

LOPUTA HST-ASK S PLOVCEM ZA USTVARJANJE DODATNE ZADRŽEVALNE PROSTORNINE

HST-ASK-WEIR WITH THE FLOAT FOR THE CREATION OF ADDITIONAL STORAGE VOLUME

Franc Maleiner, univ. dipl. inž. kom.

Sojerjeva 43, 1000 Ljubljana

E-mail: franc.maleiner@f-2.net

Strokovni članek

UDK: 628.2

Povzetek | Lopute HST-ASK s plovci lahko aktivirajo dodatno zadrževalno prostornino v kanalizacijskem omrežju in tako z relativno nizkimi stroški občutno zvišajo ekološko zaščito vodotokov. Hkrati lahko lopute HST-ASK zaščitijo kanalizacijska omrežja pred vdorom visokih voda. Uporabljajo pa se lahko tudi za natančno uravnavanje in zmanjšanje nihanja gladin jezer (na primer Velenjskega jezera) kakor tudi za optimalno izrabo zadrževalnikov visokih voda.

Summary | HST-ASK-Weirs with floats can activate an additional retention capacity of the sewer system, and thus, at relatively low costs significantly increase ecological protection of water courses. At the same time, these HST-ASK-Weirs protect the sewer system against the intrusion of high waters. They can also be used for the precise control and reduction of the fluctuations of the surface height of lakes (e.g. Lake Velenje) as well as to optimize the usage of the high water retention facilities.

1 • UVOD

Osnovni namen kanalizacijskih omrežij je higiensko zbiranje in odvajanje odpadnih voda do mest njihovega čiščenja ter izlivanja v vodotoke. Prav tako se s pojmom odpadnih voda označujejo tudi vsi padavinski dotoki in dotoki tujih voda, ki prispejo v kanalizacijska omrežja.

Ločimo neposredno (preko kanalizacijskih omrežij in čistilnih naprav) in posredno uvažanje odpadnih voda v vodotoke.

Dotoki odpadnih voda iz celotnih vplivnih vodozbirnih površin se morajo v sušnih obdobjih v celoti zadržati v kanalizacijskih omrežjih in ustrezno očistiti na ustreznih komunalnih čistilnih napravah.

Vedno večje pomanjkanje čiste pitne in porabne vode nas vedno bolj sili k doslednemu

in obsežnemu čiščenju ter nujni ponovni uporabi vseh odpadnih voda.

Medtem ko se zanemarljivo onesnaženi odtoki padavinskih voda (v ločenem kanalizacijskem sistemu) kot tudi mešanih odtokov odpadnih voda (v mešanem kanalizacijskem sistemu) lahko odvajajo oziroma razbremenjujejo neposredno v vodotoke, se morajo bolj onesnažene odpadne vode ustrezno zadržati v omrežju in pred izpusti v vodotoke očistiti na ustreznih komunalnih čistilnih napravah.

Nemške DWA-smernice ATV-A 128 predpisujejo, pod kakšnimi pogoji se smejo mešani odtoki odpadnih voda razbremenjevati v vodotoke. Pri tem sta za obseg in kakovost ekološke zaščite vodotokov odločilnega pomena predvsem parametra velikosti in (zvečane) sposob-

nosti zadrževalne prostornine kanalizacijskega omrežja in s tem pogojeno število oziroma (zmanjšana) letna pogostost prelivanja.

Razbremenilni objekti in naprave se torej načrtujejo in dimenzionirajo na podlagi tako imenovanega kritičnega naliva, katerega vrednosti se običajno prevzemajo v Nemčiji, Avstriji in Švici z $r_{krit} = 15$ l/s.ha. Ta vrednost se nekritično prevzema tudi pri nas, čeprav sta nedvomno na južni strani Alp vrednosti za letno izdatnost in višino padavin znatno višji. Kritični naliiv je namreč naliiv tiste intenzitete, trajanja in določene letne pogostosti padavin, ko razbremenilniki ravno še ne začnejo prelivati in razbremenjevati.

Že daljnega leta 1941 je Hörler v Švici ugotovil, da se pri dimenzioniranju na $r_{krit} = 8$ l/s.ha letno razbremeni zgolj 8 % naliivov z višjo izdatnostjo in se tako v omrežju zadrži okoli 78 % letne višine padavin (slika 1).

Desetletja kasneje je Pecher tudi za nemške razmere potrdil, da se pri $r_{krit} = 15$ l/s.ha letno razbremeni le okoli 8 % letnega števila padavin, z okoli 2,5 % skupne letne dolžine padavin, in se tako v omrežju zadrži okoli 80 % skupne letne višine padavin. S tem se v omrežju zadrži približno 90 % celotne letne onesnaženosti.

