18</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Prispevne površine.....</b>	<b>19</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Odtočne količine.....</b>	<b>22</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Ostali parametri.....</b>	<b>27</b>
<b>3.5</b>	<b>Določitev zadrževalnega volumna.....</b>	<b>31</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Določitev skupnega zadrževalnega volumna.....</b>	<b>33</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Dimenzioniranje posameznega deževnega bazena.....</b>	<b>33</b>

<b>3.5.3</b>	<b>Območje uporabe postopka dimenzioniranja.....</b>	<b>34</b>
<b>3.5.4</b>	<b>Kontrolni postopek.....</b>	<b>34</b>
<b>3.6</b>	<b>Postavitev deževnih bazenov .....</b>	<b>36</b>
<b>3.7</b>	<b>Medsebojno priključevanje deževnih bazenov .....</b>	<b>40</b>
<b>3.7.1</b>	<b>Vzporedna povezava .....</b>	<b>40</b>
<b>3.7.2</b>	<b>Zaporedna povezava .....</b>	<b>41</b>
<b>4</b>	<b>DOLOČANJE ZADRŽEVALNIH VOLUMNOV DEŽEVNIH BAZENOV PO STANDARDU ATV-A 128E – PRIMER KS VELENJE – ŠOŠTANJ.....</b>	<b>42</b>
<b>4.1</b>	<b>Vode v občinah Velenje in Šoštanj.....</b>	<b>42</b>
<b>4.2</b>	<b>Kanalizacijski sistem Velenje – Šoštanj .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3</b>	<b>Ukrepi za izboljšanje kakovosti voda v občinah Velenje in Šoštanj.....</b>	<b>46</b>
<b>4.4</b>	<b>Določanje volumnov deževnih bazenov na območju KS Velenje – Šoštanj .....</b>	<b>47</b>
<b>5</b>	<b>ANALIZA VPLIVA PARAMETROV NA SPECIFIČNI ZADRŽEVALNI VOLUMEN – PRIMER KS VELENJE – ŠOŠTANJ .....</b>	<b>53</b>
<b>5.1</b>	<b>Analizirani zadrževalni bazeni na KS Velenje – Šoštanj.....</b>	<b>53</b>
<b>5.2</b>	<b>Raziskave vplivov na dimenzije zadrževalnih bazenov v tujini .....</b>	<b>56</b>
<b>5.3</b>	<b>Analiza vplivov na specifični zadrževalni volumen za zadrževalne bazene Selo, Šalek II in Metleče II .....</b>	<b>58</b>
<b>5.3.1</b>	<b>Vpliv povprečnega koeficienta nagnjenosti terena <math>SG_m</math> .....</b>	<b>58</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Vpliv povprečne letne višine padavin <math>h_{pr}</math> .....</b>	<b>61</b>
<b>5.3.3</b>	<b>Vpliv velikosti reducirane prispevne površine <math>A_{red}</math>.....</b>	<b>62</b>
<b>5.3.4</b>	<b>Vpliv dotočnega časa <math>t_f</math>.....</b>	<b>63</b>
<b>5.3.5</b>	<b>Vpliv koeficienta maksimalne urne porabe <math>x</math> .....</b>	<b>65</b>
<b>5.3.6</b>	<b>Vpliv odtoka tujih vod na enoto površine <math>q_{iw}</math> .....</b>	<b>66</b>



---

<b>5.3.7</b>	<b>Vpliv koeficienta velikosti odtoka skozi dušilko <math>n</math> .....</b>	<b>67</b>
<b>5.3.8</b>	<b>Vpliv prebivalcev.....</b>	<b>68</b>
<b>5.3.9</b>	<b>Vpliv norme porabe vode <math>n_p</math> .....</b>	<b>72</b>
<b>5.3.10</b>	<b>Vpliv koncentracije KPK sušnega odtoka <math>C_{dw}</math>.....</b>	<b>73</b>
<b>5.3.11</b>	<b>Vpliv koncentracije KPK deževnega odtoka <math>C_r</math>.....</b>	<b>75</b>
<b>5.3.12</b>	<b>Primerjava rezultatov analize.....</b>	<b>77</b>
<b>6</b>	<b>ZAKLJUČKI.....</b>	<b>81</b>
	<b>VIRI.....</b>	<b>83</b>

## **PRILOGE**

## **KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Koeficienti odтока za razne vrste površin	21
Preglednica 2: Določitev koeficienta nagnjenosti terena glede na padec	21
Preglednica 3: Določitev koeficienta maksimalne urne porabe $x$	24
Preglednica 4: Primerjava vpliva parametrov	77
Preglednica 5: Vpliv parametrov na specifični volumen	78

**KAZALO SLIK**

Slika 1: Delovanje razbremenilnika	4
Slika 2: Območje pojava usedanja	6
Slika 3: Skica deževnega bazena za delno čiščenje	10
Slika 4: Kanal z zadrževalno prostornino in prelivom na zgornjem delu	11
Slika 5: Kanal z zadrževalno prostornino in prelivom na spodnjem delu	11
Slika 6: Prikaz delovanja zadrževalnega bazena	12
Slika 7: Določitev prostornine zadrževalnega bazena	13
Slika 8: Diagrama za določitev vpliva kanalizacijskih usedlin	29
Slika 9: Diagram za določitev specifičnega volumna zadrževalnega bazena	32
Slika 10: Deževni zadrževalni bazen na glavnem vodu	36
Slika 11: Deževni prelivni bazen na glavnem vodu	37
Slika 12: Kombinirani bazen na glavnem vodu	37
Slika 13: Deževni zadrževalni bazen na stranskem vodu	38
Slika 14: Deževni prelivni bazen na stranskem vodu	38
Slika 15: Kombinirani bazen na stranskem vodu	38
Slika 16: Primer vzporedno povezanih deževnih bazenov	40
Slika 17: Primer zaporedno vezanih deževnih bazenov	41
Slika 18: Kanalizacijski sistem Velenje – Šoštanj	45
Slika 19: Shema umestitve deževnega bazena Selo v prostor	54
Slika 20: Shema umestitve deževnega bazena Šalek II v prostor	54
Slika 21: Shema umestitve deževnega bazena Metleče II v prostor	55
Slika 22: Krivulje vpliva povprečne letne višine padavin na specifični volumen	58
Slika 23: Diagram vpliva povprečnega koeficienta nagnjenosti terena $SG_m$ na specifični volumen $V_s$	59
Slika 24: Diagram odvisnosti med povprečnim koeficientom nagnjenosti terena $SG_m$ in faktorjem vpliva kanalizacijskih usedlin $a_a$	60
Slika 25: Diagram odvisnosti med letno višino padavin $h_{pr}$ in faktorjem vpliva letnih padavin $a_h$	61
Slika 26: Diagram vpliva letne višine padavin $h_{pr}$ na specifični volumen $V_s$	61
Slika 27: Diagram vpliva reducirane prispevne površine $A_{red}$ na specifični volumen $V_s$	63

---

Slika 28: Diagram odvisnosti med koeficientom zmanjšanja dotočnega časa $a_f$ in dotočnim časom $t_f$	64
Slika 29: Diagram vpliva dotočnega časa $t_f$ na specifični volumen $V_s$	64
Slika 30: Diagram odvisnosti med specifičnim volumnom $V_s$ in koeficientom maksimalne urne porabe $x$	65
Slika 31: Diagram odvisnosti med specifičnim volumnom $V_s$ in odtokom tujih vod na enoto površine $q_{iw}$	66
Slika 32: Diagram odvisnosti med koeficientom velikosti odtoka skozi dušilko $n$ in specifičnim volumnom $V_s$	68
Slika 33: Diagram vpliva deleža prebivalcev ločenega sistema na specifični volumen $V_s$	69
Slika 34: Razmerje deževnega odtoka $q_r$ strmo linearno narašča z večanjem števila prebivalcev $A$	70
Slika 35: Vpliv števila prebivalcev $A$ na specifični volumen $V_s$ za bazena Selo in Šalek II	70
Slika 36: Vpliv števila prebivalcev $A$ na specifični volumen $V_s$ za deževni bazen Metleče II	71
Slika 37: Vpliv števila prebivalcev $A$ na specifični volumen $V_s$ v primeru konstantnega odtoka skozi dušilko za deževni bazen Selo	71
Slika 38: Diagram odvisnosti med normo porabe vode $n_p$ in specifičnim volumnom $V_s$	72
Slika 39: Diagram odvisnosti med normo porabe vode $n_p$ in specifičnim volumnom $V_s$ v primeru konstantnega odtoka skozi dušilko za deževni bazen Selo	73
Slika 40: Odvisnost med koeficientom vpliva večjega onesnaženja $a_p$ in koncentracijo KPK sušnega odtoka $C_{dw}$	74
Slika 41: Diagram vpliva koncentracije KPK sušnega odtoka $C_{dw}$ na specifični volumen $V_s$	74
Slika 42: Diagram odvisnosti med koncentracijo KPK deževnega odtoka $C_r$ in dovoljeno letno mero preliivanja $e_o$	75
Slika 43: Vpliv koncentracije KPK deževnega odtoka $C_r$ na specifični volumen $V_s$	76

---

## KAZALO PRILOG

Priloga A: Shema pretokov med razbremenilniki

Priloga B: Izračun zadrževalnih volumnov deževnih bazenov za KS Velenje – Šoštanj

Priloga B1: Izračun zadrževalnih volumnov za celotno območje nad posameznim deževnim bazenom po standardu ATV-A 128E

Priloga B2: Izračun volumnov deževnih bazenov po standardu ATV-A 128E z upoštevanjem koncentracije KPK deževnega odtoka 107 mg/l

Priloga B3: Izračun volumnov deževnih bazenov po standardu ATV-A 128E z upoštevanjem koncentracije KPK deževnega odtoka 100 mg/l

Priloga B4: Izračun volumnov deževnih bazenov po standardu ATV-A 128E z upoštevanjem koncentracije KPK deževnega odtoka 90 mg/l

Priloga C: Izračun volumnov na poenostavljen način na podlagi kritičnega pretoka

Priloga C1: Izračun volumnov na poenostavljen način na podlagi kritičnega pretoka s površinsko obremenitvijo  $10 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$

Priloga C2: Izračun volumnov na poenostavljen način na podlagi kritičnega pretoka s površinsko obremenitvijo  $5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$

Priloga D: Vrste deževnih bazenov na KS Velenje – Šoštanj

Priloga E: Diagrami iz raziskave Bemessung von Regenüberlaufbecken gemäß ATV-Arbeitsblatt A-128

Priloga F: Vpliv parametrov za bazene Selo, Šalek II in Metleče II

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
ATV	Abwassertechnische Vereinigung
BPK	biokemijska potreba po kisiku
BPK5	biokemijska potreba po kisiku v petih dneh
CČN	centralna čistilna naprava
ČN	čistilna naprava
GIS	geografski informacijski sistem
GEN	gospodarsko enakovredni nalivi
KS	kanalizacijski sistem
KPK	kemijska potreba po kisiku
PE	populacijski ekvivalent
SWMM	Storm Water Management Model

---

## SLOVAR MANJ ZNANIH BESED IN TUJK

**Biokemijska potreba po kisiku (BPK)** je količina elementarnega kisika, ki ga porabijo mikroorganizmi med razkrojem. Ni odvisna samo od količine in koncentracije organskih snovi, ampak tudi od števila in aktivnosti mikroorganizmov, temperature, turbulence itd. Zato je pogoje določanja potrebno standardizirati, da rezultate lahko primerjamo. Dogovorjeno je, da proces poteka pri 20° C. Najpogosteje določamo petdnevno biokemijsko potrebo po kisiku – BPK5. (Kolar, 1983)

**Dolgoročne simulacije** so simulacije delovanja hidrološkega in hidravličnega modela sistema v daljšem obdobju. Običajno se izberejo realne padavine v tipičnem povprečnem letu, lahko pa tudi za večletno obdobje. Pri taki analizi se raziskuje predvsem količine, ki dotekajo v sistem in iztekajo iz sistema (npr. preko prelivov in čistilne naprave) ter letne frekvence prelivanja. Glede na namen simulacij in zaradi krajših računskih časov lahko model kanalizacije poenostavimo tako, da daje pravilne rezultate v primerjavi z natančnejšim modelom, namenjenim za kratkoročne simulacije. (AquaData)

**Emisija** je koncentracija snovi, ki jo izpuščamo v okolje. (Ribič, Rep, 2004)

**Kemijska potreba po kisiku (KPK)** je količina kisika, ki je potrebna za kemično oksidacijo primesi v vodi, meri se v mg/l. (Kolar, 1983)

**Kratkoročne simulacije** so simulacije delovanja sistema ob enkratnih deževnih dogodkih. Zanima nas predvsem hidravlično dogajanje. Za obremenitev sistema se lahko uporablja realne nalive ali sintetične nalive (GEN) s povratnimi dobami 1, 2, 5, 10 in več let. Rezultati analiz so nivogrami in hidrogrami v določenih točkah modela. Pri tem se ugotavlja, kakšni so dinamični učinki na sistemu: zaježitve, povratni tokovi na združitvah kanalov, kje je sistem preobremenjen, kje premalo obremenjen, kje in kakšne so največje hitrosti, kako delujejo odseki z negativnimi padci, pri kakšnih nalivih začnejo delovati razbremenilniki itd. Če so na voljo podatki o kritičnih kotah na sistemu (nizko ležeči priključki), se lahko ugotovi poplavna varnost priključenih objektov. (AquaData)

**Odvodnik** je vodno telo, v katerega se razbremenjuje ali izpušča (očiščeno) odpadno ali padavinsko vodo. (Kompare, 1991)

**Populacijski ekvivalent (PE)** je enota za obremenjevanje vode, ki ustreza onesnaženju, ki ga povzroči en prebivalec na dan, izražena je v BPK5. 1 PE je enak 60 g BPK5/dan. S tem pojmom se podaja biološka obtežba in s tem velikost čistilne naprave.

**Prvi val onesnaženja oziroma čistilni val** je odtok ob začetku intenzivnih nalivov, ko padavinska voda pobere največ onesnaženja, ki se je kopičilo v času sušnega vremena. Tedaj so v odtoku sprane zračna (plini, prah) in površinska nesnaga (pesek, olja, smeti, kemikalije s cest, parkirišč, urbanih površin, industrijskih površin) ter usedline v kanalizaciji. Koncentracije onesnažil v začetnem odtoku so mnogo večje v primerjavi z odtokom, ki sledi. Količina nakopičenih onesnažil je največja po daljšem sušnem obdobju, spomladi in v jeseni.

**Samočistilna sposobnost rek** izraža količino organske mase, ki se s pomočjo mikroorganizmov v vodi razgradi v anorgansko snov. Je posledica spleta prehranjevalnih verig, zaradi katere pride v vodnem ekosistemu do zmanjšanja onesnaženja. Na sposobnost in moč samočiščenja vplivajo struktura ekosistema ter lastnosti polutanta, ki pride v ekosistem. Pri samočiščenju lahko pride do popolne razgradnje organskih snovi (mineralizacija) ali pa do delne organske razgradnje. Če je razgradnja popolna, je samočiščenje uspešno in v ekosistemu se vzdržuje ravnotežje. Če pa poteka le delna razgradnja organskih snovi, je samočiščenje nepopolno. Delni razgradni procesi so pogosto anaerobni. Mnoge snovi se ne razgradijo, temveč se nalagajo v sedimentih in predstavljajo stalno nevarnost sekundarnega onesnaženja. (Ribič, Rep, 2004)

**Srednji nizki pretok vodotoka** je aritmetično povprečje najnižjih letnih vrednosti pretoka vodotoka v daljšem opazovalnem obdobju. (Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo, 2005)

**Tuje vode** so tiste vode, ki vdirajo v kanalizacijsko omrežje ali so nanj nedovoljeno priključene (npr. površinski vodotoki, podtalnica, voda iz drenažnih zajetij). Redčijo odpadne vode in se morajo nato skupaj z njimi prečrpavati ali očistiti. Tuje vode lahko pomenijo



dodatno prečrpavanje ali čiščenje velikih količin razmeroma čiste vode, kar se odraža na visokih obratovalnih stroških črpališč in čistilnih naprav. Poleg tega lahko tuje vode porušijo biološko ravnovesje v postopku čiščenja.

## 1 UVOD

Ob nalivih se odtoki v mešanem sistemu kanalizacije povečajo tudi nekaj stokrat v primerjavi z odtoki v sušnem obdobju. Iz ekonomskih in tehničnih razlogov se zato del odtokov s pomočjo zadrževalno-razbremenilnih objektov ob nalivih odvaja v odvodnike. V preteklosti so se v ta namen na mešanih KS (kanalizacijskih sistemih) gradili razbremenilniki, ki večji del razredčenega mešanega odtoka odvajajo v odvodnik neočiščenega. V času razbremenjevanja, torej občasno, se s tako velikim obsegom razbremenjevanja v jezera in reke vnaša del onesnaženja, ki lahko nekajkrat presega iztok onesnažil iz ČN (čistilne naprave). Posledica tega je lahko prekomerno obremenjevanje odvodnikov in slabšanje njihovega kakovostnega stanja.

V zadnjih letih se z dvigom ekološke zavesti in ob zahtevi, da mora biti kvaliteta prelite vode v dopustnih mejah, na mešanih KS gradijo deževni zadrževalni, deževni prelivni in kombinirani bazeni ter kanali z zadrževalno prostornino in prelivom. Z njimi se bistveno zmanjša delež prelite vode v odvodnik, tako da se zadrži močno onesnaženo mešano odpadno vodo, ki nastopi v prvih minutah naliva, in se jo po končanem nalivu očisti na ČN.

V Sloveniji se deževne zadrževalne, deževne prelivne in kombinirane bazene ter kanale z zadrževalno prostornino in prelivom dimenzionira na podlagi ustreznih tujih prepisov, predvsem nemških smernic projektiranja ATV-A 128E.

Namen moje diplomske naloge je raziskati vpliv krajevno specifičnih vhodnih parametrov, ki jih smernice ATV-A 128E upoštevajo v postopku določanja zadrževalnih volumnov. Vpliv parametrov na specifični zadrževalni volumen smo analizirali za primer prispevnih območji treh bazenov na območju KS Velenje-Šoštanj. Odvisnosti med specifičnim volumenom in parametri so prikazane s pomočjo diagramov in primerjalnih tabel. Ugotovitve smo primerjali z izsledki podobne raziskave v tuji literaturi. Poleg tega so v diplomski nalogi predstavljeni zadrževalno-razbremenilni objekti, njihov namen in delovanje, nemške smernice ATV-A 128E, opisani so parametri in postopek za določanje zadrževalnih volumnov, narejen je

primer določitve zadrževalnih volumnov deževnih bazenov na KS Velenje – Šoštanj in umestitev treh bazenov v prostor.

## 2 ZADRŽEVALNO-RAZBREMENILNI OBJEKTI

ČN (čistilne naprave) v mešanem KS (kanalizacijskem sistemu) so običajno dimenzionirane na hidravlično obremenitev velikosti dvakratnega sušnega dotoka. Ker je dotok na ČN omejen in ker bi dimenzioniranje KS na nalive nizkih letnih pogostosti (na primer  $n = 0,1$ ) zahtevalo izjemno velike premere cevi, se pri načrtovanju mešanih KS teži k zadrževanju močno onesnažene in razbremenjevanju malo onesnažene – močno razredčene mešane odpadne vode v času nalivov. V ta namen se gradijo zadrževalno-razbremenilni objekti: razbremenilniki, deževni bazeni in kanali z zadrževalno prostornino in prelivom.

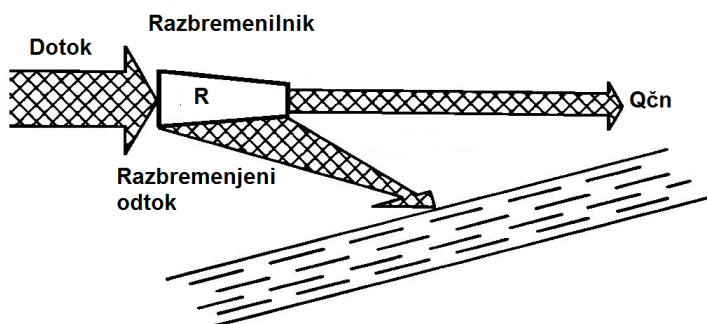
V zadnjem času se posveča velika pozornost izboljššanemu načrtovanju prelivnih objektov ter deževnih bazenov in opremljanju omrežja s kontrolnimi strukturami (premični preliv, prevodnice, zapornice itd.), da se v čim večji meri izkoristi retenzijska sposobnost celotnega omrežja in se čim večji del odpadne in z deževnico razredčene vode dovede na ČN. (Kompere, 1991)

Poleg kapacitete zadrževalno-razbremenilnih objektov na učinkovitost vplivajo še njihova razporeditev, dimenzije in obratovanje vgrajene opreme. Med drugim je potrebno preveriti tudi njihovo medsebojno obratovanje. V praksi se pogosto ugotavlja neuskkljenost sistemov, do katere prihaja zaradi nesočasnega načrtovanja, različnih metod dimenzioniranja in različnih izvajalcev posameznih segmentov načrtovanja. To je lahko tudi vzrok za slabo delovanje in majhne učinke čiščenja ČN. Zadržano količino vode je potrebno v celoti odvesti na ČN – gravitacijsko ali pa s pomočjo črpalk.

V odvodniku je potrebno poskrbeti za utrditev njegovega dna na točki razbremenjevanja, vzpostavitev možnosti začasne migracije organizmov in za posredno razbremenjevanje z vmesnim bazenom pred dotokom odpadne vode v odvodnik, s čimer zmanjšamo hitrost razbremenjevanja. (Ribič, Rep, 2004)

## 2.1 Razbremenilniki

Razbremenilniki so objekti na kanalski mreži, ki v času nalivov del mešane odpade vode odvajajo neposredno v odvodnik in s tem zmanjšujejo maksimalne pretoke v dolvodnih kanalih. Prelivati začnejo, ko je presežen kritični deževni odtok  $Q_{krit}$ .



Slika 1: Delovanje razbremenilnika (Vir: ATV-A 128E, 1992)

Preden se dimenzionira razbremenilnik, je potrebno določiti dotok, pri katerem se sme voda prelivati v odvodnik, da je zaščita odvodnika pred onesnaženjem zadostna. Upoštevati je potrebno, da hkrati z naraščanjem pretoka v kanalskem omrežju lahko narašča tudi pretok v odvodniku. Pri mešanem KS je značilno, da je ob začetku naliva odtok v kanalskem omrežju zaradi izpiranja usedlin mnogo bolj obremenjen kot običajni sušni odtok. Pri določanju obratovanja razbremenilnika se upošteva razredčenje in prelivajočo količino onesnaženja. Običajno se uporabi stopnja razredčenja kot orientacijska vrednost. Za vrednost kritičnega deževnega odtoka se odloča iz jakosti padavinskega odtoka na enoto površine, pri kateri naj začne razbremenilnik delovati. (Kolar, 1983)

Glede na način prelivanja ločimo: (Panjan, 2005)

- razbremenilnike z bočnim in s pravokotnim prelivom ter
- razbremenilnike z delilno ploščo.

Pri razbremenilnikih z bočnim prelivnim robom se voda preлива bočno (eno- ali dvostransko). Razbremenilnik s pravokotnim prelivnim robom je ekstremni primer bočnega prelivanja. Razbremenilniki so običajno urejeni tako, da odtok v trenutku, ko razbremenilnik začne

delovati, že odteka pod tlakom. To je doseženo z vgraditvijo dušilnega voda – dušilke. Vrste dušilk so cevne, vrtinčne in zasunske. Razbremenilnik z delilno ploščo pa odvaja kritični odtok z odcepom (ponorom), ki je urejen v dnu profila. Odcep je prekrit s kovinsko ploščo, ki se prilega dnu profila, v plošči pa je odprtina. Delovati začne, ko je dosežen kritični odtok. (Panjan, 2005)

Pri umestitvi razbremenilnikov v prostor se izbirajo take lokacije, da je onesnaženje zaradi prelite vode čim manjše in da se kritični deževni odtok lahko odvaja na ČN. Sestavljeni so iz naslednjih enot:

- dotočni kanal,
- razbremenilna komora s prelivno steno,
- dušilna komora z vgrajeno dušilko (dušilna zapornica, težnostna dušilka itd.),
- iztočni kanal iz dušilne komore ter
- iztočni kanal za odvod prelite vode iz razbremenilne komore v odvodnik.

Po potrebi pa se v razbremenilnike vgradi še naslednja oprema:

- dušilke, zapornice, regulacijske prelivne stene itd.,
- elektrostrojne inštalacije,
- merilneregulacijska oprema s prenosom podatkov v nadzorni center.

V primeru vgradnje določenih tipov navedene opreme je treba objekt razbremenilnika oskrbeti z nizkonapetostnim elektropriključkom z možnostjo rezervnega napajanja iz mobilnega agregata. (Tehnični pravilnik o javni kanalizaciji, 2007)

V Nemčiji je projektiranje razbremenilnikov obravnavano v standardu ATV-A 128E (1992).

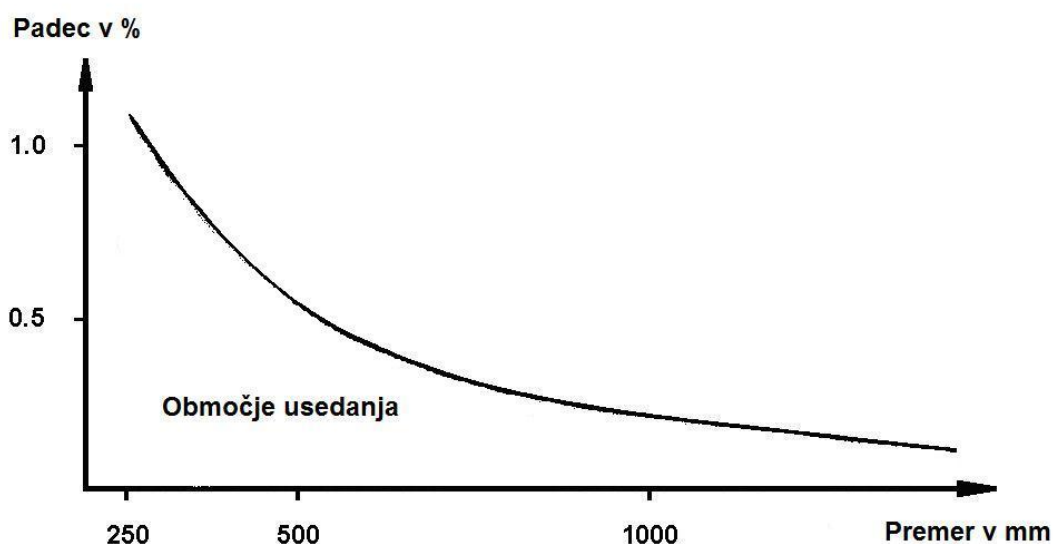
## 2.2 Deževni bazeni

Deževni bazeni so objekti na kanalski mreži, ki zadržujejo del mešane odpadne vode v času nalivov. Zadržana voda se po končanem nalivu očisti na ČN. Gradijo se z namenom izboljšanja kakovosti odvodnikov, saj razbremenilniki običajno zaradi prevelikega obsega razbremenjevanja ne nudijo zadostne zaščite predvsem manjših občutljivih odvodnikov. Z

zgraditvijo deževnih bazenov se doseže zmanjšanje maksimalnega padavinskega odtoka v KS. Zaradi zmanjšanja konic se podaljšajo dotočni časi dolvodno.

V teh bazenih se v celoti ujamejo in zadržijo tudi (zelo pogosti) letni nalivi manjših intenzitet, zato se s pomočjo teh bazenov izredno zmanjša tudi letna pogostost prelivanja. (Maleiner, 2005 a)

Pri izbiri lokacije je potrebno upoštevati ekonomske in vodnogospodarske vidike. Standard ATV-A 128E (1992) priporoča, da se bazene umesti na konec odsekov, za katere je značilno večje usedanje v kanalih, oziroma na konec posameznih podobmočij prispevne površine. Naslednja slika prikazuje območje pojava usedanja glede na padeč in premer kanala:



Slika 2: Območje pojava usedanja (Vir: ATV-A 128E, 1992)

Če se padeč kanala nahaja pod krivuljo (Slika 2), potem v kanalu prihaja do usedanja. Z manjšanjem hitrosti in v času sušnega odtoka se usedanje povečuje.

Vrste deževnih bazenov so:

- deževni zadrževalni bazeni,
- deževni prelivni bazeni,

- kombinirani bazeni in
- deževni bazeni za delno čiščenje na ločenem KS za odvajanje deževnega odtoka.

Deževni bazeni so konstruirani kot prekriti objekti v betonski izvedbi ali pa so odprti v zemeljski izvedbi. Prekrite deževne bazene v betonski izvedbi se gradi praviloma v urbanih okoljih, v zemeljski obliki pa zlasti večje bazene v ruralnih okoljih, na primer pri zadrževanju in kontroli padavinskih vod z avtocest. Deževne bazene v zemeljski izvedbi se gradi predvsem za lovljenje plavajočih in usedljivih snovi, torej za delno čiščenje ter zadrževanje vode in s tem bistveno zmanjšanje konic dotoka, na primer v manjši odvodnik – potok. V primeru nesreč služijo kot zadrževalni in kontrolni objekti. (Panjan, 2005)

Deževne bazene sestavljajo naslednje enote:

- enote na dotoku v bazen (dotočni kanal, dotočna komora),
- akumulacije (pokrita/nepokrita, peskolov, korito za sušni pretok, akumulacijski prostor, prelivna stena, potopljene stene in drugo) ter
- enote na iztoku iz bazena (iztočni kanal za odtok na ČN, kanal za prelito vodo z iztokom v odvodnik in drugo),
- vzporedni odtočni kanal.

Po potrebi se v bazene vgradi še naslednja oprema:

- čistilni elementi (avtomatske grablje, naprava za kompaktiranje odpadkov s kontejnerjem, prekucniki za izpiranje dna akumulacije, črpalke in mešala za usedline ter drugo),
- regulacijski elementi (senzorji za merjenje pretoka in nivoja, dušilke, zapornice in drugo),
- kontrola delovanja naprav – brezžični ali kabelski sistem zveze s prenosom podatkov v nadzorni center vzdrževalne službe (postavitve antene na lokaciji objektov, v prostoru upravljanja pa potrebna oprema, vgrajena v elektrooari).

Vgraditi je potrebno tudi nekatere inštalacije:

- tlačni sistem za izpiranje sten bazena, vodovodni priključek iz javnega vodovoda ali drug ustrezeni sistem,
- nizkonapetostni elektropriključek iz omrežja z možnostjo rezervnega napajanja iz mobilnega agregata ter



- pri pokritih akumulacijah sistem za prisilno prezračevanje s čiščenjem zraka akumulacijskega prostora. (Tehnični pravilnik o javni kanalizaciji, 2007)

### **2.2.1 Deževni zadrževalni bazeni**

Naloga deževnih zadrževalnih bazenov je, da zadržijo prvi val onesnaženja. Gradi se jih na koncu majhnih prispevnih površin, kjer so dotočni časi pri kritičnem nalivu manjši od 15 do 20 minut, in na sistemih, kjer ni predhodnega razbremenjevanja. Na majhnih prispevnih površinah so dotočni časi kratki in zato prihaja do visokih konic odtoka – čistilnega vala kmalu po začetku naliva.

Deževni zadrževalni bazeni nimajo preliwa. Po napolnitvi bazena se zaradi naraščajoče gladine v bazenu dotok zajezi do take mere, da se nadaljnji (malo onesnaženi) dotok razbremeni preko pred bazenom ležečega visokega razbremenilnega preliwa (razbremenilnika visokih vod). Vsa zadržana količina mešane odpadne vode se odvede na ČN, kjer se mehansko in biološko očisti.

V Nemčiji je projektiranje deževnih zadrževalnih bazenov obravnavano v standardu ATV-A 128E (1992).

### **2.2.2 Deževni prelivni bazeni**

Pri večjih prispevnih površinah sta dotok in koncentracija onesnažil ob nalivu bolj enakomerna. Pri takih prispevnih površinah so dotočni časi pri kritičnem nalivu večji od 15 do 20 minut in ni pojava izrazitega čistilnega vala. V tem primeru se gradijo deževni prelivni bazeni, ki zagotavljajo mehansko čiščenje prelite mešane odpadne vode. Od deževnih zadrževalnih bazenov se razlikujejo po tem, da imajo čistilni preliv, ki začne delovati, ko je bazen poln. Preko preliwa se mehansko očiščena voda odvaja v odvodnik.

Pred deževnim prelivnim bazenom je običajno nameščen razbremenilnik visokih vod, ki omejuje maksimalni dotok v deževni prelivni bazen. Do napolnitve se bazen obnaša kot zadrževalni, nato pa kot usedalni bazen s prelivom. Po koncu naliva se mora vsebina v celoti odvesti na biološko čiščenje na ČN. Gorvodno od bazena so lahko zaporedno vezani drugi zadrževalno-razbremenilnimi objekti.

