

# ZBORNIK

7. DNEVA INŽENIRJEV

Gospodarjenje  
z vodami

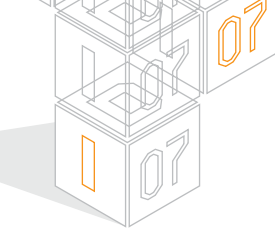




# ZBORNİK

7. DNEVA INŽENIRJEV

Gospodarjenje  
z vodami

**Strokovni svet:**

mag. Črtomir Remec

dr. Branko Zadnik

Ivan Leban

Andrej Povšič

dr. Željko Vukelić

Matjaž Grilc

**Glavni in odgovorni urednik:**

dr. Željko Vukelić

**Tehnična ureditev:**

Polona Okretič

**AD&D:**

Kraft&Werk d.o.o.

**Tisk:**

Euroadria d.o.o., Ljubljana

Ljubljana, oktober 2007

CIP - Kataložni zapis o publikaciji

Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

628.1/.3(063)(082)

DAN inženirjev (7 ; 2007 ; Ljubljana)

Gospodarjenje z vodami : zbornik 7. dneva inženirjev /

[glavni urednik Željko Vukelić. -

Ljubljana : Inženirska zbornica

Slovenije - IZS, 2007

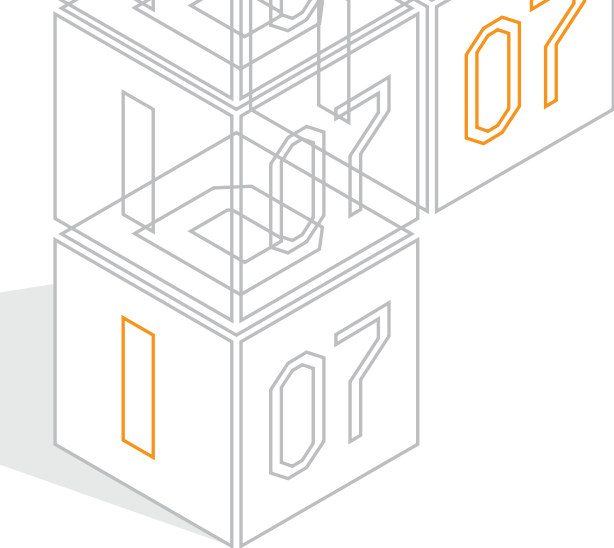
ISBN 978-961-90706-9-7

1. Gl. stv. nasl. 2. Vukelić, Željko

235146752

# Kazalo

- 5 **Predsednik IZS: mag. Črtomir REMEC**  
Uvodna beseda  
**INTRODUCTION**
- 7 **Franc AVŠIČ**  
Gospodarjenje z vodami – gradnje na vodah za njih  
trajno rabo in varovanje
- 9 **prof.dr. Franci STEINMAN**  
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin  
Vodnogospodarske zgradbe, naprave in ureditve
- 19 **mag. Smiljan JUVAN**  
Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o.  
Rekonstrukcija AK Pernica kot nadomestni ukrep za  
zmanjšanje poplavne ogroženosti po izgradnji AC  
v Pesniški dolini
- 23 **Darinka IGNJATOVIČ**  
Inštitut za ekološki inženiring - IEI d.o.o.  
Reševanje odvajanja voda pri izgradnji odlagališč
- 27 **dr. Uroš KRAJNC**  
Inštitut za ekološki inženiring IEI d.o.o.  
**Boris STERGAR**  
BPI - Biro za projektiranje in inženiring d.o.o.  
Odvodnja in čiščenje odpadnih voda z avtocest
- 33 **dr. Jurij MODIC**  
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo  
**Tone KOVAČ**  
TRIMO, d.d. Trebnje  
**Mojca DOLINAR**  
ARSO, Ljubljana  
**mag. David MODIC**  
Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta  
Dinamika padavin in učinkovito odvodnjavanje streh
- 41 **Igor ČUŠ**  
Dravske elektrarne Maribor d.o.o.  
Nove možnosti za izrabo vodne energije HE Zlatoličje,  
ČHE Kozjak
- 51 **Željko BLAŽEKA**  
Inštitut za ekološki inženiring - IEI d.o.o.  
Sistem črpališč Vrbanski plato – Mariborski otok za  
varno zagotavljanje pitne vode



# Uvodna beseda

## INTRODUCTION



Nosilna tema Dneva inženirjev je tokrat Gospodarjenje z vodami. Z izborom teme želimo opozoriti na izjemen pomen vode kot strateškega naravnega vira, s katerim bomo morali v bodoče ravnati precej bolj skrbno in preudarno, ter na nujnost njenega obvladovanja, če želimo preprečiti škodljivo delovanje.

Vodnogospodarske zgradbe, naprave in ureditve so kot nosilci gospodarjenja z vodami predmet obravnave. Njihove tehnične značilnosti so specifične in različne, izpolnjevati pa morajo šest predpisanih bistvenih zahtev v različnih pogojih obratovanja, tudi izjemnih. Posebnih zakonskih ureditev za področje gradenj na vodah ni in jih tudi ni pričakovati, torej naj pravila postavi stroka sama, kar je lahko zaveza in izziv za inženirje v Inženirski zbornici Slovenije.

Vodarska ali ožja hidrotehnična stroka bo na 7. Dnevu inženirjev predstavila del svojega znanja in ustvarjanja na področju inženirstva, ki je splošno manj poznano in vidno, razen ob večjih nesrečah in zapletih, ko spoznamo pomen urejenosti vodnega režima za trajnost bivanja.

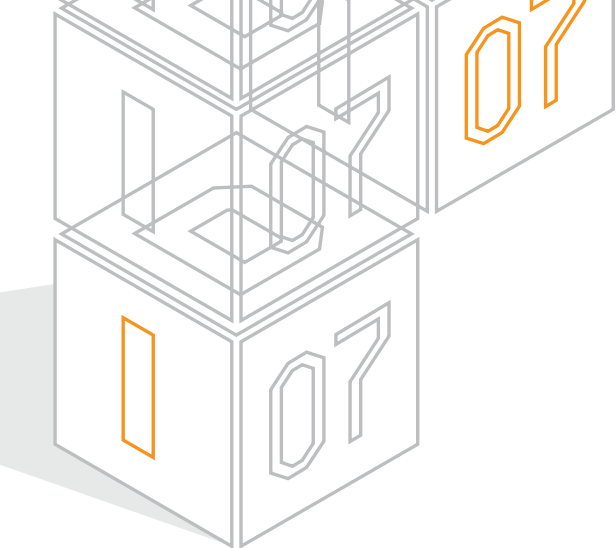
**mag. Črtomir REMEC, univ.dipl.inž.grad.**  
Predsednik Inženirske zbornice Slovenije

This time the main topic of Engineers Day is Water Management. By choosing this topic we would like to draw attention to the significance of water as a strategic natural resource that will have to be treated with much greater care and prudence in the future. Having a strict control over this resource is a necessity if we want to prevent harmful effects.

Key elements of water management which will be discussed are water regulation structures, devices and regimes. Their technical characteristics are specific and diverse, however, they must meet the six determined basic requirements in different operational conditions, even the extreme ones. There are no special legal regulations related to water construction and they are not to be expected. Therefore regulations have to be determined by experts themselves, which can represent an obligation and a challenge for the Slovenian Chamber of Engineers.

On the 7th Engineers Day water experts or hydraulic engineers will present some of their engineering knowledge and activities which are generally less known and transparent, unless some major accidents or complications occur and make us think about the significance of water regimes for the sustainable living.

**mag. Črtomir REMEC, univ.dipl.inž.grad.**  
President of Slovenian Chamber of Engineers



# Gospodarjenje z vodami — gradnje na vodah za njih trajno rabo in varovanje

Gospodarjenje z vodami pomeni upravljanje in razpolaganje s tem izjemnim naravnim bogastvom, ki zahteva usklajeno sodelovanje mnogih strokovnih in upravnih področij; za udejanjanje vodnogospodarskih namenov so potrebne tudi gradnje.

Vsaka gradnja je poseg v prostor in okolje, tudi, ali še posebej, gradnje na vodah. Te so lahko bolj ali manj vidne, vendar vedno s pomembnim namenom in vplivom, tudi učinkom. Deležne so kritičnih vrednotenj je odvisnih od zornih kotov in razgledanosti ocenjevalcev.

