

Utjecaj i veza kanalizacijskih sustava i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda - suvremena iskustva s primjerom projekata optimalizacije kanalizacijskog sustava grada Zagreba

Božidar Deduš
Vesna Rogulja

Sažetak:

Tema članka je utjecaj kanalizacijskog sustava u svim aspektima - od planiranja i dimenzioniranja pa do rada i održavanja na dimenzioniranje i rad uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV). U članku se želi ukazati na kompleksnost problematike i međusobnu povezanost učinaka rada kanalizacijskih sustava s učincima UP a koja se često zanemaruje. Na primjeru nedavno završenog Projekta Optimalizacije Kanalizacijskog Sustava Grada Zagreba (POKS GZ; PRONING DHI, Zagreb 1998.) prikazan je jedan aspekt poboljšanja učinaka rada budućeg uređaja, temeljem primjene sustavnih zahvata na kanalizacijskom sustavu i suvremenih inženjerskih alata.

Abstract:

Topic of this paper is influence of the sewer system in all of its aspects, ranging from planning, dimensioning to operation and maintenance, on dimensioning and effectiveness of the wastewater treatment plants. The paper wants to stress complexity and mutual connection between operation effectiveness of the sewer system onto WWTP effects. Case study project "POKS GZ" (PRONING DHI, Zagreb 1998.) shows one of the aspects of how to improve the effects of the future Zagreb WWTP based on implementation of adequate solutions of the sewerage system.

Uvod

"Razmišljanja dva djelatnika"

"Uređaj za pročišćavanje je završni objekt kanalizacijskog sustava. Ako je izgrađen i radi uređaj je i najskuplji dio kanalizacijskog sustava". Ovu konstataciju viđenu okom djelatnika "kanalizacije" djelatnik uređaja za pročišćavanje izreći će kao: "kanalizacijski sustav je mreža kanala koji služe radu uređaja za pročišćavanje. Kanalizacijsku mrežu treba graditi što jeftinije".

I uz ovo malo "slikovitog" prikaza mišljenja ili djelovanja "dva djelatnika", ipak je jasno da problemi zapravo nisu do kraja definirani, a još manje riješeni na pravilan način i to upravo od onih koji su tu da ih riješe. I jedna i druga konstatacija dva djelatnika (jednog iz "kanalizacije" drugog iz uređaja za pročišćavanje) su zapravo točne, naravno za svaku stranu ponaosob. Međutim iako su naizgled obje konstatacije logične za svakog djelatnika ipak one uključuje puno različitih shvaćanja istog problema. Novca ipak nema na pretek, legislativa nas gura u obveze, a gospodarska situacija sve to otežava.

Postoji međutim jedan princip koji bi trebao principijelno zadovoljiti oba "djelatnika". Radi se o principu: "što manje vode dovesti u kanalizaciju - to će se manje vode morati pročišćavati". Koliko god se ovakav princip naizgled činio neutemeljen ili čudan, on u sebi sadrži sukus značajnog dijela aktivnosti koje se ionako provode upravo radi ostvarenja u njemu sakrivenih problema.

Činjenice iskustvenog karaktera ukazuju da nema učinkovitog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda nekog grada bez učinkovitog planiranja, dimenzioniranja, organizacije, upravljanja i samog rada kanalizacijskog sustava, jer kanalizacijska mreža i uređaj za pročišćavanje zajedno tvore sustav za prikupljanje, odvodnju i obradu otpadne vode, kao i obradu i dispoziciju mulja iz otpadne vode.

Ovo je i temeljna konstatacija - aksiom na kojem gradimo daljnje teze iz ovog rada. Drugi aksiom - za kvalitetnu zaštitu vodnih resursa potrebno je integralno sagledati probleme planiranja grada, sustava odvodnje, rada uređaja za pročišćavanje i prijemnika.

Kanalizacijski sustavi su sustavi s kojima se može i mora aktivno upravljati. Temeljem pažljivog planiranja i izrade odgovarajućeg scenarija, korištenjem suvremenih matematskih modela, postojećih

povijesnih baza podataka te poticanjem novih, objedinjenim rješavanjem problema urbanog prostora, prijemnika, kanalizacijskog sustava kao i uređaja za pročišćavanje, mogu se postići optimalne strategije visoke učinkovitosti. Jedan od karakteristika suvremenih planova i rješenja razvoja, rada i održavanja kanalizacijskih sustava kao i uređaja za pročišćavanje industrijskih zemalja zapada, je veliki utjecaj informatičke i komunikacijske tehnologije (ICT) u konačnim rješenjima, odnosno primjeni. Realnost je činjenica da danas nitko sa sigurnošću ne može predvidjeti brzinu razvoja, domete i ovisnost o daljem razvoju ove tehnologije. Utjecaj ICT na predmetnu problematiku svakako će biti izuzetno značajan.