Z zvišanjem $r_{krit} = 15$ l/s.ha na $r_{krit} = 30$ l/s.ha se po Brunnerju lahko dvigne sposobnost zadrževanja letne onesnaženosti le na skoraj 95 %. Torej se s 100-odstotnim zvišanjem kritičnega naliva lahko zviša zadrževalna sposobnost sistema za zgolj do 5 %.

Zadrževalna sposobnost kanalizacijskega omrežja je s tem postala bistven dejavnik ekološke zaščite vodotokov.

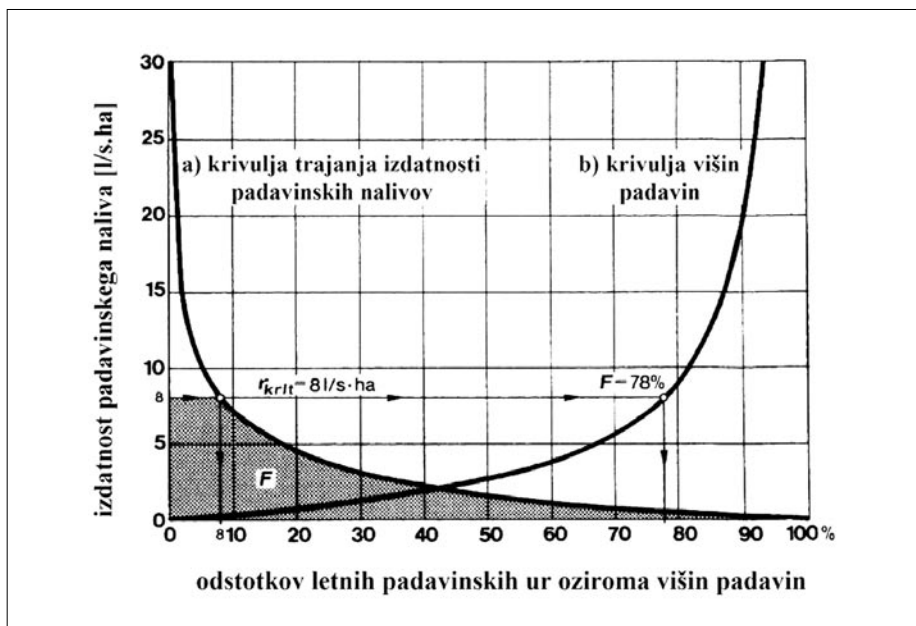
Samodejno, s pomočjo plovca krmiljena loputa HST-ASK (automatisches schwimmergesteuertes Klappen-Wehr) omogoča zelo ekonomsko dodatno zvišanje zadrževalne sposobnosti kanalizacijskega omrežja in s tem optimalno ekološko zaščito vodotokov.

Lopute HST-ASK s plovci sem načrtoval in končno kot prvo vgradil leta 1989 na razbremenilnem bazenu (RÜB) na čistilni napravi Hasennest v Aalenu. Dolga leta je veljala ta loputa za največjo glede velikosti razbremenilnega pretoka ($Q_{maks} = 12$ m³/s).

Navkljub enormnim ekonomskim in ekološkim prednostim je možnost razbremenjevanja s pomočjo lopute HST-ASK s plovcem pri nas še popolnoma neznan.

Nadalje se loputa HST-ASK s plovcem lahko uporablja kot zaščita pred vdorom visokih voda iz vodotoka v kanalizacijsko omrežje in za natančno uravnavanje gladin zadrževalnih naprav.

Loputa HST-ASK s plovcem deluje brez pomoči tuje energije.



Slika 1 • Krivulji trajanja padavinskih nalivov in odnosa do letne višine padavin po Hörlerju (Imhoff, 2007)



Slika 2 • Pogled s strani dotočnega kanala na loputo HST-ASK (levo) s prelivnim robom za krmiljenje plovca (desno)



Slika 3 • Pogled s strani vodotoka na loputo HST-ASK v Aalenu



Slika 4 • Pogled iz razbremenilnega bazena (RÜB) na loputo HST-ASK v Aalenu

2 • UPORABA LOPUTE HST-ASK S PLOVCEM ZA RAZBREMENILNIKE

Višinska kota zgornjega roba fiksnega preliwa razbremenilnika (RÜ), bazenskega preliwa (BÜ) in čistilnega preliwa (KÜ) se določa na podlagi:

- gorvodne gladine maksimalnega cilja zajezišve kanalizacijskega omrežja in
- ustrezne nizvodne gladine visokih voda vodotoka.