V Nemčiji je projektiranje deževnih prelivnih bazenov obravnavano v standardu ATV-A 128E (1992).

### **2.2.3 Kombinirani bazeni**

Kombinirane bazene se gradi na mestih, kjer se pojavljajo čistilni valovi iz sosednjih območij z daljšimi dotočnimi časi kot tudi dotoki z enakomerno koncentracijo onesnažil. Sestavljeni so iz zadrževalnega dela bazena in prelivnega dela bazena s čistilnim prelivom. Zadrževalni del je oblikovan kot deževni zadrževalni bazen, prelivni del pa kot deževni prelivni bazen. Ob nalivu mešana odpadna voda najprej doteka v zadrževalni del, ko je ta poln, pa začne dotekati v prelivni del. Ko je poln tudi prelivni del, se mehansko očiščena voda začne prelivati v odvodnik. Zadrževalni in prelivni del sta lahko zgrajena en ob drugem ali en nad drugim. Pri legi en nad drugim je spodaj zadrževalni del, nad njim pa del s čistilnim prelivom.

Prednost takih bazenov je zadrževanje in mehansko čiščenje v enem bazenu, slabost pa so večji investicijski in obratovalni stroški. V KS se lahko priključijo na glavnem ali na stranskem vodu.

V Nemčiji je njihovo projektiranje obravnavano v standardu ATV-A 128E (1992).

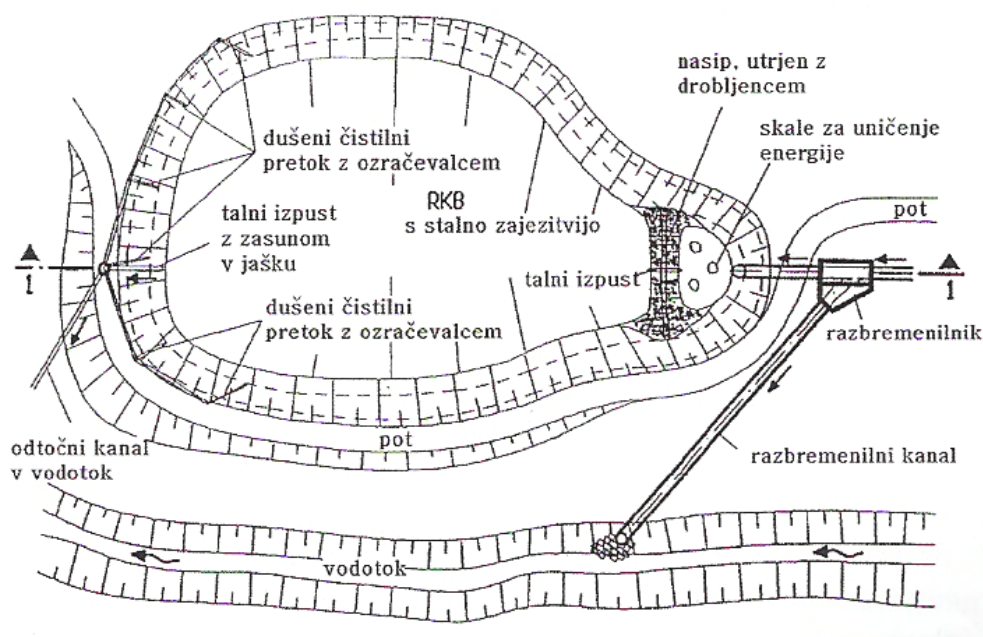
### **2.2.4 Deževni bazeni za delno čiščenje**

Deževni bazeni za delno čiščenje so objekti na ločenih KS, ki zadržujejo onesnažen deževni odtok. Poleg zmanjševanja maksimalnih pretokov tudi mehansko čistijo deževno vodo

(čistilni preliv) in jo mehansko očiščeno odvajajo v odvodnik ali na ČN (prečrpavanje). Pred bazenom je nameščen razbremenilnik visokih vod, ki omejuje maksimalni dotok v bazen, s čimer je preprečeno dvigovanje usedlin (Slika 3).

»Po vsaki uporabi deževnih bazenov za delno čiščenje jih moramo izprazniti in očistiti z vodnim curkom ter pregledati. Pri sušnem odtoku so deževni bazeni prazni oziroma morajo biti pripravljene na dotok vode ob dežju.« (Panjan, 2005)

V Nemčiji se ti bazeni dimenzionirajo po delovnih poročilih ATV-AG 1.3.2 (1980): Obdelava padavinskih odtokov pri ločenem sistemu kanalizacije oziroma po le nekoliko različni smernici za odvodnjavanje cestišč RAS-Ew (1987): Smernice za načrtovanje cestišč, del: odvodnjavanje. (Maleiner, 2005 a)

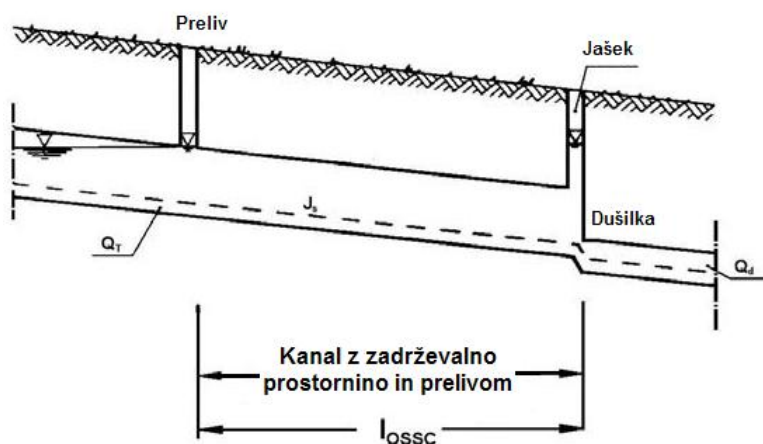


Slika 3: Skica deževnega bazena za delno čiščenje (Maleiner, 2005, str. 156)

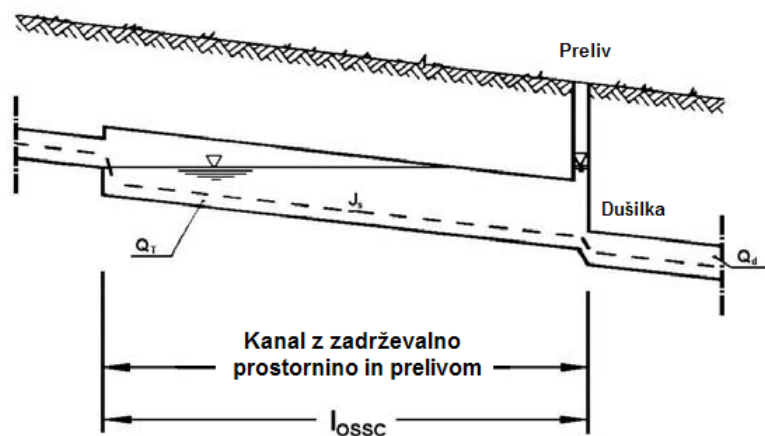
Ker pri deževnici na splošno ni emisij smradu, so taki bazeni lahko tudi odprti. (Maleiner, 2005 a)

### 2.3 Kanali z zadrževalno prostornino in prelivom

Kanali z zadrževalno prostornino in prelivom se razlikujejo po delovanju oziroma glede na mesto preliva. Kanali z zadrževalno prostornino in prelivom na zgornjem delu (Slika 4) delujejo podobno kot deževni zadrževalni bazeni, kanali z zadrževalno prostornino in prelivom na spodnjem delu (Slika 5) pa kot deževni prelivni bazeni.



Slika 4: Kanal z zadrževalno prostornino in prelivom na zgornjem delu (Vir: ATV-A 128E, 1992)



Slika 5: Kanal z zadrževalno prostornino in prelivom na spodnjem delu (Vir: ATV-A 128E, 1992)

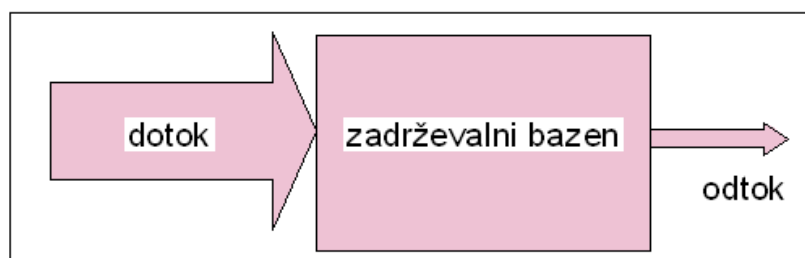
Prednosti uporabe teh kanalov so, da ne potrebujejo dodatnih objektov ter da se praznijo gravitacijsko (padec kanala). Bistvene pomanjkljivosti pa, da v njih lahko prihaja do usedanja, da so potrebni volumni za kanale z zadrževalno prostornino in prelivom na spodnjem delu

večji od volumnov deževnih prelivnih bazenov in da v primerjavi z deževnimi prelivnimi bazeni ne zagotavljajo mehanskega čiščenja prelite vode.

Uporabi se jih lahko le na odsekih z zadostno vlečno silo, tako da je preprečeno oziroma zmanjšano usedanje, oziroma tam, kjer so nameščene ustrezne naprave za izpiranje kanalov. Pri kanalih z zadrževalno prostornino in prelivom na spodnjem delu je potreben volumen večji v primerjavi s kanali s prelivom na zgornjem delu, saj obstaja nevarnost, da pride pri večjih nalivih do mešanja močno onesnažene vode s kasneje dotekajočo manj onesnaženo vodo.

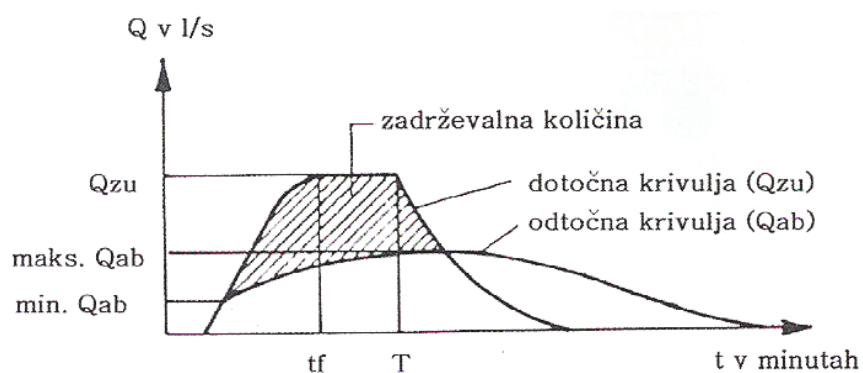
## 2.4 Zadrževalni bazeni brez predhodnega razbremenilnika

Zadrževalni bazeni brez predhodnega razbremenilnika ne spadajo med zadrževalno-razbremenilne objekte, vendar so lahko na KS skupaj z njimi. Gradijo se v primeru, ko KS ne more odvajati maksimalnih pretokov, prelivanje mešane odpadne vode pa ni mogoče (Slika 6).



Slika 6: Prikaz delovanja zadrževalnega bazena (Maleiner, 2005a, str. 156)

Prostornine deževnih zadrževalnih bazenov brez predhodnega razbremenilnika so v obratnem sorazmerju z velikostjo dušenega odtoka bazena. Določajo se na podlagi razlik med dotočnimi ter odtočnimi vsotnimi krivuljami. V njih ne nastopi količinsko zmanjšanje (prelivanje) celotne vodne mase, temveč ti bazeni omogočajo časovno razpotegnjeno odtočno krivuljo oziroma zmanjšanje odtočnih konic. Pri konstrukciji se skuša v njih preprečiti odlaganje usedlin. (Maleiner, 2005 a)



Slika 7: Določitev prostornine zadrževalnega bazena (Maleiner, 2005 a, str. 156)

V Nemčiji je njihovo projektiranje obravnavano v standardu DWA-A 117 (2006).

## 3 STANDARD ATV-A 128E<sup>1</sup>

### 3.1 Splošno

Nemški standard ATV-A 128E obravnava projektiranje hidrotehničnih objektov s prelivom na mešanih KS. Med objekte s prelivom spadajo razbremenilniki, deževni zadrževalni bazeni, deževni prelivni bazeni, kombinirani bazeni ter kanali z zadrževalno prostornino in prelivom.

Temeljne usmeritve v standardu so:

- zaradi ekonomskih in tehničnih razlogov se neonesnažene padavinske vode ne odvajajo v KS,
- zaradi ekonomskih in tehničnih razlogov se del odtokov s pomočjo zadrževalno razbremenilnih objektov ob nalivih odvaja v odvodnike,
- potrebno je ujeti t. i. prvi val onesnaženja s cestnih površin,
- ČN in zadrževalno-razbremenilne objekte se glede na omejevanje emisijskih koncentracij onesnaževal obravnava skupaj, saj sta KS z zadrževalno-razbremenilnimi objekti in pripadajoča ČN v medsebojni odvisnosti in kot celota namenjena zaščiti okolja.

Cilj čiščenja odpadnih vod je učinkovito varovanje kakovosti rek in jezer, kar dosežemo z zmanjšanjem skupnih emisij iz zadrževalno-razbremenilnih objektov in ČN v skladu z zahtevami vodnega gospodarstva. Ob nalivih se lahko v mešanem KS pojavijo velike koncentracije onesnaževal (t. i. prvi val onesnaženja), ki lahko v primeru razbremenjevanja reko oziroma jezero močno obremenijo. Čeprav gre za krajši pojav, pa lahko emisije večkrat presežejo tiste na iztoku iz ČN. Potrebno je hkrati omejiti dotok na ČN in razbremenjevanje mešane odpadne vode na dovoljeno mejo.

---

<sup>1</sup> Poglavlje je povzeto po: ATV-A 128E, 1992. Izjeme so označene z virom.

Na količino prelite vode in koncentracijo onesnažil v tej vodi imajo znaten vpliv lastnosti prispevnega območja in KS, kot so količina padavin, dotočni čas, padec, zadrževalna sposobnost kanalov, prisotnost večjega onesnaženja in priključeni ločeni sistemi za odvajanje sušnega odtoka. Vsi ti vplivi se upoštevajo v standardu.

Tehnične zahteve za običajne primere so določene na podlagi emisijskih mejnih vrednosti, ne upoštevajo pa kakovosti rek ali jezer. Standard privzema, da te zahteve zadoščajo, razen v primeru posebnih pogojev varovanja reke oziroma jezera.

Obremenitve vodotoka so odvisne od vrst, količin in koncentracij onesnaževal ter od trajanja in pogostosti razbremenjevanja. Standard kot glavni indikator onesnaženja uporablja KPK (kemijsko potrebo po kisiku). Kriterij za določanje zadrževalnega volumna po standardu je teoretična obremenitev s KPK, ki pri povprečnih pogojih dosega reke oziroma jezera v prelitih vodi. Standard pri določanju volumnov za osnovo uporablja naslednje privzete vrednosti, ki so značilne za povprečne razmere v Nemčiji:

- povprečna letna višina padavin..... 800 mm,
- koncentracija KPK deževnega odtoka  $C_r$  ..... 107 mg/l,
- koncentracija KPK sušnega odtoka  $C_{dw}$ ..... 600 mg/l,
- koncentracija KPK izpusta iz ČN v odvodnik  $C_{tp}$ ..... 70 mg/l.

Koncentracija KPK deževnega odtoka je izračunana iz letne obremenitve s KPK 600 kg/ha neprepustne prispevne površine, ki je izprana s povprečno letno višino padavin 800 mm, reducirano s koeficientom odtoka 0,70. Efektivna letna višina padavin je tako 560 mm (padavine, ki dosežejo mešani KS).

Odstopanja od teh vrednosti v dejanski situaciji se upoštevajo na sledeč način:

- Povprečna letna višina padavin ima znaten vpliv na onesnaženost mešane odpadne vode in na količino prelivanja. Višje letne višine padavin pomenijo večje obremenjevanje vodotokov, tako da je potrebno v tem primeru načrtovati večje zadrževalne kapacitete.
- Če je letna obremenitev neprepustnih prispevnih površin s KPK deževnega odtoka večja od 600 kg/ha, se izračuna koncentracija KPK deževnega odtoka glede na dejansko obremenitev in efektivno letno višino padavin 560 mm.



- Koncentracija KPK sušnega odtoka predstavlja teoretično vrednost, ki se jo za določitev potrebnega zadrževalnega volumna ne zmanjšuje. Če so dejanske koncentracije nižje od 600 mg/l, je s tem povečano varovanje pred onesnaženjem. Višje koncentracije vodijo do povečanja zadrževalnih volumnov.
- Z namenom, da se zagotovi ustrezno dimenzioniranje zadrževalno-razbremenilnih objektov za daljše obdobje, se kljub drugačnim letnim ali večletnim koncentracijam KPK izpusta iz ČN v odvodnik upošteva s standardom privzeta vrednost 70 mg/l. Dejanske izmerjene vrednosti koncentracije KPK izpusta iz ČN v odvodnik, ki se razlikujejo od privzete, nimajo vpliva na določanje zadrževalnih volumnov.

Predvideno povprečno razmerje koncentracij KPK je:

$C_{dw} : C_r : C_{tp} = 600 : 107 : 70$ , kjer je:

$C_{dw}$ ... koncentracija KPK sušnega odtoka

$C_r$ ... koncentracija KPK deževnega odtoka

$C_{tp}$ ... koncentracija KPK na izpustu iz ČN

Na podlagi privzetih vrednosti in z upoštevanjem dejanskih razmer se s postopkom dimenzioniranja določi zadrževalni volumen v KS. S tem volumnom je zagotovljeno učinkovito varovanje rek in jezer pred onesnaženjem. V primeru preseganja območja uporabe postopka dimenzioniranja (poglavje 3.5.3) podaja standard še dodaten kontrolni postopek.

### 3.2 Načela načrtovanja

Odtoki iz območji poselitve skupaj z onesnažili iz kmetijstva in atmosfere bistveno vplivajo na kakovostni razred odvodnikov. Odvodniki so zaradi območji poselitve obremenjeni z:

- izpusti padavinskih vod iz območji z ločenim sistemom,
- prelivi na mešanem sistemu kanalizacije in
- izpusti iz ČN.

Čiščenje mešane odpadne vode na mešanih KS obsega:

- zadrževanje mešane odpadne vode v KS in poznejša obdelava na ČN in

- čiščenje mešane odpadne vode pred izpustom v reko oziroma jezero.

Standard priporoča, da se razišče, ali je mogoče količine mešane odpadne vode zmanjšati in s tem zmanjšati emisije v razbremenilnih sistemih in na izpustih iz ČN ter investicijske in obratovalne stroške.

Velikost deževnega odtoka je najbolj odvisna od velikosti neprepustnih prispevnih površin KS. Ukrepi za zmanjšanje deževnega odtoka v KS so:

- izločanje neonesnaženih padavinskih vod iz KS z odvajanjem teh vod v odvodnike ali s ponikanjem (odtok iz onesnaženih prometnih, industrijskih in drugih površin mora biti odvajan v KS oziroma mora biti čiščen),
- izogibanje odtokov z neutrjenih površin,
- zadrževanje padavinske vode pred izpustom v kanalizacijo,
- uporaba padavinske vode za druge namene (npr. zalivanje vrtov).

Onesnaženje deževnega odtoka se lahko zmanjša z naslednjimi ukrepi:

- zmanjšanje virov velikega onesnaženja (npr. z izboljšanjem tehnologije),
- zmanjšanje emisij strupenih snovi na virih nastajanja,
- redno čiščenje cest in parkirišč,
- urejeno odvodnjavanje cest in parkirišč (čiščenje v peskolovih in zadrževalnikih olj),
- redno čiščenje kanalov KS,
- samoizpiranje kanalske mreže.

Ukrepi za zmanjšanje gospodinjske in industrijske odpadne vode so:

- uporaba naprednih tehnik varčevanja z vodo (recikliranje odtočne vode – npr. metoda obratovalne vode),
- uporaba deževnice za nekatere rabe (sanitarije, pranje, čiščenje, zalivanje ...),
- zaprti krogotoki vode v industriji.

Tudi odtok tuje vode je potrebno zmanjšati na najmanjšo možno mero. Ukrepi za zmanjšanje tuje vode so:

- zamenjava nedovoljenih povezav drenaž s primernimi drenažami,

- popravilo poškodovanih cevi,
- dobro tesnjenje stičišč kanalizacijskih elementov,
- preprečevanje vdora vode iz rek in jezer v KS,
- redno kontroliranje in vzdrževanje kanalov.

### 3.3 Obseg načrtovanja

Pri načrtovanju zadrževalno-razbremenilnih objektov so potrebni podatki o dejanskem in načrtovanem stanju za celotno prispevno območje. Pri določanju načrtovanega stanja je potrebno upoštevati razvojne plane področja in dolgoročne urbanistične načrte. Doba, na katero se dimenzionira kanalizacijsko omrežje, je 50 do 100 let, za ČN pa 15 do 25 let. Ker morajo biti odtoki dušilk zadrževalno-razbremenilnih objektov v celoti očiščeni na biološkem delu ČN, se zadrževalno-razbremenilne objekte dimenzionira na enako dobo kot ČN.

### 3.4 Parametri v standardu ATV-A 128E

V standardu so definirani naslednji parametri:

- povprečna letna višina padavin  $h_{pr}$ ,
- reducirana prispevna površina  $A_{red}$ ,
- dotočni čas  $t_f$ ,
- povprečni koeficient nagnjenosti terena  $SG_m$ ,
- odtok mešane odpadne vode na ČN  $Q_{cw}$ ,
- povprečni dnevni sušni odtok  $Q_{dw24}$ ,
- maksimalni urni sušni odtok  $Q_{dwx}$ ,
- odtok tujih vod iz območij z ločenim sistemom  $Q_{rs24}$ ,
- deževni odtok skozi dušilko  $Q_{r24}$ ,

- kritični deževni odtok  $Q_{rkrit}$ ,
- kritični odtok mešane odpadne vode  $Q_{krit}$ ,
- povprečni deževni odtok med prelivanjem  $Q_{ro}$ ,
- razmerje sušnega odtoka  $q_{dw24}$ ,
- razmerje deževnega odtoka  $q_r$ ,
- povprečno mešalno razmerje  $m$ ,
- koncentracija KPK sušnega odtoka  $C_{dw}$ ,
- faktor vpliva večjega onesnaženja  $a_p$ ,
- faktor vpliva letnih padavin  $a_h$ ,
- faktor vpliva kanalizacijskih usedlin  $a_a$ ,
- računsko koncentracija KPK sušnega odtoka  $C_d$ ,
- teoretična koncentracija KPK prelivov  $C_{cc}$  in
- dovoljena letna mera prelivanja  $e_o$ .

### 3.4.1 Prispevne površine

#### 3.4.1.1 Povprečna letna višina padavin $h_{pr}$

Količina prelite vode v enem letu je odvisna od letne višine padavin  $h_{pr}$  (v mm). Višje letne višine padavin pomenijo daljše trajanje prelivanj in večjo količino odvedene mešane odpadne vode v odvodnik, zato je ta podatek potrebno upoštevati pri dimenzioniranju. Podatki o letnih višinah padavin za meteorološke postaje v Sloveniji so dostopni na spletni strani ARSO (Agencije Republike Slovenije za okolje). Potrebno je upoštevati večletno povprečje. Žal novejši podatki niso analizirani na krivulje GEN (gospodarsko enakovrednih nalivov) in ne vsebujejo nalivov znotraj sestavljenih (večdnevni) padavin.

#### 3.4.1.2 Reducirana prispevna površina $A_{red}$

Prispevna površina  $A_{ca}$  KS se deli na utrjeno, reducirano prispevno površino  $A_{red}$  in neutrjeno prispevno površino ( $A_{ca}-A_{red}$ ). Standard pri dimenzioniranju upošteva neprepustno prispevno

površino  $A_{is}$ , tj. tisti del prispevne površine, s katere deževni odtok, po upoštevanju izgub, povsem doseže mešani KS. Izračuna se jo iz merjenih količin po naslednji formuli:

$$A_{is} = \frac{VQ_r}{10 \cdot h_{pr,eff}} \quad [\text{ha}] \quad (3.1)$$

$VQ_r$ ... vsota letnega deževnega odтока v mešan KS [ $\text{m}^3$ ]

$h_{pr,eff}$ ... efektivna letna višina padavin - po upoštevanju izgub zaradi ponikanja in izhlapevanja [mm]

Površin z ločenim sistemom se ne upošteva. Površine z mešanim sistemom, kjer je prisotno tudi ponikanje, se upošteva le z efektivnim delom odтока.

V primeru, da ni meritev deževnega odтока v mešan KS, se pri dimenzioniranju upošteva reducirano prispevno površino:

$$A_{is} = A_{red} \quad (3.2)$$

Velikost reducirane prispevne površine se lahko določi po enačbah iz literature (Kolar, 1983):

$$A_{red} = A \cdot \varphi \quad (3.3)$$

$$\varphi = \frac{\sum(A_i \cdot \varphi_i)}{\sum A_i} \quad (3.4)$$

$A$ ... velikost prispevne površine [ha]

$\varphi$ ... koeficient odтока [%]

$A_i$ ... velikost posameznega dela prispevne površine, ki je specifične vrste [ha]

$\varphi_i$ ... delni koeficient odтока za določeno vrsto površine [%]

Prispevno površino se glede na specifične vrste površin razdeli na dele. Nato se za vsak posamezni del prispevne površine, glede na vrsto površine, upošteva ustrezni delni koeficient odтока  $\varphi_i$  iz preglednice 1.

Preglednica 1: Koeficienti odtoka za razne vrste površin (Kolar, 1983, str. 78)

Vrsta površine	$\varphi_i$ [%]
Strehe s pločevinasto ali emajlirano kritino	95
Strehe z običajno kritino	90 - 85
Ceste in poti, urejene z betonom ali asfaltom	85 - 90
Tlak iz naravnega ali umetnega kamna z zalitimi stiki	75 - 85
Tlak iz naravnega ali umetnega kamna z nezalitimimi stiki	50 - 70
Z bitumensko emulzijo obrizgana površina	25 - 60
Slabo utrjene poti brez površinske obdelave	15 - 30
Kolodvori in igrišča	10 - 30
Parki, vrtovi in travniki	5 - 25
Gozd	1 - 20

### 3.4.1.3 Dotočni čas $t_f$

Dotočni čas je čas od začetka naliva do maksimalnega odtoka v zadnji cevi KS pred opazovano točko (deževnim bazenom). To je čas, ko prične skozi cev dotekati voda s celotnega prispevnega območja, torej tudi iz najbolj oddaljenih delov tega območja. Dotočni čas do opazovane točke  $t_f$  (min) se lahko izračuna iz najdaljše poti dotoka do te točke v omrežju pri 100 % polnitvi.

### 3.4.1.4 Povprečni koeficient nagnjenosti terena $SG_m$

Po standardu se prispevne površine razvrsti glede na padec  $J_t$  v štiri skupine, kot prikazuje preglednica 2.

Preglednica 2: Določitev koeficienta nagnjenosti terena glede na padec (ATV-A 128E, 1992, str. 23)

Koeficient nagnjenosti terena $SG$	Povprečni padec terena $J_t$
1	$J_t < 1\%$
2	$1\% \leq J_t \leq 4\%$
3	$4\% \leq J_t \leq 10\%$
4	$J_t > 10\%$

Za celotno prispevno območje se povprečni koeficient nagnjenosti terena določi iz enačbe:

$$SG_m = \frac{\sum(A_{CA,i} \cdot SG_i)}{\sum A_{CA,i}} \quad (3.5)$$

$A_{CA,i}$ ... prispevno podobmočje  $i$  [ha]

$SG_i$ ... povprečni koeficient nagnjenosti terena podobmočja

### 3.4.2 Odtočne količine

#### 3.4.2.1 Odtok mešane odpadne vode na ČN $Q_{cw}$

Odtok mešane odpadne vode na ČN je sestavljen iz sušnega odtoka  $Q_{dw}$  ter iz deževnega odtoka  $Q_r$ . Standard ATV-A 131 (2000) določa, da odtok mešane odpadne vode na ČN ne sme biti manjši od dvakratne dnevne konice odtoka odpadnih vod skupaj z odtokom tujih vod:

$$Q_{cw} \geq 2 \cdot Q_{px} + Q_{iw24} \quad (3.6)$$

$Q_{cw}$ ... odtok mešane odpadne vode na ČN [l/s]

$Q_{px}$ ... dnevna konica odtoka odpadne vode [l/s]

$Q_{iw24}$ ... odtok tujih vod [l/s]

Ker se bo v prihodnosti odtok mešane odpadne vode na ČN razlikoval glede na sedanjo vrednost, je potrebno upoštevati:

- če bo v prihodnjih 8 do 10 letih ČN še vedno lahko biološko prečistila dotok najmanj  $Q_{cw} \geq 2Q_{px} + Q_{iw24}$ , potem se pri dimenzioniranju deževnih bazenov upošteva dejansko kapaciteto ČN,
- če bo v prihodnjih 8 do 10 letih potrebna širitev ČN, potem se pri dimenzioniranju deževnih bazenov upošteva načrtovano kapaciteto ČN.

#### 3.4.2.2 Povprečni dnevni sušni odtok $Q_{dw24}$

Povprečni dnevni sušni odtok je sestavljen iz odtoka odpadnih vod (iz gospodinjstev  $Q_{d24}$ , iz male obrti, pisarn in trgovin  $Q_{c24}$  in iz velike obrti in industrije  $Q_{i24}$ ) ter iz odtoka tujih vod  $Q_{iw24}$ .

$$Q_{dw24} = Q_{w24} + Q_{iw24}, \text{ kjer je} \quad (3.7)$$

$$Q_{w24} = Q_{d24} + Q_{c24} + Q_{i24} \quad (3.8)$$

$$Q_{d24} = A \cdot n_p \quad (3.9)$$

$Q_{d24}$ ... povprečni dnevni odtok odpadnih vod iz gospodinjstev [l/s]

$Q_{c24}$ ... povprečni dnevni odtok odpadnih vod iz male obrti, pisarn in trgovin [l/s]

$Q_{i24}$ ... povprečni dnevni odtok odpadnih vod iz velike obrti in industrije [l/s]

$Q_{w24}$ ... odtok odpadnih vod [l/s]

$Q_{iw24}$ ... odtok tujih vod [l/s]

A... število priključenih prebivalcev [P]

$n_p$ ... norma porabe vode [l/(P dan)]

Potrebni so stvarni podatki o številu prebivalcev in normi porabe vode.  $Q_{c24}$  in  $Q_{i24}$  se pridobita iz evidenc. Upoštevati je potrebno tudi razvoj obravnavanega območja. Če za trgovska in industrijska območja ni podatkov, standard podaja vrednosti odvisno od porabe vode od 0,2 do 0,8 l/(s ha) glede na posamezno neprepustno prispevno površino  $A_{is}$ .

Tudi podatke o tuji vodi se pridobi iz evidenc. Upoštevati je potrebno razvoj. Potrebno je izvesti vse ukrepe za zmanjšanje vdora tuje vode v sistem. Če se na ČN izvajajo stalne meritve dotoka, se količina tujih vod oceni iz nočnih vrednosti dotoka v sušnem obdobju. V primeru, da ni izvedenih meritev, standard odvisno od nivoja podtalnice in stanja kanalizacijskega omrežja podaja vrednosti do 0,15 l/(s ha) glede na neprepustno prispevno površino  $A_{is}$ . Tuje vode se lahko določi tudi v odvisnosti od gostote prebivalstva na hektar.

### 3.4.2.3 Maksimalni urni sušni odtok $Q_{dwx}$

Maksimalni urni sušni odtok se oceni iz podatkov o pretoku mešanih odpadnih vod na dotoku na ČN. Potrebno je upoštevati, da se običajno visoke konice na podobmočjih prispevne površine na poti proti ČN zravnavajo. Če meritev ni, se maksimalni urni sušni odtok izračuna po formuli:

$$Q_{dwx} = Q_{px} + Q_{iw24}, \text{ kjer je} \quad (3.10)$$



$$Q_{px} = \frac{24}{x} \cdot Q_{d24} + \frac{24}{a_c} \cdot \frac{365}{b_c} \cdot Q_{c24} + \frac{24}{a_i} \cdot \frac{365}{b_i} \cdot Q_{i24} \quad (3.11)$$

$Q_{px}$ ... dnevna konica odtoka odpadne vode [l/s]

$Q_{d24}$  ... povprečni dnevni odtok odpadnih vod iz gospodinjstev [l/s]

$Q_{c24}$ ... povprečni dnevni odtok odpadnih vod iz male obrti, pisarn in trgovin [l/s]

$Q_{i24}$ ... povprečni dnevni odtok odpadnih vod iz velike obrti in industrije [l/s]

$x$ ... koeficient maksimalne urne porabe [h]

$a_c$ ... število delovnih ur na dan v mali obrti, pisarnah, trgovinah [h]

$a_i$ ... število delovnih ur na dan v veliki obrti in industriji [h]

$b_c, b_i$ ... število delovnih dni na leto [dni]

Koeficient maksimalne urne porabe  $x$  je faktor, s katerim je potrebno pomnožiti urno konico ( $m^3/h$ ), da je rezultat celotni dnevni odtok ( $m^3/dan$ ). Določi se ga iz naslednje preglednice.