Problemi mješovitih kanalizacijskih sustava i rad uređaja za pročišćavanje

S aspekta uređaja za pročišćavanje, značajan dio problema koji se pojavljuju u radu uređaja, bez obzira na primijenjenu pa i najsuvremeniju tehnologiju, posljedica su tradicionalnih načina projektiranja i gradnje kanalizacijskih sustava. Utjecaj kanalizacijskog sustava na uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, pa bio to prirodni "uređaj" (rijeka, potok ili more s autopurifikacijom sposobnošću) ili pak najsuvremeniji uređaj je višestruk. Rezultati utjecaja kanalizacijskog sustava očituju se svakodnevno na sveukupnoj učinkovitosti rada uređaja. Što se problemi više gomilaju, uređaj za pročišćavanje postaje sve skuplji i neučinkovitiji. Neučinkovitost uređaja jednim se dijelom ogleda kroz probleme u radu pojedinih objekata uređaja (pojedini objekti ne rade ili uređaj za pročišćavanje kompletno izvan funkcije), a drugim dijelom parametrima kao npr. potrošena energija po m³ pročišćene vode, rezultati pročišćavanja - kakvoća efluenta i ukupni godišnji troškovi pročišćavanja, itd. Velike oscilacije hidrauličkog i biološkog opterećenja uređaja između "suhog" i "kišnog" dotoka, pojave velikih razrjeđenja otpadnih voda izazvanih različitim uzrocima, kod neuravnoteženih kanalizacijskih sustava često uvjetuju neučinkovitost biološkog dijela uređaja i općenito velike probleme u radu uređaja.

Pod pretpostavkom da su postupci dimenzioniranja uređaja za pročišćavanje manje ili više jednoznačni, podaci poznati, a iskustva pozitivna, ostaje problem uravnoteženja rada uređaja za pročišćavanje na razini satnih, dnevnih, mjesečnih, sezonskih i godišnjih količina.

Na rad kanalizacijskog sustava i konsekvntno na rad uređaja za pročišćavanje od presudnog su značenja niz varijabli od kojih na značajan dio čovjek nema utjecaja, jer su izrazito stohastičkog karaktera. Postoji međutim isto tako ne mali broj varijabli kojima se pod direktnim utjecajem čovjeka utječe na učinkovitost rada uređaja.

Značajni problemi kanalizacijskog sustava pa i uređaja za pročišćavanje izazvani su učincima nekontrolirane i brze urbanizacije. Mjere i zahvati potrebni su u prostoru kako bi se ovaj utjecaj minimalizirao. Nužan je dogovor djelatnika "kanalizacije" s urbanistima i gradskim planerima. Tipičan rezultat ubrzane i nekontrolirane urbanizacije je povećani dotok otpadnih voda u kanalizacijski sustav kao direktni rezultat pretvaranja neučvršćenih - prirodnih površina u učvršćene - krovovi, ulice, parkirališta, itd. koji direktno doprinose novom dotoku u kanale. Nadalje, vrijeme koncentracije maksimalnog dotoka se bitno skraćuje što uzrokuje brzu koncentraciju velikih količina otpadne vode. Daljnja posljedica je postepeno mijenjanje klimatskog uzorka sliva, pojava učinaka staklenika i daljnja degradacija kanalizacijskog sustava koji više ne može normalno funkcionirati. Stanje funkcionalnosti kanalizacijske mreže i strukturalne cjelovitosti uobičajeno je vrlo niska, pogotovo na starijim kanalizacijskim sustavima. Prisutan je problem održavanja slivnika, kolektora i mreže kanala, infiltracija i exfiltracija, prisutnosti trulog otpada u kanalima itd. Potreba sanacije i rekonstrukcije kanalizacijske mreže prije i u toku izgradnje i rada uređaja za pročišćavanje nužan je preduvjet učinkovitosti uređaja za pročišćavanje. Obzirom da fizikalno-kemijski procesi razgradnje i dekompozicije otpadne vode počinju već u kanalizacijskoj mreži, kod "poroznih" kanalizacijskih sustava problem zagađenja okolnog tla i podzemne vode postaje visokorizičan kada je vodoopskrba grada temeljena na zahvaćanju podzemne vode. Osim problema kanalizacijskih sustava vezanih za uređaje za pročišćavanje također se pojavljuje i problem nekontroliranog prelijevanja nepročišćene otpadne vode u prijemnike preko "kišnih preljeva". Razvojni utjecaj i veza kanalizacijskih sustava i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda planovi i projekti kanalizacijskih sustava sve donedavna uzimali su u obzir utjecaj zagađenja prijemnika od oborinskih voda u mješovitim kanalizacijskim sustavima korištenjem pojednostavljenih pristupa i orijentacionih proračuna. Na mješovitim sustavima s "kišnim preljevim" građenim u prethodnim razdobljima pojavljuju se prelijevanja koja

po učestalosti i volumenu ne zadovoljavaju kriterije zaštite prijemnika. Takvi preljevi često "prelijevaju" i u sušnom razdoblju, pa bez obzira da li uređaj postoji i učinkovito radi posljedice na recipijent su slijedeće: bitno povećan teret zagađenja koji iz kanalizacijskog sustava dolazi u prijemnik, pojava krutih tvari i estetska degradacija okoliša, povećanje koncentracije koliformnih bakterija i patogenih mikroorganizama, toksičnost uzrokovana prisustvom teških metala pesticida i drugih organskih materija i sedimenata.