Po DWA-smernicah definira višinska kota fiksne prelivne roba (slika 5 levo) merodajno gladino za izračun uporabne zajezišvene prostornine kanalizacijskega omrežja (slika 10) in prostornin razbremenilnih bazenov (slika 12). Pri izračunih zajezišvenih

prostornin se prelivne višine (nad fiksnimi prelivnimi robovi) ne smejo upoštevati, saj se te odpadne vode po zmanjšanju in prenehanju nalivov razbremenijo v vodotok.

Običajno znaša maksimalna prelivna višina na fiksnih prelivnih robovih okoli 0,60 do 0,80 metra.

Maksimalni cilj zajezišve se določa na podlagi višinskih leg gorvodnih hišnih priključkov, tako da zajezišve nimajo negativnih ali celo škodljivih hidravličnih vplivov na gorvodne kletne prostore.

Uporabna zajezišvena prostornina razbremenilnih bazenov (RÜB) se izračunava na pod-

lagi višinskih kot gorvodnega bazenskega preliwa (BÜ) ali pri pretočnih bazenih (DB) na koncu bazena nameščenega čistilnega preliwa (KÜ). Dejanska računski uporabna globina (in s tem uporabna prostornina) razbremenilnih bazenov se izračunava zgolj na podlagi višinsko najnižje nameščenega prelivnega roba bazena (slika 12).

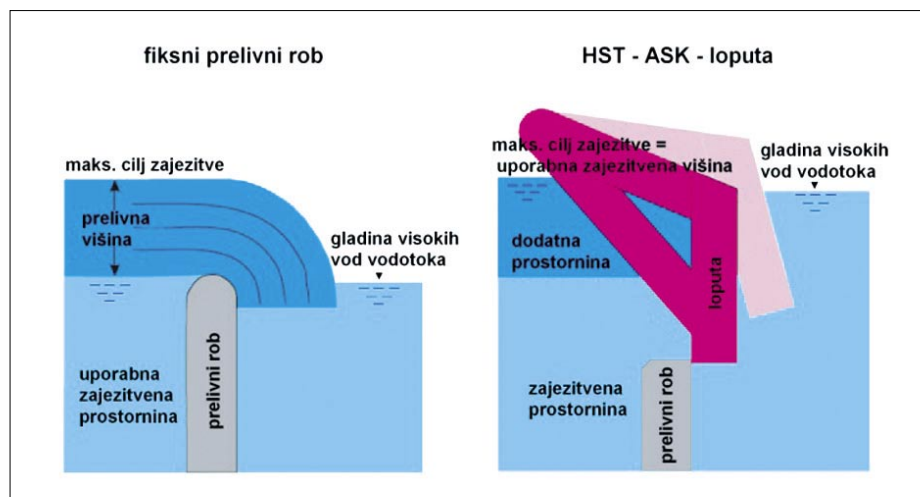
Z vgradnjo loput HST-ASK na fiksnih prelivnih razbremenilnih in zadrževalnih napravah se je mogoče odpovedati (potrebni) prelivnim višinam in tako aktivirati gorvodne dodatne zajezišvene prostornine (slika 5 desno).

Fiksni prelivni rob plovca (ki uravnava dviganje in spuščanje na skupni osi z loputo pritrjenega plovca) se namesti največ za 0,05 metra pod višinsko koto maksimalnega cilja zajezišve.

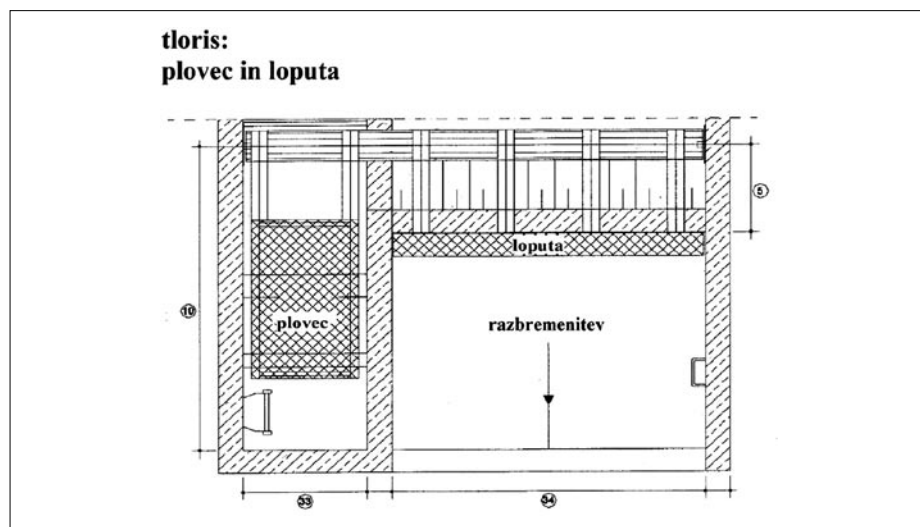
V posebno oblikovanem ločenem prostoru (slika 6 levo in 7 zgoraj) je plovec nameščen tako, da relativno majhne prelivne količine za krmiljenje plovca (in s tem lopute) zahtevajo zgolj zelo kratko dolžino prelivnega roba plovca (v širini prostora za plovec) in minimalno prelivno višino ($\leq 0,05$ metra).