Ljudje smo se ob vodah naselili ker vodo potrebujemo, jo uporabljamo, porabljamo in izrabljamo. Vodo ljubimo, se je bojimo in pred njo tudi bežimo. Smo le del narave, oziroma smo nekdej to bili, pa nas od narave dana narava nenehno vzpodbuja v spopade z njo samo. Svoje življenjsko okolje, svoj življenjski prostor, urejamo po svoji meri za korist, včasih pa naredimo tudi škodo, ki se je težko zavemo, še težje popravimo.

Na vodah gradimo, da bi ob njih bivali, da bi jih lahko pili, da bi se v njih kopali, da bi po njih pluli, da bi jih premostili, da bi nam gnale vodna kolesa, da bi nam namakale polja, da bi bile v njih ribe, da bi bila ob njih drevesa in ptice, da bi nas ne poplavljalje in prožile plazov, da bi pritekale in odtekale bistre.

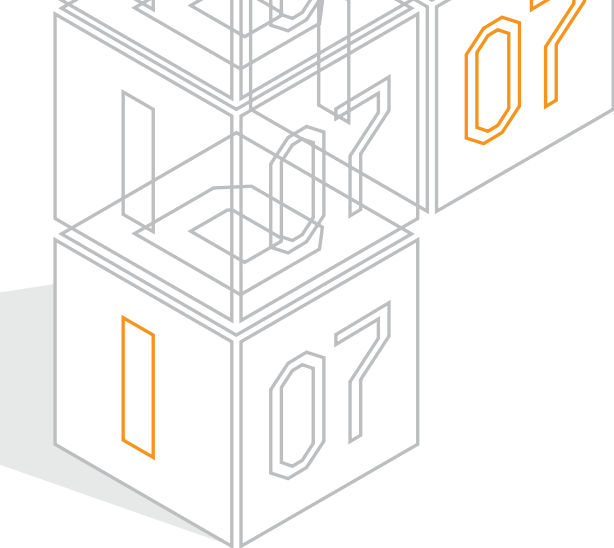
Naloge skladnega urejanja in trajnega varstva voda so nujne in neizogibne, so naša skupna odgovornost in interes, in zahtevajo umnega gospodarja in graditelja.

Urejenost voda, vodnega režima in sistema, je med poglavitnimi osnovami za obstoj, razvoj in kulturo bivanja.

Hidrotehnika se je dogajala že v davnih kulturah in je le ena od inženirskih strok, ki jih je človeštvo razvilo za ta namen. Na današnjem 7. Dnevu inženirjev bomo spoznali del znanja in ustvarjanja na področju slovenskega hidrotehničnega inženirstva.

**Franč AVŠIČ, univ. dipl. inž. grad.**

Vodja odbora regijske pisarne Maribor



# Vodnogospodarske zgradbe, naprave in ureditve

prof.dr. Franci STEINMAN, univ.dipl.inž.grad.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin

## POVZETEK

Gradbene inženirske objekte, kot jih določa Klasifikacija gradbenih objektov, delimo na področju voda na vodne zgradbe, na naprave oz. postrojenja in na ureditve na vodah. Po statusu, ki jim je dodeljen glede na njihove funkcije v javno korist, pa se delijo na vodnogospodarsko infrastrukturo in na objekte v posebni rabi. Zakon o vodah določa, kaj je Vodna infrastruktura, vendar pa je to le podmnožica vodnogospodarske infrastrukture. Za integralno obravnavanje voda je treba upoštevati celotne vplive vseh objektov na vode in na pogoje gospodarjenja z njimi. Zato je treba ob vodni infrastrukturi upoštevati še lokalno infrastrukturo na področju voda (vodovod, kanalizacija), infrastrukture drugih resorjev na vodah (kmetijstvo - npr. melioracije, promet - npr. pristanišča, itd.), ter objekte v posebni rabi.

Tehnične značilnosti vodnih inženirskih objektov so prilagojene na različne funkcije, ki jih običajno predstavimo s »shemo tehnologije procesov«. Na njih so prikazani prevladujoči oz. za objekt merodajni naravni vodni pojavi (npr. poplave) in predvideni antropogeni cilji, kot so npr. izboljšanje stanja voda, protipoplavno varovanje. V osnovi se objekti po namenu delijo na varovalne objekte (pred vodami ali plazovi, onesnaženjem voda idr.) in na uporabniške objekte, namenjene za izrabo vodnih potencialov, kot so hidroenergija, hladilna voda, ribogojnice idr. Iz tega izhajajo tudi različni pogoji, pod katerimi morajo izpolnjevati 6 bistvenih zahtev za gradbene objekte. Nekateri protipoplavni objekti pa se celo namenoma zgradijo tako, da se porušijo, saj se s tem zaščitijo druge objekte ali pomembnejša območja. Izpolnjevanje 6 bistvenih zahtev je treba preverjati najmanj za tri primere obratovanja; ob običajnem obratovanju oz. običajni obtežbi, pri nastopu izjemnih dogodkov, kot so okvare,

strojelomi, zdrs zemljine v vodotok, oz. pri ekstremnih dogodkih (visoke vode, požar, potres, idr.). Ker pa so hidrometeorološki pojavi naključni procesi, je treba pri vodah upoštevati še različnost pogojev v običajnem, sušnem in mokrem letu.

V projektni dokumentaciji morajo biti zato podani izračuni za najmanj tri obtežbene primere, lahko pa še več, če so za objekt merodajna tudi nihanja med sušnimi in mokrimi leti. Pri tem se seveda zahtevajo večji faktorji varnosti pri običajnem obratovanju, pri ekstremnih dogodkih pa najnižji. Zasnovo in pogoje potrebnega števila primerov dimenzioniranja je treba prikazati tudi v Tehničnem poročilu in v podpornih študijah, ko se obravnavajo tehnični, tehnološki in drugi izračuni, ki dokazujejo smotrnost, funkcionalnost, ekonomičnost in druge projektne rešitve.

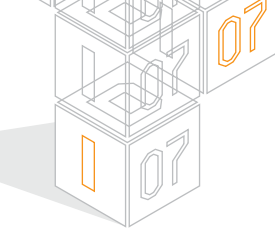
Vodno gospodarski objekti so praviloma unikatni, ker se prilagajajo unikatnim lokacijskim pogojem. Zato tudi ni pričakovati, da bi takšne unikatne gradnje na vodah podrobneje urejali predpisi, tehnične smernice ali standardi. To pomeni, da je doseganje najboljših vodnogospodarskih rešitev mogoče le z uporabo t.i. pravil stroke, ki jih prinaša razvojno delo v praksi. Ker se v javnih razpisih pojavljajo tudi zahteve, da naj se za vodnogospodarske posege uporablja načelo najboljše razpoložljive tehnologije (BAT) ali najprimernejše prakse (BAP), bi lahko bila ena od pomembnih dejavnosti IZS tudi definiranje značilnosti, po katerih bi naročnik lahko prepoznal BAT/BAP tehnologijo. Na ta način bi IZS prevzela tudi svetovalno funkcijo (manj izkušenim) investitorjem in s tem zmanjševala razkorak med pričakovanji naročnikov in inženirskimi storitvami.

## ABSTRACT

Civil engineering structures, defined according to the standard classification of civil construction, in the field of water, are consisted of water structures, devices and water regulations. Their legal status, according to their functionality in public interests, could be as water management infrastructure or water structures in particular (commercial) use. In Water law definition of water infrastructure is given, but this is just sub-multitude of water management infrastructure. For integrated water management however, the holistic impacts of all structures on water, i.e. also local infrastructure in the field of water (water supply, sewer systems) or infrastructure on water of other ministries (agriculture - e.g. irrigation, traffic - e.g. harbours, etc.) should be taken into consideration.

Technical characteristics of water structures are various, depending on their primary and secondary functions, usually

described with the "technology scheme", where water phenomenon (e.g. floods) and anthropological aims (e.g. improvement state of water) are incorporated. Basically, a difference between protective structures (against water or landslide risks, water pollution etc.) and beneficiary structures (hydro power plant, fish farm etc.) could be made. Hence the arrangements, how they must to fulfil 6 fundamental requirements for civil engineering structures, according to Construction law, are various, too. Some flood protection structures could be even built in way that they (purposely) collapse in order to protect other structures or valuable areas. So, it is necessary to check the compliance with 6 fundamental requirements in different operation conditions, at least for three examples - at normal operation mode or normal loads, at disruption cases (local disturbances in system, engine breakdown, landslide in river) or at extreme event (floods, fire, earthquake, etc.).