Očito je da je nerealno primijeniti najsuvremenije tehnologije pročišćavanja bez kompleksnog i istovremenog sagledavanja problema projektiranja, planiranja, rada i održavanja kanalizacijskih sustava, i učinkovitije organizacije ostalih relevantnih čovjekovih aktivnosti.

Razlozi neučinkovitosti rada uređaja za pročišćavanje međutim nisu samo na kanalizacijskom sustavu. Uređaj za pročišćavanje je samo dio sveukupnog hidrotehničkog sustava koji objedinjuje niz prostornih elemenata s karakterističnim parametrima (prirodni dio sliva, urbanizirani prostor grada), hidrografska mreža s prijemnikom - vodotok ili more, klimatološko hidrografske komponente sliva, kanalizacijski sustav, uređaj za pročišćavanje, kulturološke i sociološke elemente ljudi koji žive na slivu, itd.

U suvremenu inženjersku praksu devedesetih godina uvodi se pojam "upravljanje kanalizacijskim sustavom u realnom vremenu". Ovaj pristup predstavlja otklon od tradicionalnih metoda projektiranja i gradnje kanalizacijskih sustava, više primjeren vodoopskrbnim sustavima već zbog prirode procesa koji se njime rješava. Upravljanje u realnom vremenu uobičajeno uključuje princip aktivnog iskorištavanja postojećeg retencijskog prostora kanalizacijske mreže temeljem uređaja i opreme za manipulaciju otpadnom vodom (pumpe, automatske ustave, lokalni regulatori protoke) matematskih hidrološko-hidrauličkih i upravljačkih modela za predviđanje dotoka, "SCADA" sustava, povijesnih baza podataka kao i onih u realnom vremenu, te upravljačkih scenarija. Cilj je korištenjem postojećeg retencijskog volumena kanalizacijske mreže, kontrolirati učestalost i volumen prelijevanja i predvidjeti dotok na uređaj (po količini i kakvoći).

Zahvati, mjere i alati za povećanje sveukupne učinkovitosti gospodarenja otpadnim vodama

Temeljem iskustva, znanstvenih i inženjerskih dostignuća moguće je definirati niz mjera, zahvata i alata da bi ili poboljšali sadašnje funkcioniranje kanalizacijskog sustava i uređaja za pročišćavanje ili omogućili bolji budući rad sustava. Suradnja i dogovor između djelatnika raznih struka preduvjete dobrih rezultata.

1. Mjere u svezi s Planiranjem Gospodarenja Prostorom (PGP). PGP je važna djelatnost jer uključuje niz građevinskih i negrađevinskih zahvata za smanjenje otjecanja s urbanog sliva a uobičajeno uključuje:

- Plan namjene površina - kanalizacijski sustav i uređaj za pročišćavanje moraju podnijeti sve promjene u prostoru ili namjeni prostora, učinke urbanizacije. Ovo se može realizirati na način da se održava prirodni eko-hidrološki balans sliva.
- Prirodna odvodnja čistih oborinskih voda na primjerenim dijelovima sliva smanjiti će cijenu pročišćavanja, unaprijediti estetske parametre okoliša, povećati zaštitu podzemnih voda i štete od poplavlivanja.
- Primjena asfaltno-betonskih propusnih opločenja omogućava infiltraciju oborinske vode u tlo čime se smanjuje dotok u kanalizacijski sustav i na uređaj za pročišćavanje.
- Čišćenje gradskih površina u redovitim razmacima uključivo sakupljanje krutog otpada i ambalaže u košarama / kontejnerima za smeće, kontrola kemijskog zagađenja (gnojiva, pesticidi, ulja, benzin i deterđenti), te čišćenje / pranje ulica i kontrolirano soljenje ulica u zimskim periodima (bez upotrebe kemijskih aditiva);

2. Mjere na kanalizacijskom sustavu:

- Izgradnja razdjelnih sustava kad za to postoje tehničke mogućnosti i ekonomska opravdanost.
- Čišćenje i propiranje kanalizacijske mreže može također smanjiti odlaganje organske materije uobičajeno u odloženom sedimentu u mreži.