S tem se ustrezno (običajno za ca. 0,55 do 0,75 metra) zveča uporabna zajezišvena višina (slika 10 in 12). Pri povprečni statistični srednji globini nemških razbremenilnih bazenov $t \approx 2,80$ metra (po Brombachu) znaša dodatno povečanje celotne prostornine (brez dodatnih gradbenih posegov) približno 20 do 27 %. V kanalizacijskih omrežjih je lahko dodatno povečanje prostornin še znatno večje (slika 10 in 11).

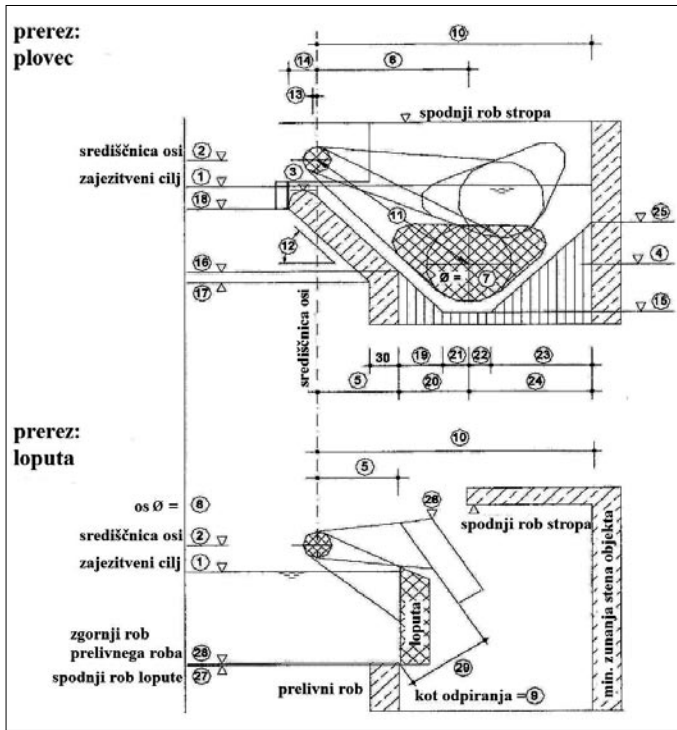
Izračunana vrednost dodatne zajezišvene prostornine (ki jo pridobimo zgolj z zajezišvijo gradbeno obstoječih prostornin in tako ne povzroča dodatnih gradbenih stroškov) večinoma znatno presega investicijske stroške dobave in vgradnje tovrstne lopute HST-ASK. Pri velikih prelivnih količinah oziroma pri nizkih prelivnih višinah (in zato zelo dolgih prelivih) se z namestitvijo lopute HST-ASK (z zvečanjem prelivnega prereza zaradi geometrije prelivne odprtine in znižanjem kote prelivnega roba) občutno skrajša dejanska dolžina prelivnega roba (in s tem gradbenega objekta), kar privarčuje pretežni del investicijskih izdatkov za nakup in namestitev lopute HST-ASK. Vzgonsko gibanje na skupni osi z loputo pritrjenega plovca povzroča ter uravnava odpiranje in zapiranje lopute. Na dnu posebno oblikovanega prostora za plovec je dušilka (ali po potrebi tudi ustrezna črpalka), ki uravnava predvideni minimalni pretok. Z naraščanjem prelivne količine preko prelivnega roba plovca se ustrezno zvišuje tudi ta dušeni pretok in



Slika 5 • Zvečanje uporabne zajezišvene prostornine pri istem maksimalnem cilju zajezišve s pomočjo lopute HST-ASK s plovcem (ob hkratni višji gladini visokih voda)