So, in project documentation calculations should be given for (at least) three examples, also, while safety coefficients are higher at normal operation, but lower at extreme events. With them the safety in at least 3 foreseen operational mode is proved, just confirmed that project solutions, and with these their expedience, functionality, economy, etc. are optimized. Water management structures are unique as a rule, therefore it is not expected that legislation would order unique regulation more precisely. So a combination of by-laws, standards,

guidelines, but also best practice codes is used. To support investors, public administration or other clients in their attempt to get best available practice (BAP) or best available technologies (BAT), Inženirska zbornica Slovenije could perform also advanced consultancy, closing the knowledge gap between clients and engineers. One of the fields of consultancy could tackle the main characteristics of BAT/BAP solutions when public procurement is done for critical water management infrastructure projects.

## 1. UVOD

Na področju voda se nestanovanjske »stavbe« redkeje pojavljajo, zato bodo v nadaljevanju obravnavani le »gradbeni inženirski objekti« kot jih določa Klasifikacija gradbenih objektov. V tej klasifikaciji ni samostojne skupine »vodnogospodarski objekti«, temveč so le-ti »razpršeni« po različnih podpodročjih. Isti tip objekta na vodah lahko namreč izpolnjuje svojo funkcijo v različnih dejavnostih oziroma podsistemih, zato se lahko npr. isti objekt zajetja vode uporablja tako v infrastrukturi, pri cevovodih, industrijskih objektih in še kje, v skladu z dodeljeno funkcijo v sistemu.

V najširšem primeru lahko vodne sisteme sestavljajo:

- vodne **zgradbe**, kot so npr. jez, nasip, črpališče,
- vodne **naprave**, kot so npr. črpalni agregati, zapornice, ventili,
- **ureditve** na vodah, kot so npr. biotehnična zaščita brežin, plazišč,
- **območja s pravnim režimom**, namenjena za varovanje voda ali vodne pravice in
- **vodni pojavi**, kot so npr. slap, brzice, požiralniki, izviri ipd..

Takšna delitev izhaja tudi iz standardizacije objektov s tega področja, zato obstajajo za razmejitev med zgradbo, napravo in ureditvijo jasni kriteriji. Kot je znano, morajo biti vsi sestavni deli, vključno z vgrajenimi materiali, posamezne **zgradbe** ali **naprave**, skladni s standardi. Razmejitev, ki govori o tem kaj je zgradba in kaj je naprava, kot je npr. agregat, sklop delujočih elementov, pa je včasih težje postaviti. Bralec lahko poskusi to mejo postaviti npr. za različne tipe alarmnih siren službe za zaščito in reševanje. **Ureditve** se od zgradb in naprav ločijo po tem, da vsaj en element ureditve ni skladen s standardi. Kot primer si lahko predstavljamo biotehnično utrditve brežine vodotoka, kjer npr. vrbovo grmovje raste mimo standardov. Bralec pa lahko sam ugotovi zakaj in pod kakšnimi pogoji se mestni park ali nogometni stadion lahko uvrstita ali med zgradbe ali med ureditev.



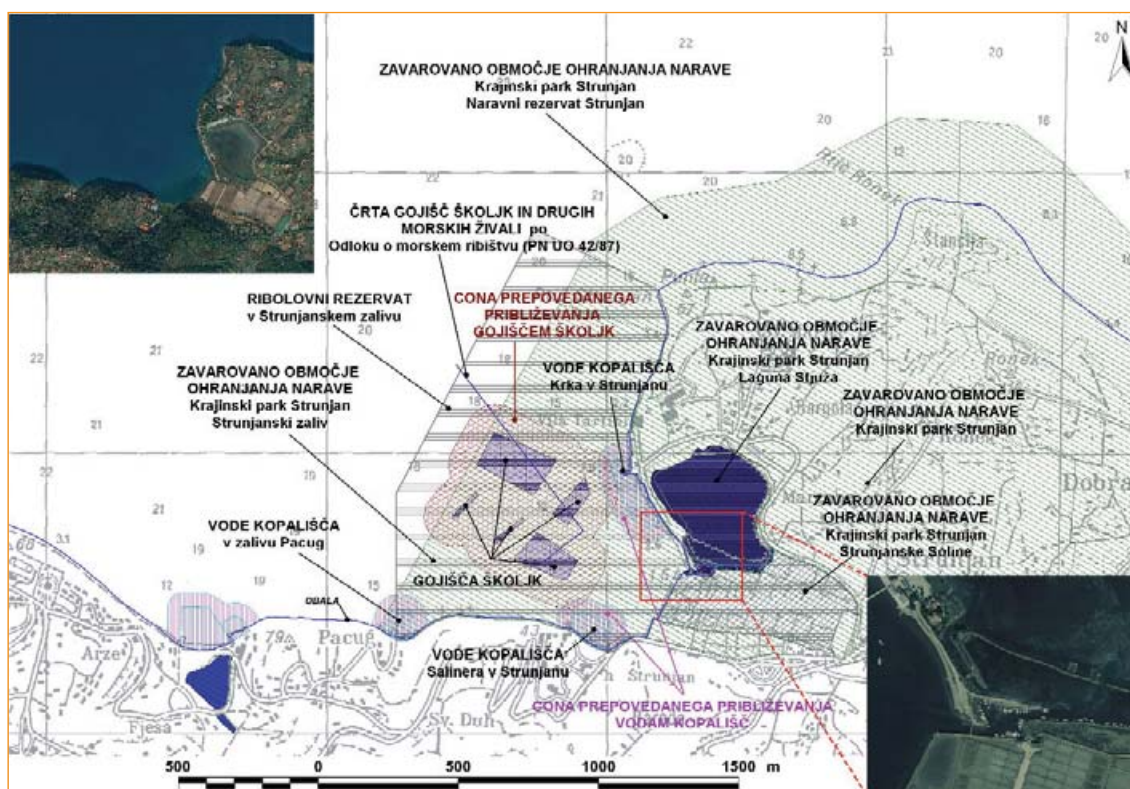
SLIKA 1

Vodni sistem - verigo HE na Dravi sestavljajo: zgradbe, naprave in ureditve, območja s pravnim režimom in naravni vodni pojavi. (vir: brošura Dravskih elektrarn Maribor)

Čeprav naravni vodni pojavi seveda niso predmet standardizacije, je potrebno pogosto vpeljati enoznačno poimenovanje teh pojavov, npr. za kartografske prikaze, za informacijske sisteme, evidence ipd..

**Območje s pravnim režimom** je skupno poimenovanje za del prostora, običajno natančno opisanega z navedbo obodnih parcel, na katerem so s pravnim aktom določene omejitve, prepovedi ali zapovedi. Takšen pravni režim se lahko vzpostavi na kopnem ali na vodah zaradi varovanja voda (eutrofikacijsko območje idr.), zaradi varovanja infrastrukture ali zaradi ohranjanja pogojev za rabo pridobljene vodne pravice kot so npr. varstveni pasovi za tehnološko vodo, za črpanje mineralne vode ipd. Ker uveljavitev pravnega režima prinaša omejitve lastninske pravice oz. nalaga obveznosti, je treba urediti tudi s tem povezane odškodnine. Upravni akt, s katerim se območje s pravnim režimom razgласi, mora zato vedno imeti urejen tudi odškodninski del.