- Sanacija i rekonstrukcija kanalske mreže primjenom suvremenih metoda, principijelno u cilju smanjenja poroznosti starih kanala i smanjenja pogonske hrapavosti cijevi.
- Primjena rutina upravljanja u realnom vremenu može utjecati na opterećenje kanalizacijskog sustava i uređaja za pročišćavanje
- Interne veze i prespoji kolektora po sistemu petlje mogu se s hidrauličkog stajališta činiti opravdanim no jednom kada je u funkciji uređaj za pročišćavanje ovakva koncepcija povezivanja kanalizacijske mreže može negativno utjecati na transport zagađenja i rad uređaja za pročišćavanje
- Ugradnja regulatora protoke i splavna vrata dio su sustava za kontrolu i upravljanje tečenjem u kanalizacijskom sustavu. Mjesta ugradnje te vrsta regulatora moraju se odabrati u skladu s principima upravljanja na strateškim mjestima na mreži
- Napredno i intenzivno održavanje objekata kanalizacijskog sustava važan je element u kontroli zagađenja u kanalskoj mreži i na uređaju za pročišćavanje
- Kontrola infiltracije i dotjecanja važan je postupak kojim se utvrđuje prisutnost neželjenih količina otpadne vode - ove kontrole se trebaju obavljati kontinuirano
- Zadržavanje i reteniranje otpadne vode važan je princip kojim se provode mjere kontrole tečenja u kanalizacijskom sustavu. Tipični bazeni su građeni od betona, međutim u skladu s lokalnim prilikama ovi bazeni mogu biti u zemlji, drvetu, kao podzemni tunel.

POKS GZ

Projekt optimalizacije kanalizacijskog sustava grada Zagreba (POKS GZ) projekt je koji je u temeljnoj ideji imao zacrtanu realizaciju nekoliko ciljeva :

1. Provedba generalne inventarizacije objekata kanalizacijskog sustava Zagreba koje će rezultirati digitalnim katastrom u GIS formatu. Inicijalno ovaj će projekt poslužiti kao ulaz podataka za formiranje matematskih modela kanalizacijskog sustava.
2. Začeti suvremeni autonomni sustav mjerenja oborina-otjecanje koji će služiti u prvoj fazi za kalibraciju i verifikaciju modela odvodnja grada Zagreba
3. Izraditi prijedlog plana razvoja s planom interventnih mjera.
4. Provesti obuku kadrova i uvesti suvremene matematske modele u svakodnevni rad službi unutar poduzeća "Vodoopskrba i odvodnja" u cilju povećanja učinkovitosti.

U daljnjem tekstu ograničiti ćemo se samo na aspekte plana razvoja.

Zadaci očekivanja rješenja s aspekta kanalizacijskog sustava

Izradom plana razvoja po POKS-u i striktnom primjenom usvojenih rješenja nastoji se:

1. Održavati pogonske uvjete rada kanalizacijskog sustava u predvidivim i kontroliranim tehničko ekonomskih granicama, te omogućiti temeljnu zadaću kanalizacijskog sustava.
2. Riješiti uska grla, uspor i povratni tijek otpadne vode u kolektorima, nekontrolirano tečenje pod tlakom, i nekontrolirano istjecanje otpadne vode iz kolektora na površinu, sanacijama, zamjenskim profilima i sustavnim mjerama (POKS).
3. Minimalizirati rizik od poplava u sustavu koje će prouzročiti štete ljudima ili gradskom prostoru.
4. Odrediti ulogu potoka u daljem funkcioniranju kanalizacijskog sustava.
5. Odrediti konfiguraciju buduće g kanalizacijskog sustava s aspekta objekata za zahvat i provođenje otpadnih voda kao i sa aspekta upravljanja tijeka otpadnih voda.
6. Formirati sustav sa kontroliranim tijekom (Q,h,v) otpadne vode te znanjem o potencijalnim kritičnim mjestima sa aspekta kakvoće vode (zone malih brzina ili odlaganja polutanata)
7. Odrediti mjesta, način kontrole, učestalost i količinu prelijevanja otpadnih voda iz sustava u Savu a prije glavnog ispusta na GOK-u u svrhu odterećivanja kolektora od suviška otpadne vode).

8. Definiranje uvjeta za rekonstrukciju GOK a.
9. Odrediti parametre važne za dimenzioniranje i rad budućeg CUPOVZ-a.
10. Odrediti nove i realnije (bolje) kriterije za dimenzioniranje kanalizacijskog sustava grada
11. Prilikom projektiranja i gradnje insistirati na vodonepropusnoj kanalizacijskoj mreži.

Rješenja s aspekta vodoprivrede

1. Redefinirati način provođenja potočnih voda kroz kanalizacijski sustav Zagreba.
2. Provesti izdvajanje potoka Blizneca iz kanalizacijskog sustava u sklopu rekonstrukcije GOK-a.
3. Definirati potrebu aktiviranja postojećeg preljeva na kolektoru Savica kao i izgradnju novih preljeva i kriterije njihova rada, sve za potrebe rada kanalizacijskog sustava
4. Definirati načelni utjecaj rada preljeva na kakvoću Save
5. Definirati ulogu postojećih i budućih retencija na potocima Medvednice (izgrađenih za zaštitu Grada od poplava bujičnih voda).
6. Definirati elemente sustavnog rješenja koji određuju parametre za dimenzioniranje zatvorenog profila GOK-a.