Slika 6 • Tloris objekta z loputo HST-ASK



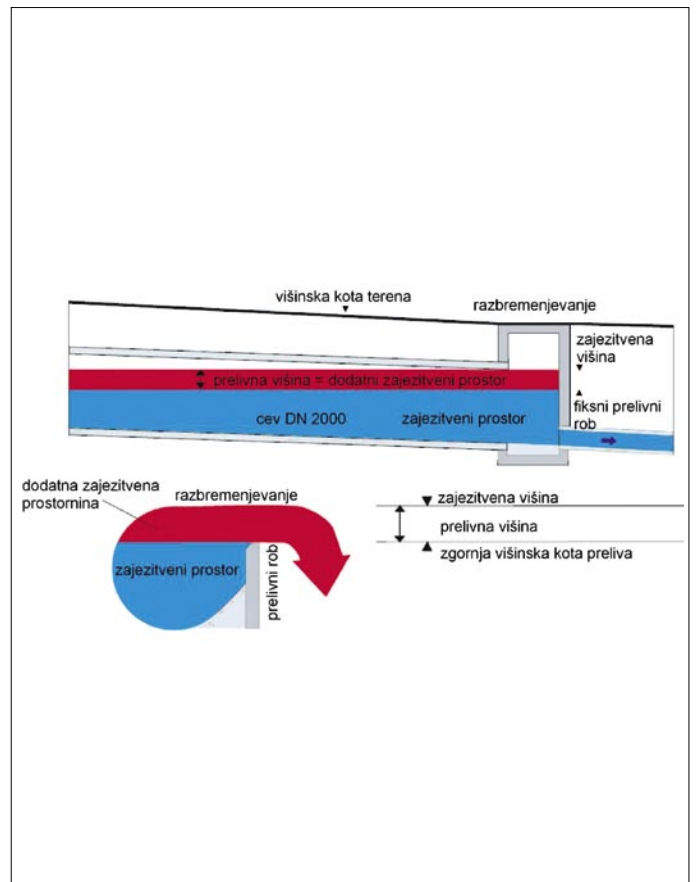
Slika 7 • Prečna prereza objekta z loputo HST-ASK



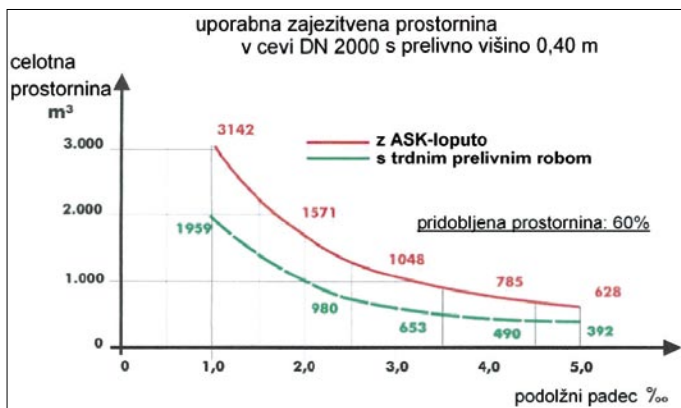
Slika 8 • Pogled v prostor s plovcem



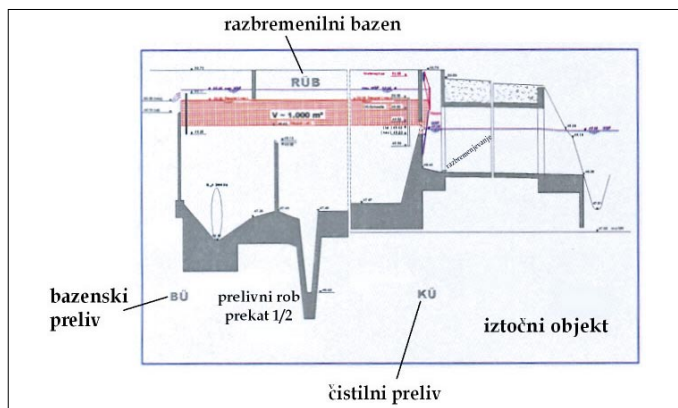
Slika 9 • Pogled na prelivni rob plovcia s potopno steno



Slika 10 • Prikaz možne dodatne zajezitvene prostornine (rdeče) vzdolž kanala ob prelivanju



Slika 11 • Prikaz možne dodatne zaježitvene prostornine (rdeče) vzdolž kanala ob prelivanju



Slika 12 • Aktiviranje dodatne prostornine pretočnega razbremenilnega bazena (Durchlaufbecken) s pomočjo vgradnje loput HST-ASK

povzroči ustrezne zaježitve prostora s plovcem. Plovec se vzgonsko prilagaja nihanju zaježitvenih gladin in ustrezno odpira, priprava oziroma zapira loputo. Z zmanjšanjem ozi-

roma prenehanjem prelivanja se plovec in s tem loputa povrneva v izhodiščni položaj. Razbremenilna količina je torej odvisna od kota odpiranja lopute in s tem od postega

prezera pretočne reže, ki pri tem nastaja. S pravilno višinsko nastavitvijo te pretočne reže se lahko prepreči srk plavajočih snovi kot tudi lažjih snovi z dna kanala.