Ker je običajno razumljivejše območje s pravnim režimom na kopnem, je prikazano še, kako prepletene so lahko razmere tudi na vodnih parcelah. Za Strunjski zaliv so narisana območja omejitev, prepovedi in zapovedi, ki izvirajo iz državnih ali iz občinskih predpisov. Ker imamo po sprejetju Zakona o vodah eno samo parcelo morja, je bilo treba območja iz posameznih predpisov podati s prostorskimi koordinatami. Uporabniki prostora morja sicer na vodni gladini teh meja ne vidijo, jih pa morajo poznati, saj so predpisi



SLIKA 2

Območja s pravnim režimom v Strunjskem zalivu

(vir: mag. naloga Leon Gosar) Pomorske gradnje in dejavnosti na morju imajo območja s pravnim režimom (vplivna, funkcionalna)

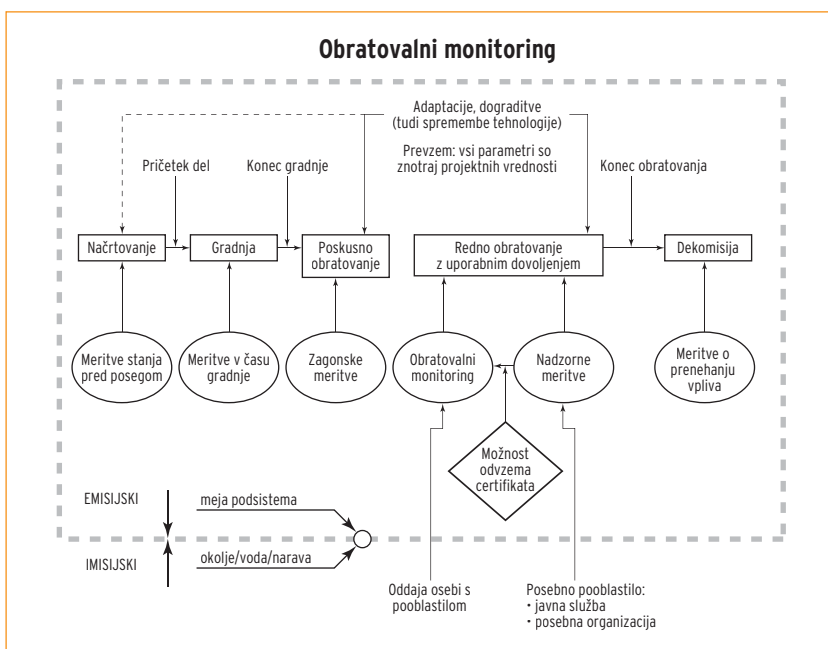
javno objavljeni. Stanje v Strunjskem zalivu pokaže, da so uveljavljeni številni pravni režimi, ki pa med seboj niso usklajeni. (Za primer naj navedemo le, da plovba iz Strunjskih solin na odprto morje sploh ni možna, saj so vmes območja, kjer je plovba prepovedana.)

Pomembno je poznati tudi »pravni status« vodnogospodarskih objektov (zgradb, naprav, ureditev) in vodnih zemljišč, ki je podeljen glede na njihov pomen oz. funkcijo v javno korist. Težave pri vodnih zemljiščih lahko izvirajo iz neupoštevanja razlik med pravnim statusom, stanjem v katastru oziroma stanjem v naravi. Pri objektih je strokovno pravilna delitev glede na status na vodnogospodarsko infrastrukturo in na objekte v posebni rabi. Zakon o vodah podrobneje določa, kaj je to vodna infrastruktura, ki pa je le podmnožica vodnogospodarske infrastrukture. Za integralno obravnavanje voda je namreč treba zajeti celotne vplive vseh objektov na vodah, torej tudi lokalne infrastrukture na vodah kot so vodovod, kanalizacija, komunalni privezi, infrastrukture drugih resorjev na vodah (hidromelioracije, plovne poti in pristanišča ter drugo) ter objekte v posebni rabi. Objekti v posebni rabi so primarno namenjeni tržni dejavnosti, seveda pa imajo lahko še sekundarno (podrejeno) rabo v javno korist, kot je npr. volumen za visoke vode, rezerviran na akumulaciji industrijske vode. Za razumevanje problematike na vodah pa je treba poudariti še pomen »skupne rabe«. Naš zakon o vodah žal ne ureja primerov skupne rabe organizirane skupine, kot je npr. namakalna skupnost. Gre namreč za obliko posebne rabe, ki bi imela prioriteto pred individualno posebno rabo. V tujini, kjer to ločitev poznajo, za podelitev nove vodne pravice upravni organ analizira možnost podelitve po naslednjih korakih:

- ali bi bila s tem omejena splošna raba,
- ali je predmetni vodni potencial potreben za infrastrukturo (javni interes),
- ali bi lahko bile s tem okrnjene že podeljene vodne pravice,
- ali obstaja (artikulirani) skupinski interes, se pravi interes za skupno rabo,
- šele nato pa, če je možno, podeli vodno pravico tistemu uporabniku, ki bo zagotavljal smotno, učinkovito in okolju prijazno rabo voda.

## 2. NARAVNE DANOSTI IN ANTROPOGENI VPLIVI

Za načrtovanje, spremljanje stanja voda in še razpoložljivih potencialov ter za dobro odločanje, je nujni pogoj poznavanje naravnih danosti do sedaj podeljenih vodnih pravic in stopnje obstoječe vodnogospodarske urejenosti povodij in porečij. Naravne danosti, kot so vodnatost, hidrogeologija, odtočni režim, osončenost itd., se praviloma le malo spreminjajo. Celovito so bile podane v Vodnogospodarskih osnovah (ZVSS, 1978, ogled: <http://193.2.92.57/vodinfr/>), z meritvami in raziskavami v naslednjih letih pa se je znanje o njih še večalo, kar spet ni splošno pravilo, saj se je obseg državnega monitoringa zmanjševal. Za nekatere opuščene merilne postaje je, razen nepoznanih trendov v današnjem obdobju, lahko problem tudi ohranjenost vhodnih (surovih) podatkov ali tedanjih metodologij obdelave vhodnih podatkov. Nujno pa je poznati tudi obseg antropogenega vpliva na vodno okolje, ki je z investicijami na področju prometnic, poselitev, kmetijstva idr. zelo intenziven. Antropogeni vpliv se le deloma spremlja, čeprav gre tako za neposredni kot za posredni vpliv človekovih posegov na vode. Shema obratovalnega monitoringa, umeščenega v spremljanje posega/gradnje v vseh fazah življenjskega cikla, od ideje do razgradnje, je prikazana na sliki v nadaljevanju in pokaže, da bi bilo podatke iz različnih obdobj monitoringa potrebno združevati v skupno podatkovno bazo. Vodna knjiga in vodni kataster, ki bi naj bila vzpostavljena, bi zato morala imeti primerno široko zasnovo.



**SLIKA 3**  
Shema umeščenosti obratovalnega monitoringa, ki pokaže tudi razmejitev med emisijskim in imisijskim pristopom pri obravnavanju onesnaženja okolja (vir: Steinman F, Hidrotehnika, skripta UL, FGG)

Pri tem je treba upoštevati tudi, da je obratovalni monitoring ustrezen vir podatkov le pri kontinuiranih meritvah, saj se z njimi zajamejo razmere tako v sušnih kot v običajnih in ob visokovodnih pogojih. Občasne meritve poenostavljenega obratovalnega monitoringa (nekajkrat na leto) prinašajo ustrezne informacije le, če se ciljno zbirajo.

Druga vrsta je monitoring okolja, ki ga izvaja ARSO ali posamezne občine, ki pa prinaša le na lokacije merilnih mest vezane informacije, s katerimi naj bi spremljali trende stanja okolja. Vodna direktiva pa uvaja še tretji, t.i. »poizvedovalnik« monitoring, namenjen za ugotavljanje oz. podrobnejše raziskovanje naravnih danosti, s tem pa tudi še razpoložljive vodne potencialne.

Kljub tako zastavljeni shemi monitoringov imajo načrtovalci posegov v prostor pri pridobivanju podatkov o naravnih (vodnih) danostih pogosto veliko težav. To je razumljivo če upoštevamo, da ima hidrografska mreža približno dvakrat večjo dolžino kot vse ceste v Sloveniji. Manj pa je razumljivo, da ni javnih podatkov o dosedanjih projektnih parametrih urejanja voda na hidrogrfski mreži. Iz upravnih aktov, ki naj bi se zbirali v Vodni knjigi, bi bilo mogoče izpisati parametre, ki so bili dani predhodnim načrtovalcem v prostoru. Težave pri pridobivanju podatkov bi lahko odpravili, če bi bili za predmetno lokacijo (npr. izgradnje premostitve) v t.i. »lokacijski informaciji« že zapisani uradni podatki o naravnih danostih, ki bi izhajali iz sinteze vseh monitoringov ter uradno informacijo o »projektnih parametrih« kot so pretoki, poplavne linije in podobno, ki so bili že dani investitorjem posegov na zadevnih odsekih hidrogrfske mreže oziroma objektov na njih.