Rješenja s aspekta gospodarskog prostora

1. Uzeti u obzir plan razvoja, namjenu površina, i ostale prostorne parametre i odrediti utjecaj urbanizacije na kanalizacijski sustav (kvantificirati posljedice). U ovom slučaju kanalizacijski sustav je pasivni sudionik i on se prilagođava planiranju i organizaciji grada. Povrat informacije mora biti afirmativan od strane gradskih planera i donosioca odluka, tj. oni moraju znati posljedice i obveze od izabranog pristupa.
2. Odrediti nove objekte potrebne za rad kanalizacijskog sustava, te ih smjestiti u prostor bez utjecaja na ostale sadržaje u prostoru, ili kvantificirati eventualne zahtjeve za promjenom.
3. Dogovorno odrediti dopustivi nivo rizika od mogućih šteta (mjerodavne oborine, mjerodavni učinci u kanalizacijskom sustavu)
4. Odrediti utjecaj kanalizacije na rješenje organizacije prostora i plana namjene površina u skladu s razvojem.

Rješenja s aspekta CUPOVZ

1. Odrediti elemente rješenja razvoja i upravljanja kanalizacijskog sustava od interesa za dimenzioniranje objekata CUPOVZ-a.
2. Odrediti principijelne parametre objekata kontrole dotoka na CUPOVZ

Rješenja s aspekta zaštite okoliša

1. Analizirati mogućnost primjene mjera za povećanje propusnih i polupropusnih površina u gradu primjenom adekvatnih materijala za popločavanje.
2. Projektna rješenja odvodnje i pročišćavanja moraju podržavati princip smanjenja ulaza polutanata u kanalizacijski sustav na mjestu nastajanja i njegov kontrolirani odvoz na određene lokacije.
3. Odrediti nove lokacije ispuštanja otpadne vode (npr. novi preljevi) u cilju smanjenja utjecaja ukupnog zagađenja
4. Odrediti mjere za smanjenje ex-filtracije otpadne vode iz kolektora u okolno tlo.
5. Promovirati koncept "najboljih mogućih tehnologija" (engl. "Best available technology")
6. Aktivno provoditi informiranje i obuku javnosti odgovarajućim medijskim i marketinškim aktivnostima.



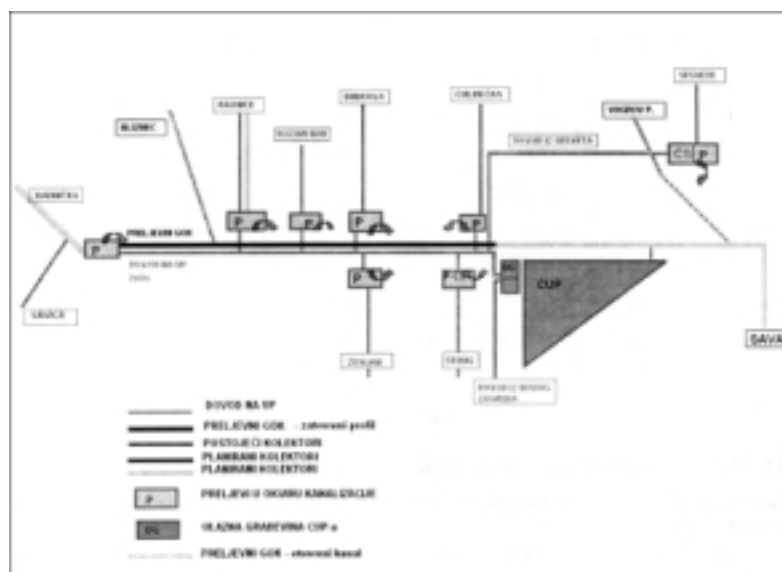
Slika 1 Plan razvoja kanalizacijskog sustava grada Zagreba

Rješenje GOK-a u sklopu POKS-a

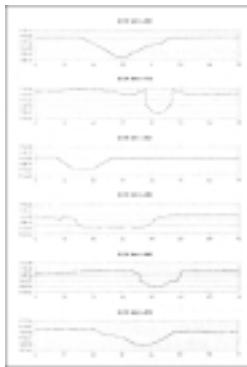
Glavni odvodni kanal - GOK kanalizacijskog sustava lijeve obale Save ključni je objekt odvodnje u gradu Zagrebu kako danas tako i u budućnosti. Važnost ovog objekta leži u činjenici da se u njemu susreće glavina otpadnih voda iz gotovo svih kolektora gradske kanalizacije kao i potodne vode centralnog dijela Medvednice. GOK je danas otvoreni kanal, "cloaka maxima" grada Zagreba, ekološki i civilizacijski neadekvatni dio ukupnog kanalizacijskog sustava grada Zagreba. Pripremni radovi za izgradnju uređaja za pročišćavanje otpadnih voda grada Zagreba konačno su pokrenuti nakon niza godina. Zatvaranje GOK-a je sastavni dio projekta infrastrukturnih objekata za izgradnju CUPOVZ-a. Ključni problemi u projektu GOK-a jesu:

- Provođenje ukupnih količina otpadnih voda nizvodno prema CUPOVZ bez uskih grla i uspora ili poplavljanja
- Definiranje funkcionalnih elemenata (objekata) i rada u funkciji kanalizacijskog sustava ali i uređaja za pročišćavanje
- Dimenzioniranje zatvorenog profila GOK-a
- Izdvajanje potodne vode Blizneca iz dotoka na uređaj za pročišćavanje uz osiguranje uvjeta "Hrvatskih voda" za osiguranje provođenja 100 god. reduciranog vodnog vala Blizneca

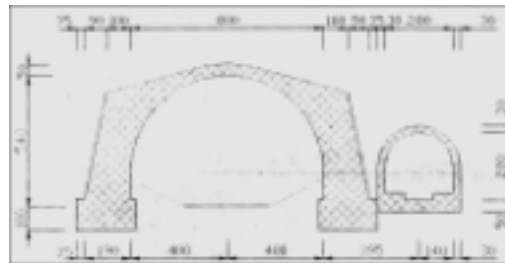
U POKSU je napravljeno nekoliko varijanti rješenja GOK-a, ovdje je predstavljena ona koja je ocijenjena kao "optimalna".



Slika. 2. Projektno rješenje - optimalna varijanta



Slika 3a GOK - profil danas
- otvoreni profil u
Heinzellovoj ul.



Slika 3b GOK - profil danas
- zatvoreni profil u
Heinzellovoj ul.

Objekti koji čine jedinstveni sustav GOK-a - projektno rješenje

1. Zatvoreni profil GOK-a na potezu od križanja Slavonske avenije s Heinzlovom do buduće preljevne građevine

Funkcija ovog kolektora je da u novom zatvorenom profilu dopremi otpadne vode grada od raskrižja Slavonske avenije s Heinzlovom do buduće preljevne građevine.

2. Preljev Radnička

Lokacija ovog objekta je na dionici GOK-a između ušća kolektora Savica i potoka Blizneca.

Funkcija ovog objekta je razdvajanje u kišnom razdoblju, najzagađenijeg dijela otpadne vode koja se potom transportira na CUPOVZ, od manje zagađenih i dovoljno razrijeđenih otpadnih voda koje se kroz preljevni kanal ispuštaju zajedno s vodama Blizneca i preljevnih voda ostalih, na GOK priključenih kolektora, direktno u Savu.

3. Preljevni GOK od preljeva Radnička do uređaja

Funkcija ovog kanala je da transportira preljevne vode s preljeva Radnička zajedno s vodama Blizneca i preljevnih voda s preljeva na kolektorima Ravnice, Dubrava, Žitnjak, Kozari Bok i Čulinečka te ih transportira nizvodno u Savu bez pročišćavanja. Ovaj je kanal predviđen kao zatvoren ali se njegovom zatvaranju može pristupiti etapno.

4. Dovod na uređaj za pročišćavanje od preljeva Radnička do uređaja

Funkcija dovodnog kanala je transport u zatvorenom profilu najzagađenije otpadne vode od preljevne građevine na CUPOVZ. Ovaj objekt uključuje i prigušnicu iza preljeva.

5. Ušće Blizneca u preljevni GOK

Funkcija ovog objekta je uvođenje voda Blizneca u preljevni GOK

6. Preljevna građevina na kolektorima Ravnice, Dubrava, Žitnjak, Kozari bok, Čulinečka i Strug, te spoj kolektora Sesve te

Funkcija ovih objekata je rasterećenje razrijeđenih otpadnih voda iz kolektora u preljevni GOK, te upuštanje najzagađenijih otpadnih voda u dovodni kanal uređaja za pročišćavanje.

7. Otvoreni kanal od uređaja do ušća u Savu

Funkcija otvorenog kanala od uređaja do ušća u Savu je transport "čistih" voda (preljevnih oborinskih voda iz GOK-a, voda Blizneca, preljevnih oborinskih voda iz kolektora nizvodno od ušća Blizneca a prije CUPOVZ, i konačno efluenta nakon pročišćavanja).