Preglednica 3: Določitev koeficienta maksimalne urne porabe  $x$  (Vir: Bischof, 1998)

Število prebivalcev [P]	Norma porabe vode [l/(P dan)]	$x$ [h]
< 5000	150	8
5000 - 10 000	175 - 180	10
10 000 - 50 000	200 - 220	12
50 000 - 250 000	225 - 260	14
> 250 000	250 - 300	16

Število delovnih ur na dan in število delovnih dni na leto se določi iz dejanskih delovnih časov pisarn, trgovin, obrti in industrije.

#### 3.4.2.4 Odtok tujih vod iz območij z ločenim sistemom $Q_{rS24}$

Pri dimenzioniranju volumnov je potrebno upoštevati vdor deževne vode ob nalivih v ločen sistem za odvajanje sušnega odtoka, ki je večji od tuje vode ob suhem vremenu. Kadar ni meritev, standard za tuje vode podaja vrednost 100 % odtoka odpadnih vod pri ločenem sistemu za odvajanje sušnega odtoka  $Q_{wS24}$  (indeks S označuje ločen sistem).

$$Q_{rS24} = Q_{wS24} \quad (3.12)$$

Pri večjih površinah z ločenim sistemom (nad 10 ha) je priporočljivo izvesti meritve.

### 3.4.2.5 Deževni odtok skozi dušilko $Q_{r24}$

Deževni odtok skozi dušilko za celotno območje je določen kot razlika med odtokom mešane odpadne vode na ČN  $Q_{cw}$ , sušnim odtokom  $Q_{dw24}$  in odtokom tujih vod z območij z ločenim sistemom  $Q_{rS24}$ .

$$Q_{r24} = Q_{cw} - Q_{dw24} - Q_{rS24} \quad (3.13)$$

Pri računu deževnega odtoka skozi dušilko za podobmočje prispevne površine se v zgornji enačbi prvi člen zamenja z odtokom mešane odpadne vode skozi dušilko deževnega bazena na tem podobmočju.

$$Q_{r24} = Q_t - Q_{dw24} - Q_{rS24}, \text{ kjer je} \quad (3.14)$$

$$Q_t = n \cdot Q_{px} + Q_{iw24}, \text{ pri čemer je minimalna vrednost koeficienta } n = 2. \quad (3.15)$$

$Q_t$  ... odtok skozi dušilko [l/s]

$Q_{px}$ ...dnevna konica odtoka odpadne vode [l/s]

$Q_{iw24}$ ... odtok tujih vod [l/s]

### 3.4.2.6 Kritični deževni odtok $Q_{rkrit}$

Kritični deževni odtok z neposredne prispevne površine je definiran:

$$Q_{rkrit} = q_{krit} \cdot A_i \quad (3.16)$$

$q_{krit}$ ... enotska jakost kritičnega naliva [l/(s ha)]

Z večanjem dotočnega časa se konica odtoka mešane odpadne vode na poti po cevi zravna. V standardu je pri dimenzioniranju upoštevano, da se zaradi tega zmanjšata vsota prelivanj in količina prelitega onesnaženja v odvodnik. Vrednost enotske jakosti kritičnega naliva je zato definirana v odvisnosti od dotočnega časa in je v mejah od 7,5 do 15 l/(s ha):

$$q_{krit} = 15 \cdot \frac{120}{(t_f + 120)} \quad [\text{l/(s ha)}] \quad \text{za } t_f \leq 120 \text{ min}$$

$$q_{krit} = 7,5 \quad [\text{l/(s ha)}] \quad \text{za } t_f > 120 \text{ min} \quad (3.17)$$

Izjema so deževni prelivni bazeni, za katere je enotska jakost kritičnega naliva vedno 15 l/(s ha).

### 3.4.2.7 Kritični odtok mešane odpadne vode $Q_{krit}$

Kritični odtok mešane odpadne vode je vsota povprečnega dnevnega sušnega odtoka iz neposredne prispevne površine, kritičnega deževnega odtoka iz neposredne prispevne površine in vsote neposrednih dotokov iz dušilk razbremenilnikov in deževnih bazenov gorvodno priključenih prispevnih območij.

$$Q_{crit} = Q_{dw24} + Q_{rcrit} + \Sigma Q_{t,i} \quad (3.18)$$

$\Sigma Q_{t,i}$ ... vsota neposrednih dotokov iz dušilk razbremenilnikov in deževnih bazenov gorvodno priključenih prispevnih območij [l/s]

### 3.4.2.8 Povprečni deževni odtok med prelivanjem $Q_{ro}$

Med prelivanjem se večji del deževnega odtoka odvaja čez preliv, manjši del pa skozi dušilko. Vsota teh dveh odtokov je povprečni deževni odtok med prelivanjem. Povprečni odtok čez preliv je količnik med enoletno količino prelite mešane odpadne vode na prelivu in pripadajočim enoletnim trajanjem prelivanja.

$$Q_{ro} = \frac{VQ_o}{T_o \cdot 3,6} + Q_{r24} \quad [l/s] \quad (3.19)$$

$VQ_o$ ... letna količina prelite mešane odpadne vode [m<sup>3</sup>]

$T_o$ ... trajanje vseh prelivanj v letu [h]

Če je razmerje deževnega odtoka  $q_r$  (opisano v poglavju 3.4.3.2) manjše od 2 l/(s ha), se lahko za izračun povprečnega deževnega odtoka med prelivanjem uporabi naslednja ocena:

$$Q_{ro} = a_f \cdot (3,0 \cdot A_{i,s} + 3,2 \cdot Q_{r24}) \quad [l/s] \quad (3.20)$$

$$a_f = 0,50 + \frac{50}{(t_f + 100)} \quad \text{za } t_f \leq 30 \text{ min}$$

$$a_f = 0,885 \quad \text{za } t_f > 30 \text{ min} \quad (3.21)$$

$a_f$ ... koeficient zmanjšanja dotočnega časa

$t_f$ ... dotočni čas do deževnega bazena oziroma razbremenilnika [min]

$A_{is}$ ... neprepustna prispevna površina [ha]

$Q_{r24}$ ... deževni odtok skozi dušilko [l/s]

### 3.4.3 Ostali parametri

#### 3.4.3.1 Razmerje sušnega odtoka $q_{dw24}$

Razmerje sušnega odtoka je količnik med povprečnim dnevnim sušnim odtokom  $Q_{dw24}$  in neprepustno prispevno površino  $A_{is}$ .

$$q_{dw24} = \frac{Q_{dw24}}{A_{is}} \quad [l/(s \text{ ha})] \quad (3.22)$$

#### 3.4.3.2 Razmerje deževnega odtoka $q_r$

Razmerje deževnega odtoka je količnik med deževnim odtokom skozi dušilko  $Q_{r24}$  in neprepustno prispevno površino  $A_{is}$ .

$$q_r = \frac{Q_{r24}}{A_{is}} \quad [l/(s \text{ ha})] \quad (3.23)$$

#### 3.4.3.3 Povprečno mešalno razmerje $m$

Povprečno mešalno razmerje v času prelivanja je količnik med povprečnim deževnim odtokom med prelivanjem  $Q_{ro}$  skupaj z odtokom tujih vod z območij z ločenim sistemom  $Q_{rS24}$  in med povprečnim dnevnim sušnim odtokom  $Q_{dw24}$ .

$$m = \frac{(Q_{ro} + Q_{rS24})}{Q_{dw24}} \quad (3.24)$$

### 3.4.3.4 Koncentracija KPK sušnega odtoka $C_{dw}$

Koncentracija KPK sušnega odtoka se določi kot povprečna letna vrednost iz meritev na vtoku na primarno fazo ČN. Če se izvajajo samo meritve na iztoku iz primarne faze ČN, potem se praviloma te vrednosti pomnožijo z 1,5. Koncentracija KPK sušnega odtoka je določena z enačbo:

$$C_{dw} = \frac{Q_{d24} \cdot C_d + Q_{c24} \cdot C_c + Q_{i24} \cdot C_i}{Q_{d24} + Q_{c24} + Q_{i24} + Q_{iw24}} \quad [\text{mg/l}] \quad (3.25)$$

Če meritve niso mogoče, standard priporoča vrednost 600 mg/l. Če so znotraj prispevne površine vtoki z višjimi koncentracijami (na primer močno onesnažena tehnološka odpadna voda), potem je pri dimenzioniranju potrebno upoštevati te posamezne vrednosti.

### 3.4.3.5 Faktor vpliva večjega onesnaženja $a_p$

Če je koncentracija KPK sušnega odtoka  $C_{dw}$  večja od privzete, tj. 600 mg/l, je potreben večji zadrževalni volumen. To je uravnava s faktorjem vpliva večjega onesnaženja  $a_p$ .

$$a_p = 1 \quad \text{za } C_{dw} \leq 600 \text{ mg/l}$$

$$a_p = \frac{C_{dw}}{600} \quad \text{za } C_{dw} > 600 \text{ mg/l} \quad (3.26)$$

### 3.4.3.6 Faktor vpliva letnih padavin $a_h$

Pri deževnih bazenih sta trajanje prelihanj in količina prelite vode v letu odvisna od letne višine padavin  $h_{pr}$ . Pri višjih letnih višinah padavin, kot so privzete v standardu, bi bilo več odpadne vode odvajane neposredno v odvodnik. S faktorjem  $a_h$  se kljub odstopanju letnih višin padavin od privzetih zagotovi letno obremenjevanje odvodnika z onesnaženjem zaradi prelihanj v dopustnih mejah.

$$a_h = \frac{h_{pr}}{800} - 1 \quad \text{za } 600 \leq h_{pr} \leq 1000 \text{ mm}$$

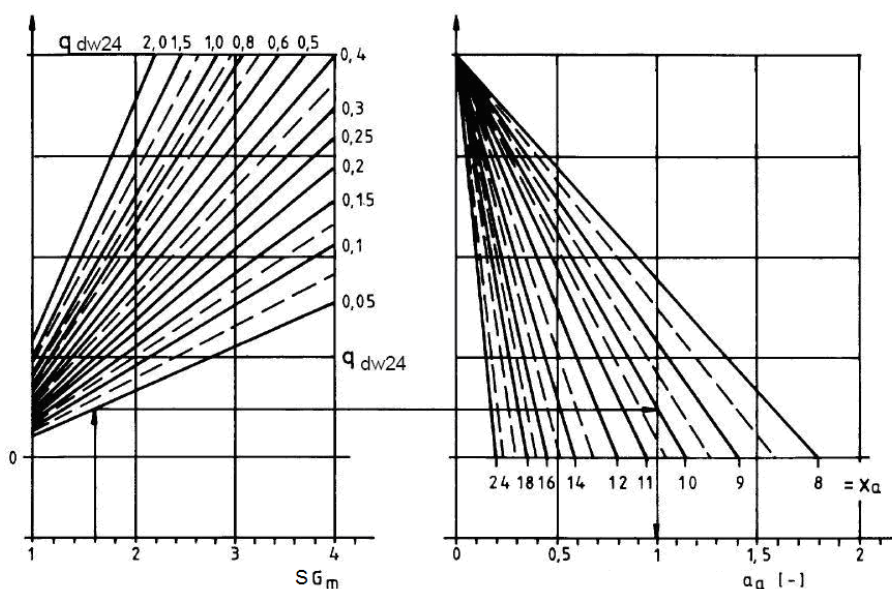
$$a_h = -0,25 \quad \text{za } h_{pr} < 600 \text{ mm}$$

$$a_h = +0,25 \quad \text{za } h_{pr} > 1000 \text{ mm} \quad (3.27)$$

### 3.4.3.7 Faktor vpliva kanalizacijskih usedlin $a_a$

Usedanje je najbolj prisotno v nočnem času, največje je na začetnih odsekih in na odsekih z majhnim padcem. Padci so v standardu upoštevani s povprečnim koeficientom nagnjenosti terena  $SG_m$  (poglavje 3.4.1.4). V standardu je podan diagram (Slika 8), iz katerega se na podlagi razmerja sušnega odtoka  $q_{dw24}$ , povprečnega koeficienta nagnjenosti terena  $SG_m$  in pa razmerja  $x_a$  med povprečnim dnevnim in maksimalnim urnim sušnim odtokom določi vpliv kanalizacijskih usedlin  $a_a$ .

$$x_a = \frac{24 \cdot Q_{dw24}}{Q_{dwx}} \quad (3.28)$$



Slika 8: Diagrama za določitev vpliva kanalizacijskih usedlin (ATV-A 128E, 1992, str. 29)

Drug način za določanje vpliva kanalizacijskih usedlin je s pomočjo približne formule za diagram:

$$a_a = \frac{1}{10} \cdot \left( \frac{24}{x_a} \right)^2 \cdot \left[ 0,43 \cdot q_{dw24}^{0,45} \cdot \left( 2 \cdot \left( SG_m - 1 \right) \right)^{0,5} \right] \quad a_a \geq 0 \quad (3.29)$$

Če se ugotovi, da se usedline izpirajo s sušnim odtokom, potem se vpliv kanalizacijskih usedlin zmanjša oziroma odpravi ( $a_a=0$ ).

### 3.4.3.8 Računska koncentracija KPK sušnega odtoka $C_d$

V standardu je privzeta koncentracija KPK sušnega odtoka 600 mg/l. Z namenom, da se upoštevajo dejanske razmere, je definirana računsko koncentracija KPK sušnega odtoka, v kateri je upoštevan vpliv večjega onesnaženja, letnih padavin in kanalizacijskih usedlin.

$$C_d = 600 \cdot (a_p + a_h + a_a) \quad [\text{mg/l}] \quad (3.30)$$

### 3.4.3.9 Teoretična koncentracija KPK prelivov $C_{cc}$

S pomočjo teoretične koncentracije KPK prelivov izrazimo povprečno koncentracijo onesnaženja v prelitih vodi, ki je odvisna od koncentracije KPK deževnega odtoka  $C_r$ , računsko koncentracije KPK sušnega odtoka  $C_d$  in povprečnega mešalnega razmerja  $m$  v času prelivanja. Teoretično koncentracijo KPK prelivov  $C_{cc}$  izračunamo po formuli:

$$C_{cc} = \frac{m \cdot C_r + C_d}{m + 1} = \frac{(Q_{ro} + Q_{rs24}) \cdot C_r + Q_{dw24} \cdot C_d}{Q_{ro} + Q_{rs24} + Q_{dw24}} \quad [\text{mg/l}] \quad (3.31)$$

$Q_{ro}$ ... povprečni deževni odtok med prelivanjem [l/s]

$Q_{rs24}$ ... odtok tujih vod iz območij z ločenim sistemom [l/s]

### 3.4.3.10 Dovoljena letna mera prelivanja $e_o$

Standard določa razmerje med stopnjo onesnaženosti, ki mora ostati v omrežju in se odvede na ČN, ter za odvodnik še sprejemljivo stopnjo, ki se sme razbremenjevati. Izhaja iz zahteve, da lahko mešani sistem z emisijami iz KS in ČN obremenjuje odvodnik največ v taki meri kot ločeni sistem za odvajanje padavinske vode brez čiščenja. Zahtevo, da skupno letno kopičenje onesnažil iz KS in ČN ne sme biti večje od letnega onesnaženja zaradi deževnega odtoka, prikazuje enačba:

$$PL_o + PL_{tp} \leq PL_r \quad (3.32)$$

$$VQ_r \cdot e_o \cdot C_{cc} + VQ_r \cdot (1 - e_o) \cdot C_{tp} \leq VQ_r \cdot C_r \quad (3.33)$$

$PL_o$ ... letna obremenitev z onesnaženjem zaradi prelivanj mešane odpadne vode [kg]

$PL_{tp}$ ... letna obremenitev z onesnaženjem zaradi iztoka iz ČN [kg]

$PL_r$ ... letna obremenitev z onesnaženjem zaradi izpiranja površin z deževnim odtokom [kg]

$VQ_r$ ... vsota deževnega odtoka v enem letu [ $m^3$ ]

$e_o$ ... razbremenjen procentulni delež mešane odpadne vode [%]

Iz zgornje enačbe se izrazi dovoljeno letno mero prelivanja:

$$e_o = \frac{C_r - C_{tp}}{C_{cc} - C_{tp}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3.34)$$

Ob upoštevanju privzetih koncentracij KPK, ki jih podaja standard, sledi :

$$e_o = \frac{3700}{C_{cc} - 70} \quad [\%] \quad (3.35)$$

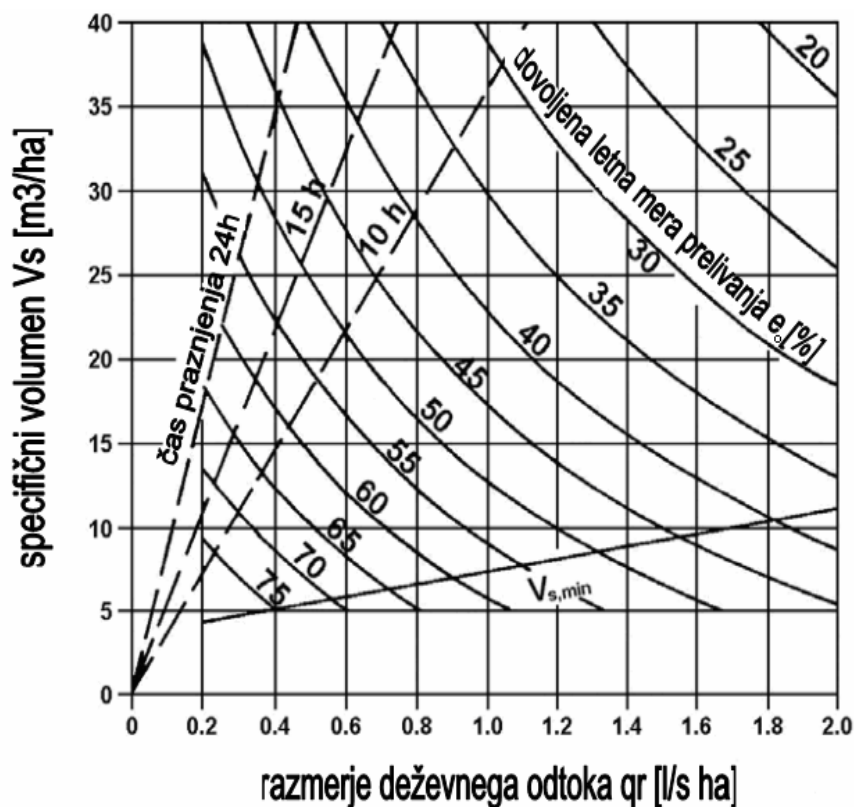
S povečevanjem povprečne koncentracije organskih snovi (KPK) v preliti mešani odpadni vodi se dovoljena letna mera prelivanja zmanjšuje. S tem se zmanjšuje dovoljena letna količina prelite mešane odpadne vode in povečuje zadrževalni volumen.

Pri odvodnikih z mešalnim razmerjem  $MLWQ/Q_{px} > 100$ , kjer je  $MLWQ$  srednji nizki pretok v odvodniku in  $Q_{px}$  dnevna konica pretoka odpadne vode, se lahko dovoljena letna mera prelivanja poveča s faktorjem, ki linearno narašča od vrednosti 1,0 za  $MLWQ/Q_{px} = 100$  do vrednosti 1,2 za  $MLWQ/Q_{px} \geq 1000$ .

### 3.5 Določitev zadrževalnega volumna

Z namenom, da se omeji prelivanje na dovoljeno letno mero, je v omrežju potrebno zagotoviti prostor za zadrževanje mešane odpadne vode. Postopek določanja zadrževalnega volumna velja za deževne bazene ter kanale z zadrževalno prostornino in prelivom. Za določitev potrebnega zadrževalnega volumna se najprej določi specifični zadrževalni volumen. Ta se lahko glede na dovoljeno letno mero prelivanja  $e_o$  in razmerje deževnega odtoka  $q_r$  odčita iz diagrama (Slika 9).





Slika 9: Diagram za določitev specifičnega volumna zadrževalnega bazena (ATV-A 128E, 1992, str. 32)

Drug način za določanje specifičnega volumna je s pomočjo približne formule za diagram:

$$V_s = \frac{4000 + 25 \cdot q_r}{0,551 + q_r} \cdot \frac{36,8 + 13,5 \cdot q_r}{0,5 + q_r} \quad [\text{m}^3/\text{ha}] \quad (3.36)$$

Formula (3.36) se uporablja v mejah:

$$0,2 \leq q_r \leq 2,0 \text{ l/(s ha)}$$

$$25 \leq e_o \leq 75 \%$$

$V_{s,\min} \leq V_s \leq 40 \text{ m}^3/\text{ha}$ , kjer je

$$V_{s,\min} = 3,60 + 3,84 \cdot q_r \quad [\text{m}^3/\text{ha}] \quad (3.37)$$

Če je odtok skozi dušilko večji od dvakratnega maksimalnega urnega sušnega pretoka, potem se pri računu minimalnega volumna  $V_{s,\min}$  za razmerje deževnega odtoka uporabi vrednost, ki izhaja iz  $2 Q_{dwx}$ :

$$q_r = \frac{(48/x_a - 1) \cdot Q_{dw24} - Q_{rS24}}{A_{is}} = \frac{2Q_{dwx} - Q_{dw24} - Q_{rS24}}{A_{is}} \quad (3.38)$$

Zadrževalni volumen se določi kot:

$$V = V_s \cdot A_{i,s} \quad [\text{m}^3] \quad (3.39)$$

### 3.5.1 Določitev skupnega zadrževalnega volumna

Za določitev skupnega zadrževalnega volumna bazenov je potrebno upoštevati celotno prispevno območje ČN nad zadnjim prelivnim objektom. Lastnosti prispevnih površin, odtoki in koncentracije onesnaženja so določeni glede na to točko v sistemu. Otok zadnje dušilke se v celoti odvaža na biološko čiščenje na ČN. Upošteva se dejanski vtok na ČN.

Kadar so bazeni na koncu vsakega podobmočja med seboj povezani vzporedno in se dušeni odtoki iz bazenov priključujejo na zbirni kolektor, ki vodi do ČN brez nadaljnega prelivanja, lahko določimo zadrževalne volumne za vsako podobmočje posebej. Vhodni podatki se v tem primeru določajo za zadnjo dušilko na podobmočju za vsako podobmočje posebej. Vsota vseh odtokov dušilk iz vzporednih prispevnih podobmočij se mora v celoti odvesti na biološko čiščenje na ČN.

### 3.5.2 Dimenzioniranje posameznega deževnega bazena

Dimenzioniranje posameznega deževnega bazena poteka v treh fazah:

- določitev skupnega zadrževalnega volumna za celotno prispevno območje,
- določitev zadrževalnega volumna posameznega objekta,
- določitev dimenzij posameznega objekta glede na dimenzijske in konstrukcijske zahteve.

Za zadrževalni volumen posameznega deževnega bazena se najprej določi volumen za celotno prispevno območje nad njim, nato pa se pri zaporedno vezanih bazenih od tega volumna odšteje volumne vseh više ležečih deževnih bazenov. Za izračun zadrževalnega volumna deževnega bazena je torej potrebno poznati oziroma določiti tudi zadrževalne volumne morebitnih gorvodno ležečih objektov.

### 3.5.3 Območje uporabe postopka dimenzioniranja

Pri določanju zadrževalnega volumna posameznega objekta po postopku dimenzioniranja morajo biti izpolnjene naslednje zahteve:

- obremenitev ČN z deževnim odtokom ne sme presegati vrednosti 2 l/(s ha),
- razmerje deževnega odtoka gorvodno ležečega deževnega bazena ne sme presegati 1,2-kratno vrednost obremenitve ČN z deževnim odtokom,
- zaporedno vezanih deževnih bazenov je lahko največ pet,
- če so na prispevnem območju deževnega bazena zadrževalni bazeni brez predhodnega razbremenilnika, potem mora biti njihovo razmerje deževnega odtoka večje od 5 l/(s ha) (v tem primeru nimajo vpliva na dolvodno vezane deževne bazene in njihovih volumnov ne upoštevamo),
- specifični volumen  $V_s$  ne sme presegati vrednost 40 m<sup>3</sup>/ha.

### 3.5.4 Kontrolni postopek

Standard omejuje maksimalne specifične zadrževalne volumne zaradi vodnogospodarskih in ekonomskih razlogov na 40 m<sup>3</sup>/ha. Pri dimenzioniranju večjih volumnov je potrebno utemeljiti razloge za to. Če obremenitev ČN z deževnim odtokom presega vrednost 2 l/(s ha), ali če so potrebni volumni večji od 40 m<sup>3</sup>/ha, potem je območje uporabe diagrama (Slika 9) preseženo. V primeru neizpolnjevanja pogojev za uporabo postopka dimenzioniranja je za potrebni zadrževalni volumen potrebna kontrola (kontrolni postopek):

- uporaba dejanskih padavinskih podatkov daljšega časovnega obdobja na obravnavani lokaciji,
- določitev dejanske koncentracije KPK deževnega odtoka  $C_r$ ,
- vnos modificiranega kanalizacijskega omrežja v program za dolgoročno simulacijo kvantitativnega in kvalitativnega odtoka po KS, na koncu KS se vnese (navidezen) deževni prelivni bazen, katerega velikost ustreza prvi oceni skupnega zadrževalnega volumna,
- dolgoročna simulacija z upoštevanjem prve ocene skupnega zadrževalnega volumna in dejanskih padavinskih podatkov,

- določitev povprečnega deževnega odtoka med prelivanjem  $Q_{ro}$  po enačbi (3.19) in povprečnega mešalnega razmerja  $m$  po enačbi (3.24),
- določitev teoretične koncentracije KPK prelivov  $C_{cc}$  po enačbi (3.31) brez upoštevanja vpliva letnih padavin v računski koncentraciji KPK sušnega odtoka  $C_d$  ( $a_h=0$ ),
- določitev dovoljene letne mere prelivanja  $e_o$  z upoštevanjem dejanske koncentracije KPK deževnega odtoka  $C_r$ ,
- primerjava med dejansko in dovoljeno letno mero prelivanja; če je potrebno, se povečuje potrebni zadrževalni volumen, dokler nista vrednosti enaki.

Dejanska koncentracija KPK prelivov je določena:

$$C_{cc} = \frac{PL_o}{VQ_o} \quad [\text{mg/l}] \quad (3.40)$$

$PL_o$ ... letna obremenitev z onesnaženjem zaradi prelivanj mešane odpadne vode (pridobljena iz dolgoročne simulacije odtoka po KS) [kg]

$VQ_o$ ... letna količina prelite mešane odpadne vode (pridobljena iz dolgoročne simulacije odtoka po KS) [ $\text{m}^3$ ]

Mešalno razmerje se iz rezultatov dolgoročne simulacije odtoka po KS izračuna po enačbi:

$$m = \frac{C_{dw} - C_{cc}}{C_{cc} - C_r} \quad (3.41)$$

kjer sta  $C_{cc} = PL_o/VQ_o$  in  $(3.42)$

$$C_r = PL_r/VQ_r \quad (3.43)$$

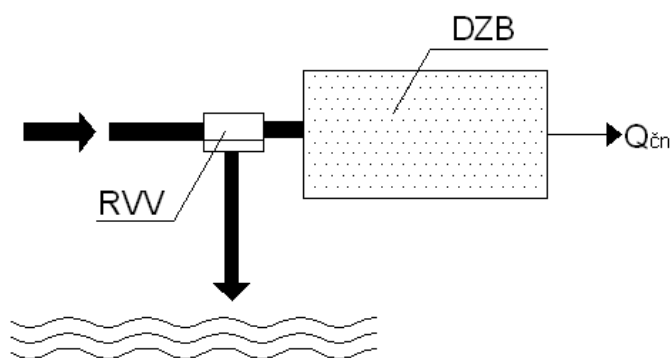
Izračunani volumen dejanskega prelivnega objekta se preveri s pomočjo dolgoročne simulacije. Letna obremenitev z onesnaženjem zaradi prelivanj mešane odpadne vode na posameznih prelivnih objektih na celotnem prispevnem območju ČN ne sme preseči dovoljene skupne letne obremenitve, izračunane s kontrolnim postopkom. Dovoljeno pa je majhno odstopanje vsote volumnov posameznih bazenov od končnega skupnega zadrževalnega volumna.

### 3.6 Postavitev deževnih bazenov<sup>2</sup>

Deževni zadrževalni, prelivni in kombinirani bazeni ter kanali z zadrževalno prostornino in prelivom so lahko postavljeni na glavnem ali na stranskem vodu. Če je bazen na glavnem vodu (Slika 10, Slika 11, Slika 12), je tok proti ČN voden skozi bazen, v primeru bazena na stranskem vodu (Slika 13, Slika 14, Slika 15) pa je tok proti ČN voden mimo bazena.

Deževne bazene na glavnem vodu se gradi v primeru majhnega prispevnega območja z enim samim bazenom, pri vzporedno vezanih bazenih z enim samim transportnim kanalom proti ČN ali pa kot zadnji bazen pred ČN. (Adamczyk in sod., 1982)

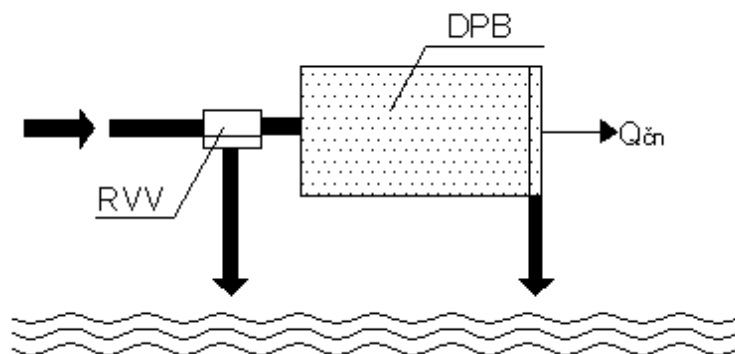
Deževni bazen se lahko postavi na glavni vod v primeru, da je med vtokom in iztokom iz bazena zadostna višinska razlika. Dušeni odtok mešane odpadne vode se vodi na ČN skozi bazen. V tem primeru ni potreben razbremenilnik deževnih vod, temveč le razbremenilnik visokih vod.