Tudi informacije o lokalni infrastrukturi na področju voda se zbirajo ločeno, po posameznih področjih, in sicer v evidencah oziroma katastru javne gospodarske infrastrukture. Struktura teh informacij je seveda prilagojena namenu teh evidenc zato ni nujno, da

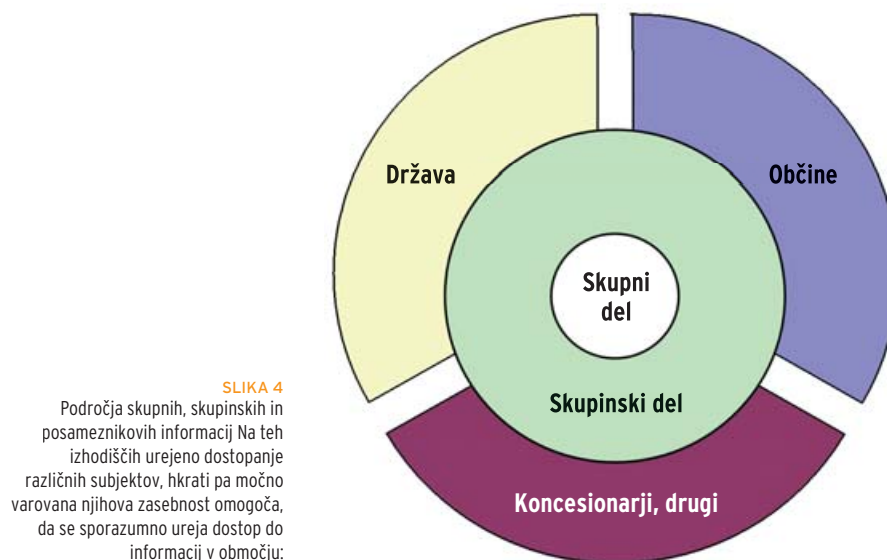
bodo te informacije neposredno uporabne tudi za podporo odločanja na področju voda. Lokalne skupnosti imajo namreč svoje potrebe, cilje, seveda pa tudi svoje zaupne (poslovne) informacije. Podatkovne baze z državnega (in kasneje še regionalnega) nivoja bodo seveda dobrodošle, nujne pa bodo še dodatne informacije, namenjene spremljanju in izvajanju nalog iz pristojnosti občin.

Kaj pa subjekti tržnega gospodarstva? Izvajalci vodne gospodarske javne službe (t.i. VGJS), ki imajo koncesijo za urejanje voda na vodnih območjih, bi za svoje delo integralno podatkovno bazo nedvomno potrebovali. Če naj spremljajo stanje voda, na katere vpliva tako vodna infrastruktura kot objekti v posebni rabi in druga infrastruktura na vodah, in naj ob tem skrbijo za ustrezni odtočni režim, morajo spremljati vse posege, gradnjo objektov in dejavnosti, ki bi lahko vplivale na vodni sistem. Hkrati pa bi naj koncesionarji spremljali tudi vse načrtovane posege in dejavnosti drugih subjektov, javnih in zasebnih investicij, da jim slednji z njimi ne bi otežili ali celo onemogočili izvajanja koncesionirane VGJS.

Če velja, da je dobra informacija pogoj za uspeh, je razumljivo, da bi verodostojne, posodobljene in dopolnjene Vodnogospodarske osnove bile pomemben vir za raznovrstne podjetniške interese za rabo vodnih potencialov. Transparentnost na tem področju zahteva tudi Vodna direktiva, ki zahteva, da je treba najprej izdelati in javno obravnavati dokument z naslovom »Značilnosti porečij« (River Basin Characteristics), nato pa dokument, ki je po vsebini zelo podoben Vodnogospodarskim osnovam, posredovati organom EU. Iz njega bodo namreč razvidne naravne danosti, velikost antropogenega vpliva, izražene z razvrstitvijo v malo, srednje in močno spremenjena vodna telesa, in ne nazadnje še razpoložljivi vodni potenciali. Razpoložljivi vodni potenciali pa so danes, kot je znano, ena pomembnih primerjalnih prednosti.

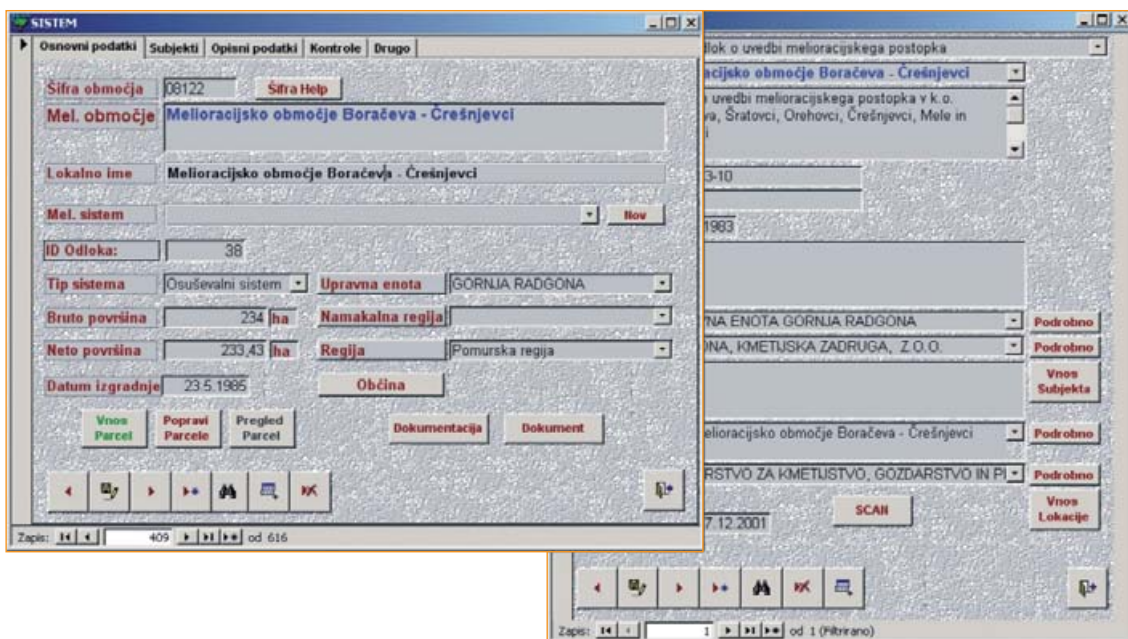
Glede na tri osnovne skupine uporabnikov oziroma skrbnikov bi lahko celovito strukturo podatkovne baze o vodah shematično predstavili s tremi krogi, ki ponazarjajo tri osnovna področja informacij, zanimiva za te skupine uporabnikov. Pri tem je samoumevno, da mora biti urejena medsebojna povezljivost vseh vrst informacij in zagotovljeno, da se posamezni podatek le enkrat vnaša - tam, kjer je to najlažje izvedljivo (npr. parcele vodnih zemljišč, lokacije vodnih izvirov in drugo). Vsi subjekti si morajo medsebojno priznavati, da ima vsak od njih pravico do svojega področja, torej do zasebne zbirke, pa tudi, da so informacije pomembno tržno blago.

- **skupne informacije** v centralnem krogu, za katere se posebej ureja, ali imajo status javno dostopnih informacij v celoti ali le deloma,
- **skupinske informacije** iz naslednjega kolobarja so (sporazumno) dostopne posameznim skupinam, se pravi dvema ali več subjektom hkrati ter
- **posameznikove** (individualne) informacije v zunanjem kolobarju, ki so npr. poslovna skrivnost posameznih subjektov, se pa navezujejo na preostale vsebine tako, da jih ni treba še enkrat ločeno voditi in posodabljanjati.



Tako zasnovana podatkovna baza je lahko ustrezna podlaga za integralno gospodarjenje z vodami. Za njeno izdelavo pa je nujno potrebno izhodišče precizno izdelana struktura objektov, naprav in ureditev ter poimenovanja vodnih pojavov. Za delovanje računalniških orodij za podporo odločanju namreč ni zaželeno, da bi imela ista stvar več poimenovanj (npr. rečni prag, jez, stopnja), zato je treba strokovno izrazoslovje poenotiti oziroma nadaljevati strukturiranje do ustrezne podrobnosti opisa. Prav tako tudi ni zaželeno, da bi imelo več elementov (na istem nivoju strukture) isto ime.