Dimenzioniranje GOK-a

Kod dimenzioniranja objekata GOK-a potrebno je definirati kriterije prema kojima će pojedini objekti biti dimenzionirani. Prvi kriterij kojeg je potrebno definirati je količina vode koja će se dovodnim kanalom dovoditi na uređaj za pročišćavanje. U sušnom razdoblju to je sušna protoka Q_s , dok se u kišnom razdoblju na uređaj dovodi protoka u iznosu $n \times Q_s$, pri čemu je za daljnje projektiranje potrebno odrediti veličinu parametra "n". Prema Vodopravnim uvjetima za izradu dokumentacije za građenje središnjeg uređaja za pročišćavanje na uređaj će se dovoditi dvostruka sušna protoka, pri čemu je kod rasterećenja oborinskih voda potrebno uvažavati vodni režim Save kao recipijenta u postojećem i planiranom stanju urednosti. Rasterećenje oborinskih voda provesti iznad kritične protoke, a za proračun kritične protoku usvojiti uobičajene kriterije primjenjivane u EU. Protoku ispod kritične do dvostruke sušne zadržati u retencijskim bazenima čija se izgradnja može planirati u narednim etapama. Što to konkretno znači za rješenje GOK-a? Za sadašnje stanje urednosti, do izgradnje HE Strelečko Sava se tretira kao manje osjetljivo područje pa će se preko oborinskih rasterećenja u Savu prelijevati protoka iznad $2Q_s$. Nakon izgradnje HE Strelečko Sava postaje osjetljivo područje, pa je potrebno protoku ispod kritične do dvostruke sušne zadržati u retencijskim bazenima. Taj je problem moguće riješiti na dva načina. Prvi, izgradnjom određenog broja retencijskih prostora na području grada i drugi, dovodom kritične protoke do lokacije uređaja, izgradnjom retencijskog bazena pred uređajem ili u skladu s praksom u EU povećanjem kapaciteta mehaničkog dijela uređaja na Q_{krit} .

U tablici 1 prikazane su veličine sušne protoke po pojedinim preljevima kao i kritične protoke na temelju kritičnog intenziteta od 7.5 l/s/ha.

Tabela 1

PRELJEV	Ared ha	Q _{rkrit} - 7,5 m ³ /s	Stanovnici	Q _{stan} m ³ /s	Q _{krit} m ³ /s	Q _s m ³ /s	2Q _s m ³ /s
ŽITNJAK	62,99	0,47	6298	0,03	0,50	0,05	0,1
SE SVETE	257,23	1,93	39417	0,20	2,13	0,27	0,55
ČULINEČKA	121,18	0,91	29481	0,15	1,06	0,2	0,4
DUBRAVA	164,95	1,24	38172	0,19	1,43	0,25	0,5
RAVNICE	170,94	1,28	17905	0,09	1,37	0,15	0,3
RADNIČKA	1383,79	10,38	641576	3,21	13,59	3,6	7,2
Sum	2161,08	16,21	772849	3,86	20,07	4,5	9,05

Može se uočiti da se odnos $Q_s:Q_{krit}$ kreće u odnosu cca 1:2, što konkretno znači da se na nivou ove projektne dokumentacije može govoriti o Q kritično u iznosu od $4 \times Q_s$.

Kako je izgradnja retencijskih prostora na području grada zahtjevna s gledišta prostora, investicije i održavanja, predlaže se dovod Qkrit do lokacije uređaja, reteniranje u bazenu prije uređaja ili mehaničko pročišćavanje na uređaju.

Dovod Qkrit do uređaja može se riješiti varijantno.

GOK je u POKS-u definirao završni dio kanalizacijskog sustava grada Zagreba i istovremeno osigurao racionalne preduvjete za učinkovit rad uređaja za pročišćavanje za različite hidrološko hidrauličke i uvjete zagađenja. Dimenzionalno glavni elementi predloženog rješenja su:

1. Zatvaranje GOK-a izvesti izgradnjom podzemnog kolektora odgovarajućeg profila. Dimenzije novog GOK-a od Slavonske avenije do ušća kolektora Savica 10x3,5 m, od kolektora Savica do novog preljeva (točka 2.) u profil 10x4 m.
2. Izgraditi preljev "Radnička" na GOK-u na dionici nizvodno od utoka kolektora Savica, a prije današnjeg utoka Blizneca u GOK (preporuka: bliže Savici).
3. Od preljeva (iz točke 2.) izgraditi dva kolektora od kojih jedan služi evakuaciji preljevne - oborinske vode (točka 6.), a drugi dovodu otpadnih voda na budući CUPOVZ u iznosu $n \times QS$ (točka 5).
4. Vode potoka Bliznec uvesti u preljevni kanal GOK-a (iz točke 6.) i zajedno s preljevnim vodama odvesti u Savu.
5. Dovodni kanal na CUPOVZ dimenzionirati na $2 \times Qs$. Dimenzije kanala su 3x2 m s početnom dionicom izvedenom kao prigušnica profila ~1,6 m, duljine 400 m.
6. Dimenzije pravokutnog, zatvorenog preljevnog kanala od preljeva "Radnička" do ušća kolektora Dubrava iznose 12x4 m, od ušća kolektora Dubrava do CUPOVZ-a 14x4 m.
7. Izgraditi preljevne objekte na kolektorima koji utječu u GOK nizvodno od današnjeg ušća Blizneca u GOK.