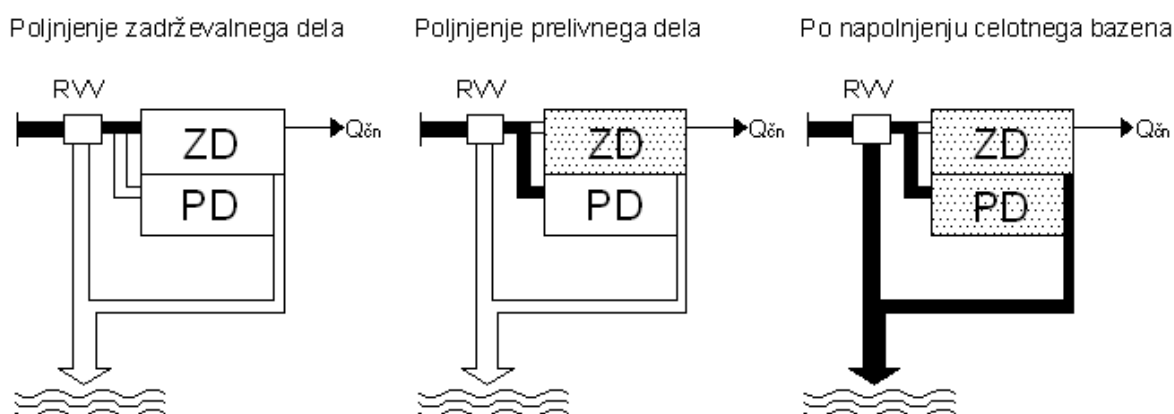
Slika 10: Deževni zadrževalni bazen na glavnem vodu (Vir: ATV-A 128E, 1992)

<sup>2</sup> Pomen oznak na slikah v poglavju 3.6 in 3.7:

RDV – razbremenilnik deževnih vod, RVV – razbremenilnik visokih vod, DZB – deževni zadrževalni bazen, DPB – deževni prelivni bazen, ZD – zadrževalni del, PD – prelivni del, Qčn – odtok proti ČN

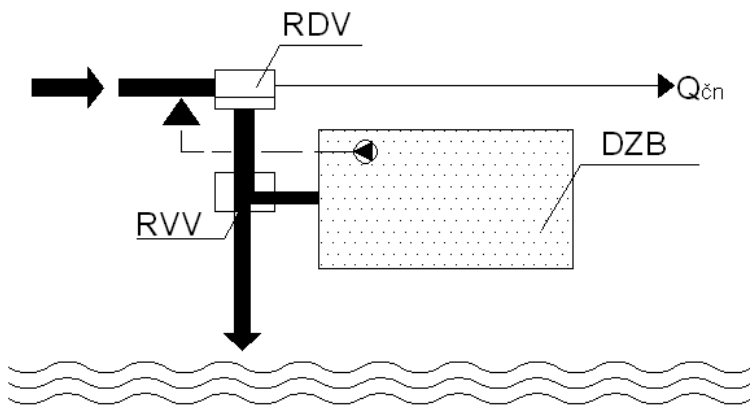


Slika 11: Deževni prelivni bazen na glavnem vodu (Vir: ATV-A 128E, 1992)

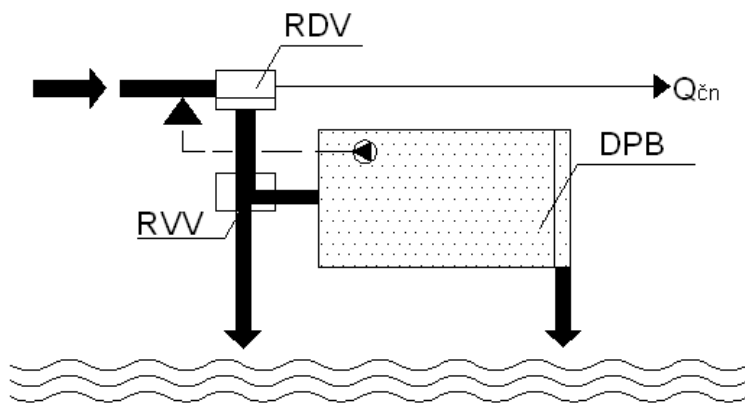


Slika 12: Kombinirani bazen na glavnem vodu (Vir: ATV-A 128E, 1992)

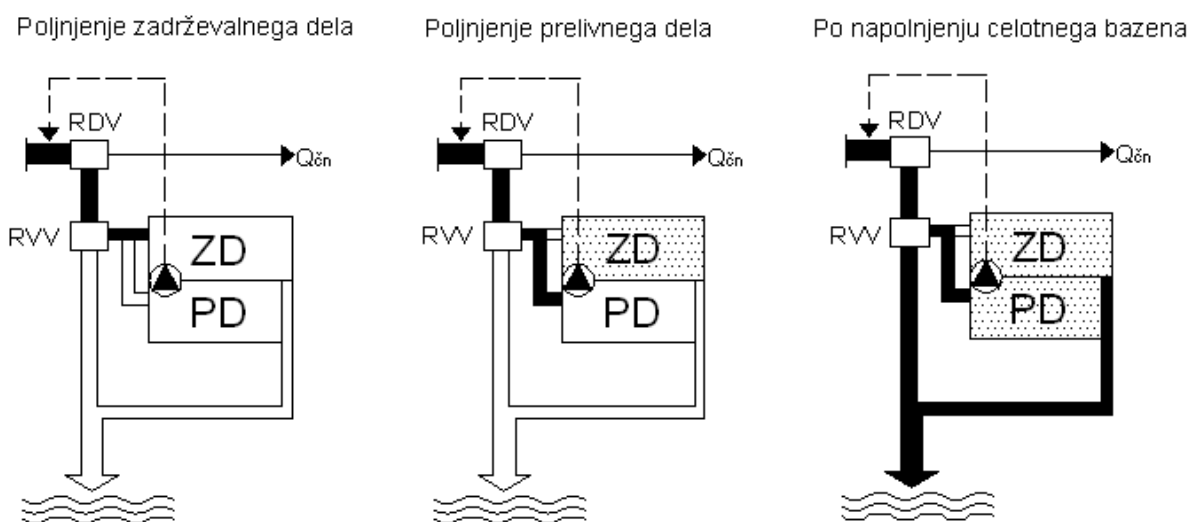
V primeru, da je med vtokom in iztokom iz bazena majhna višinska razlika, pa je potrebno črpanje. Tedaj je na glavnem vodu nameščen razbremenilnik deževnih vod, deževni bazen je na stranskem vodu. Razbremenjeno mešano vodo iz razbremenilnika deževnih vod vodimo proti bazenu preko razbremenilnika visokih vod, dušeni odtok pa mimo bazena proti ČN. Krona preliva razbremenilnika deževnih vod je lahko višje ali nižje od krone preliva razbremenilnika visokih vod. V primeru, da je nižja, se predvidi objekt za preprečitev povratnega toka (povratna zaklopka).



Slika 13: Deževni zadrževalni bazen na stranskem vodu (Vir: ATV-A 128E, 1992)



Slika 14: Deževni prelivni bazen na stranskem vodu (Vir: ATV-A 128E, 1992)



Slika 15: Kombinirani bazen na stranskem vodu (Vir: ATV-A 128E, 1992)

Funkcija razbremenilnika visokih vod pred deževnim zadrževalnim bazenom je prelivanje (malo onesnažene) mešane odpadne vode, potem ko je bazen poln. Naloga razbremenilnika visokih vod pred deževnim prelivnim bazenom pa je zmanjšanje maksimalnih pretokov skozi bazen. S tem je preprečeno dviganje in vrtinčenje usedlega blata ter njegovo odplavljanje preko čistilnega preliva. Deževni prelivni bazen na stranskem vodu se lahko izvede tudi brez razbremenilnika visokih vod, vendar pa mora biti preprečeno odplavljanje usedlin preko preliva.

Za deževne prelivne bazene je bolj ugodna lega na stranskem vodu, saj je v tem primeru koncentracija onesnaženja v shranjeni in prelini vodi manjša. Na začetku in koncu naliva se namreč sušni odtok razredči z majhno količino dotekajoče deževne vode. Zaradi majhnega redčenja je ta mešana odpadna voda zelo onesnažena. Pri prelivnih bazenih na stranskem vodu se odvaja proti ČN preko dušilke razbremenilnika deževnih vod mimo bazena. Pri prelivnih bazenih na glavnem vodu pa doteka v bazen. Zato je pri bazenih na stranskem vodu koncentracija onesnaženja, ki se preliva v odvodnik, manjša. V ekonomskem smislu pa je izvedba na stranskem vodu manj ugodna, saj so potrebni daljši odseki cevi in ločilni objekt (razbremenilnik deževnih vod).

Pri deževnih bazenih na stranskem vodu je iztok med polnjenjem bazena preprečen. Bazeni se začne prazniti, ko pretok mešane odpadne vode na dotoku v razbremenilnik deževnih vod upade pod vrednost dvakratne dnevne konice odtoka odpadnih vod skupaj z odtokom tujih vod (ko postane dušeni odtok razbremenilnika deževnih vod proti ČN manjši od največjega možnega odtoka skozi dušilko).

Če se načrtuje kontrolirano praznjenje bazena in se bazen ne bo praznil takoj po koncu naliva, je potrebna lega na stranskem vodu.

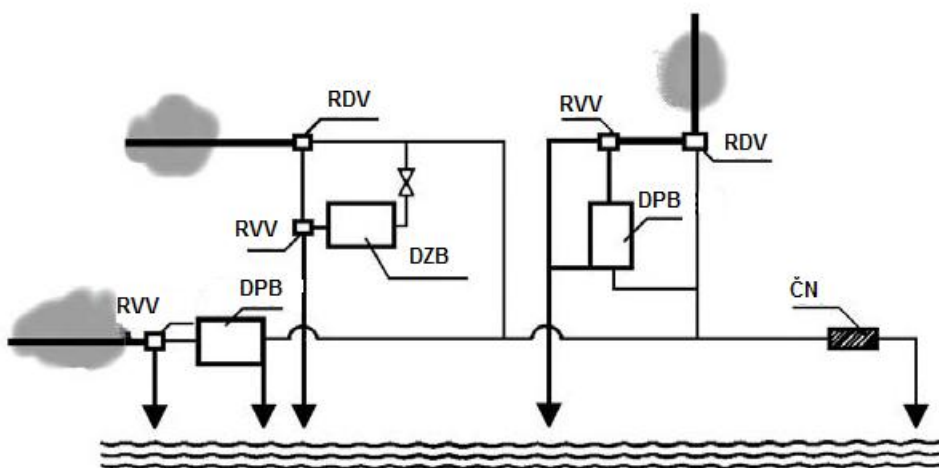


### 3.7 Medsebojno priključevanje deževnih bazenov

Pri obsežnih mešanih KS se vsako podobmočje zaključi s svojim bazenom. Deževni bazeni so lahko med seboj povezani vzporedno ali zaporedno.

#### 3.7.1 Vzporedna povezava

V tem primeru so bazeni na koncu vsakega podobmočja med seboj povezani vzporedno (Slika 16). Dušeni odtoki iz bazenov se priključujejo na zbirni kolektor, ki vodi proti ČN.



Slika 16: Primer vzporedno povezanih deževnih bazenov (Vir: ATV-A 128E, 1992)

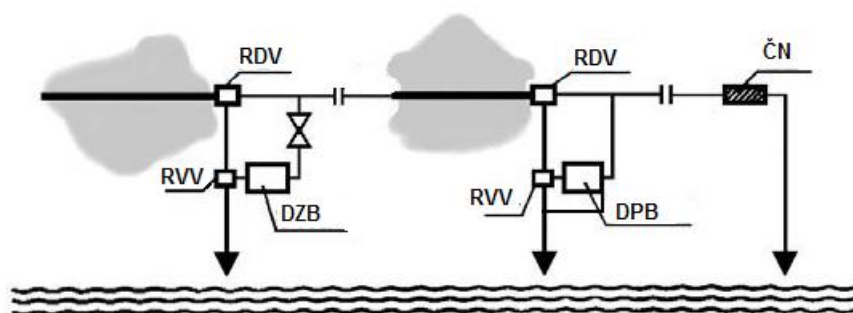
Iz ekološkega vidika je vzporedna povezava boljša, saj dušeni iztoki iz bazenov v celoti (brez nadaljnega prelivanja) dosežejo ČN. Ostale prednosti te povezave so:

- med bazeni ni medsebojnega vpliva,
- bazeni so lahko postavljeni na glavnem ali na stranskem vodu,
- dimenzioniranje je preprosto.

Slaba plat so višji investicijski stroški zaradi gradnje zbirnega kanalizacijskega kolektorja proti ČN.

### 3.7.2 Zaporedna povezava

Pri zaporedno vezanih deževnih bazenih (Slika 17) se lahko dušeni odtok proti ČN iz gorvodno ležečega bazena ponovno pomeša z deževno vodo in preliva na naslednjem bazenu. Premeri dušilk morajo zato naraščati v smeri toka, tako da shranjene vsebine gorvodno ležečih bazenov dosežejo ČN brez prelivanj na prelivih dolvodno ležečih bazenov. Odtok na ČN iz zadnjega bazena ne sme presegati zmogljivosti biološkega dela ČN.



Slika 17: Primer zaporedno vezanih deževnih bazenov (Vir: ATV-A 128E, 1992)

Izbira lege bazena je možna le pri zadnjem bazenu pred ČN, pri vseh gorvodno ležečih bazenih je možna le lega na stranskem vodu. (Adamczyk in sod., 1982)

## 4 DOLOČANJE ZADRŽEVALNIH VOLUMNOV DEŽEVNIH BAZENOV PO STANDARDU ATV-A 128E – PRIMER KS VELENJE – ŠOŠTANJ

### 4.1 Vode v občinah Velenje in Šoštanj

Glavni vodotok v Šaleški dolini je reka Paka. Njeno porečje zajema okoli 210 km<sup>2</sup>. Dolga je približno 40 km in je levi pritok reke Savinje. Med pritoki reke Pake je izrazita nesorazmernost, saj so desni dolgi, levi pa kratki. Desni pritoki so Velunja, Lepena, Bečovnica, Toplica in Florjanščica, levi pa Jablanski graben, Loka, Trebušnica, Lokoviški potok, Hudi potok in Pozničev graben. Paka teče v zgornjem toku po hribovskem svetu, v velikem delu po soteski. V Šaleški dolini je njen srednji tok, ta del toka je ozemeljsko največji in najgosteje poseljen. Spodnji tok reke Pake pa zavzema manjše območje, v tem delu je manj kot desetino prebivalstva Šaleške doline. Pretočni režim reke Pake je pluvialno-nivalni z jesenskimi (dežnimi) in spomladanskimi (topljenje snega) viški. Je vodotok hudourniškega značaja, za katerega so značilna velika nihanja pretokov. Najnižji vodni pretok ima avgusta, najvišjega pa spomladi. Pretoki znašajo:

- najnižji pretoki: ne dosega niti 0,2 m<sup>3</sup>/s,
- najvišji pretoki: 100 m<sup>3</sup>/s,
- povprečni srednji pretok: 2,6 m<sup>3</sup>/s. (Perko in sod., 1999)

Za kakovost reke Pake so najbolj problematični nizki pretoki. Sušna obdobja trajajo tudi po dva meseca ali več. Odpadna voda pomeni največji vir onesnaženja reke Pake. Onesnaženost vode, ki odteka v odvodnik, ne bi smela presežati samočistilne sposobnosti odvodnika. Potrebno je dosežati mejne vrednosti, ki za posamezni odvodnik še zagotavljajo sposobnost samočiščenja.

V Šaleški dolini so tudi tri umetna jezera, ki so nastala kot posledica izkopavanja lignita, zaradi česar se je dno doline pogreznilo za več kot 100 milijonov m<sup>3</sup>, najgloblje dele teh

ugreznin pa je zalila voda. Šaleško jezero je najstarejše in najmanjše, nastalo je ob spodnjem toku reke Lepene. Razteza se na 17 ha, prostornina znaša 1 milijon m<sup>3</sup>, največja globina 19 m, njegovo padavinsko zaledje meri dobrih 10 km<sup>2</sup>, količina vtoka vode je 5,4 milijonov m<sup>3</sup> na leto. Ker so premog pod njim že izčrpali, se ne bo več spreminjalo. (Šterbenk, 1999)

Družmirsko jezero je najmlajše, po velikosti je drugo, razteza se na 54 ha, njegova prostornina znaša 10,7 milijonov m<sup>3</sup>, največja globina 69 m, padavinsko zaledje meri 33 km<sup>2</sup>, količina vtoka vode pa je 24,5 milijonov m<sup>3</sup> na leto. Uporablja se kot vir tehnološke odpadne vode za termoelektrarno v Šoštanju, zato njegova gladina niha, s tem pa je zmanjšana stabilnost brežin. Velunja, ki priteka v jezero in nato iz njega izteka ter teče proti Paki, v sušnem delu leta zaradi potreb termoelektrarne sploh ne priteče do Pake. Zaradi nadaljnjega izkopa pod dnom jezera bo postalo Družmirsko jezero do leta 2020 največje v Šaleški dolini. Takrat naj bi njegova površina merila 2 km<sup>2</sup>. (Šterbenk, 2005)

Velenjsko jezero je največje v Šaleški dolini, njegova površina znaša 140 ha, prostornina je 25 milijonov m<sup>3</sup>, največja globina 54 m, padavinsko zaledje meri 20,4 km<sup>2</sup>, letna količina vtoka vode pa je več kot 11 milijonov m<sup>3</sup> (Šterbenk, 1999). Pod večjim delom jezera so premog že izkopali, odkopi še potekajo pod zahodnim bregom, vendar tam ugreznino sproti zasipavajo s produkti termoelektrarne (pepel, žindra, sadra), nasip pa prekrivajo s plastjo prsti in ga ozelenjujejo. Jezero je občutljivo zaradi počasne menjave vode, saj je za zamenjavo vode v jezerski kotanji potrebno okoli dve leti in pol. Do leta 1994 je bilo jezero odlagališče pepela in rezervoar za onesnaženo vodo termoelektrarne, zato je postalo izredno alkalno (pH 12). Kakovost jezerske vode se je nato po letu 1994 izboljšala, saj so zgradili zaprti krogotok transportne vode iz termoelektrarne. (Šterbenk, 2005)

## **4.2 Kanalizacijski sistem Velenje – Šoštanj**

KS (kanalizacijski sistem) Velenje – Šoštanj je obsežen KS, ki se zaključuje na Centralni čistilni napravi Šaleške doline v Šoštanju. Povečini gre za mešan sistem, ki odvaja odpadno

vodo (iz gospodinjstev, obrti, industrije), padavinsko vodo (s cest, streh itd.) in izcedno vodo iz komunalne deponije. Z njim v večini upravlja Komunalno podjetje Velenje, d.o.o.

Gradnja KS Velenje – Šoštanj<sup>3</sup> je potekala v več obdobjih:

- obdobje gradnje sekundarne in meteorne kanalizacije (od 1963 do 1971),
- obdobje gradnje primarne kanalizacije (od 1971 do 1987),
- obdobje gradnje kolektorja Velenje – Šoštanj (od 1971 do 1989 v 4 fazah),
- obdobje gradnje čistilnih naprav (mali ČN Podkraj in Kavče od 1989 do 1991, 1. faza CČN (centralne čistilne naprave) leta 1990, 2. faza CČN leta 2006),
- obdobje priključevanja kanalizacijskih priključkov na ČN ter gradnje črpališč in razbremenilnikov (od 1990 naprej).

KS Velenje – Šoštanj<sup>4</sup> poleg hišnih priključkov obsega<sup>5</sup>:

- 28 608 m meteornih kanalov (od tega 6 679 m cestnih meteornih kanalov),
- 51 048 m kanalov za odpadno sanitarno vodo,
- 79 852 m mešanih kanalov (od tega 8 913 magistralnih kanalov),
- 5323 revizijskih in kaskadnih jaškov,
- 8 črpališč (Škale - odlagališče, Škale - novo, Pohrastnik, Stari jašek, Ribiška koča, Gabrke, Bevče, Podkraj),
- 30 razbremenilnikov,
- CČN.

Poleg tega KS vsebuje še malo komunalno ČN Kavče, na katero se odvaja odpadna sanitarna voda iz naselja Kavče, očiščena voda pa odteka v potok Arnaščica. Usedalnik male ČN se čisti 3- do 4-krat letno, biološko blato pa se odpelje na CČN v nadaljnjo obdelavo (Dejavnost odvajanja in čiščenja odplak, 2006). Mala ČN Podkraj je ukinjena, na njenem mestu je črpališče Podkraj, ki prečrpava odpadno sanitarno vodo iz naselja Podkraj v kanalizacijo, ki gravitira proti kolektorju Velenje – Šoštanj.

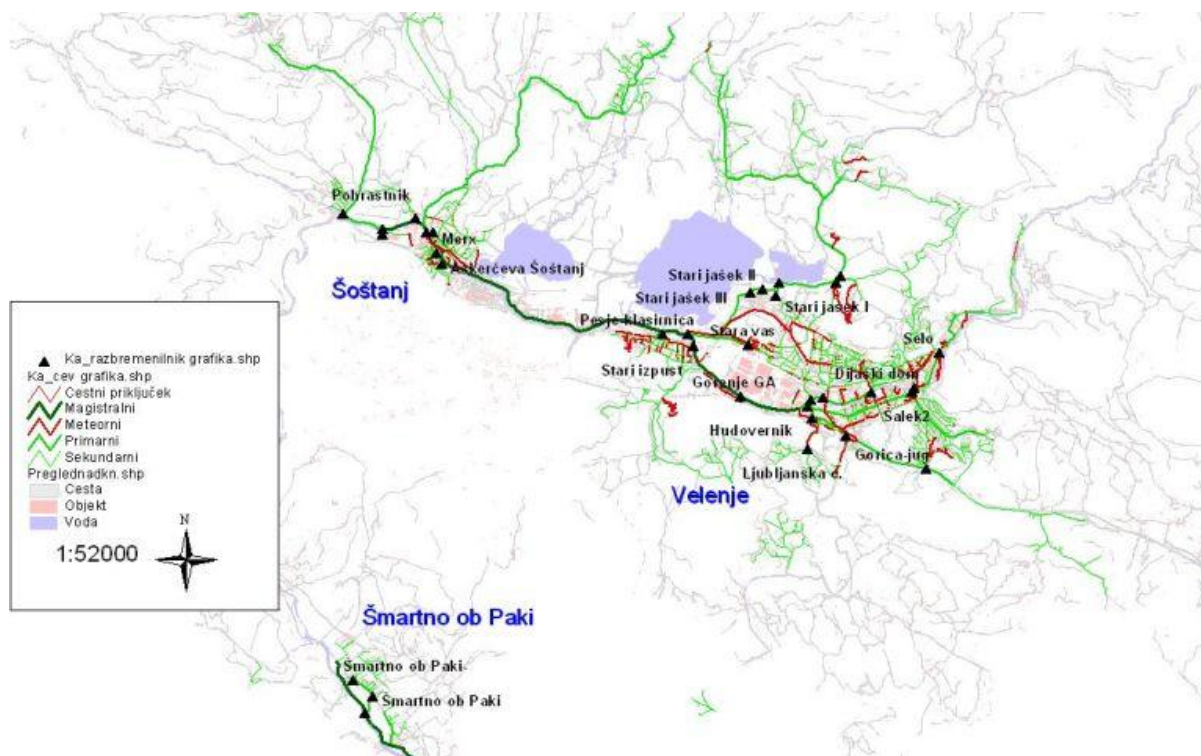
---

<sup>3</sup> Vir: Dejavnost odvajanja in čiščenja odplak, 2006

<sup>4</sup> Samo kanalizacijski elementi, ki odvajajo vodo na CČN v Šoštanju.

<sup>5</sup> GIS podatki, 2006

Načrtuje se še približno 42 270 m novozgrajenih kanalov za odpadno vodo iz delov naselij, ki gravitirajo na KS Velenje – Šoštanj (Paka, Bevče, Gaberke, Škale, Ravne, Plešivec, Laze, Vinska Gora, Lokovica, Topolšica, Metleče, Skorno pri Šoštanju). Obenem so predvidena še 4 večja območja poselitve: Selo, Lipa - vzhod ter dve območji med Cesto II. reda in Gorico. (GIS podatki, 2006)



Slika 18: Kanalizacijski sistem Velenje – Šoštanj (Dejavnost čiščenja odplak, 2007)

Centralna čistilna naprava Šaleške doline leži v industrijskem predelu med mestom Šoštanj in naseljem Pohrastnik. Na severu je lokacija omejena z reko Pako, na jugu s cesto Šoštanj-Penk in Pušnikovim bregom. CČN služi prebivalcem mest Velenje in Šoštanj ter okoliškim zaselkom. Gradnja je potekala v dveh fazah. Prva faza leta 1990 je zajemala mehansko stopnjo čiščenja, linijo obdelave blata, upravno-pogonski objekt in ostalo pripadajočo infrastrukturo. Mehanska stopnja je bila zgrajena za čiščenje odpadne vode največ 1000 l/s, za onesnaženje 50 000 PE (populacijskih ekvivalentov) in za projektirani učinek 40 %, izražen v BPK5 (Dejavnost odvajanja in čiščenja odplak, 2006). Drugi del CČN pa je bil zgrajen septembra 2006. Gradnja je vključevala dograditev obstoječe naprave z biološko stopnjo čiščenja po postopku biofiltracije s fiksirano biomaso, hkrati pa se je posodobilo mehansko

predčiščenje komunalnih odpadnih voda in linija obdelave blata, ki vključuje tudi izkoriščanje bioplina. Zamenjana je bila tudi dotrajana strojna in elektrooprema (Projekti MOV). Izbran je bil tehnološki postopek čiščenja odpadnih vod s kemijskim obarjanjem fosforja in biofiltracijo za eliminacijo ogljikovih in dušikovih spojin.

Tehnološki postopek čiščenja odpadnih voda se po rekonstrukciji in izgradnji biofiltracije razdeli na tri zaokrožene tehnološke sklope, in sicer na:

- mehansko čiščenje,
- biofiltracijo in
- linijo za obdelavo blata ter izrabo bioplina. (Naveršnik, 2006)

Od oktobra 2006 na Centralni čistilni napravi Šaleške doline poteka poskusno obratovanje, ki pa se počasi bliža koncu. V letu 2007 je potekalo optimiziranje tehnološkega procesa. V mesecu aprilu so uvedli zunanji recikel in črpanje blata iz zgoščevalnika v primarni usedalnik. Rezultati analiz kažejo, da od aprila naprej noben parameter razen fosforja ne presega predpisane vrednosti. (Dejavnost čiščenja odplak, 2007)

Skozi mehansko čiščenje se vodi maksimalno 2800 m<sup>3</sup>/h grobe odpadne vode ter občasno še dodatnih 400 m<sup>3</sup>/h odpadne vode iz čiščenja biofiltrov in linije obdelave blata; na biološko čiščenje pa se vodi pretok 1400 m<sup>3</sup>/h. (Dejavnost čiščenja odplak, 2007)

Očiščena odpadna voda preko prelivnega roba teče po kanalu preko meritve pretoka z ultrazvočnim merilnikom na Khafagi-Venturijevevi zožitvi, nato pa po cevi v reko Paka. Zmogljivost čiščenja je 50 000 PE. Druga faza CČN s svojim biološkim delom čiščenja dosega več kot 90-odstotne učinke čiščenja.

### **4.3 Ukrepi za izboljšanje kakovosti voda v občinah Velenje in Šoštanj**

Šaleška dolina je imela sredi osemdesetih let podobo onesnažene pokrajine. Reka Paka je tedaj spadala med najbolj obremenjene in onesnažene vodotoke v Sloveniji. Za majhen vodotok, kot je Paka, pomeni 40 000 prebivalcev Šaleške doline vsekakor preveliko obremenitev, prav tako se je kakovost reke vzdolž njenega toka pospešeno slabšala zaradi

razvoja industrije in premogovništva. Paka je bila v tem obdobju mrtva reka. Prav tako je bilo s Šaleškimi jezeri, v katera so se stekale industrijske onesnažene vode in okoliški potoki, onesnaženi z odplakami iz naselij, ki ležijo v pojezerju. (Naveršnik, 2006)

V bližnji preteklosti so tako reko Pako in jezera močno obremenjevali zlasti prebivalstvo, termoelektrarna in ostali industrijski obrati (Gorenje, šoštanjska usnjarna itd.). Del odpadnih voda je delno očistila CČN. Velenjska občina je leta 1993 naročila izdelavo sanacijskega programa Vode občine Velenje. Raziskave so pokazale, da je bila Paka pred Velenjem še v I. kakovostnem razredu, v Šoštanju pa je padla v IV. kakovostni razred (Šterbenk, 1999). Sanacijski program je bil razdeljen v dve fazi. Prva faza se je zaključila leta 1997. Obsegala je širitev kanalizacije, graditev zaprtega krogotoka za transportne vode iz termoelektrarne, graditev ČN v Gorenju in usnjarni itd. Po tej fazi se je kakovost Pake izboljšala v III. kakovostni razred.

Pražnikar leta 1999 ugotavlja, da je med največjimi onesnaževalci Pake komunalna odpadna voda. Od leta 1999 poteka druga faza sanacijskega programa, katere cilj je doseči vsaj II. kakovostni razred Pake. To je mogoče doseči predvsem s čiščenjem odpadnih vod pred izlivom v odvodnik. Cilj druge faze programa je bil delno dosežen z večjim priključevanjem porabnikov vode na KS in z gradnjo II. faze CČN konec leta 2006. V celoti pa bo cilj dosežen z zgraditvijo deževnih bazenov, ki bodo zmanjšali količino prelite mešane odpadne vode v Pako in Velenjsko jezero.

#### **4.4 Določanje volumnov deževnih bazenov na območju KS Velenje – Šoštanj**

KS Velenje – Šoštanj ima sedaj 30 razbremenilnikov. Ribiška koča I, II in III razbremenjujejo le izcedne vode iz komunalne deponije v že zgrajeni bazen s črpališčem (Škale - odlagališče). Razbremenilnik Ljubljanska cesta razbremenjuje visoke vode v razbremenilnik Staro Velenje, zato prav tako ne potrebuje deževnega bazena. V KS Velenje – Šoštanj je tako potrebnih 26



deževnih bazenov, s tem da sta ČR Ribiška koča in Stari jašek III črpališči mešanih vod. V prilogi A je prikazana shema pretokov med razbremenilniki.

Za določitev potrebnih volumnov deževnih bazenov skladno s standardom ATV-A 128E je najprej potrebno pridobiti vse vhodne podatke za izračun. Vhodni podatki so naslednji:

- število prebivalcev  $A$ ,
- norma porabe vode  $n_p$ ,
- število prebivalcev, priključenih na ločeni sistem  $A_{ločeni}$ ,
- norma porabe vode za ločeni sistem  $n_p$  ločeni,
- povprečni dnevni odtok odpadnih vod iz male obrti, pisarn in trgovin  $Q_{c24}$ ,
- povprečni dnevni odtok odpadnih vod iz velike obrti in industrije  $Q_{i24}$ ,
- odtok tujih vod  $Q_{iw24}$ ,
- koeficient maksimalne urne porabe  $x$ ,
- število delovnih ur na dan v mali obrti, pisarnah, trgovinah  $a_c$ ,
- število delovnih ur na dan v veliki obrti in industriji  $a_i$ ,
- število delovnih dni na leto  $b_c, b_i$ ,
- povprečna letna višina padavin  $h_{pr}$ ,
- velikost neprepustne prispevne površine  $A_{is}$ ,
- dotočni čas  $t_f$ ,
- povprečni padec terena  $J_t$  oziroma povprečni koeficient nagnjenosti terena  $SG_m$ ,
- koncentracija KPK sušnega odtoka  $C_{dw}$  (v primeru da obstajajo meritve, sicer 600 mg/l),
- koncentracija KPK deževnega odtoka  $C_r$  (v primeru da je letna obremenitev neprepustnih prispevnih površin s KPK deževnega odtoka večja od 600 kg/ha, sicer 107 mg/l).

Podatke o obstoječih kanalizacijskih vodih in objektih imajo v Komunalnem podjetju Velenje d.o.o. v bazi podatkov GIS (geografskega informacijskega sistema). GIS digitalne podatke se pregleduje z računalniškimi programi, kot so ArcView, Manifold itd. Na osnovi teh podatkov se določijo velikosti prispevnih površin, število prebivalcev, norma porabe vode in povprečni dnevni odtok odpadnih vod iz velike obrti in industrije za vsa območja, ki s pomočjo kanalov

odvajajo vodo do posameznega razbremenilnika, kjer naj bi bil predviden tudi deževni bazen. Pri številu prebivalcev in normi porabe vode je potrebno upoštevati predvideno rast, predvidene nove priključitve in predvidena nova območja poselitve za načrtovano dobo (leto 2020). Meritev deževnega odtoka v mešani KS ni, zato se pri dimenzioniranju namesto neprepustnih prispevnih površin upošteva reducirane prispevne površine. Ker meritve tujih vod ne obstajajo, se v skladu s standardom upošteva maksimalno vrednost 0,15 l/(s ha) glede na reducirano prispevno površino. Povprečno letno višino padavin za najbližjo meteorološko postajo Velenje se pridobi na spletni strani ARSO.

Pri določanju časov dotoka je pri tako obsežnem KS smiselno uporabiti simulacijski računalniški model odtoka. En izmed teh modelov je računalniški program SWMM (Storm Water Management Model), ki omogoča kratkoročno in dolgoročno simuliranje kvantitativnega in kvalitativnega odtoka. V program se vnese celoten KS in podatke o padavinah z vnosom preko prispevnih površin ali preko direktnih vtokov v jaške, nato pa se za modele z različnimi nalivi določi kritični naliv. Najneugodnejši naliv je tisti, pri katerem dobimo v zadnji cevi KS pred opazovano točko maksimalen odtok. Za vnos padavin preko direktnih vtokov sta potrebna podatka o enotskih jakostih nalivov in reduciranih prispevnih površinah. Za določitev enotskih jakosti nalivov se upoštevajo vrednosti GEN za najbližjo meteorološko postajo (Šmartno pri Slovenj Gradcu). Pri tem je potrebno izbrati ustrezno pogostost nalivov, ki se upošteva pri dimenzioniranju (izbrana je bila pogostost  $n = 1$ ). Ko se določi gospodarsko enakovredni naliv, se iz programa za ta naliv odčita dotočni čas.

Povprečni koeficienti nagnjenosti terena  $SG_m$  se določijo glede na povprečne padce terena  $J_t$  (Preglednica 2). Ti se določijo s pomočjo višinskih razlik kot pokrovov jaškov in medsebojnih razdalj. Za koncentracijo KPK sušnega odtoka  $C_{dw}$  se privzame vrednost 600 mg/l, kot določa standard v primeru, da ni meritev, oziroma kadar se določa obremenitev za 25 let naprej.

Vhodni podatki so prikazani na obrazcu za izračun zadrževalnih volumnov za celotno območje nad posameznim deževnim bazenom po standardu ATV-A 128E (Priloga B1).

Obrazec za izračun zadrževalnih volumnov za celotno območje nad posameznim deževnim bazenom je narejen v Microsoftovem računalniškem programu Excel. Ko so vneseni vsi vhodni podatki, program izračuna vse količine s pomočjo formul iz poglavji 3.4 in 3.5.