Takšno strukturo smo v Sloveniji izdelali pod imenom »Katalog vodnogospodarskih zgradb, naprav in ureditev ter vodnih pojavov« že leta 2000, in sicer za MOP. Kot izhodišče za slovensko strukturo poimenovanja je bil izbran nemški standard (DIN 4225), saj so v njem tuji strokovnjaki že poskrbeli, da so pojmi strokovno verodostojno opisani, medsebojno usklajeni in hierarhično urejeni. Prevedeno strukturo pa je bilo treba po ustreznih kriterijih dopolniti še s slovenskimi posebnostmi kot so npr. kraški vodni pojavi. Tako izdelana strokovna podlaga je nato kar nekaj let čakala ali jo bo kdo uporabil za izdelavo podatkovnih baz.



SLIKA 5

KatMeSiNa - Kataster melioracijskih sistemov in naprav. Ogled na:

([http://www.mkgp.gov.si/si/o\\_ministrstvu/direktorati/direktorat\\_za\\_kmetijstvo/sektor\\_za\\_strukturno\\_politiko\\_in\\_podezelje/melioracije/vzdrzevanje\\_melioracijskih\\_sistemov\\_v\\_letu\\_2007/?type=98](http://www.mkgp.gov.si/si/o_ministrstvu/direktorati/direktorat_za_kmetijstvo/sektor_za_strukturno_politiko_in_podezelje/melioracije/vzdrzevanje_melioracijskih_sistemov_v_letu_2007/?type=98))

Podlaga za integralno gospodarjenje z vodami in ustrezno podporo (upravnemu) odločanju je dandanes ustrezen informacijski sistem, ki povezuje vse vodne objekte, vse vodne pojave in vse povzročitelje vplivov na vodne sisteme na območju posameznega povodja oz. porečja. Zaenkrat lahko spremljamo le nastajanje posameznih segmentov integralnega informacijskega sistema, saj posamezni izdelki nastajajo v obsegu pristojnosti, ki jih imajo na področju voda različna ministrstva: za zdravje, za kmetijstvo, za okolje in prostor, za gospodarstvo in drugo. Ustrezne lokacijske informacije zato ne bo mogoče podati, dokler ne bo vzpostavljen integralni Vodnogospodarski informacijski sistem (»VGIS«), ki bi med seboj povezal bolj ali manj kompatibilne sektorske izdelke, kot so: Evidenca vodne infrastrukture (MOP), Kataster melioracijskih sistemov in naprav (MKGP), Baza cestnih podatkov (MP) idr..

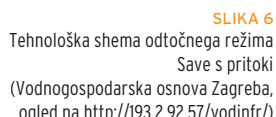
V letu 2006 so bili vzpostavljeni pogoji, ki so omogočili izdelavo VGISa za Vodno območje Drave, kot orodje za podporo odločanju koncesionarja VGJS. Ker (še) ni bil dosežen dogovor o pristopu drugih subjektov k zasnovi treh koncentričnih krogov, v katerem bi bili udeleženi država, občine in podjetja, kot je bilo že opisano, je bilo izdelano centralno področje z javno dostopnimi informacijami, sekundarno območje, kjer se nahaja presečna množica informacij različnih državnih sektorjev in lokalnih skupnosti, ter segment zunanjega kolobarja, ki vsebuje lastne informacije koncesionarja. VGIS deluje ne glede na to, v kolikšni meri so popolnena katera koli področja, zato je z njim mogoče tudi dokaj enostavno poročanje koncedentu o Vodni infrastrukturi, ki obsega, kot smo videli, le podмноžico informacij o vodah.

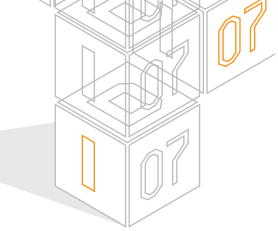
Seveda pa VGIS hkrati omogoča še veliko več - spremljanje prostorskega načrtovanja na nivoju občin, spremljanje priprave in izvajanja DPNjev, pa tudi spremljanje drugega podjetniškega dogajanja na vodnem območju, saj imajo informacije o vodnih potencialih v tržnem gospodarstvu lahko veliko ceno. Vse to pa omogoča koncesionarju tudi sodobnejše programiranje in načrtovanje dejavnosti znotraj podjetja, tako v delu, kjer mora kot koncesionar na podlagi zbranih informacij uspešno pripravljati in izvajati naloge javne službe, kot tudi v segmentu tržnih dejavnosti, pri pridobivanju posla na prostem trgu. S posodabljanjem in dopolnjevanjem VGISa se bo lahko koncesionar povezoval z vsemi podatkovnimi bazami, ko jih bodo država, regije oz. občine vzpostavile. Dotlej pa bo lahko s primernimi poizvedbami in sintezo znotraj VGISa pridobival tudi lastne, kakovostne lokacijske informacije za vzdrževanje vodnogospodarske urejenosti povodij in za zasnove novih ureditev oz. sistemov na vodah.

### 3. ZASNOVA VODNOGOSPODARSKIH OBJEKTOV

Tehnične značilnosti vodnih inženirskih objektov so prilagojene namenu, ciljem oziroma funkcijam, ki jih morajo zagotavljati. Tudi zasnovo vodnogospodarskih sistemov oz. objektov se lahko prikaže v »tehnološki shemi procesov«. Žal pa jih le redko lahko zasledimo v tehnični dokumentaciji, kjer bi bila z njimi jasno predstavljena zasnova, na kateri je bila nato izdelana projektna dokumentacija. Pri tem je treba dovolj natančno opisati tako odtočni režim kot stanje voda. Predstavitev **odtočnega režima**, pomeni prikaz sistema naravnih in antropogenih poti vode, ki ga določajo smer in količina vodnih tokov, odvzemanje in vračanje vode, vnos onesnaženj in samočistilna sposobnost v različnih hidrometeoroloških razmerah ter za predstavitev obstoječega in projektiranega **stanja voda**, ki ga podaja opis oziroma ocena razmer v vodnem telesu, s čimer se prikažejo naravne danosti in/ali stopnja človekovega vpliva na vodo, znanega kot npr. ekološko, kemično ali količinsko stanje voda.

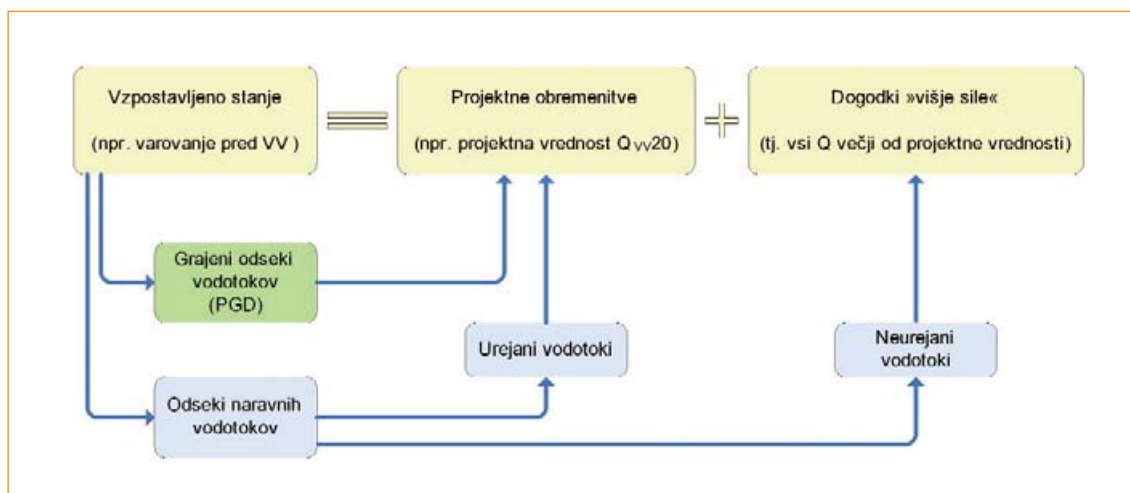
Takšno tehnološko shemo lahko določajo naravni vodni pojavi, npr. procesi potovanja poplavnih valov, ali pa jih določajo antropogeni cilji na vodah, določeni npr. z zasnovo zadrževanja poplavnih valov na porečju ali razbremenilnikov, ali pa z zasnovo





Vsekakor je nujno, da bi se izpolnjevanje 6 bistvenih zahtev dokazovalo najmanj za tri primere - za običajno obratovanje oz. pogoje delovanja, za primer izjemnih dogodkov, kot so oskrba z vodo, kadar bi se pojavila poškodba cevovoda in za primer učinkovanja ekstremnih dogodkov, kot so plaz, požar, potres, idr., na delovanje sistema oziroma objektov. Jasno je, da so faktorji varnosti večji pri običajnem obratovanju, pri ekstremnih dogodkih pa najnižji (nekoliko večji kot 1). Če bi bili v projektni dokumentaciji podani izračuni za (najmanj) te tri obtežbene primere, in to za mokro, običajno in sušno leto, bi imeli že v projektni dokumentaciji izdelano osnovno oceno nevarnosti za objekte in nevarnosti za zanesljivost obratovanja. Investitor, kot npr. male HE, bi že iz teh izračunov okvirno vedel, kakšno proizvodnjo lahko pričakuje v sušnih ali mokrih letih pa tudi, kateri drugi vplivi lahko povzročijo izpad delovanja. Zato bi se lahko odločil tudi o tem, kakšna tveganja je pripravljen prevzeti v okviru svoje investicije.