3 • ZAŠČITA PRED VISOKIMI VODAMI

V evropskem standardu EN 752 (v točki 8.3: Namestitvev in globinska lega) se (med drugim) na iztokih kanalov v vodotoke izrecno zahteva upoštevanje ustreznih gladin vodotokov in njihovega vpliva na kanalizacijska omrežja.

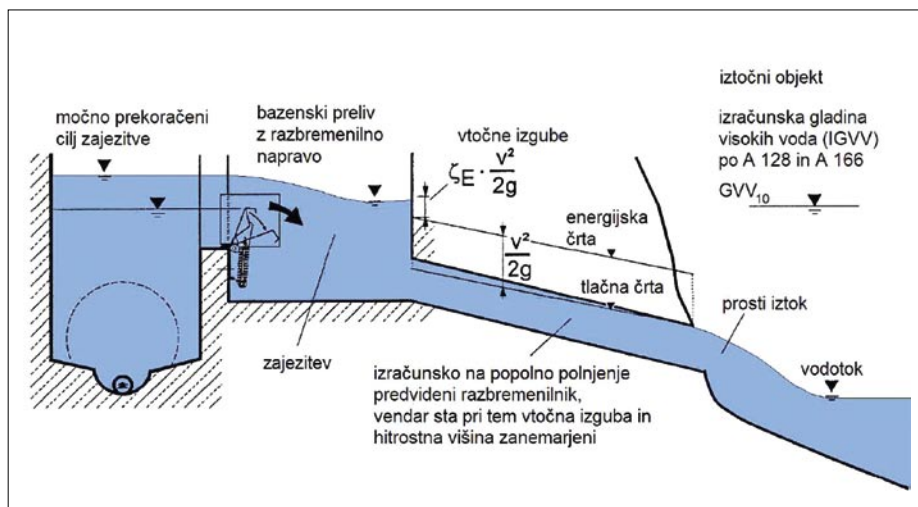
Pri iztokih padavinskih voda (v točki 9.4.7: Zahteve pri načrtovanju iztočnih kanalov) v vodotoke se nadalje zahteva, da naj ležijo kote dna kanalov na iztokih iznad višinskih kot najvišjih izračunskih gladin vodotokov, da se tako omogočajo iztoki s prostimi gladinami. Če teh zaježitev kanalov in objektov ni mogoče preprečiti, naj se predvidijo povratne zapore za preprečitev zaježitev pri pogostih visokih vodah.

Navkljub tem EN-zahtevam redno opažam pri revizijah projektnih dokumentacij kanalizacijskih omrežij striktno nedopustno pomanjkanje podatkov o gladinah vodotokov. Naše projektante očitno niti najmanj ne moti, da so pogosto prelivni robovi razbremenilnikov višinsko nameščeni pod gladinami visokih voda. Tako lahko vodotoki pogosto in »neopaženo« vdirajo ter preplavljajo kanalizacijske naprave in objekte.

Pri nas se torej praviloma vrši višinsko nameščanje prelivnih robov razbremenilnikov (RÜ) in bazenskih prelivov (BÜ, KÜ) preprosto

le »po občutku« in brez upoštevanja dejanskih gladin visokih voda vodotokov, zato je razumljivo, da taki razbremenilniki in razbremenilne naprave ne morejo delovati pravilno. Včasih striktno zahtevani hidravlični izračuni in dokazi popolnega oziroma nepopolnega prelivanja razbremenilnikov dandanes praviloma niso več sestavni deli projektnih dokumentacij. Ekoloških posledic se tako »ne opaža«, kaj šele, da bi zanje nekdo odgovarjal!

Zaradi izključno samo gorvodne možnosti regulacije loput ASK se lahko z namestitvijo loput HST-ASK s plovci torej preprečijo vdori in preplavitve kanalizacijskih omrežij in objektov preko (prenizko nameščenih) prelivnih robov. Kjer zaradi terenskih okoliščin iz prostora s plovcem ni mogoč dušeni iztok s prosto gladino v vodotok, se namesto dušilke za plovcem namestijo ustrezne črpalke, ki to prelivno količino črpajo v vodotok.



Slika 13 • Dodatna zaježitev omrežja pri nepopolnem prelivu

4 • URAVNAVANJE GLADIN

Leta 1994 je bila zaradi nevarnosti zdrsa nestabilnih brežin jezera na odtoku Velenjskega jezera vgrajena prva (na žalost v Sloveniji še vedno edina) loputa HST-ASK s plovcem za natančno, skoraj konstantno uravnavanje gladine tega jezera.