Najprej sem naredila preračun z upoštevanjem koncentracije KPK deževnega odtoka 107 mg/l, tako kot privzema standard za povprečne razmere v Nemčiji. V prilogi B1 (prvi stolpec izračunov) so v obrazcih izračunani zadrževalni volumni za celotno območje nad posameznim deževnim bazenom. V prilogi B2 so prikazani rezultirajoči efektivni volumni deževnih bazenov (od potrebnih zadrževalnih volumnov za celotno območje nad posameznim deževnim bazenom se odšteje volumne vseh više ležečih bazenov). Pogoji postopka dimenzioniranja z uporabo diagramov so izpolnjeni za večino bazenov, izjema sta Metleče II in Metleče. Razmerje deževnega odtoka za Metleče II nekoliko presega mejno vrednost 2 l/(s ha), obenem pa je ta bazen tudi šesti zaporedno vezani bazen. Za deževni bazen Metleče specifični volumen presega vrednost 40 m<sup>3</sup>/ha.

Povprečna letna mera prelivanja za bazene znaša 36,3 %, povprečno razmerje deževnega odtoka pa 1,41. Po odštevanju gorvodno ležečih volumnov so pri šestih bazenih volumni negativni. Negativni volumni se pojavijo pri tistih deževnih bazenih, ki imajo gorvodno zaporedno vezane deževne bazene in zelo majhne lastne reducirane prispevne površine na območju deževnega bazena. Pri takih bazenih je na odsekih od predhodnih do obravnavanega deževnega bazena vtok deževne vode v sistem majhen, kar bo potrebno v praksi spremeniti, saj se onesnažene padavinske vode ne smejo spuščati v odvodnik. Zaradi majhnih količin mešane odpadne vode na teh mestih bazen ne bi bil potreben. Ta pojav lahko razložimo tudi z ugotovitvijo iz analize vpliva parametrov (poglavje 5), da se s povečanjem gostote prebivalstva potrebni specifični volumni manjšajo. Če je lastna reducirana prispevna površina zelo majhna, število prebivalcev pa narašča, pomeni, da je gostota prebivalstva za celotno območje nad obravnavanim bazenom v primerjavi z gostoto prebivalstva za celotno območje nad gorvodnim deževnim bazenom večja.

Za oceno in primerjavo izračunanih volumnov sem naredila izračun volumnov še na poenostavljen način na podlagi kritičnega pretoka. Po nemških predpisih znaša kritični naliiv

15 l/(s ha), razen če se druga vrednost utemelji na podlagi drugih spoznanj in zahtev. (Panjan, 2002)

$$Q_{krit} = A_{red} \cdot q'_{krit} + Q_s + \Sigma Q_{t,i} \quad (4.1)$$

$Q_{krit}$ ... kritični pretok [l/s]

$A_{red}$ ... reducirana prispevna površina območja deževnega bazena [ha]

$q'_{krit}$ ... enotska jakost merodajnega kritičnega naliva za dimenzioniranje volumna bazena, ki znaša 15 l/(s ha) [l/(s ha)]

$Q_s$ ...sušni odtok z območja deževnega bazena (brez tujih vod) [l/s]

$\Sigma Q_{t,i}$ ... vsota neposrednih dotokov dušilk razbremenilnikov in deževnih bazenov gorvodno priključenih prispevnih območij [l/s]

Volumen se določi po spodnji enačbi:

$$V = 3,6 \cdot (Q_{krit} + Q_{tujja}) \cdot h / v_o \quad [m^3] \quad (4.2)$$

$Q_{tujja}$ ...odtok tuje vode z območja deževnega bazena<sup>6</sup> [l/s]

$h$ ...minimalna globina vode [m]

$v_o$ ... površinska obremenitev [ $m^3/(m^2 h)$ ]

Minimalna globina vode v bazenu znaša 2,0 m, površinska obremenitev pa 10  $m^3/(m^2 h)$  ali 5  $m^3/(m^2 h)$  (strožji pogoj). Pri površinski obremenitvi 10  $m^3/(m^2 h)$  se usedajo delci premera do 0,0646 mm, pri  $v_o$  5  $m^3/(m^2 h)$  pa delci premera do 0,0457 mm.

Opozoriti je potrebno na razliko med pojmom sušni odtok v standardu ATV-A 128E – tam je v sušnem odtoku upoštevan tudi odtok tujih vod – in istim pojmom v metodi izračuna volumnov na podlagi kritičnega pretoka, kjer v sušnem odtoku odtok tujih vod ni upoštevan. Izračuni volumnov na poenostavljen način na podlagi kritičnega pretoka so prikazani v prilogah C1 in C2.

V primeru slabšega stanja vodotoka je potrebno parametre obremenjevanja izbrati tako, da se v razumnem času doseže izboljšanje njegove kakovosti na primerni nivo. Odločili smo se, da bomo zaradi majhne vodnatosti reke Pake in njenega slabega kakovostnega stanja zagotavljali

---

<sup>6</sup> Odtok tuje vode sem določila glede na gostoto prebivalstva in sušni odtok iz območja deževnega bazena po podatkih iz literature (Kolar, 1983, str.36).

volumne, večje ali vsaj enake volumnom, izračunanim na poenostavljen način na podlagi kritičnega pretoka s površinsko obremenitvijo  $5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ . Procent letnega prelivanja smo želeli zmanjšati na velikost okoli 20 %. Zato sem pri izračunu okvirnih volumnov po standardu ATV-A 128E izbrala strožji pogoj koncentracije KPK deževnega odtoka. Naredila sem izračune za  $C_r = 100 \text{ mg/l}$  in  $90 \text{ mg/l}$ . Izračunani potrebni zadrževalni volumni za celotno območje nad posameznim deževnim bazenom so prikazani v prilogi B1 (drugi in tretji stolpec izračunov), rezultirajoči efektivni volumni deževnih bazenov pa so prikazani v prilogah B3 in B4.

Za končne okvirne volumne smo izbrali volumne pri pogoju koncentracije KPK deževnega odtoka  $90 \text{ mg/l}$ . V primerjavi s pogojem  $107 \text{ mg/l}$  dosežemo zmanjšanje letne mere prelivanja s 36 na 23 %, volumni pa se pri tem povečajo za 87 %. V primeru KS Velenje – Šoštanj gre za zelo obsežen in zapleten KS. Pri nadaljnjem dimenzioniranju bi bilo potrebno rezultate preveriti s kontrolnim postopkom, z uporabo dolgoročnih simulacij z vnosom dejanskih koncentracij onesnažil v KS. Izvedene bi morale biti tudi vse potrebne meritve kvalitete odpadne vode.

Vrste deževnih bazenov, ki se po ATV-A 128E določijo glede na dotočni čas in na morebitne gorvodno od bazena vezane druge zadrževalno-razbremenilne objekte, so prikazane v prilogi D.

## **5 ANALIZA VPLIVA PARAMETROV NA SPECIFIČNI ZADRŽEVALNI VOLUMEN – PRIMER KS VELENJE – ŠOŠTANJ**

### **5.1 Analizirani zadrževalni bazeni na KS Velenje – Šoštanj**

Za deževne bazene Selo, Šalek II in Metleče II na območju KS Velenje – Šoštanj sem analizirala vpliv krajevno specifičnih vhodnih parametrov, ki se po standardu ATV-A 128E uporabljajo za izračun specifičnih volumnov deževnih bazenov.

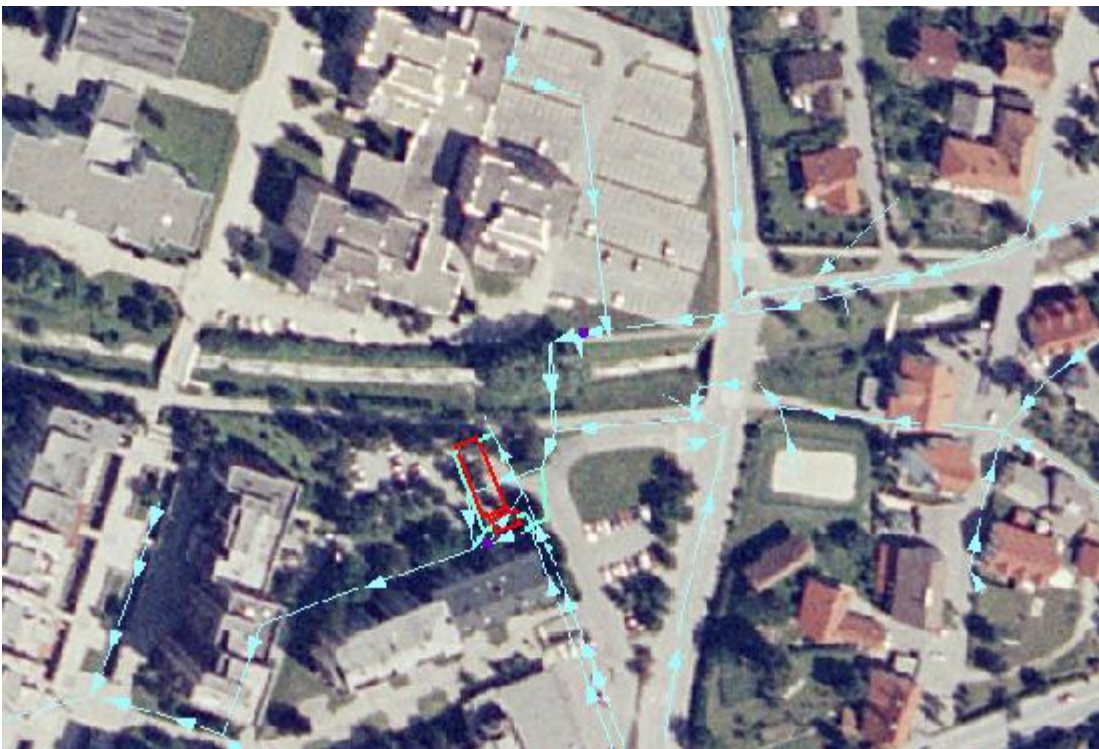
Deževne bazene je smiselno umestiti na mesta, za katera je značilen izrazit pojav čistilnega vala. Ker gre v tem primeru za obstoječe kanalizacijsko omrežje z obstoječimi razbremenilniki, se bazene umesti na mesta dosedanjega razbremenjevanja. Bazeni so med seboj vezani zaporedno s postavitvijo na stranskem vodu. Pri umestitvi bazenov se skuša ohraniti obstoječe elemente, s čimer so prihranjeni stroški gradnje novih.

Deževni bazen Selo je predviden za zadrževanje prvega vala onesnaženja iz naselja Konovo. Umesti se ga na nepozidanem zemljišču med obstoječim razbremenilnikom in reko Pako. Obstoječi razbremenilnik Selo se uporabi kot razbremenilnik deževnih vod. Razbremenjena mešana odpadna voda se iz njega vodi v deževni zadrževalni bazen preko razbremenilnika visokih vod. Vsi obstoječi vodi ostanejo v tem primeru v uporabi.

Deževni bazen Šalek II je predviden za zadrževanje onesnaženja iz večjega dela naselja Gorice. Bazen je kot deževni prelivni bazen predviden na razbremenilni cevi obstoječega razbremenilnika, ki po novem služi kot razbremenilnik deževnih vod. Razbremenilnik visokih vod ni predviden. Glede na lego obstoječega razbremenilnika in reke Pake ter ostale razmere se bazen umesti med razbremenilnik in Pako. Nekateri obstoječi vodi se ukinejo. Lokacija je deloma na zelenih površinah in deloma na območju cestišča. (Rep, 2007).



Slika 19: Shema umestitve deževnega bazena Selo v prostor



Slika 20: Shema umestitve deževnega bazena Šalek II v prostor

Metleče II je predviden kot zadnji bazen pred CČN. Bazena se kot deževni prelivni bazen namesti na razbremenilni cevi razbremenilnika, ki po novem služi kot razbremenilnik deževnih vod, razbremenilnik visokih vod pa ni predviden. Lokacija je na nepozidanem zemljišču ob reki Paki. Vsi obstoječi vodi ostanejo v uporabi. Za določitev specifičnega volumna tega bazena se upošteva celotno prispevno območje ČN nad zadnjim prelivnim objektom.



Slika 21: Shema umestitve deževnega bazena Metleče II v prostor

Na prikazanih lokacijah, kjer so predvideni deževni bazeni Selo, Šalek II in Metleče II, sedaj obstajajo le razbremenilniki. Za te tri bazene, ki smo jih že dimenzionirali, sem analizirala vpliv vhodnih parametrov na specifični zadrževalni volumen. V analizi sem obravnavala naslednje parametre:

- povprečni koeficient nagnjenosti terena  $SG_m$ ,
- povprečno letno višino padavin  $h_{pr}$ ,
- velikost reducirane prispevne površine  $A_{red}$ ,
- dotočni čas  $t_f$ ,



- koeficient maksimalne urne porabe  $x$ ,
- odtok tujih vod na enoto površine  $q_{iw}$ ,
- koeficient velikosti odtoka skozi dušilko  $n$ ,
- delež prebivalcev, priključenih na ločen KS,
- število prebivalcev  $A$ ,
- normo porabe vode  $n_p$ ,
- koncentracijo KPK sušnega odtoka  $C_{dw}$  in
- koncentracijo KPK deževnega odtoka  $C_r$ .

Najprej sem določila območje vhodnih podatkov za posamezen parameter. Pri izbiri območja sem se odločala na podlagi podatkov iz literature in standarda. Skušala sem uporabiti čim bolj smiselne intervale, v območju katerih se parametri lahko spreminjajo. Nato sem analizirala, kako se s spreminjanjem posameznega vhodnega parametra spreminjajo ostali parametri izračuna, predvsem specifični volumen bazena.

## 5.2 Raziskave vplivov na dimenzije zadrževalnih bazenov v tujini

Raziskave takih vplivov v tujini so zelo redke. Ena izmed raziskav je Bemessung von Regenüberlaufbecken gemäß ATV-Arbeitsblatt A-128 (Erzmann in sod., 1994), objavljena v reviji Korrespondenz Abwasser, ki analizira vplive v nadaljevanju naštetih parametrov na specifični zadrževalni volumen deževnih bazenov. Ugotovitve te raziskave sem primerjala z izsledki svoje analize.

Kot osnova za spreminjanje posameznih parametrov so bili v tej raziskavi uporabljeni naslednji podatki:

- povprečna letna višina padavin  $h_{pr} = 800$  mm,
- koncentracija KPK deževnega odtoka  $C_r = 107$  mg/l,
- koncentracija KPK sušnega odtoka  $C_{dw} = 600$  mg/l,
- koncentracija KPK izpusta iz ČN v odvodnik  $C_{tp} = 70$  mg/l,
- povprečni koeficient nagnjenosti terena  $SG_m = 2$ ,

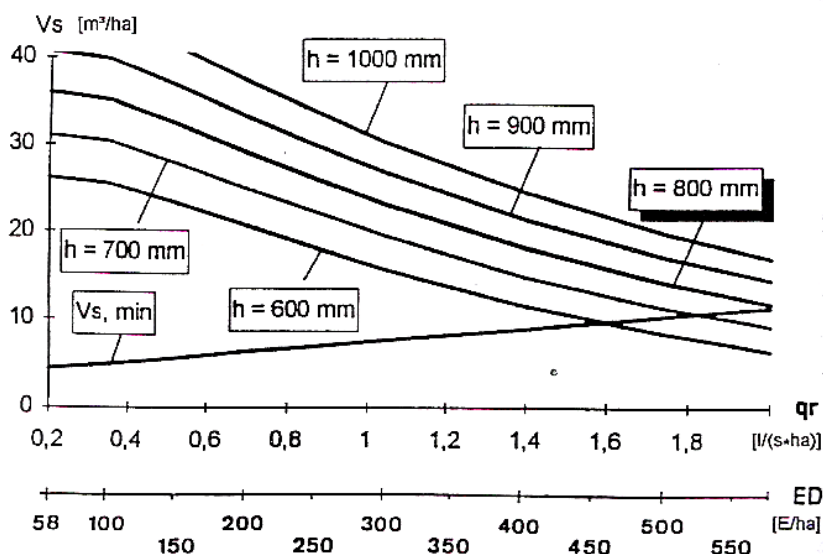
- dotočni čas  $t_f = 15$  min,
- koeficient maksimalne urne porabe  $x = 16$  h,
- odtok tujih vod na enoto neprepustne prispevne površine  $q_{iw} = 0,10$  l/(s ha),
- norma porabe vode  $n_p = 150$  l/(P dan) in
- odtok skozi dušilko  $Q_t = n \cdot Q_{px} + Q_{iw} = 2 \cdot Q_{px} + Q_{iw}$  [l/s].

Raziskava je bila narejena za primer omrežja brez priključenih ločenih sistemov za odvajanje sušnega odtoka in je obravnavala skupni specifični zadrževalni volumen za celotno prispevno območje ČN.

Parametri, ki jih je raziskava zajemala, so:

- povprečna letna višina padavin  $h_{pr}$ ,
- dotočni čas  $t_f$ ,
- povprečni koeficient nagnjenosti terena  $SG_m$  (oznaka  $NG_m$  v prilogi F),
- norma porabe vode  $n_p$  (oznaka  $w_s$  v prilogi F),
- koeficient maksimalne urne porabe  $x$ ,
- koeficient velikosti odtoka skozi dušilko  $n$ ,
- koncentracija KPK sušnega odtoka  $C_{dw}$  (oznaka  $c_t$  v prilogi F) in
- odtok tujih vod na enoto neprepustne prispevne površine  $q_{iw}$  (oznaka  $q_f$  v prilogi F).

Rezultati raziskave so bili podani v obliki diagramov. Slika 22 prikazuje krivulje vpliva letne višine padavin na specifični volumen v odvisnosti od gostote prebivalstva in razmerja deževnega odtoka. Vsi ostali diagrami so podani v prilogi E. V primerih, ko je razmerje deževnega odtoka odvisno le od gostote prebivalstva, je specifični volumen na diagramih hkrati prikazan v odvisnosti od razmerja deževnega odtoka  $q_r$ , gostote prebivalstva  $ED$  in obravnavanega parametra. Spreminjanje nekaterih parametrov vpliva na velikost razmerja deževnega odtoka in s tem to ni več odvisno le od gostote prebivalstva. V takih primerih je specifični volumen prikazan samo v odvisnosti od gostote prebivalstva ter od obravnavanega parametra.



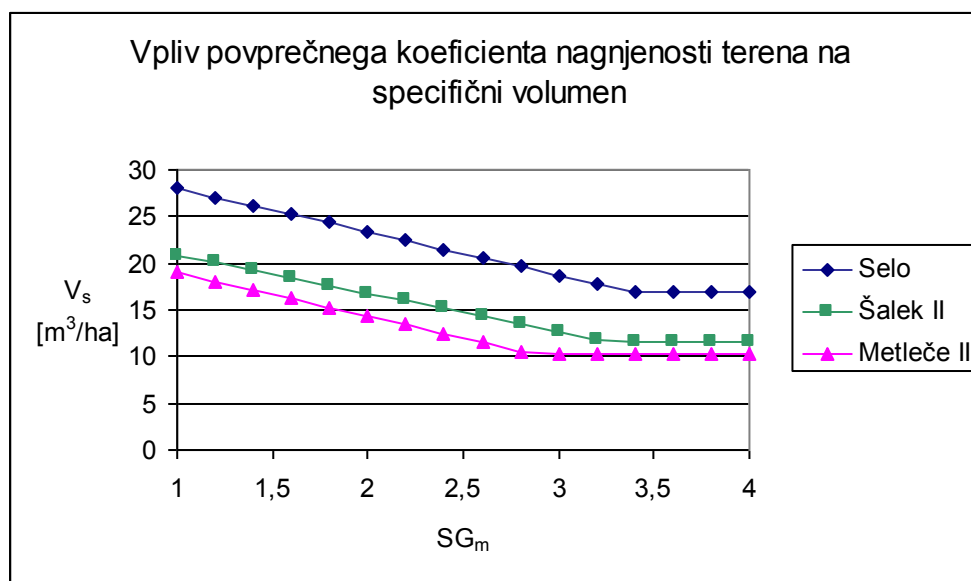
Slika 22: Krivulje vpliva povprečne letne višine padavin na specifični volumen (Erzmann in sod., 1994, str. 2206)

### 5.3 Analiza vplivov na specifični zadrževalni volumen za zadrževalne bazene Selo, Šalek II in Metleče II

#### 5.3.1 Vpliv povprečnega koeficienta nagnjenosti terena $SG_m$

Povprečni koeficient nagnjenosti terena se določi glede na povprečni padec terena. Pri določanju padcev KS se namreč običajno sledi naravnemu padcu terena. Ob tem mora biti izpolnjena zahteva, da je pri sušnem pretoku dosežena vsaj minimalna dovoljena hitrost v omrežju. Manjši kot je pretok in padec, večje usedanje lahko pričakujemo.

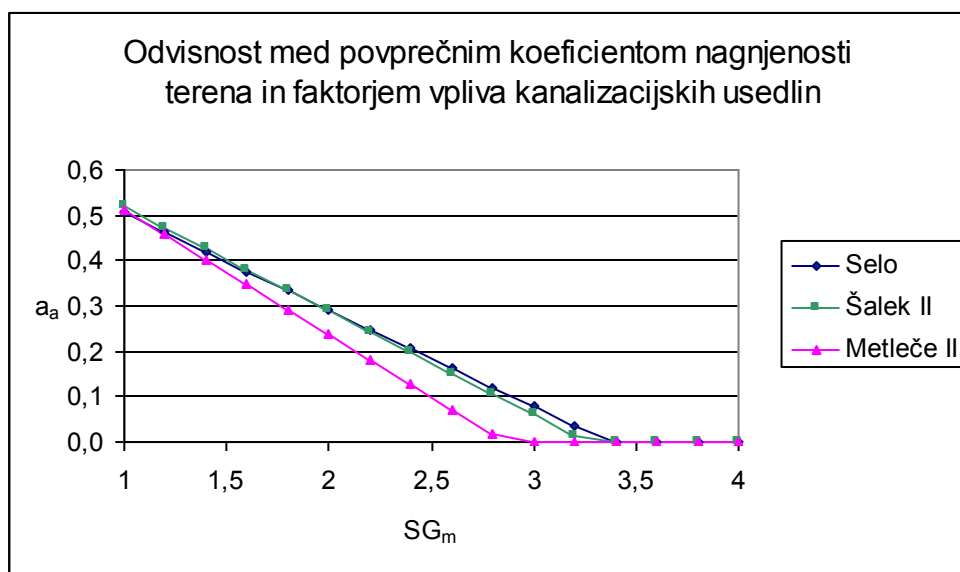
Padci KS so v standardu torej upoštevani s povprečnim koeficientom nagnjenosti terena  $SG_m$ . Vpliv tega koeficienta na specifični volumen sem preverila v območju od 1 do 4, torej za padce terena približno od 1 do 10 %.



Slika 23: Diagram vpliva povprečnega koeficienta nagnjenosti terena  $SG_m$  na specifični volumen  $V_s$

Iz diagrama (Slika 23) je razvidno, da se z manjšanjem povprečnega koeficienta nagnjenosti terena specifični volumen deževnega bazena večja. To je posledica dejstva, da je pri manjših padcih možnost odlaganja usedlin v kanalih v času sušnega odtoka, še posebej pa v nočnem času, večja. Prvi močnejši naliv, ki se pojavi po daljšem sušnem obdobju, splakne v kanalizaciji nakopičeno nesnago. Količine in koncentracije onesnažil so tedaj precej višje od običajnih vrednosti, zato je potrebno na mestih, kjer je pojav usedanja prisoten, zagotoviti večji volumen za zadrževanje onesnažene vode.

Odvisnost med povprečnim koeficientom nagnjenosti terena in faktorjem vpliva kanalizacijskih usedlin prikazuje slika 24.



Slika 24: Diagram odvisnosti med povprečnim koeficientom nagnjenosti terena  $SG_m$  in faktorjem vpliva kanalizacijskih usedlin  $a_a$

Z večanjem povprečnega koeficienta nagnjenosti terena  $SG_m$  se faktor vpliva kanalizacijskih usedlin  $a_a$  manjša, od neke vrednosti  $SG_m$  dalje ima  $a_a$  konstantno vrednost nič, saj pri večjih padcih ne prihaja več do odlaganja usedlin v kanalizacijskih ceveh. Pri kateri vrednosti  $SG_m$  postane  $a_a$  nič, je odvisno od razmerja sušnega odtoka.

Z večanjem faktorja vpliva kanalizacijskih usedlin se večja računsko koncentracija KPK sušnega odtoka, s tem tudi teoretična koncentracija KPK prelivov, kar vpliva na zmanjšanje dovoljene letne mere prelivanja in povečanje specifičnega volumna.

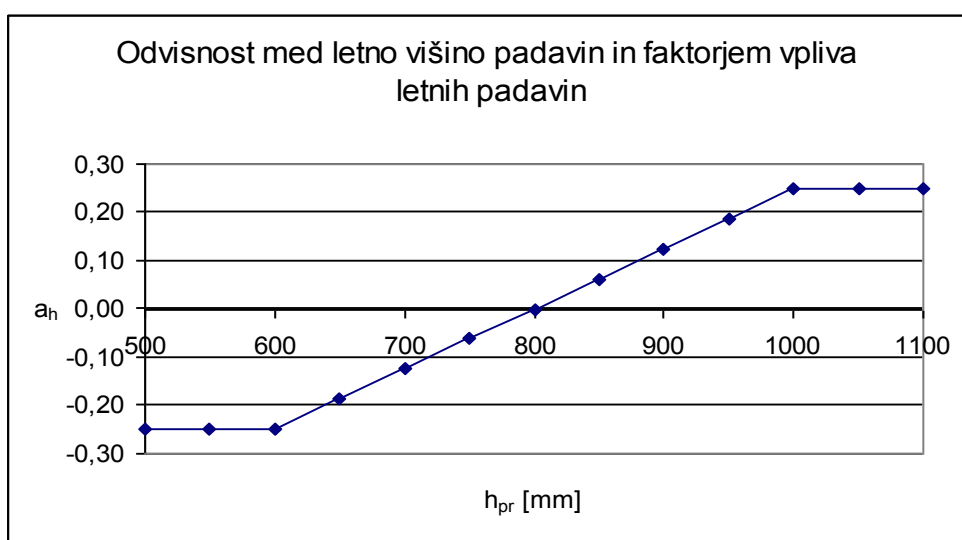
Odvisnost med specifičnim volumnom in faktorjem vpliva kanalizacijskih usedlin je linearna, kar je razvidno, če enačbo (3.35) izrazimo z  $a_a$ :

$$V_s = \frac{4000 + 25 \cdot q_r}{0,551 + q_r \cdot \left( \frac{3700 \cdot (m+1)}{c_r \cdot m + 600 \cdot (a_p + a_h + a_a) - 70 \cdot m - 70} + 6 \right)} - \frac{36,8 + 13,5 \cdot q_r}{0,5 + q_r} \quad (5.1)$$

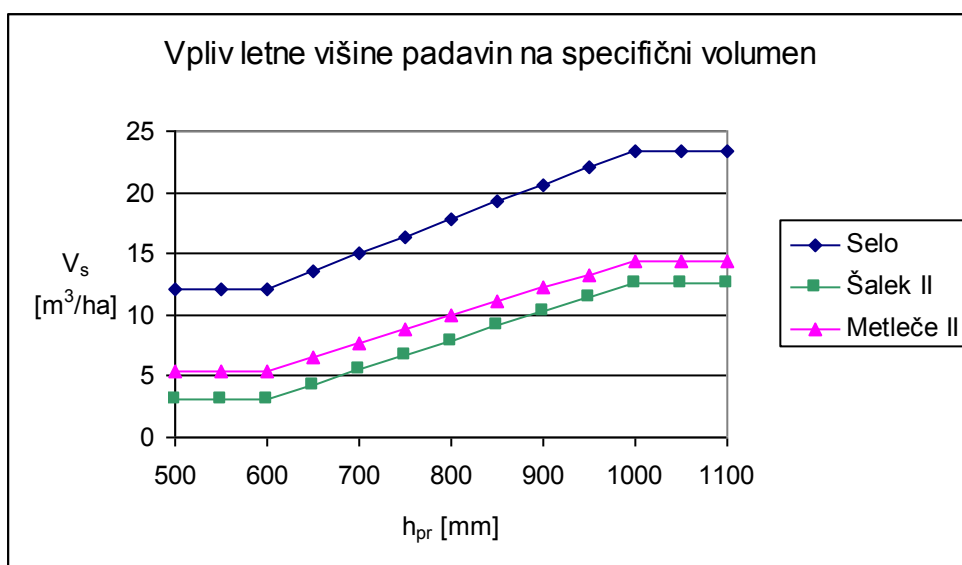
Povprečna sprememba specifičnega volumna za obravnavane bazene znaša  $9,7 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Dovoljena letna mera prelivanja se v povprečju poveča za  $8,9 \%$ .

### 5.3.2 Vpliv povprečne letne višine padavin $h_{pr}$

V standardu je privzeta povprečna letna višina padavin 800 mm. Večje dejanske količine padavin bi pomenile daljše trajanje prelivanj in večjo količino odvedene mešane odpadne vode v odvodnik. To je preprečeno z upoštevanjem faktorja vpliva letnih padavin  $a_h$ , ki kljub odstopanju dejanskih letnih višin padavin od privzetih zagotovi letno obremenjevanje odvodnika z onesnaženjem zaradi prelivanj v dopustnih mejah. Vpliv letne višine padavin sem preverila na območju od 500 do 1100 mm.



Slika 25: Diagram odvisnosti med letno višino padavin  $h_{pr}$  in faktorjem vpliva letnih padavin  $a_h$



Slika 26: Diagram vpliva letne višine padavin  $h_{pr}$  na specifični volumen  $V_s$

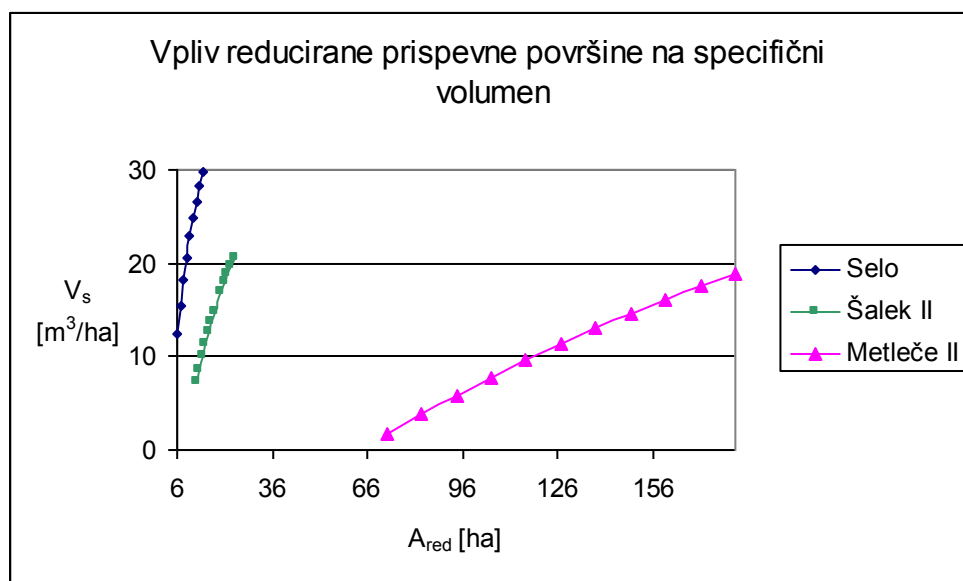
Iz diagramov je razvidno, da sta do višine 600 mm faktor vpliva letnih padavin in specifični zadrževalni volumen konstantna. Razlog je v tem, da pri višinah padavin pod 600 mm zmanjševanje zadrževalnega volumna ni upravičeno zaradi visokih koncentracij onesnaženja v mešani odpadni vodi.

Na območju od 600 do 1000 mm se z večanjem letne višine padavin povečujejo faktor vpliva letnih padavin, računski koncentracija KPK sušnega odtoka in teoretična koncentracija KPK prelivov. Dovoljena letna mera prelivanja se povprečno zmanjša za 12,3 %. Specifični volumen na tem območju z višino padavin linearno narašča. Povprečna sprememba v intervalu znaša  $9,9 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

Pri višinah padavin nad 1000 mm se upošteva tudi prispevek snega. Iz diagrama je razvidno, da je velikost specifičnega volumna pri letnih višinah padavin nad 1000 mm konstantna. Snežne padavine so namreč manj pomembne, kot navaja Kolar (1983), saj se vpliv sneženja zaradi kasnejšega taljenja ponavadi porazdeli na daljše obdobje.