Vrednosti projektnih parametrov, kot so npr. projektni pretoki, zahtevana kakovost ali stopnja čiščenja ČN, zahtevana zanesljivost sistema (npr. zagotovljena oskrba z vodo 360 dni/leto ipd.), so pomembne tudi zato, ker prikažejo, katere funkcije so s predvideno stopnjo zanesljivosti s projektno rešitvijo zagotovljene. Na ta način je tudi razmejeno, do katerih meja sega odgovornost projektanta oziroma izvajalca (po projektih) oz. kdaj nastopi t.i. »primer višje sile«.



SLIKA 7

Iz projektnih parametrov izhaja, do katerih obremenitev predlagana rešitev izpolnjuje 6 bistvenih zahtev, kasneje nastopi primer višje sile

Za vodne zgradbe in naprave, ki imajo izdelano tehnično dokumentacijo, je to mogoče dovolj zanesljivo določiti - npr. zgrajeni protipoplavni nasipi v Celju imajo kot projektni pretok določene petdesetletne vode  $Q_{50}$ . Težje je projektne parametre določati pri ureditvah, če gre npr. le za enostransko utrditev brežin vodotoka, medtem ko na naravnih odsekih vodotoka seveda ni mogoče govoriti o projektnem pretoku. Za takšne vodotoke se lahko izdela le približna ocena pretočnosti korita, stabilnosti odseka vodotoka, verjetnosti erozijskih pojavov, verjetnosti slabšanja kakovosti voda ipd. Ker je na njih obseg tehničnih ukrepov minimalen, so tudi vsi dogodki naključni, sporadični in so seveda tudi posledice teh dogodkov nepredvidljive.

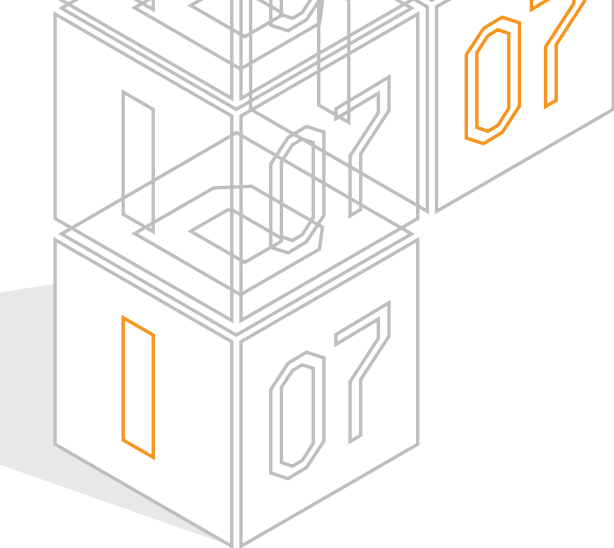
Recenzije in revizije različnih projektov, ki obravnavajo vodnogospodarske zgradbe, naprave in ureditve, pokažejo, da je obseg prikazanih tehnoloških shem in na njih temelječih zasnovah sistemov velikokrat preskromen. Tudi opravljeno dimenzioniranje, katerega namen je dokazati funkcionalnost, ekonomičnost in racionalnost s projektom predlaganih projektnih rešitev, praviloma ne obsega zgoraj navedenih kombinacij hidrometeoroloških, tehnično-obratovalnih in izjemnih dogodkov. Področje inženirskih storitev, ki obsega svetovanje naročniku, kaj bi bilo treba vključiti v projektno dokumentacijo, da bodo dodatne (podporne) študije za odločanje ustrezne, bi bilo lahko s podporo IZS pomembno izboljšano. Pri podpornih študijah je tudi na področju voda osnovno vprašanje, ali so dejansko potrebne. Vodnogospodarske vsebine v projektni dokumentaciji običajno obravnavajo le analize pri visokovodnih razmerah, pa še se postavljajo vprašanja, ali je res potrebno varovanje na stoletne vode ipd. Analiza razmer pri sušnih pretokih, ki predstavljajo kritične razmere za favno in floro vodotokov, običajno ne ogroža uporabnikovih vodogradenj, zato se opravlja v pomembnem obsegu le, kadar dejavnost zahteva zanesljivo obratovanje tudi ob suši. Za varnost obratovanja in varovanje vodnega okolja pa je treba zagotoviti oboje; dobro stanje voda in ustrezen odtočni režim kar je težavno, saj se je treba pogosto prilagoditi unikatnim lokacijskim pogojem.

Na področju voda ni pričakovati velike stopnje tipizacije, s tem pa tudi ne podrobne regulacije s predpisi. Zato so za gradnje na vodah podrobnejše tehnične smernice in standardi običajni le pri objektih, ki so dovolj množični oz. dosegaajo stopnjo polindustrijske izdelave. Do možnega, generaliziranega nivoja se zato uveljavljajo standardi in tehnične smernice, za detaljne rešitve pa nato preostane le še uporaba običajne dobre prakse, imenovane »pravila stroke«. Pravila stroke pa so lahko dokaj nedorečeno področje, če gre npr. za urejanje tako različnih tipov vodogradenj kot jih imamo v Sloveniji. V določeni meri se zato poskuša uporabljati rešitve iz nabora »najboljše razpoložljive tehnologije (BAT)« oz. iz nabora »najprimernejših rešitev (BAP)«. Pri uporabi najboljše možne tehnologije lahko nastopajo finančne, kadrovske ali drugačne težave, zato so boljše BAP rešitve, ki predvsem upoštevajo stanje in možnosti razvoja okolja, kjer je projekt predviden.

Pri projektih na področju prostega trga je seveda prepuščeno naročniku, da se na svoj način odloči za zanj najugodnejšo rešitev. Svetovanje investitorju (npr. državljanu) s strani upravnih organov, katere BAT/BAP rešitve bi bile za njegov projekt najprimernejše, pri nas še ni v veliki meri zaživel, je pa ponekod v tujini že običajno. Na področju proračunskih investicij pa je seveda v interesu vseh državljanov/občanov, da bo, zaradi smotrne rabe proračunskih sredstev, izbrana najprimernejša rešitev. Zato bi bilo treba vzpostaviti javno dostopni katalog načrtovanih oz. izvedenih javnih projektov, v katerem bi se predstavile s strani IZS verifisirane značilnosti, po katerih bi naročnik iz javnega sektorja lahko prepoznal BAT/BAP tehnologijo. Na področju voda so investitorji številni državni resorji in njihovi organi ali samostojni zavodi, ter preko dvesto lokalnih skupnosti, pojavilo pa se bo še nekaj regionalnih subjektov. Za vse te javne subjekte bi na ta način IZS lahko vzpostavila transparentni nadomestni mehanizem za »Državno revizijsko komisijo« v tistem delu, ko je takšna komisija z natančnim pregledom načrtovalskih projektov zagotavljala kakovosten nivo dobre inženirske prakse. Ob tem je seveda omogočena tudi uporaba novejših metodologij, seveda pa le, če načrtovalec dokaže, da so doseženi rezultati vsaj tako dobri kot obstoječa, verifilirana praksa. Za takšno svetovalno delo, ki bi ga IZS izvajala, bi se nedvomno lahko dokazalo, da se izvaja v javno korist.