Velenjsko jezero s površino okoli 1,4 km² in s (predhodno) prostornino okoli 30,5 km³ vode spada med večja slovenska jezera. Jezero je nastalo zaradi pogrezanja rudniških območij po drugi svetovni vojni. Z največjo

globino preko 54 metrov je Velenjsko jezero precej globlje in večje od Blejskega jezera. Večina obrežja je že delno ali povsem umirjena, saj je izkopavanje premoga zelo intenzivno samo še pod zahodnim delom jezera.

Glavni vzrok za namestitev lopute HST-ASK je bilo prvotno nihanje gladine jezera (in posledično podtalnice) za okoli en meter, ki je zaradi možne povzročitve zdrsov terena zelo ogrožalo brežine.

Z namestitvijo lopute HST-ASK se je nihanje gladine jezera omejilo zgolj na nekaj centimetrov, hkrati pa se je zagotovila tudi skoraj konstantna, znatno višja gladina jezera. S tem zvišanjem gladine za skoraj 2 metra se je omogočilo dodatno zvečanje prostornine jezera za skoraj 10 % celotne prostornine. To zvečanje jezerske prostornine za skoraj 3 km³ je še kako pomembno tudi glede sedanje in prihodnje uporabe jezerske vode kot hladilne vode termoelektrarne Šoštanj.



Slika 14 • Objekt z loputo HST-ASK na iztoku Velenjskega jezera



Slika 15 • Pogled na objekt z loputo HST-ASK in na zasilni preliv



Slika 16 • Pogled v smeri Velenjskega jezera



Slika 17 • Iztok iz objekta z loputo HST-ASK

5 • IZRAČUN

Na spletni strani (www.systemtechnik.net) se projektantom s pomočjo konfiguratorja lopute (Wehr-Konfigurator) nudi možnost ustreznega samostojnega izračuna in dimenzioniranja lopute HST-ASK s plovcem.

Konfigurator nudi naslednje informacije in možnosti:

- izbiro optimalnega postopka za izračun lopute,
- ugotavljanje višinske kote nizvodne gladine,

- hidravlično dimenzioniranje lopute in plovca,
- podatke za konstrukcijsko načrtovanje z AutoCAD-om,
- predračun,
- opisne podatke in besedila.

S tem izračunom je mogoče primerjati ekonomske in ekološke prednosti (ter eventualne pomanjkljivosti) nadomestitve preliva s fiksno krono z loputo HST-ASK s plovcem.

6 • SKLEP

Loputa HST-ASK s plovcem lahko torej nudi:

- optimalno izrabo obstoječe zaježitvene prostornine kanalizacijskih omrežij in zadrževalnih objektov,
- aktiviranje dodatne zadrževalne prostornine kanalizacijskih omrežij in zadrževalnih objektov,
- znatno boljšo ekološko zaščito vodotokov zaradi zmanjšana letne pogostosti preliivanja in s tem zmanjšanja vnosa letnih onesnaženj v vodotoke,
- zaščito kanalizacijskih omrežij in zadrževalnih objektov pred vdorom visokih voda iz vodotoka do ciljne zaježitvene višine,
- omogočanje ciljnega zaježitvenega vodostaja ne glede na gladine nizvodnih vodostajev,
- za obratovanje lopute HST-ASK s plovcem ni potrebna tuja (dodana) energija,
- maksimalno varnost obratovanja lopute HST-ASK s plovcem tudi v katastrofalnem primeru,
- gospodarnost zaradi kompaktne izvedbe lopute HST-ASK s plovcem, zato je ni nobenega preliivanja nasipov; utrjevanje nasipov ni potrebno,
- ni ogrožanja nepravilnega delovanja lopute HST-ASK s plovcem zaradi nevarnosti zamrznitve naprave,
- uporabljeni so izključno samo korozijsko odporni materiali (GFK, VA-jeklo), zato vzdrževanje lopute HST-ASK s plovcem skoraj ni potrebno,
- znižanje skupnih letnih obratovalnih stroškov zaradi zmanjšanja okoljske takse na vnos letne količine onesnaženosti v vodotoke,
- možno znižanje skupnih gradbenih stroškov zaradi zmanjšane razsežnosti gradbenih objektov,
- razpolaganje s preko 20-letnimi obratovalnimi izkušnjami na podlagi preko 500 delujočih naprav vseh velikosti.