### 5.3.3 Vpliv velikosti reducirane prispevne površine $A_{red}$

Glede na interval gostote naselitve, ki je značilen za posamezno območje, sem spreminjala velikost reducirane prispevne površine in ugotavljala njen vpliv na volumen. Prispevno območje deževnega bazena Selo ima 2182 prebivalcev na 79,371 ha prispevne površine, gostota prebivalstva znaša 27 P/ha, koeficient odtoka je 13 %. Prispevno območje deževnega bazena Metleče II ima 38679 prebivalcev na 1563,481 ha prispevne površine, gostota prebivalstva znaša 25 P/ha, koeficient odtoka pa 9,4 %. Po razdelitvi v literaturi (Kolar, 1983) spadata ti dve območji v območja z zelo redko zazidavo, za katera sta značilna koeficient odtoka okoli 20 % in gostota naselitve 20-50 P/ha. V intervalu gostote naselitve 20-50 P/ha se reducirana prispevna površina za Selo spreminja od 6 do 14 ha, za Metleče II pa od 72 do 182 ha. Območje deževnega bazena Šalek II spada s 3909 prebivalci na 52,633 ha, torej z gostoto naselitve 74 P/ha in koeficientom odtoka 30,5 %, v območja z redko pozidavo. Značilen interval gostote naselitve za taka območja je 50-100 P/ha, koeficient odtoka pa 30 %. Glede na ta interval se reducirana prispevna površina za Šalek II spreminja od 12 do 24 ha.

Slika 27: Diagram vpliva reducirane prispevne površine  $A_{red}$  na specifični volumen  $V_s$ 

Z večanjem reducirane prispevne površine se večja povprečni deževni odtok med prelivanjem, saj večje območje pomeni večjo količino deževne vode. Povečanje ni premo sorazmerno, pri spremembi reducirane prispevne površine za 100 % se povprečni deževni odtok med prelivanjem v povprečju poveča za 26 %. Posledično se večja mešalno razmerje. Poveča se tudi odtok tuje vode, zato naraščata odtok skozi dušilko in povprečni dnevni sušni odtok. Deževni odtok skozi dušilko ostane nespremenjen, zato se razmerje deževnega odtoka manjša - v povprečju se zmanjša za 1,6 l/(s ha). Manjša se tudi razmerje sušnega odtoka, zato se poveča vpliv kanalizacijskih usedlin in računski koncentracija KPK sušnega odtoka. Povprečna sprememba dovoljene letne mere prelivanja je 1,1 %.

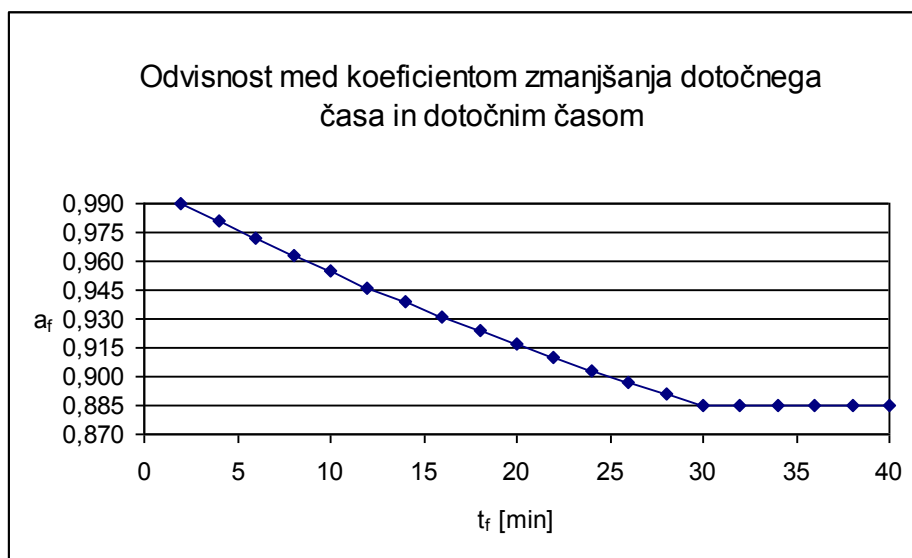
Kot je razvidno iz diagrama (Slika 27), se z večanjem reducirane prispevne površine specifični volumen večja. Sprememba znaša v povprečju 15,7 m³/ha.

### 5.3.4 Vpliv dotočnega časa $t_f$

Vpliv dotočnega časa na specifični volumen sem preverila v intervalu od 2 do 40 minut. Dotočni čas se v standardu upošteva v koeficientu zmanjšanja dotočnega časa pri oceni

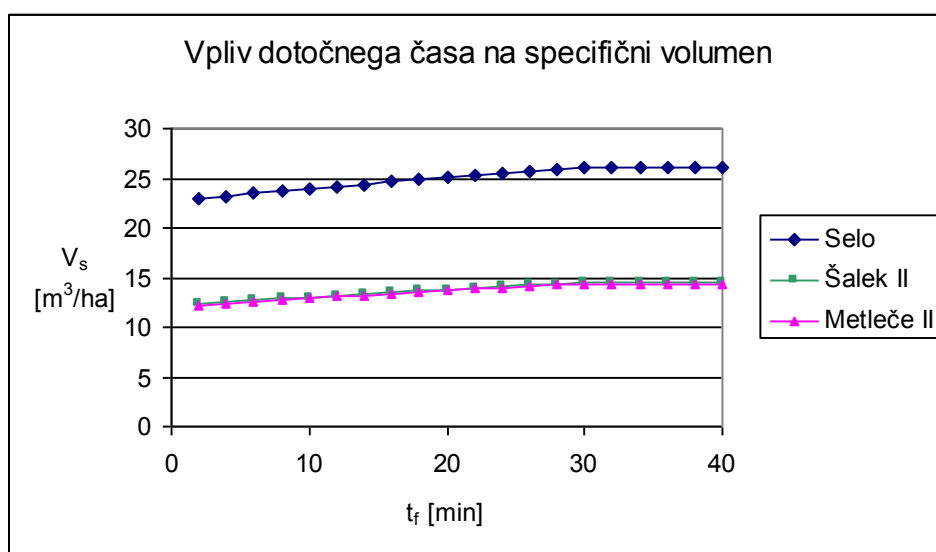


povprečnega deževnega odtoka med prelivanjem. Spodnji diagram prikazuje, da koeficient zmanjšanja dotočnega časa z večanjem dotočnih časov linearno pada, pri dotočnih časih, večjih od 30 minut, pa ima konstantno vrednost 0,885.



Slika 28: Diagram odvisnosti med koeficientom zmanjšanja dotočnega časa  $a_f$  in dotočnim časom  $t_f$

Posledično se do časa 30 minut manjšata tudi povprečni deževni odtok med prelivanjem in mešalno razmerje, zato narašča teoretična koncentracija KPK prelivov. Spremembe so majhne (mešalno razmerje se zmanjša za 1,2). Dovoljena letna mera prelivanja se v obravnavanem intervalu v povprečju zmanjša za 2,3 %.



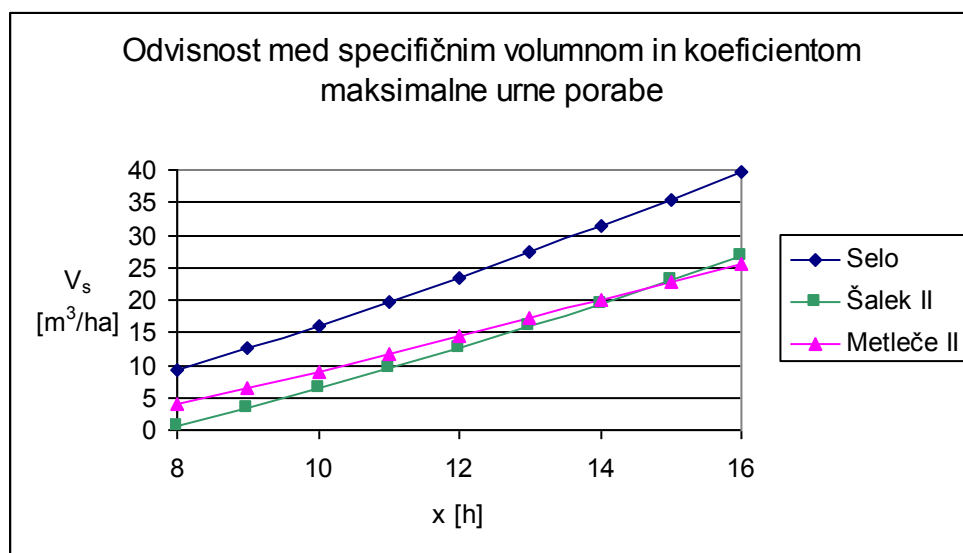
Slika 29: Diagram vpliva dotočnega časa  $t_f$  na specifični volumen  $V_s$

Diagram (Slika 29) prikazuje, da specifični volumen z večanjem dotočnega časa linearno narašča do časa 30 min. Premica ima blag naklon. Celotna sprememba specifičnega volumna povprečno znaša  $2,5 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Vzrok večjega zadrževalnega volumna pri daljših dotočnih časih je, da se z daljšanjem poti poveča količina onesnažil, saj deževna voda na daljši poti spere več površinske nesnage ter sedimenta v kanalizaciji.

Dotočni časi, daljši od 30 minut, ne vplivajo več na povečanje volumna, volumen ostaja enak kot pri dotočnem času 30 min. Pri velikih časih dotoka se vsota prelivanj in količina prelitega onesnaženja v odvodnik zmanjšata zaradi vpliva sploščenja odtočnega vala po cevi. Nadaljnje povečevanje volumna ni potrebno.

### 5.3.5 Vpliv koeficienta maksimalne urne porabe $x$

Najvišji urni pretok odpadne vode iz gospodinjstev običajno znaša  $1/8$  (za manjša naselja) do  $1/16$  (za velika mesta) celotnega dnevnega odtoka iz gospodinjstev. Vpliv koeficienta maksimalne urne porabe sem zato preverila v intervalu od 8 do 16 ur.



Slika 30: Diagram odvisnosti med specifičnim volumnom  $V_s$  in koeficientom maksimalne urne porabe  $x$

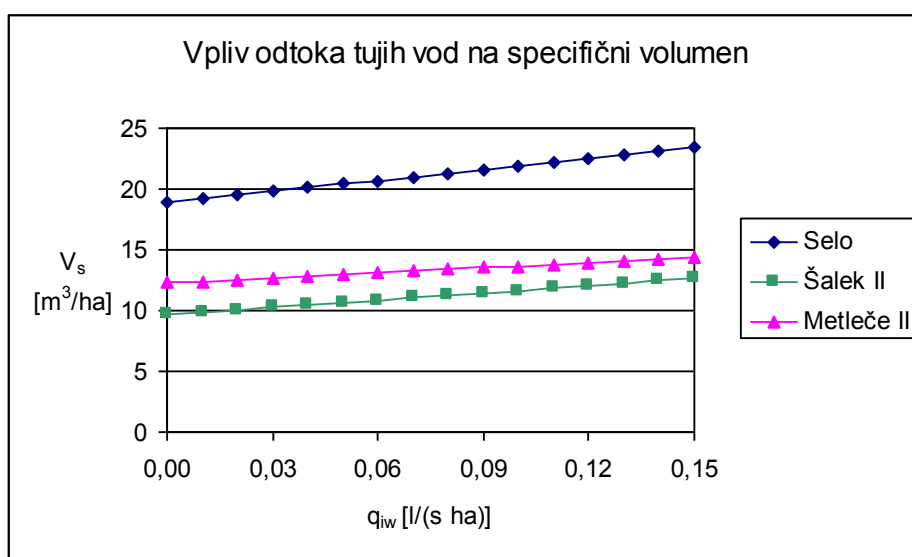
Z naraščanjem koeficienta maksimalne urne porabe – torej z enakomernejšo razporeditvijo odtoka tekom dneva – se zmanjša maksimalni urni sušni odtok, zato se zmanjšajo tudi odtok

skozi dušilko, deževni odtok skozi dušilko, povprečni deževni odtok med prelivanjem in razmerje deževnega odtoka (povprečno za 1,5 l/(s ha)). Manjšajo se tudi mešalno razmerje (povprečno za 6,3), koeficient vpliva kanalizacijskih usedlin in posledično računsko koncentracija KPK sušnega odtoka. Zaradi zmanjšanja mešalnega razmerja se poveča teoretična koncentracija KPK prelivov. Dovoljena letna mera prelivanja se v povprečju zmanjša za 7,6 %. Oba parametra, ki neposredno vplivata na specifični volumen, torej razmerje deževnega odtoka in dovoljena letna mera prelivanja, pripomoreta k povečanju specifičnega volumna, saj se oba zmanjšujeta. Specifični volumen se v obravnavanem intervalu povprečno poveča za 26,0 m<sup>3</sup>/ha.

Za podeželski prostor je značilno veliko nihanje odtoka (majhen koeficient maksimalne urne porabe), zato so glede na ta parameter v podeželskem prostoru potrebni manjši zadrževalni volumni v primerjavi z urbanim prostorom.

### 5.3.6 Vpliv odtoka tujih vod na enoto površine $q_{iw}$

Vpliv odtoka tujih vod na enoto površine sem preverila na intervalu od 0,00 do 0,15 l/(s ha). 0,15 l/(s ha) glede na neprepustno prispevno površino  $A_{is}$  je zgornja meja, ki jo podaja standard, ko ni podatkov oziroma meritev.



Slika 31: Diagram odvisnosti med specifičnim volumnom  $V_s$  in odtokom tujih vod na enoto površine  $q_{iw}$

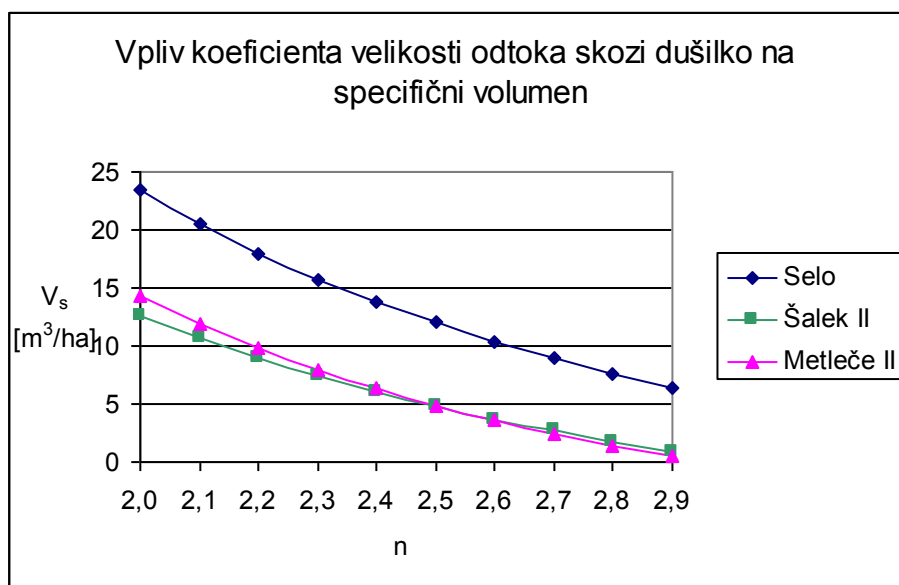
Z naraščanjem odtoka tujih vod na enoto površine naraščajo povprečni dnevni in maksimalni urni odtok, razmerje sušnega odtoka ter odtok skozi dušilko. Mešalno razmerje se zmanjša (povprečno za 2,8), prav tako tudi koeficient vpliva kanalizacijskih usedlin ter s tem računski koncentracija KPK sušnega odtoka. Teoretična koncentracija KPK prelivov se zaradi zmanjšanja mešalnega razmerja poveča. Dovoljena letna mera prelivanja se v obravnavanem intervalu povprečno zmanjša za 3,2 %. Iz diagrama (Slika 31) je razvidno, da je pri večjem odtoku tujih vod potreben večji specifični volumen. Sprememba v obravnavanem intervalu znaša povprečno 3,2 m<sup>3</sup>/ha.

### 5.3.7 Vpliv koeficienta velikosti odtoka skozi dušilko $n$

Odtok mešane odpadne vode skozi dušilko bazena proti ČN je izražen z enačbo (3.15):  $Q_t = n \cdot Q_{px} + Q_{iw}$ , pri čemer je minimalna vrednost koeficienta  $n = 2$ . Koeficient  $n$  sem povečevala v intervalu od 2 do 2,9 s korakom 0,1.

Z večanjem odtoka skozi dušilko narašča tudi deževni odtok skozi dušilko in posledično razmerje deževnega odtoka ter povprečni deževni odtok med prelivanjem. Spremembe so znatne – razmerje deževnega odtoka se povprečno spremeni za 1,1 l/(s ha). Zaradi povečanega povprečnega deževnega odtoka med prelivanjem se poveča mešalno razmerje (za 4,3) in zmanjša teoretična koncentracija KPK prelivov. Zato se dovoljena letna mera prelivanja poveča za 7,5 %.

Iz diagrama (Slika 32) je razvidno, da se specifični volumen z večanjem odtoka skozi dušilko manjša. Oba parametra, ki neposredno vplivata na specifični volumen (razmerje deževnega odtoka in dovoljena letna mera prelivanja), se večata, kar pomeni zmanjšanje volumna zaradi obeh parametrov. Celotna sprememba specifičnega volumna znaša v intervalu povprečno 14,2 m<sup>3</sup>/ha. Vzrok zmanjšanja volumna je, da se z večjimi dušenimi odtoki iz bazena več vode odvaja proti ČN in je količina, ki jo je potrebno zadržati, manjša.

Slika 32: Diagram odvisnosti med koeficientom velikosti odtoka skozi dušilko  $n$  in specifičnim volumenom  $V_s$ 

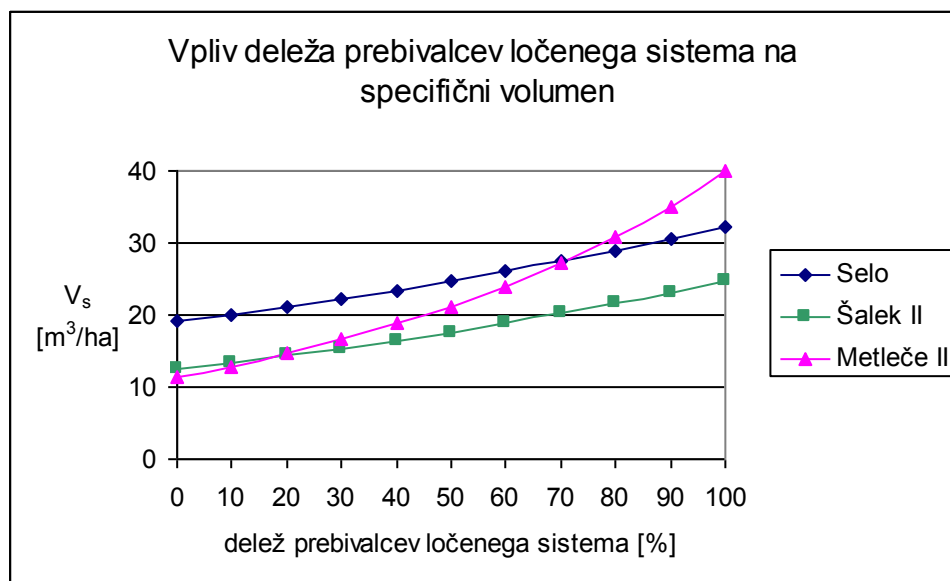
### 5.3.8 Vpliv prebivalcev

#### a) Ločeni sistem

Vpliv deleža prebivalcev, priključenih na ločeni sistem za odvajanje sušnega odtoka, sem raziskala tako, da sem delež prebivalcev ločenega sistema spreminjala v intervalu 1-100 %. Celotno število prebivalcev prispevnega območja in ostali vhodni podatki so ostali nespremenjeni. Delež 0 % pomeni, da na mešani KS ni priključenega ločenega sistema za odvajanje sušnega odtoka, delež 100 % pa za standard ATV-A 128E dejansko ni merodajen, saj gre v tem primeru za izključno ločeni sistem (standard obravnava objekte s prelivom na mešanih KS).

Z večanjem deleža prebivalcev ločenega sistema se v izračunih večja odtok tujih vod iz območij z ločenim sistemom, zmanjša se računski odtok deževnih vod skozi dušilko, posledično se zmanjša razmerje deževnega odtoka (povprečno za 0,7 l/(s ha)) in povprečni deževni odtok med prelivanjem. Zaradi slednjega se zmanjša mešalno razmerje in poveča teoretična koncentracija KPK prelivov. Dovoljena letna mera prelivanja se v celotnem

intervalu povprečno zmanjša za 3,9 %. Zmanjšanje obeh parametrov, ki neposredno vplivata na specifični volumen (razmerja deževnega odtoka in dovoljene letne mere prelivanja), pomeni povečanje potrebnega volumna. S stodontnim povečanjem deleža prebivalcev ločenega sistema se specifični volumen poveča povprečno za 18,1 m<sup>3</sup>/ha. Priključevanje ločene kanalizacije za odvajanje sušnega odtoka na mešan sistem namreč neugodno vpliva na onesnaženost mešane odpadne vode.



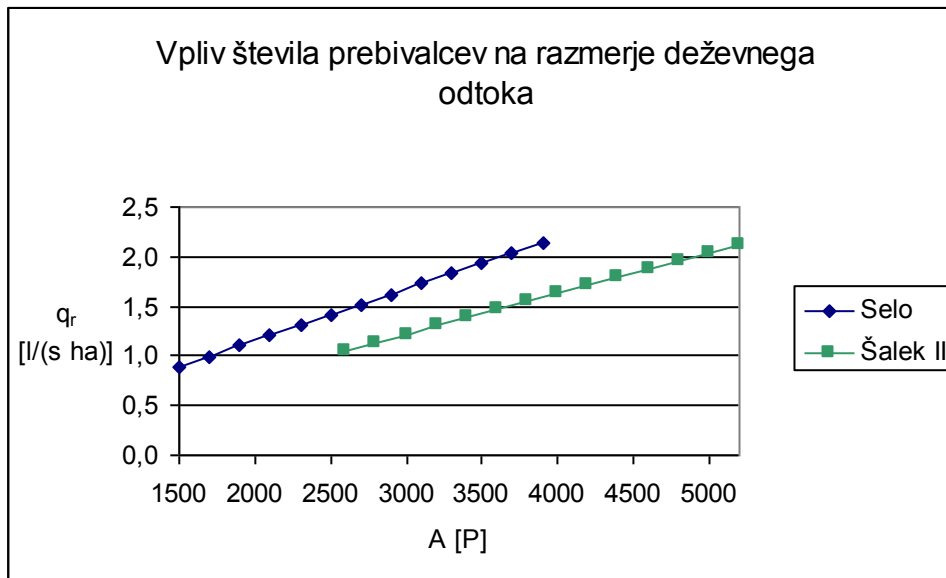
Slika 33: Diagram vpliva deleža prebivalcev ločenega sistema na specifični volumen  $V_s$

## b) Mešani sistem

Število prebivalcev, priključenih na mešani KS, sem spreminjala na intervalu tako, da je gostota prebivalstva primerna za izbrano območje. Ostali vhodni podatki so nespremenjeni, tudi delež prebivalcev, priključenih na ločeni sistem, je vedno enak. Število prebivalcev za Selo se tako spreminja v intervalu 1500-3900, za Šalek II v intervalu 2600-5200 in za Metleče II v intervalu 31200-78200.

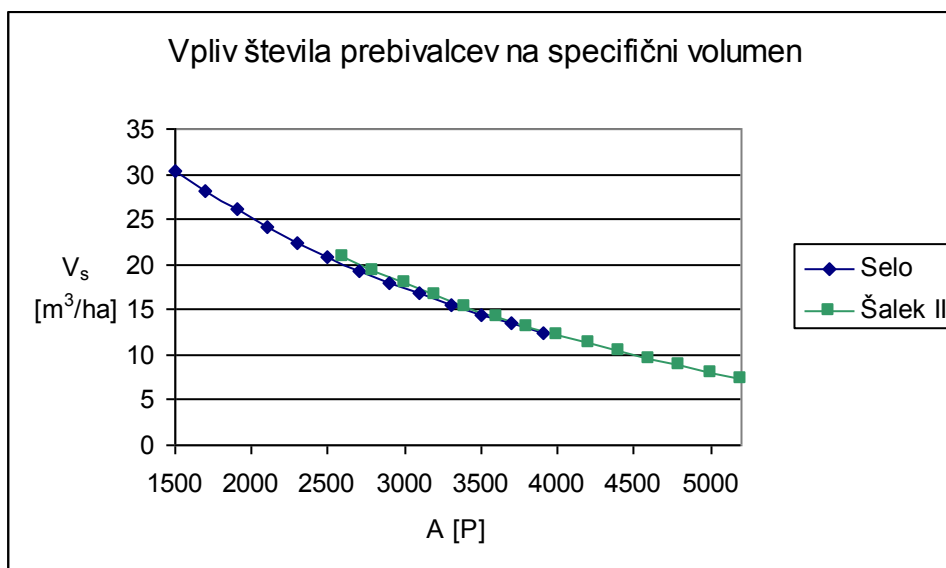
Z večanjem števila prebivalcev se večata povprečni dnevni in maksimalni urni sušni odtok, razmerje sušnega odtoka, odtok skozi dušilko, posledično tudi deževni odtok skozi dušilko ter zato razmerje deževnega odtoka in povprečni deževni odtok med prelivanjem. V intervalu, v katerem se število prebivalcev poveča za 100 %, se odtok skozi dušilko povprečno poveča za

78 %. Razmerje deževnega odtoka strmo linearno narašča (povprečna sprememba je 1,4 l/(s ha)).

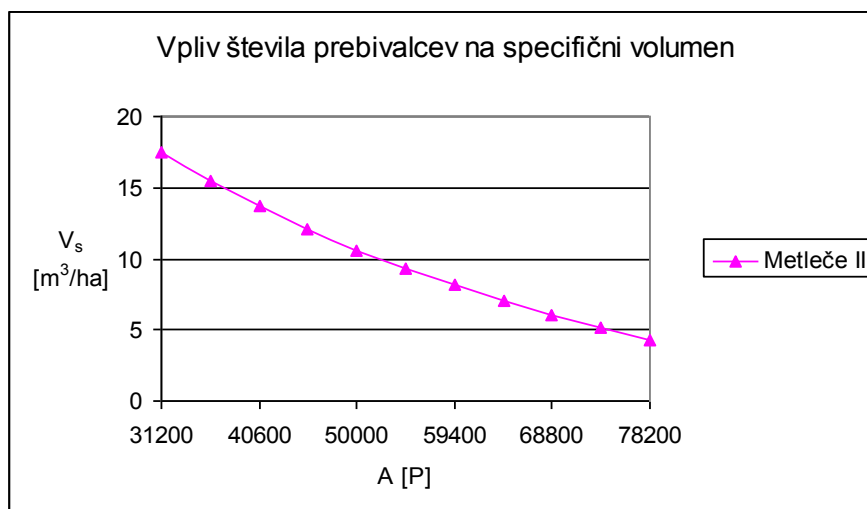


Slika 34: Razmerje deževnega odtoka  $q_r$  strmo linearno narašča z večanjem števila prebivalcev  $A$

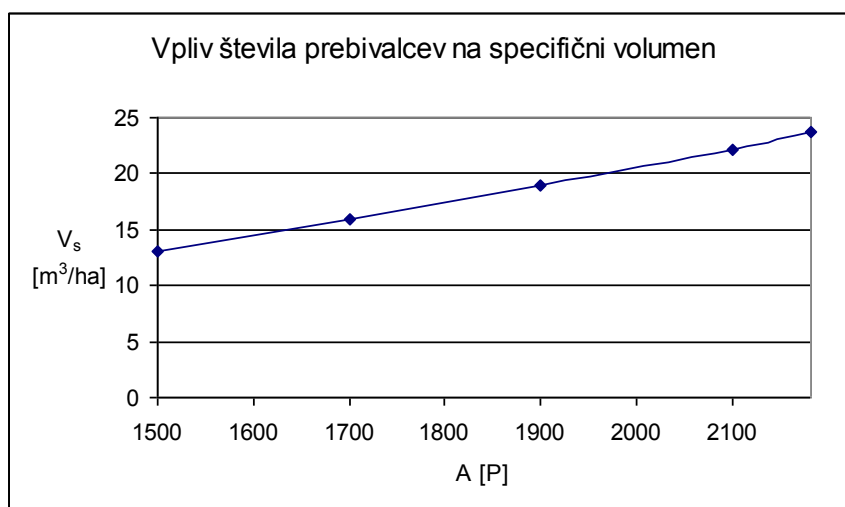
Mešalno razmerje se zmanjša za 1,2. Dovoljena letna mera preliivanja se povprečno spremeni za 1,0 %. Izračun pokaže, da se specifični volumen z večanjem števila prebivalcev manjša zaradi naraščanja razmerja deževnega odtoka oziroma odtoka skozi dušilko. Povprečna sprememba specifičnega volumna v celotnem intervalu znaša 14,8 m<sup>3</sup>/ha.



Slika 35: Vpliv števila prebivalcev  $A$  na specifični volumen  $V_s$  za bazena Selo in Šalek II

Slika 36: Vpliv števila prebivalcev  $A$  na specifični volumen  $V_s$  za deževni bazen Metleče II

Obravnavala sem tudi primer, ko ne spreminjamo odtoka skozi dušilko – odtok ostane konstanten, tak kot je določen za dejansko prispevno območje Sela, tj. za 2182 prebivalcev. Število prebivalcev se spreminja v intervalu 1500-2182, tako da je zadoščeno pogoju, da mora dušilka odvajati vsaj dvakratno dnevno konico pretoka odpadnih vod skupaj s pretokom tujih vod. V tem primeru se potrebni specifični volumen z večanjem števila prebivalcev znatno večja. Pri spremembi prebivalcev od 1500 na 2182 se pri odtoku skozi dušilko 21 l/s dovoljena letna mera preliivanja zmanjša za 6,9 % in razmerje deževnega odtoka za 0,2 l/(s ha), specifični volumen pa se poveča za 10,7  $m^3/ha$ .

Slika 37: Vpliv števila prebivalcev  $A$  na specifični volumen  $V_s$  v primeru konstantnega odtoka skozi dušilko za deževni bazen Selo

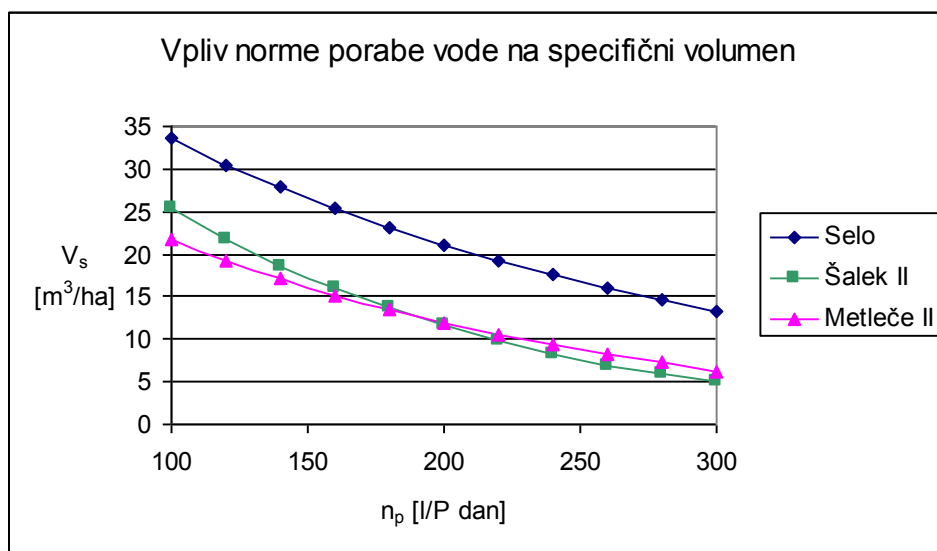


### 5.3.9 Vpliv norme porabe vode $n_p$

Normo porabe vode sem spreminjala v intervalu od 100 do 300 l/(P dan). Z naraščanjem norme porabe vode naraščajo povprečni dnevni in maksimalni urni sušni odtok, razmerje sušnega odtoka, odtok tujih vod z območij z ločenim sistemom, odtok skozi dušilko, posledično tudi deževni odtok skozi dušilko in zato razmerje deževnega odtoka in povprečni deževni odtok med prelivanjem. V danem intervalu se odtok skozi dušilko v povprečju poveča za 146 %. Razmerje deževnega odtoka je linearno odvisno od norme porabe vode in strmo narašča - povprečno za 1,6 l/(s ha).

Zmanjšata se mešalno razmerje (za 1,6) in računski koncentracija KPK sušnega odtoka. Dovoljena letna mera prelivanja se povprečno spremeni za 1,4 %.