Zaključak

Sliv, kanalizacijska mreža, hidrografska mreža i prijemnik, uređaj za pročišćavanje, klimatološko hidrološke karakteristike sliva i ljudi na slivu zajedno čine nedjeljivi hidrotehnički sustav sastavljen od prirodnih i od čovjeka izgrađenih elemenata.

Neracionalno je prići rješavanju pročišćavanja otpadnih voda nekog grada bez sanirane i osmišljene kanalizacijske mreže. Nerealno je primijeniti najsuvremenije tehnologije pročišćavanja bez kompleksnog i istovremenog sagledavanja problema projektiranja, planiranja, rada i održavanja kanalizacijskih sustava, i učinkovitije organizacije ostalih relevantnih čovjekovih aktivnosti na prostoru sliva.

Princip "što manje vode u kanalizaciji - to manje vode na uređaju za pročišćavanje" treba primijeniti u skladu s realnim mogućnostima.

Na primjeru zagrebačkog kanalizacijskog sustava pokušalo se prim; Pncm suvremenih inženjerskih alata snažnih matematskih modela, povijesnih baza podataka i modernog projektantskog pristupa iznaći niz sustavnih rješenja kojima će se s jedne strane osigurati kvalitetan rad kanalizacijskog sustava a s druge uvjeti koji bi omogućili rad budućeg uređaja za pročišćavanje s ulaznim parametrima bez većih odstupanja kako u hidrauličkom smislu tako i u smislu kakvoće otpadne vode. GOK je jedan primjer takvog pristupa.

Literatura:

- Deduš B. (1994.) Neuralni model upravljanja kanalskim sustavima, 2. Stručni skup Sekcije za vodoopskrbu i odvodnju, Umag, lipanj 1994. (in Croatian)
- Deduš B., Pavleković M. (1996.) The Zagreb Integral Sewerage Project - "POKS GZ", Seventh International Conference on Urban Storm Drainage (7.ICUSD), Proceedings, Hanover, Germany, 9 - 13 September 1996.

- Deduš B., Rogulja V., Pavleković M., Raguž D. (1997.) The Zagreb sewerage system optimisation project - Phase 11; 2nd DHI Software User Conference 9 - 11 June 1997. Copenhagen, Denmark
- Deduš B. (1997.) Water as crucial argument for sustainable development of the city of Zagreb with case study: "Zagreb Sewerage system optimisation project"; Symposium "Water, the city and urban-planning" April 10 - 11 1997. UNESCO Paris France;
- Deduš B., Rogulja V., Raguž D. (1997.) Rainfall-Runoff analysis for the Zagreb Sewerage Optimisation project; Use of historical rainfall series for hydrological modelling - Third Int. Workshop on Rainfall in Urban Areas - Pontresina (Switzerland) 4 - 7 December 1997. (under IHP UNESCO programme)
- Deduš B., Pavleković M., (1997.) Application of a novel approach to sewer system analysis; European Water Pollution Control, Volume 7, number 5, 1997.
Dedus B., Rogulja V. (1998.) Upravljanje u realnom vremenu na Zagrebackoj kanalizaciji; Odvodnja i Pročišćavanje otpadnih voda - Karlovac 98. Bjelolasic
- Gustafsson L.G. (1995.) Utveckling och Tillämpning av en Konceptuell Avirinningsmodell for Urban Hydrologi. Report series A:25, Chalmers University of Technology, Sweden.
- Gustafsson L.G., Appelgren C. (1995.) Ljubljana Sewerage Master Plan. Summary activity 1-5. Internal report, VBB Viak, Sweden and Danish Hydraulic Institute, Denmark.
- Gustafsson L.G., Andreasson M., and Winberg S. (1994). From Planning Tools to On-Line Modelling Systems Encapsulating the Complete Urban Aquatic Environment. Proceedings of the International User-Group Meetings: Computer Aided Analysis and Operation in Sewerage Transport and Treatment Technology IUGM94, p. 279-290. Chalmers University of Technology, Sweden.
- Lindberg S., Nielsen J. B., and Carr R. (1989). An Integrated PC-Modelling System for Hydraulic Analysis of Drainage System. The First Australian Conference on Technical Computing in the Water Industry: WATERCOMP'89, Melbourne, Australia.
- MOUSE / Danish Hydraulic Institute, 1989. - 1998. Comprehensive technical and scientific documentation
- Projekt Optimalizacije Kanalizacijskog sustava grada Zagreba - I etapa 1996. Dedus B. - PRONING DHI d.o.o. Zagreb - Projekt Optimalizacije Kanalizacijskog sustava grada Zagreba - II etapa 1998. Dedus B. - PRONING DHI d.o.o. Zagreb - Storm and combined sewer overflow: Pollution problem assessment (USEPA, R.N.Koustaš)