Delovanje lopute HST-ASK s plovcem se lahko jedrnatno opiše na naslednji način:

- pri zaježitvah zadrževalnih in razbremenilnih naprav se začne preliivanje 5 cm pod ciljno zaježitveno gladino nameščene preliivnega roba v objekt plovca. Na plovec začne delovati vzgon, zato se prične (na skupno os s plovcem nameščena) loputa odpirati; pretok skozi loputo je sorazmeren kotu odprtja lopute;
- z upadanjem gorvodne gladine zaježitve upade tudi količina preliivanja v objekt plovca in po 5 cm upada zaježitvene gladine (pod rob preliva) se to preliivanje konča; objekt plovca se izprazni in plovec končno zapre loputo ter prekine razbremenjevanje;
- loputa HST-ASK in plovec se krmita v proporcionalnem odnosu z dotokom.

Stroški nakupa in namestitve lopute HST-ASK s plovcem se praviloma v celoti povrnejo na račun zvečane kompaktnosti gradbenih objektov ter na podlagi aktiviranja dodatnih zadrževalnih prostornin. Praviloma se z namestitvijo ustreznih loput HST-ASK s plovcem celo občutno znižajo in prihranijo tudi obratovalni stroški.

Podnebne spremembe zahtevajo vse boljše in obsežnejšo zaščito pred visokimi vodami. Vse pogosteje tudi pri nas doživljamo tako imenovane stoletne dogodke.

Veljavne zasnove za načrtovanje in dimenzioniranje je treba vse pogosteje preverjati ter modificirati na današnje okoliščine in zahteve. Obstoječi objekti in naprave pogosto delujejo le še na robu svojih zmogljivosti, zato jih bo treba kratkoročno sanirati ali dograditi. Lopute HST-ASK s plovci so naprave, ki lahko uspešno optimirajo ali izboljšajo delovanje takih objektov.

Lopute HST-ASK s plovci so tudi izredno uspešna tehnologija za ekološko zaščito

(stopnje kakovosti) vodotokov, saj se lahko z zmanjšanjem letne pogostosti preliivanja razbremenilnikov uspešno zmanjšujejo tudi letne količine vnosa onesnaženja v vodotoke.

V času gospodarskih kriz je še kako pomembno pametno in pravilno varčevanje. Na žalost pa se pri nas zaradi pomanjkanja »zdrave kmečke pameti« napačno varčevanje pogosto sprevrže v nestrokovno in nesmiselno trošenje finančnih sredstev. Varčuje se namreč samo pri honorarjih (torej pri strokovnem znanju in izkušnjah) ter za vsako ceno ne glede na ekonomske in ekološke posledice pri investicijah. Posledično slabo delovanje naprav in čezmerno visoki obratovalni stroški pa nikogar več ne zanimajo, kaj šele, da bi za to kdo politično in finančno odgovarjal.

Kako se že glasijo Ruschkinovi zakoni o cenah?

- **Na svetu obstaja le redko katera stvar, ki je ne bi bilo mogoče izdelati še ceneje.**
- **Ljudje, ki se orientirajo zgolj na podlagi cen, doživljajo pogosto temu sledeča huda neprijetna presenečenja!**
- **Nespametno je za določeno stvar plačati preveč, vendar pa je še bolj nespametno zanjo plačati premalo. Če ste plačali preveč, ste izgubili le nekaj denarja, to pa je tudi vse. Če pa ste nasprotno plačali premalo, tvegate pri tem izgubo celotnega zneska, saj ta zadeva, ki ste jo kupili, ne izpolnjuje predvidenih zahtev!**
- **Zakoni gospodarstva prepovedujejo preje-manje visokih zmogljivosti in velikih vrednosti za malo denarja!**
- **Pri sprejetju najnižje ponudbe morate nekaj prišteti za pokritje tveganja, ki ga s tem prevzimate. Če pa ste to tudi storili, imate torej dovolj denarja, da takoj plačate nekoliko več za nekaj boljšega.**

7 • LITERATURA

- DWA e.V., ATV-A 128, Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen, april 1992.
- Imhoff, K., Taschenbuch der Stadtentwässerung, R., Oldenbourg Verlag München, 2007.
- DWA e.V., ATV-A 166, Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und – rückhaltung, Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung, november 1999.
- DIN EN 752, Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, april 2008.
- Maleiner, F., Dimenzioniranje kanalizacijskih razbremenilnih naprav po nemških ATV-smernicah (1), Gradbeni vestnik, november 2005.
- Maleiner, F., Uravnavanje odtokov razbremenilnih naprav, Gradbeni vestnik, oktober 2010.
- Maleiner, F., Kanalizacija; 3. strokovni seminar, Vrhnika, 8. junij 2000.
- Maleiner, Franc., Obdelava in odstranitev padavinskih odtokov v ločenem in mešanem sistemu kanalizacij, 21. strokovni seminar, Vodan, d. o. o., Logatec, 10. marec 2010.
- HST GmbH, Watervision Kompendium für Kommunen, Stadtwerke und Industrie, www.watervision.net