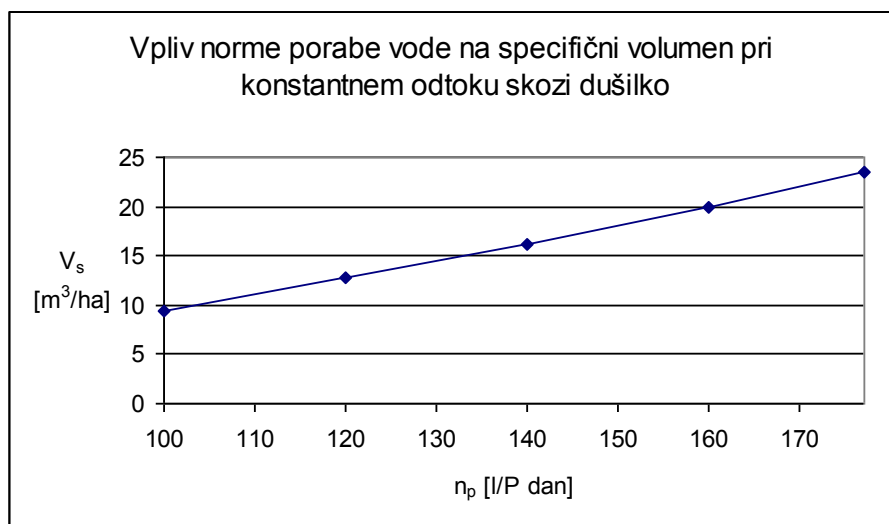
Tudi v tem primeru ima strmo naraščanje razmerja deževnega odtoka oziroma odtoka skozi dušilko velik vpliv na volumen. Tako se specifični volumen na celotnem intervalu povprečno zmanjša za 18,6 m<sup>3</sup>/ha.



Slika 38: Diagram odvisnosti med normo porabe vode  $n_p$  in specifičnim volumnom  $V_s$

V primeru, da ostane odtok skozi dušilko konstanten, tak kot je določen za dejansko prispevno območje Sela, torej za normo porabe vode 177,2 l/(P dan), se specifični volumen z

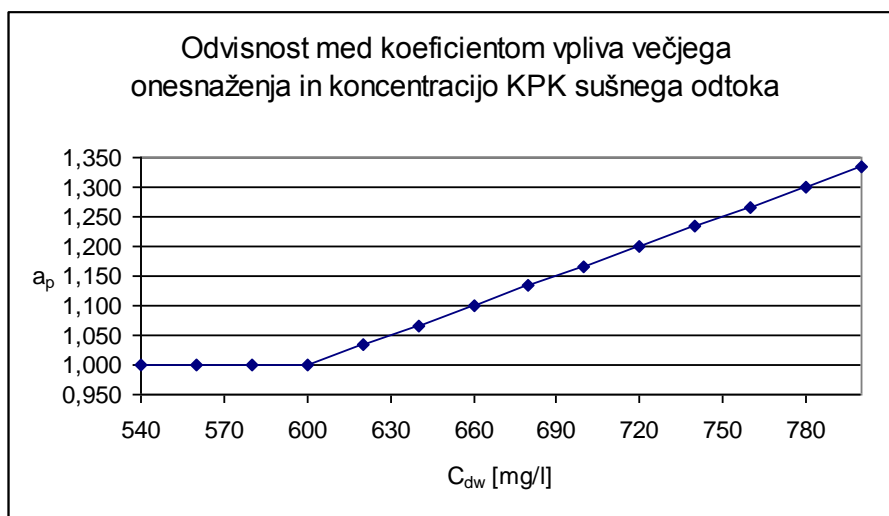
večanjem norme porabe vode znatno večja. V intervalu 100-177,2 l/(P dan) se pri odtoku skozi dušilko 21 l/s dovoljena letna mera prelivanja zmanjša za 10,2 %, razmerje deževnega odtoka za 0,3 l/(s ha), potrebni specifični volumen pa se poveča za 13,9 m<sup>3</sup>/ha.



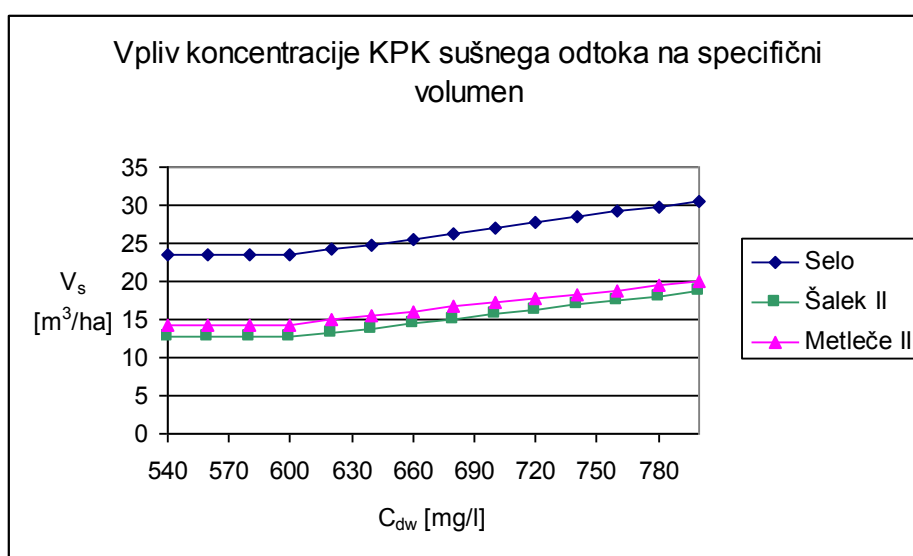
Slika 39: Diagram odvisnosti med normo porabe vode  $n_p$  in specifičnim volumnom  $V_s$  v primeru konstantnega odtoka skozi dušilko za deževni bazen Selo

### 5.3.10 Vpliv koncentracije KPK sušnega odtoka $C_{dw}$

Naraščanje koncentracij v preliteri mešani odpadni vodi je predvsem odvisno od koncentracije KPK sušnega odtoka  $C_{dw}$ , koncentracije KPK deževnega odtoka  $C_r$ , mešalnega razmerja med obema odtokoma v času prelivanja in sedimentov v kanalizaciji. Bolj kot je mešana odpadna voda onesnažena, manj se je lahko prelije, večji je potrebni volumen zadrževalnega bazena. V standardu je privzeta koncentracija KPK sušnega odtoka 600 mg/l, odstopanja v dejanskem primeru se upoštevajo s faktorjem vpliva večjega onesnaženja  $a_p$ .

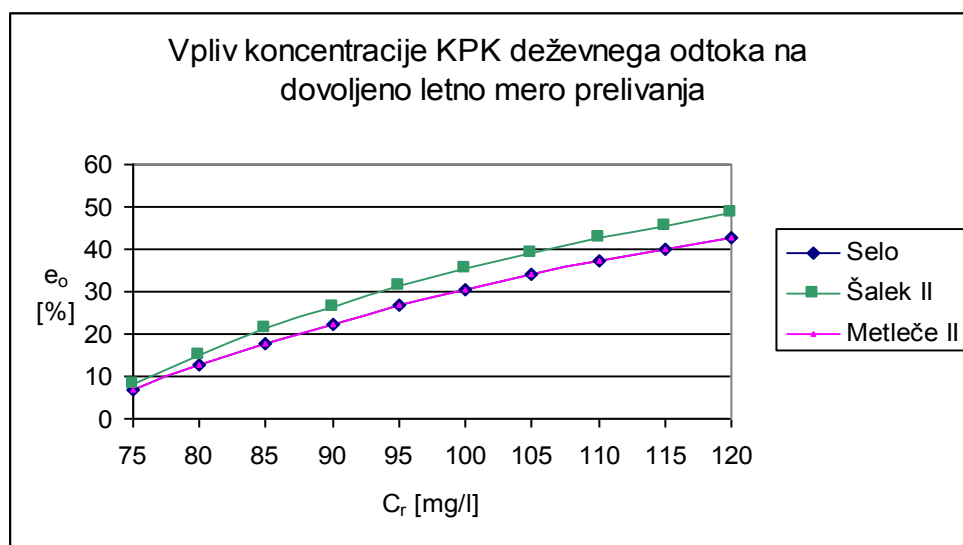
Slika 40: Odvisnost med koeficientom vpliva večjega onesnaženja  $a_p$  in koncentracijo KPK sušnega odtoka  $C_{dw}$ 

Koncentracijo KPK sušnega odtoka sem spreminjala v intervalu od 540 do 800 mg/l. Do vrednosti KPK sušnega odtoka 600 mg/l je koeficient vpliva večjega onesnaženja 1, pri večjih dejanskih koncentracijah pa z večanjem onesnaženja linearno narašča. Zato se povečuje tudi računski koncentracija KPK sušnega odtoka in teoretična koncentracija KPK prelivov. Dovoljena letna mera prelivanja se v intervalu 600-800 mg/l zmanjša povprečno za 5,2 %. Diagram (Slika 41) prikazuje odvisnost med dejansko koncentracijo KPK sušnega odtoka in specifičnim volumnom. Pri koncentracijah, manjših od 600 mg/l, je specifični volumen vedno enak, pri koncentracijah v intervalu 600-800 mg/l pa se poveča v povprečju za 6,2 m<sup>3</sup>/ha.

Slika 41: Diagram vpliva koncentracije KPK sušnega odtoka  $C_{dw}$  na specifični volumen  $V_s$

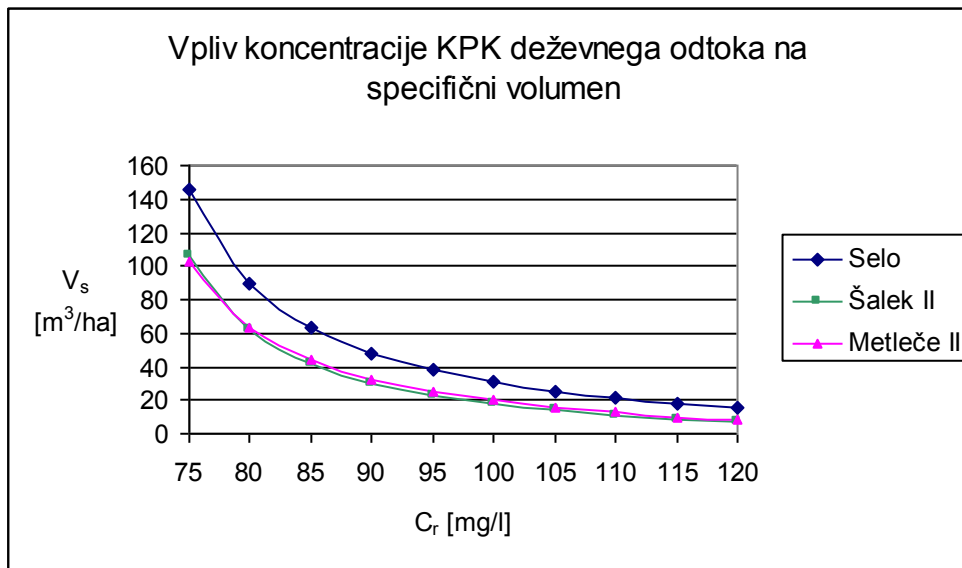
### 5.3.11 Vpliv koncentracije KPK deževnega odtoka $C_r$

Koncentracijo KPK deževnega odtoka sem spreminjala v intervalu od 75 do 120 mg/l. Sprememba dovoljene letne mere preliivanja v tem intervalu v povprečju znaša 36,9 %. Pri koncentraciji KPK deževnega odtoka 75 mg/l se letno lahko prelije približno 6,9 % vsote deževnega odtoka v enem letu, pri 120 mg/l pa 45,6 %.



Slika 42: Diagram odvisnosti med koncentracijo KPK deževnega odtoka  $C_r$  in dovoljeno letno mero preliivanja  $e_o$

Iz diagrama (Slika 43) je razvidno, da se specifični volumen z večanjem koncentracije KPK deževnega odtoka ob nespremenjenih ostalih vhodnih podatkih manjša. Sprememba specifičnega volumna v intervalu 75-120 mg/l povprečno znaša 108,3 m<sup>3</sup>/ha. Zmanjšanje specifičnega volumna je posledica zahteve, iz katere izhajajo avtorji standarda, da lahko mešani sistem z emisijami iz KS in ČN obremenjuje odvodnik največ v taki meri kot ločeni sistem za odvajanje padavinske vode brez čiščenja. Skupno letno kopičenje onesnažil iz KS ne sme biti večje od letnega onesnaženja zaradi deževnega odtoka. Če predpostavimo, da je onesnaženje KPK deževnega odtoka večje, potem je to milejši kriterij za dovoljene emisije iz mešanega KS v odvodnik.



Slika 43: Vpliv koncentracije KPK deževnega odtoka  $C_r$  na specifični volumen  $V_s$

### 5.3.12 Primerjava rezultatov analize

Preglednica 4: Primerjava vpliva parametrov

Parameter	Območje	$\Delta Q_t$	$\Delta eo$	$\Delta qr$	$\Delta V_s$
		[%]	[%]	[l/(s ha)]	[m <sup>3</sup> /ha]
<i>SGm</i>	1–3,4	/	↑ 8,9	/	↓ 9,7
<i>hpr</i>	600–1000 mm	/	↓ 12,3	/	↑ 9,9
<i>Ared</i>		↑ 4,8	1,1	↓ 1,6	↑ 15,7
<i>tf</i>	2–30 min	/	↓ 2,3	/	↑ 2,5
<i>x</i>	8–16 h	↓ 43,8	↓ 7,6	↓ 1,5	↑ 26,0
<i>qiw</i>	0,00–0,15 l/(s ha)	↑ 6,6	↓ 3,2	/	↑ 3,2
<i>n</i>	2,0–2,9	↑ 42,2	↑ 7,5	↑ 1,1	↓ 14,2
% Aločeni	0–100 %	/	↓ 3,8	↓ 0,7	↑ 18,1
<i>A</i>		↑ 105,3	1,0	↑ 1,4	↓ 14,8
<i>np</i>	100–300 l/(P dan)	↑ 146,0	1,4	↑ 1,6	↓ 18,6
<i>Cdw</i>	600–800 mg/l	/	↓ 5,2	/	↑ 6,2
<i>Cr</i>	75–120 mg/l	/	↑ 36,9	/	↓ 108,3
Oznake: ↑ povečanje, ↓ zmanjšanje					

V preglednici 4 so prikazane povprečne spremembe odtoka skozi dušilko, dovoljene letne mere prelivanja ter razmerja deževnega odtoka in specifičnega volumna pri spremembah obravnavanih parametrov. Rezultati za posamezne bazene so prikazani v prilogi F. Pri bazenih Selo, Šalek II in Metleče II so prikazane spremembe za povprečni koeficient nagnjenosti terena, povprečno letno višino padavin, dotočni čas, koeficient maksimalne urne porabe in delež prebivalcev, priključenih na ločen sistem, največje možne, saj je obravnavano celotno območje vhodnih podatkov. Podobno velja tudi za reducirano prispevno površino in število prebivalcev, saj se gibljeta med obema mejama, ki sta še v okviru značilne gostote prebivalstva za obravnavano območje. Pri odtoku tujih vod na enoto površine je obravnavano celotno območje, ki ga podaja standard v primeru, da ni meritev. Odstopanja so mogoča v primeru norme porabe vode in koncentracij KPK v izjemnih primerih. Pri povečevanju koeficienta velikosti odtoka skozi dušilko *n* je potrebno upoštevati premere cevi KS in zmogljivost ČN.

Iz preglednice je razvidno, da ima na specifični volumen največji vpliv dejanska koncentracija KPK deževnega odtoka (ki je običajno privzeta vrednost 107 mg/l). Zelo velik vpliv imajo tudi koeficient maksimalne urne porabe, norma porabe vode, velikost reducirane prispevne površine, število prebivalcev, koeficient velikosti odtoka skozi dušilko in delež prebivalcev, priključenih na ločeni sistem. Pri teh je velika sprememba specifičnega volumna posledica velike spremembe razmerja deževnega odtoka oziroma odtoka skozi dušilko. Iz tega sledi, da ima od obeh spremenljivk, ki neposredno vplivata na volumen, večji vpliv razmerje deževnega odtoka.

S povečanjem razmerja deževnega odtoka se več mešane odpadne vode odvaja na ČN. Teoretično se največje možno zmanjšanje potrebnega zadrževalnega volumna doseže s povečanjem zmogljivosti ČN, kar pa je v praksi iz ekonomskega vidika praviloma dražja rešitev.

Ugotovimo lahko, da imata na dovoljeno letno mero preliivanja največji vpliv koncentracija KPK deževnega odtoka in povprečna letna višina padavin, na razmerje deževnega odtoka pa reducirana prispevna površina, norma porabe vode in koeficient maksimalne urne porabe. Najmanjši vpliv na specifični zadrževalni volumen ima dotočni čas. Praviloma imamo v praksi največji možen vpliv s spremembo koncentracije KPK.

Zaključki raziskave Bemessung von Regenüberlaufbecken gemäß ATV-Arbeitsblatt A-128 (Erzmann in sod., 1994) so podani v naslednji preglednici:

Preglednica 5: Vpliv parametrov na specifični volumen (Vir: Erzmann in sod., 1994)

Parameter	Vpliv na $V_s$
letna višina padavin $h_{pr}$	velik
dotočni čas $t_f$	majhen
povprečni koeficient nagnjenosti terena $SG_m$	srednji
norma porabe vode $n_p$	srednji do velik
koeficient maksimalne urne porabe $x$	srednji do velik
koeficient velikosti odtoka skozi dušilko $n$	zelo velik
koncentracije KPK sušnega odtoka $C_{dw}$	velik
odtok tujih vod na enoto neprepustne prispevne površine $q_{iw}$	velik

Analiza, opravljena na KS Velenje – Šoštanj, obravnava vpliv parametrov za tri različne dejanske primere bazenov, ki imajo vsak svoje vhodne podatke in značilno gostoto naselitve ter priključene ločene sisteme za odvajanje sušnega odtoka, medtem ko je v tuji raziskavi obravnavan en primer vhodnih podatkov ob spremenljivi gostoti naselitve in brez priključenih ločenih sistemov. V analizi so poleg parametrov, ki jih obravnava tuja raziskava, zajeti še koncentracija KPK deževnega odtoka, delež prebivalcev, priključenih na ločen KS, velikost reducirane prispevne površine in število prebivalcev. Različna so tudi območja nekaterih vhodnih podatkov:

- norma porabe vode je v analizi v intervalu 100-300 l/(P dan), v tuji raziskavi 100-250 l/(P dan),
- koeficient maksimalne urne porabe je v analizi v območju 8-16 h, v tuji raziskavi pa 10-20 h,
- koeficient velikosti odtoka skozi dušilko je pri analizi v intervalu 2,0-2,9, v tuji raziskavi pa v intervalu 2,0-5,0,
- pri koncentraciji KPK sušnega odtoka so v tuji raziskavi upoštevane tudi dejanske koncentracije, manjše od 600 mg/l, čeprav jih standard ne upošteva,
- odtok tujih vod na enoto površine je pri analizi v intervalu 0,0-0,15 l/(s ha), v tuji raziskavi pa v intervalu 0,05-0,20 l/(s ha).

Rezultati tuje raziskave in analize so primerljivi, z odstopanjem zaradi drugačnih vhodnih podatkov in različnih območij nekaterih vhodnih podatkov. Iz diagramov je razvidno, da se s povečanjem gostote prebivalstva specifični volumni manjšajo, kar je skladno z ugotovitvijo v poglavju 5.3.8. Po tuji raziskavi ima največji vpliv na specifični volumen koeficient velikosti odtoka skozi dušilko  $n$ .

Pri povprečni letni višini padavin, dotočnem času, koncentraciji KPK sušnega odtoka in odtoku tujih vod se razlike med krivuljami z večanjem gostote prebivalstva manjšajo. To pomeni, da imajo na območjih z manjšo gostoto prebivalstva omenjeni faktorji večji vpliv na specifični zadrževalni volumen. Zelo velika razlika je pri odtoku tujih vod, saj ima na območjih z manjšo gostoto prebivalstva odtok tuje vode večji prispevek k sušnemu odtoku. Vpliv norme porabe vode na specifični zadrževalni volumen se z večanjem gostote



---

prebivalstva povečuje, saj ima pri večji gostoti prebivalstva norma porabe vode večji vpliv na velikost sušnega odtoka in s tem tudi večji vpliv na velikost razmerja deževnega odtoka.

Iz slike 1 v prilogi E je razvidno, da je vpliv dotočnega časa na specifični volumen bazena zelo majhen, saj se krivulje različnih dotočnih časov skoraj prekrivajo. Na sliki 6 v prilogi E so prikazane tudi krivulje za  $C_{dw} = 540$  ozirom 450 mg/l, pri čemer so potrebni volumni občutno manjši, vendar pa se v standardu dejanske koncentracije KPK, manjše od 600 mg/l, ne upoštevajo – v tem primeru se računa s privzeto vrednostjo 600 mg/l. Pri koncentracijah 800 mg/l in več so prekoračene meje uporabe postopka dimenzioniranja.

Ugotovimo lahko, da so za nekatere parametre pridobljeni podatki praviloma natančni (na primer letna višina padavin), ostale parametre pa je potrebno čim bolj natančno določiti, saj približno ocenjevanje lahko vodi do nepravilnega dimenzioniranja. Prevelikim zadrževalnim volumnom se lahko izognemo predvsem z zmanjšanjem virov velikega onesnaženja (npr. z izboljšanjem tehnologije), z izvedbo ukrepov za zmanjšanje infiltracije tuje vode in z izogibanjem priključevanja ločenega sistema za odvajanje sušnega odtoka na mešan KS.

## 6 ZAKLJUČKI

Učinek čiščenja odpadnih vod in delovanje ČN sta pomembno odvisna od delovanja KS. Na neurejenem sistemu lahko prihaja že pri nalivih z nizko intenziteto do nekontroliranega prelivanja odpadne vode v odvodnik in s tem bistvenega slabšanja njegove kakovosti. Posebej je problematično razbremenjevanje sistema po daljših sušnih obdobjih zaradi velike količine nakopičenih onesnažil in nizkih pretokov odvodnikov. Ob nalivih koncentracije onesnažil v odtoku niso enakomerne, na začetku naliva praviloma nastopi prvi val onesnaženja oziroma čistilni val. Koncentracije onesnažil v tem začetnem odtoku so mnogo večje v primerjavi z odtokom, ki sledi.

Cilj učinkovitega odvajanja in čiščenja odpadnih voda je doseči primeren kakovostni razred odvodnika ter enakomerno hidravlično in optimalno biološko obremenitev ČN. Zato je potrebno na kanalizacijskem omrežju zagotoviti zadostno zadrževalno kapaciteto, primerno razporeditev objektov, pravilno dimenzioniranje ter pravilno obratovanje notranje opreme. Pomembno je čim bolj zmanjšati vtok čiste padavinske vode ter zagotoviti nizko stopnjo infiltracije tuje vode v sistem.

Nemški tehnični standard ATV-A 128E opisuje načrtovanje in dimenzioniranje zadrževalno-razbremenilnih objektov v mešanih KS. Z njim lahko na podlagi preračuna emisij – teoretične obremenitve s KPK v prelitni vodi – določimo dopustne količine razbremenjevanja odpadnih vod in potrebne zadrževalne volumne. Standard upošteva vrsto krajevno specifičnih vhodnih parametrov. Analizirali smo njihov vpliv na kakovost prelite vode in specifične volumne za primer treh zadrževalnih bazenov na KS Velenje – Šoštanj.

Parametri, ki imajo velik vpliv na specifični volumen, so: koncentracija KPK deževnega odtoka, koeficient maksimalne urne porabe – torej razporeditev odtoka v dnevno, norma porabe vode, velikost reducirane prispevne površine, število prebivalcev, koeficient velikosti odtoka skozi dušilko in delež prebivalcev, priključenih na ločen sistem. Od obeh spremenljivk, ki neposredno vplivata na specifični volumen – razmerja deževnega odtoka in dovoljene letne mere prelivanja – ima večji vpliv razmerje deževnega odtoka. Dovoljena letna

mera se najbolj spremeni pri spremembah koncentracije KPK deževnega odtoka in povprečne letne višine padavin. Največja sprememba razmerja deževnega odtoka je pri spremembah velikosti reducirane prispevne površine, norme porabe vode in koeficienta maksimalne urne porabe. Najmanjši vpliv na spremembo specifičnega volumna ima dotočni čas. S povečevanjem gostote prebivalstva se specifični volumni manjšajo. Vpliv norme porabe vode na specifični volumen se z večanjem gostote prebivalstva izrazito povečuje, medtem ko se vplivi povprečne letne višine padavin, dotočnega časa, koncentracije KPK sušnega odtoka in odtoka tujih vod na specifični volumen manjšajo.

Potrebno je čim bolj natančno določanje podatkov, še posebej parametrov z velikim vplivom na specifične volumne. Manjše zadrževalne volumne lahko dosežemo predvsem z zmanjšanjem virov velikega onesnaženja, z izvedbo ukrepov za zmanjšanje infiltracije tuje vode, z izogibanjem priključevanja ločenega sistema za odvajanje sušnega odtoka na mešan KS ter s povečanjem zmogljivosti ČN. Vendar pa je zadnja omenjena možnost v praksi iz ekonomskega vidika praviloma dražja rešitev.

Naredili smo tudi okvirni izračun zadrževalnih volumnov na KS Velenje – Šoštanj. Zaradi nizkih pretokov in slabše kakovosti reke Pake smo izbrali nekoliko strožji kriterij za dovoljene emisije iz mešanega KS v odvodnik. S tem smo zagotovili, da se procentualni delež prelite mešane odpadne vode zmanjša s 36 % na 23 %, volumni pa se pri tem povečajo za 87 %. Ker je KS Velenje – Šoštanj zelo obsežen in zapleten KS, je pri dimenzioniranju potrebna nadaljnja analiza z uporabo kontrolnega postopka in dolgoročnih simulacij.

## VIRI

Adamczyk, F., Annen G., Bielecki, R. in sod. 1982. Lehr-und Handbuch der Abwassertechnik. Band II: Entwurf und Bau von Kanalisationen und Abwasserpumpwerken. Berlin, München, Wilhelm Ernst & Sohn: 563 str.

Agencija Republike Slovenije za okolje.

<http://www.arso.gov.si/> (5. 6. 2007)

AquaData. Urbana odvodnja PCSWMM-GIS.

<http://www.aquadata.us/pcswmm.html> (11. 9. 2007)

ATV-A 128E. 1992. Standards for the Dimensioning and Design of Stormwater Overflows in Combined Wastewater Sewers: 74 str.

Bastič, D. 1997. Prostorska evidenca kanalizacijskega sistema Šaleške doline in idejni projekt zadrževalnega bazena deževnih vod za področje Gorica – Bevče v Velenju. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG, Oddelek za gradbeništvo, Višješolski študij gradbeništva: 78 str.

Dejavnost čiščenja odplak. 2007. Komunalno podjetje Velenje d.o.o.

[http://www.kp-velenje.si/index.php?option=com\\_content&task=view&id=195&Itemid=238](http://www.kp-velenje.si/index.php?option=com_content&task=view&id=195&Itemid=238)  
(11. 9. 2007)

Dejavnost odvajanja in čiščenja odplak. 2006. Komunalno podjetje Velenje d.o.o.

<http://www.kp-velenje.si/index1.htm> (15.10.2006)

Druks, P. 2000. Vpliv iztoka iz centralne čistilne naprave Šaleške doline na kvaliteto reke Pake. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Študijska smer Kemijska tehnologija: 65 str.

---

Erzmann, M., Weinsberg, I. 1994. Bemessung von Regenüberlaufbecken gemäß ATV-Arbeitsblatt A-128 (1992); Untersuchungen zur Sensitivität des Bemessungsverfahrens unter besonderer Berücksichtigung der Konsequenzen für den ländlichen Raum. Korrespondenz Abwasser. 41, 12: 2202-2210

GIS podatki. Interni digitalni podatki podjetja. 2006. Velenje, Komunalno podjetje Velenje d.o.o.

Kolar, J. 1983. Odvod odpadne vode iz naselij in zaščita voda. Ljubljana. Državna založba Slovenije: 523 str.

Kompare, B. 1991. Modeliranje deževnega odtoka iz urbaniziranih povodij. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, FGG, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko: 509 str.

Maleiner, F. 2006. Dimenzioniranje kanalizacijskih razbremenilnih naprav po nemških ATV smernicah (2). Gradbeni vestnik 55: str 30-37.

Maleiner, F. 2005 a. Razbremenjevanje padavinskih odtokov po nemških ATV smernicah. Gradbeni vestnik 54: str 155-161.

Maleiner, F. 2005 b. Dimenzioniranje kanalizacijskih razbremenilnih naprav po nemških ATV smernicah (1). Gradbeni vestnik 54: str 262-272.

Naveršnik, B. 2006. Čistilna naprava Šaleške doline. Eko novice: novice Eko sklada 9, 32: 1-3.

[http://www.ekosklad.si/pdf/EkoNovice/EN32\\_0604.pdf](http://www.ekosklad.si/pdf/EkoNovice/EN32_0604.pdf) (3. 10. 2007)

Panjan, J. 2005. Osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture: vodovod in čiščenje pitnih voda, odvod in čiščenje onesnaženih voda in komunalni odpadki. 2. izdaja. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 289 str.

Panjan, J. 2002. Odvodnjavanje onesnaženih voda. Študijsko gradivo. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 91 str.

Perko, D., Orožen Adamič, M., Hrvatin, M. in sod. 1999. Slovenija – pokrajine in ljudje. 2. izdaja. Ljubljana, Mladinska knjiga: 736 str.

Pražnikar, Š. 1999. Ocena vplivov onesnaževalcev na vodno okolje Šaleške doline. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, VŠZZ, Oddelek za sanitarno inženirstvo: 58 str.

Projekti MOV. Mestna občina Velenje.

<http://www.velenje.si/default.asp?id=303> (11. 9. 2007)

Rep, D. 2007. Uporaba programa SWMM in smernic ATV-A 128 za dimenzioniranje kanalizacijskih sistemov in zadrževalnih bazenov. Diplomaska naloga. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Hidrotehnična smer: 106 str.

Ribič Rep, K., Kompare, B. 2005. Načrtovanje čistilne naprave glede na kakovost odvodnika. Gradbeni vestnik 54: str 86-94.

Ribič Rep, K. 2004. Optimizacija čistilne naprave glede na kakovost odvodnika. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Študijska smer Kemijska tehnologija: 128 str.

Rossman, L. A. 2005. Storm Water Management Model User`s Manual Version 5.0. Cincinnati, OH, Water Supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency: 239 str.

<http://www.epa.gov/ednrmrl/models/swmm/index.htm> (25. 4. 2007).

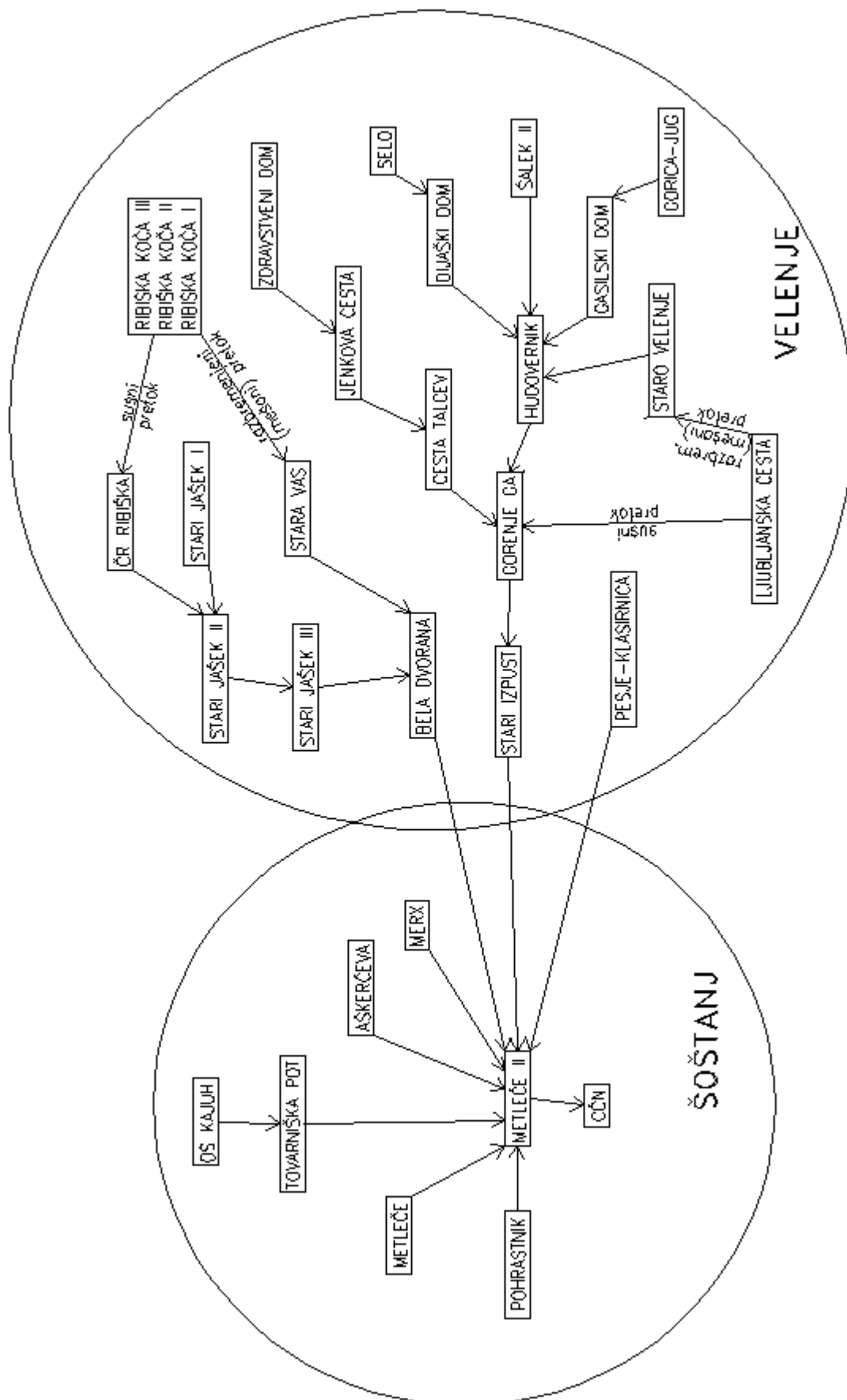
Šterbenk, E. 2005. Šaleška dolina – učilnica na prostem. Vpliv pokrajine na jezera in vpliv

jezer na pokrajino. V: Plut, D., Bricelj, M., Gros, D., Jakopič, D. Slovenija – vodna učna pot Evrope. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, FF, Oddelek za geografijo: str. 67 – 72.

Šterbenk, E. 1999. Šaleška jezera: vpliv premogovništva na pokrajinsko preobrazbo Šaleške doline. Velenje. ERICo Velenje, Založništvo Pozoj Velenje: 192 str.

Tehnični pravilnik o javni kanalizaciji. UL RS št. 42/07: 2305.

### PRILOGA A: SHEMA PRETOKOV MED RAZBREMENILNIKI





**PRILOGA B2: IZRAČUN VOLUMNOV DEŽEVNIH BAZENOV PO STANDARDU ATV-A 128E Z UPOŠTEVANJEM KONCENTRACIJE KPK DEŽEVNEGA ODTOKA 107 mg/l**

Deževni bazen	$e_o$ [%]	$q_r$ [l/(s ha)]	$V_s$ [m <sup>3</sup> /ha]	Skupni gorvodni volumen [m <sup>3</sup> ]	Razlika volumnov [m <sup>3</sup> ]	Efektivni volumen [m <sup>3</sup> ]
1 Selo	35,39	1,25	23,4	240,6	241	241
2 Dijaški dom	34,52	1,79	16,0	273,9	33	50
3 Salek II	40,59	1,59	12,6	203,0	203	203
4 Gorica-jug	35,11	1,64	17,4	105,7	106	106
5 Gasilski dom	34,73	1,31	23,2	202,8	97	97
6 Staro Velenje	43,97	0,38	38,3	322,1	322	322
7 Hudovernik	33,59	1,96	15,0	1036,4	35	50
8 Zdravstveni dom	37,38	1,07	24,7	104,3	104	104
9 Jenkova cesta	35,08	1,99	13,2	303,5	199	199
10 Cesta talcev	34,64	2,19	12,0	332,7	29	100
11 Gorenje GA	33,21	2,12	13,7	1355,6	-13,54	100
12 Stari izpust	32,86	2,24	12,9	1277,3	-78	100
13 Stari jašek I	40,21	0,55	36,6	138,6	139	139
14 Stari jašek II	32,78	2,12	14,2	90,6	-48	50
15 Stara vas	38,05	0,84	29,8	265,8	266	266
16 Bela dvorana	32,91	2,46	13,0	249,6	-107	100
17 Pesje-klasirnica	38,72	0,69	33,5	292,0	292	292
18 Aškerčeva	37,56	1,06	24,5	46,5	46	50
19 Merx	36,37	1,58	16,8	52,1	52	52
20 OŠ Kajuh	38,77	0,73	32,0	253,0	253	253
21 Tovarniška pot	37,46	0,94	27,7	235,1	-18	50
22 Metleče	37,33	0,56	40,0	74,1	74	74
23 Pohrastnik	37,40	0,67	36,6	115,1	115	115
24 Metleče II	32,53	2,12	14,4	2120,8	-221	100

**PRILOGA B3: IZRAČUN VOLUMNOV DEŽEVNIH BAZENOV PO STANDARDU ATV-A 128E Z UPOŠTEVANJEM KONCENTRACIJE KPK DEŽEVNEGA ODTOKA 100 mg/l**

Deževni bazen	$e_o$ [%]	$q_r$ [l/(s ha)]	$V_s$ [m <sup>3</sup> /ha]	Skupni gorvodni volumen [m <sup>3</sup> ]	Razlika volumnov [m <sup>3</sup> ]	Efektivni volumen [m <sup>3</sup> ]
1 Selo	30,57	1,25	30,5	313,8	314	314
2 Dijaški dom	29,77	1,79	21,7	370,9	57	57
3 Šalek II	35,42	1,59	17,7	284,4	284	284
4 Gorica-jug	30,31	1,64	23,3	141,8	142	142
5 Gasilski dom	29,96	1,31	30,2	264,7	123	123
6 Staro Velenje	38,66	0,38	48,5	407,7	408	408
7 Hudovernik	28,91	1,96	20,5	1413,7	86	86
8 Zdravstveni dom	32,43	1,07	32,1	135,5	136	136
9 Jenkova cesta	30,28	1,99	18,4	421,1	286	286
10 Cesta talcev	29,87	2,19	16,6	460,3	39	100
11 Gorenje GA	28,55	2,12	18,9	1871,0	-3	100
12 Stari izpust	28,23	2,24	18,0	1777,4	-94	100
13 Stari jašek I	35,09	0,55	46,4	175,6	176	176
14 Stari jašek II	28,15	2,12	19,5	124,5	-51	50
15 Stara vas	33,06	0,84	38,2	340,7	341	341
16 Bela dvorana	28,27	2,46	15,7	301,1	-164	100
17 Pesje-klasimica	33,69	0,69	42,7	371,8	372	372
18 Aškerčeva	32,59	1,06	31,9	60,4	60	60
19 Merx	31,48	1,58	22,6	70,1	70	70
20 OŠ Kajuh	33,73	0,73	40,9	322,9	323	323
21 Tovarniška pot	32,50	0,94	35,7	302,9	-20	50
22 Meteče	32,38	0,56	52,1	96,5	97	97
23 Pohrastnik	32,45	0,67	46,4	145,7	146	146
24 Meteče II	27,93	2,12	19,7	2908,3	-218	100

**PRILOGA B4: IZRAČUN VOLUMNOV DEŽEVNIH BAZENOV PO STANDARDU ATV-A 128E Z UPOŠTEVANJEM KONCENTRACIJE KPK DEŽEVNEGA ODTOKA 90 mg/l**

Deževni bazen	$e_o$ [%]	$q_r$ [l/(s ha)]	$V_s$ [m <sup>3</sup> /ha]	Skupni gorvodni volumen [m <sup>3</sup> ]	Razlika volumnov [m <sup>3</sup> ]	Efektivni volumen [m <sup>3</sup> ]
1 Selo	22,49	1,25	47,9	492,4	492	492
2 Dijaški dom	21,82	1,79	35,5	606,7	114	114
3 Šalek II	26,49	1,59	30,2	485,7	486	486
4 Gorica-jug	22,26	1,64	37,8	230,0	230	230
5 Gasilski dom	21,98	1,31	47,4	415,4	185	185
6 Staro Velenje	29,31	0,38	74,0	621,3	621	621
7 Hudovernik	21,12	1,96	33,8	2328,9	200	200
8 Zdravstveni dom	24,02	1,07	50,2	212,2	212	212
9 Jenkova cesta	22,24	1,99	30,9	707,9	496	496
10 Cesta talcev	21,90	2,19	28,4	787,1	79	100
11 Gorenje GA	20,83	2,12	31,5	3119,6	3,65	100
12 Stari izpust	20,57	2,24	30,2	2987,3	-132	100
13 Stari jašek I	26,26	0,55	70,7	267,3	267	267
14 Stari jašek II	20,51	2,12	32,3	206,6	-61	50
15 Stara vas	24,54	0,84	58,9	525,1	525	525
16 Bela dvorana	20,60	2,46	27,1	518,6	-213	100
17 Pesje-klasimica	25,07	0,69	65,2	568,3	568	568
18 Aškerčeva	24,16	1,06	49,9	94,7	95	95
19 Merx	23,23	1,58	36,9	114,4	114	114
20 OŠ Kajuh	25,11	0,73	62,7	495,3	495	495
21 Tovarniška pot	24,08	0,94	69,0	469,3	-26	50
22 Metleče	23,98	0,56	78,4	145,3	145	145
23 Pohrastnik	24,04	0,67	70,4	221,0	221	221
24 Metleče II	15,33	2,12	32,6	4811,5	-307	100

**PRILOGA C1: IZRAČUN VOLUMNOV NA POENOSTAVLJEN NAČIN NA PODLAGI KRITIČNEGA PRETOKA S  
POVRŠINSKO OBREMENITVIJO  $10 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$**

Deževni bazen	$A_{red}$ [ha]	$q_{krit}$ [l/(s ha)]	A [P]	$n_p$ [l/(P dan)]	$Q_{d24}$ [l/s]	$Q_{z24}$ [l/s]	$Q_s$ [l/s]	$\Sigma Q_{t,i}$ [l/s]	$Q_{krit}$ [l/s]	$Q_{tujja}$ [l/s]	h [m]	$V_o$ [m <sup>3</sup> /h]	V [m <sup>3</sup> ]
1 Selo	10,3	15	2182	177,2	4,48	0,45	4,92	0,00	159,11	5,59	2	10	119
2 Dijaški dom	6,8	15	2505	203,3	5,89	0,00	5,89	25,13	133,06	5,31	2	10	100
3 Salek II	16,1	15	3909	189,6	8,58	0,00	8,58	0,00	249,68	8,84	2	10	186
4 Gorica-jug	6,1	15	2151	152,2	3,79	0,00	3,79	0,00	95,12	4,30	2	10	72
5 Gasilski dom	2,7	15	212	201,1	0,49	0,00	0,49	19,46	60,01	0,56	2	10	44
6 Staro Velenje	8,4	15	605	153,4	1,07	0,00	1,07	0,00	127,04	1,22	2	10	92
7 Hudovernik	18,7	15	8609	220,4	21,96	0,00	21,96	124,70	426,76	24,95	2	10	325
8 Zdravstveni dom	4,2	15	684	189,8	1,50	0,00	1,50	0,00	64,88	1,28	2	10	48
9 Jenkova cesta	18,7	15	5683	208,6	13,72	0,00	13,72	7,65	301,86	14,96	2	10	228
10 Cesta talcev	4,8	15	2269	191,1	5,02	0,00	5,02	75,03	152,12	4,57	2	10	113
11 Gorenje GA	2,2	15	149	428,7	0,74	7,23	7,97	329,27	370,13	6,61	2	10	271
12 Stari izpust	0,0	15	759	152,0	1,34	5,56	6,90	368,89	375,79	7,83	2	10	276
13 Stari jašek I	3,8	15	268	196,3	0,61	0,10	0,70	0,00	57,43	0,80	2	10	42
14 Stari jašek II	2,6	15	0	0,0	0,00	2,19	2,19	18,88	60,19	2,48	2	10	45
15 Stara vas	8,9	15	988	184,0	2,10	0,43	2,53	0,00	136,23	2,88	2	10	100
16 Bela dvorana	3,8	15	2	1286,3	0,03	9,81	9,84	34,36	101,83	9,84	2	10	80
17 Pesje-klasirnica	8,7	15	1122	155,2	2,02	0,00	2,02	0,00	132,76	2,29	2	10	97
18 Aškerčeva	1,9	15	297	195,9	0,67	0,00	0,67	0,00	29,13	0,76	2	10	22
19 Merx	3,1	15	756	186,5	1,63	0,00	1,63	0,00	48,12	1,62	2	10	36
20 OŠ Kajuh	7,9	15	778	214,1	1,93	0,00	1,93	0,00	120,34	2,19	2	10	88
21 Tovarniška pot	0,6	15	341	186,0	0,73	0,00	0,73	9,90	19,52	0,65	2	10	15
22 Metleče	1,9	15	192	204,8	0,46	0,00	0,46	0,00	28,25	0,52	2	10	21
23 Pohrastnik	3,1	15	486	150,2	0,84	0,00	0,84	0,00	47,94	0,96	2	10	35
24 Metleče II	2,3	15	1955	147,8	3,34	8,66	12,01	532,06	579,30	13,64	2	10	427

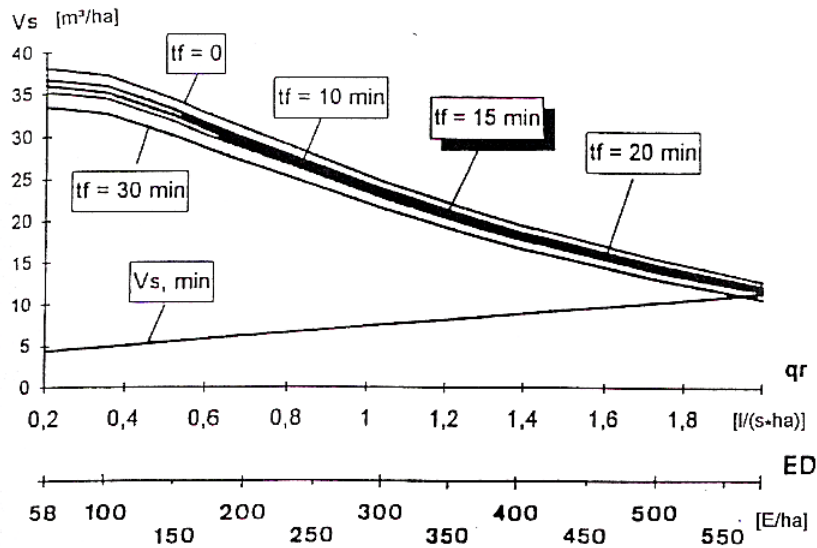
**PRILOGA C2: IZRAČUN VOLUMNOV NA POENOSTAVLJEN NAČIN NA PODLAGI KRITIČNEGA PRETOKA S POVRŠINSKO OBREMENITVIJO  $5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$**

Deževni bazen	$A_{red}$ [ha]	$q'_{krit}$ [l/(s ha)]	A	$n_p$	$Q_{d24}$ [l/s]	$Q_{124}$ [l/s]	$Q_s$ [l/s]	$\Sigma Q_{t,i}$ [l/s]	$Q_{krit}$ [l/s]	$Q_{luja}$ [l/s]	h [m]	$v_o$ [m/h]	V [m <sup>3</sup> ]
1 Selo	10,3	15	2182	177,2	4,48	0,45	4,92	0,00	159,11	5,59	2	5	237
2 Dijaški dom	6,8	15	2505	203,3	5,89	0,00	5,89	25,13	133,06	5,31	2	5	199
3 Šalek II	16,1	15	3909	189,6	8,58	0,00	8,58	0,00	249,68	8,84	2	5	372
4 Gorica-jug	6,1	15	2151	152,2	3,79	0,00	3,79	0,00	95,12	4,30	2	5	143
5 Gasilski dom	2,7	15	212	201,1	0,49	0,00	0,49	19,46	60,01	0,56	2	5	87
6 Staro Velenje	8,4	15	605	153,4	1,07	0,00	1,07	0,00	127,04	1,22	2	5	185
7 Hudovernik	18,7	15	8609	220,4	21,96	0,00	21,96	124,70	426,76	24,95	2	5	650
8 Zdravstveni dom	4,2	15	684	189,8	1,50	0,00	1,50	0,00	64,88	1,28	2	5	95
9 Jenkova cesta	18,7	15	5683	208,6	13,72	0,00	13,72	7,65	301,86	14,96	2	5	456
10 Cesta talcev	4,8	15	2269	191,1	5,02	0,00	5,02	75,03	152,12	4,57	2	5	226
11 Gorenje GA	2,2	15	149	428,7	0,74	7,23	7,97	329,27	370,13	6,61	2	5	543
12 Stari izpust	0,0	15	759	152,0	1,34	5,56	6,90	368,89	375,79	7,83	2	5	552
13 Stari jašek I	3,8	15	268	196,3	0,61	0,10	0,70	0,00	57,43	0,80	2	5	84
14 Stari jašek II	2,6	15	0	0,0	0,00	2,19	2,19	18,88	60,19	2,48	2	5	90
15 Stara vas	8,9	15	988	184,0	2,10	0,43	2,53	0,00	136,23	2,88	2	5	200
16 Bela dvorana	3,8	15	2	1286,3	0,03	9,81	9,84	34,36	101,83	9,84	2	5	161
17 Pesje-klasirnica	8,7	15	1122	155,2	2,02	0,00	2,02	0,00	132,76	2,29	2	5	194
18 Aškerčeva	1,9	15	297	195,9	0,67	0,00	0,67	0,00	29,13	0,76	2	5	43
19 Merx	3,1	15	756	186,5	1,63	0,00	1,63	0,00	48,12	1,62	2	5	72
20 OŠ Kajuh	7,9	15	778	214,1	1,93	0,00	1,93	0,00	120,34	2,19	2	5	176
21 Tovarniška pot	0,6	15	341	186,0	0,73	0,00	0,73	9,90	19,52	0,65	2	5	29
22 Metleče	1,9	15	192	204,8	0,46	0,00	0,46	0,00	28,25	0,52	2	5	41
23 Pohrastnik	3,1	15	486	150,2	0,84	0,00	0,84	0,00	47,94	0,96	2	5	70
24 Metleče II	2,3	15	1955	147,8	3,34	8,66	12,01	532,06	579,30	13,64	2	5	854

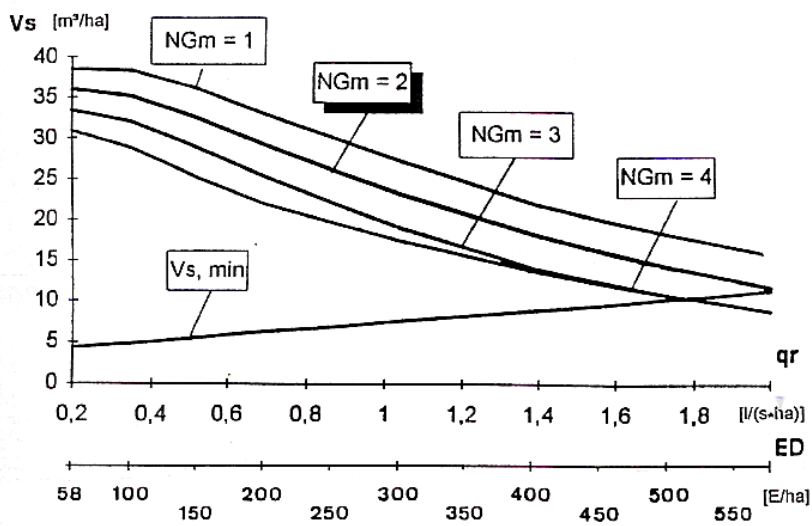
## PRILOGA D: VRSTE DEŽEVNIH BAZENOV NA KS VELENJE – ŠOŠTANJ

	Deževni bazen	$t_f$ [(h):min:s]	Vrsta bazena
1	Selo	5:30	zadrževalni
2	Dijaški dom	15:40	prelivni
3	Šalek II	5:30	zadrževalni
4	Gorica-jug	2:50	zadrževalni
5	Gasilski dom	14:20	prelivni
6	Staro Velenje	5:00	zadrževalni
7	Hudovernik	30:40	prelivni
8	Zdravstveni dom	6:00	zadrževalni
9	Jenkova cesta	14:40	prelivni
10	Cesta talcev	19:00	prelivni
11	Gorenje GA	45:10	prelivni
12	Stari izpust	1:03:10	prelivni
13	Stari jašek I	4:40	zadrževalni
14	Stari jašek II	10:00	prelivni
15	Stara vas	7:00	zadrževalni
16	Bela dvorana	22:40	prelivni
17	Pesje-klasirnica	10:10	zadrževalni
18	Aškerčeva	4:20	zadrževalni
19	Merx	5:00	zadrževalni
20	OŠ Kajuh	7:10	zadrževalni
21	Tovarniška pot	10:00	prelivni
22	Metleče	5:20	zadrževalni
23	Pohrastnik	5:10	zadrževalni
24	Metleče II	1:48:20	prelivni

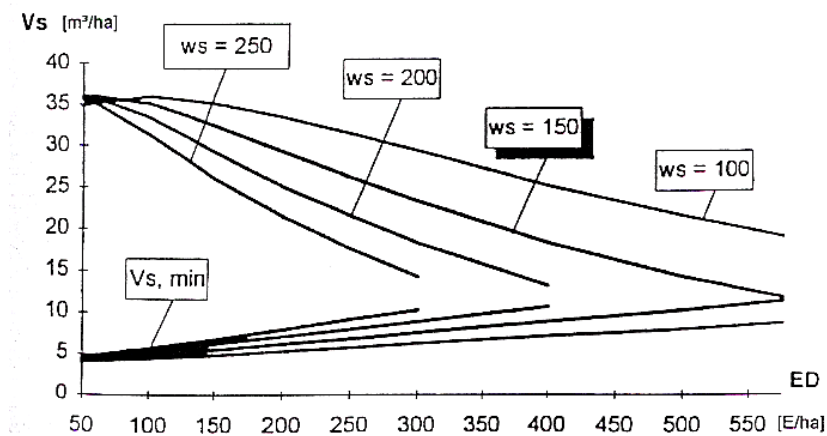
## PRILOGA E: DIAGRAMI IZ RAZISKAVE BEMESSUNG VON REGENÜBERLAUFBECKEN GEMÄß ATV-ARBEITSBLATT A-128



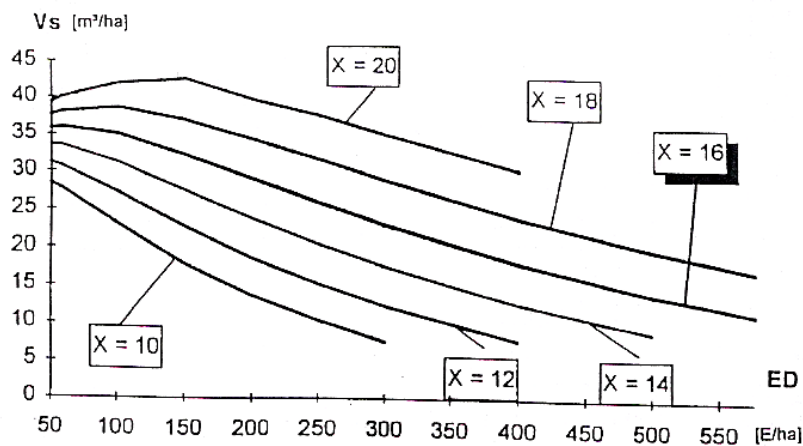
Slika 1: Krivulje vpliva dotočnega časa na specifični volumen (Erzmann in sod., 1994, str. 2207)



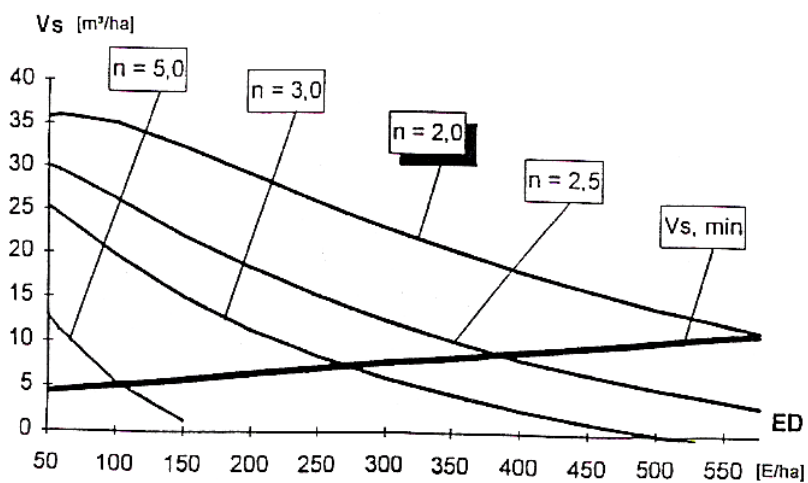
Slika 2: Krivulje vpliva povprečnega koeficienta nagnjenosti terena na specifični volumen (Erzmann in sod., 1994, str. 2207)



Slika 3: Krivulje vpliva norme porabe vode na specifični volumen (Erzmann in sod., 1994, str. 2207)

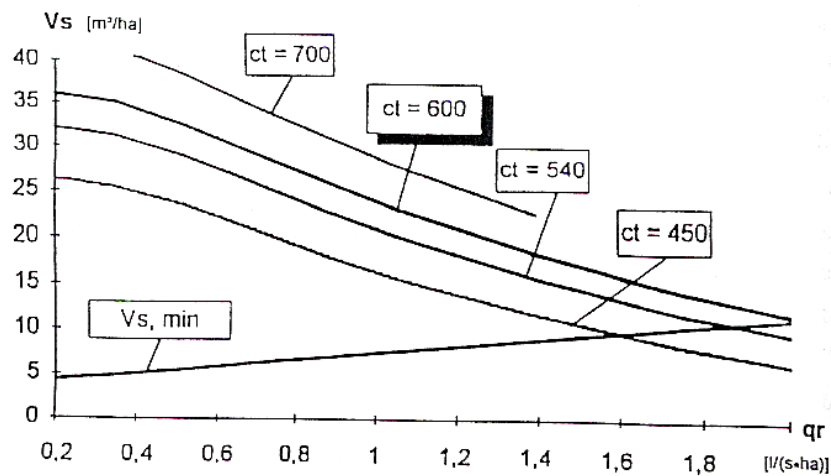


Slika 41: Krivulje vpliva koeficienta maksimalne urne porabe  $x$  na specifični volumen (Erzmann in sod., 1994, str. 2208)

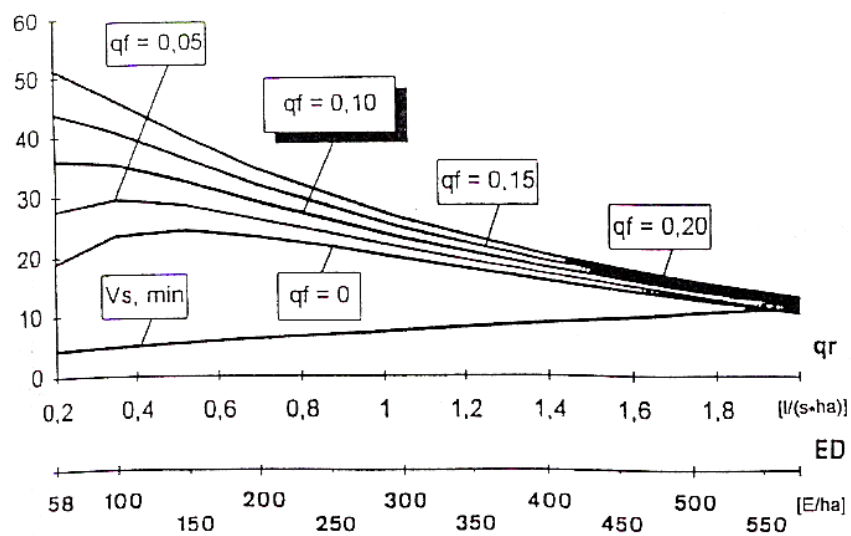


Slika 5: Krivulje vpliva koeficienta velikosti odtoka skozi dušilko  $n$  na specifični volumen (Erzmann in sod., 1994, str. 2208)





Slika 6: Krivulje vpliva koncentracije KPK sušnega odtoka na specifični volumen (Erzmann in sod., 1994, str. 2208)



Slika 7: Krivulje odvisnosti med odtokom tujih vod na enoto neprepustne prispevne površine in specifičnim volumenom (Erzmann in sod., 1994, str. 2209)

## PRILOGA F: VPLIV PARAMETROV ZA BAZENE SELO, ŠALEK II IN METLEČE II

Preglednica 1: Vpliv parametrov za bazen Selo

Parameter	Območje	$\Delta Q_t$	$\Delta eo$	$\Delta qr$	$\Delta V_s$
		[l/s]	[%]	[l/(s ha)]	[m <sup>3</sup> /ha]
<i>SGm</i>	1–3,4	/	↑ 8,9	/	↓ 11,1
<i>hpr</i>	600–1000 mm	/	↓ 11,0	/	↑ 11,3
<i>Ared</i>	6–14 ha	↑ 5,9	2,1	↓ 1,2	↑ 17,4
<i>tf</i>	2–30 min	/	↓ 2,3	/	↑ 3,1
<i>x</i>	8–16 h	↓ 44,7	↓ 5,4	↓ 1,3	↑ 30,2
<i>qiw</i>	0,00– 0,15 l/(s ha)	↑ 8,2	↓ 3,8	/	↑ 4,5
<i>n</i>	2,0–2,9	↑ 41,7	↑ 7,1	↑ 0,9	↓ 17,0
% <i>Aločeni</i>	0–100 %	/	↓ 2,8	↓ 0,4	↑ 13,2
<i>A</i>	1500–3900 P	↑ 127,1	2,2	↑ 1,2	↓ 17,9
<i>np</i>	100–300 l/(P dan)	↑ 152,0	2,9	↑ 1,3	↓ 20,2
<i>Cdw</i>	600–800 mg/l	/	↓ 4,8	/	↑ 7,1
<i>Cr</i>	75–120 mg/l	/	↑ 36,3	/	↓ 131,2

Oznake: ↑ povečanje, ↓ zmanjšanje

Preglednica 2: Vpliv parametrov za bazen Šalek II

Parameter	Območje	$\Delta Q_t$	$\Delta eo$	$\Delta qr$	$\Delta V_s$
		[%]	[%]	[l/(s ha)]	[m <sup>3</sup> /ha]
<i>SGm</i>	1–3,4	/	↑ 9,2	/	↓ 9,4
<i>hpr</i>	600–1000 mm	/	↓ 14,5	/	↑ 9,6
<i>Ared</i>	12–24 ha	↑ 5,0	0,4	↓ 1,1	↑ 13,3
<i>tf</i>	2–30 min	/	↓ 2,5	/	↑ 2,2
<i>x</i>	8–16 h	↓ 47,9	↓ 11,3	↓ 1,6	↑ 26,1
<i>qiw</i>	0,00–0,15 l/(s ha)	↑ 7,0	↓ 3,7	/	↑ 3,0
<i>n</i>	2,0–2,9	↑ 42,0	↑ 7,4	↑ 1,0	↓ 11,7
% <i>Aločeni</i>	0–100 %	/	↓ 3,3	↓ 0,5	↑ 12,3
<i>A</i>	2600–5200 P	↑ 90,5	0,5	↑ 1,1	↓ 13,4
<i>np</i>	100–300 l/(P dan)	↑ 176,5	0,7	↑ 1,7	↓ 20,3
<i>Cdw</i>	600–800 mg/l	/	↓ 6,0	/	↑ 6,0
<i>Cr</i>	75–120 mg/l	/	↑ 40,4	/	↓ 99,2

Oznake: ↑ povečanje, ↓ zmanjšanje

Preglednica 3: Vpliv parametrov za bazen Metleče II

Parameter	Območje	$\Delta Q_t$ [%]	$\Delta eo$ [%]	$\Delta qr$ [l/(s ha)]	$\Delta V_s$ [m <sup>3</sup> /ha]
<i>SGm</i>	1–3,4	/	↑ 8,6	/	↓ 8,7
<i>hpr</i>	600–1000 mm	/	↓ 11,3	/	↑ 8,9
<i>Ared</i>	72–182 ha	↑ 3,4	0,7	↓ 2,6	↑ 17,1
<i>tf</i>	2–30 min	/	↓ 2,2	/	↑ 2,1
<i>x</i>	8–16 h	↓ 38,8	↓ 6,2	↓ 1,7	↑ 21,7
<i>qiw</i>	0,00–0,15 l/(s ha)	↑ 4,7	↓ 2,2	/	↑ 2,1
<i>n</i>	2,0–2,9	↑ 43,0	↑ 7,9	↑ 1,4	↓ 13,8
% <i>Aločeni</i>	0–100 %	/	↓ 5,5	↓ 1,3	↑ 28,7
<i>A</i>	31200–78200 P	↑ 98,2	0,3	↑ 1,8	↓ 13,2
<i>np</i>	100–300 l/(P dan)	↑ 109,6	0,6	↑ 1,7	↓ 15,4
<i>Cdw</i>	600–800 mg/l	/	↓ 4,8	/	↑ 5,6
<i>Cr</i>	75–120 mg/l	/	↑ 34,0	/	↓ 94,4
Oznake: ↑ povečanje, ↓ zmanjšanje					