## 5. ZAKLJUČEK

Vodnogospodarske zgradbe, objekti in naprave imajo prepoznavne tehnične značilnosti inženirskih objektov. Ker morajo zagotavljati različne funkcije je potrebno, da so opisane s »tehnološko shemo procesov«, kjer je razvidna primarna in njej podrejene funkcije, s čimer so že pripravljeni pogoji za porazdelitev pravic in obveznosti. Na vodnogospodarskih objektih se integrirajo vplivi naravnih (vodnih) pojavov, antropogenih ciljev na vodah in podjetniških interesov na naravnih virih. Na takšnih objektih nastajajo kombinacije obtežbenih primerov, sestavljenih iz determinističnih in stohastičnih procesov. Zato je treba tudi pri dimenzioniranju teh objektov dokazovati ustreznost projektnih rešitev v razponu verjetnosti pojavov od sušnih do mokrih hidrometeoroloških razmer, pa tudi pri pojavu različnih možnih dogodkov v življenjski dobi objektov od običajnih, izjemnih, pa do ekstremnih razmer. Pri recenzijah in revizijah se pri projektni dokumentaciji pogosto ugotavlja, da nekatere analize, pa tudi sestavljeni obtežbeni primeri niso vključeni, največkrat verjetno zato, ker niso bili naročeni. To pa pomeni, da projektne rešitve niso preverjene za celotno paleto možnih, dokaj verjetnih dogodkov. V prihodnje bo treba uporabljati doslednejše dokumentiranje projektnih parametrov, kot so npr. projektni pretoki protipoplavnih ureditev, saj se bo pri havarijah dosledneje uporabljala tudi presoja. Ta se bo ukvarjala z vprašanjem, pri katerih neugodnih posledicah je nastopil primer višje sile oz., za katere primere je treba iskati odgovornost pri načrtovalcih ali upraviteljih objektov. Načeloma se od uprave pričakuje, poleg uveljavljanja in nadzora izvajanja predpisov, tudi svetovanje državljanom oz. drugim subjektom. To vrsto storitve bi lahko opravljala IZS z javnim pooblastilom, kot eno od upravno-inženirskih storitev. Ena od osnovnih nalog je prav gotovo vzpostavljanje t.i. pravil stroke, ki bi vključevala tudi značilnosti, po katerih bi naročnik/načrtovalec/izvajalec/upravitnik lahko prepoznali rešitve, ki so skladne z načeli BAT/BAP.



# Rekonstrukcija AK Pernica kot nadomestni ukrep za zmanjšanje poplavitve ogroženosti po izgradnji AC v Pesniški dolini

mag. Smiljan JUVAN, univ.dipl.inž.grad.

Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o.

## POVZETEK

Zaradi gradnje AC (avtoceste) po Pesniški dolini bo visokovodni režim Pesnice spremenjen. Visoke vode, ki se danes razlivajo po poplavnih retencijah, bodo zaradi potrebne poplavitve varnosti avtoceste skoncentrirane v strugi Pesnice.

Rekonstrukcija zadrževalnikov visokih vod Pernica in Pristava predstavlja kompenzacijski ukrep zaradi spremenjenega režima visokih vod Pesnice.

## ABSTRACT

Highway construction in Pesnica valley will cause the changes of the flood regime of Pesnica river. The flood flows will be concentrated in Pesnica river bed because of the elimination of existing flood retentions. The reconstruction of existing multipurpose reservoirs Pernica and Pristava is needed because of the changed flood regime of Pesnica river.

## 1. UVOD

Načrtovana avtocesta Maribor - Lendava - madžarska meja, na odseku Maribor - Lenart, poteka od Dragučove do Močne pretežno vzdolž struge Pesnice in delno sega v bazen AK (akumulacije) Pernica.

Ureditev vodnega režima, ki bo zagotavljala avtocesti varnost pred stoletnimi visokimi vodami, bo izločila obsežne poplavitve površine v Pesniški dolini.

Na osnovi analize vplivov načrtovanih posegov na režim visokih vod Pesnice je, kot nadomestni ukrep, načrtovana rekonstrukcija zadrževalnikov visokih vod Pernica in Pristava.

## 2. OBSTOJEČE VISOKOVODNE RAZMERE

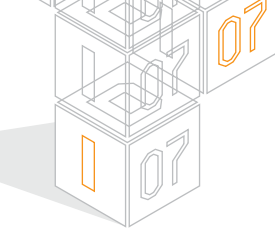
V obstoječem stanju prevaja struga Pesnice pretoke do Q10. Višje visoke vode prelivajo visokovodne nasipe in se razlivajo po kmetijskih površinah v Pesniški dolini, kar ima za posledico precejšnje sploščitev visokovodnega vala. V AK Pernica dotekajo visoke vode, ki jih prevaja struga Pesnice in se v razpoložljivem retenzijskem prostoru med stalno gladino in maksimalno gladino delno sploščijo in odteka preko preliva v dolvodno strugo Pesnice.

| Kota gladine (m)                  | Površina (ha) | Volumen vode (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Namembnost pod koto gladine                                       |
|-----------------------------------|---------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| stalna ojezeritev 246,40          | 55            | 0,785                                          | krajinsko - ekološka funkcija, ribogojstvo, rekreacija, raba vode |
| dejanska stalna ojezeritev 247,20 | 57            | 1,250                                          |                                                                   |
| maksimalna gladina 249,00         | 60            | 2,300                                          | Zadrževanje visokih vod                                           |

**TABELA 1**  
Karakteristike akumulacijskega prostora AK Pernica

Retenzijski volumen, ki je na razpolago med koto stalne ojezeritve in maksimalne gladine, znaša, zaradi višje nastavljene stalne gladine na koti 247,20 le 1,050 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, namesto po projektu predvidenega volumna pri koti stalne gladine 246,40, ki bi znašal 1,515 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

Nezadosten retenzijski učinek je, razen manjšega zadrževalnega prostora, tudi posledica neustreznega prelivnega objekta - fiksne preliva, ki ga dodatno zapirajo fine rešetke za preprečevanje pobega rib iz akumulacije, kar povzroča polnitev zadrževalnega prostora že v začetku nastopa visokovodnega vala.



Akumulacija Pernica je čelna akumulacija na Pesnici, kar ima za posledico odlaganje plavin, ki so v veliki meri že zapolnili spodnji del volumna akumulacijskega bazena. Posledica tega je poslabšanje proizvodnih pogojev za ribogojstvo; del muljastih sipin že sega nad koto stalne gladine, s čimer se zmanjšuje retenzijski prostor akumulacije.

### 3. REKONSTRUKCIJA AKUMULACIJE PERNICA

Cilji rekonstrukcije AK Pernica so:

- omogočanje poteka dela trase AC v akumulacijski bazen
- povečanje retenzijskega učinka akumulacije zaradi iztočenih poplavnih površin v Pesniški dolini za potrebe zagotavljanja poplavne varnosti AC
- omogočanje drugih, že danes prisotnih namembnosti akumulacije - ribogojstvo

Karakteristične kote AK Pernica po zasnovani rekonstrukciji so:

- |                                           |        |
|-------------------------------------------|--------|
| • kota stalne ojezeritve:                 | 246,40 |
| • kota maksimalne gladine:                | 249,00 |
| • kota ekstremne gladine (super zajezba): | 250,00 |
| • kota krone pregrade:                    | 250,50 |

#### Pregradni nasip

Zaradi poteka dela trase AC v območju sedanjega akumulacijskega bazena je potrebna prestavitev celotnega pregradnega nasipa z naslednjimi karakteristikami:

- |                          |         |
|--------------------------|---------|
| • kota krone:            | 250,50  |
| • širina krone:          | 4,0 m   |
| • naklon vodne brežine:  | 1 : 2,5 |
| • naklon zračne brežine: | 1 : 2,5 |

Na vodni strani je brežina obložena s protierozijsko kamnito oblogo med kotama 0,3 m pod stalno gladino in 1,0 m nad stalno gladino.

#### Prelivni objekt

Prelivni objekt je zasnovan kot AB konstrukcija z vgrajeno avtomatsko krmiljeno hidromehansko opremo, ki omogoča zadrževanje visokovodnega vala. Ko pretok Pesnice preseže vrednost Q10, omogoča vzdrževanje stalne ojezeritve pri pretokih manjših od Q10 in omogoča popolno praznjenje akumulacije.

Za preprečitev mašenja preliva s plavjem so na obodu prelivnega objekta nameščene grobe rešetke, od dna do kot 247,50 pa so nameščene fine rešetke, ki preprečujejo pobeg rib iz akumulacije. Del prelivne višine med koto maksimalne gladine 249,00 in koto 247,50 ni zaprt s finimi rešetkami.

#### Varnostni preliv

Za evakuacijo maksimalnega možnega pretoka, ki lahko priteče v AK Pernica, v kombinaciji z možnostjo da se zapornice na prelivu zataknejo v najvišji možni legi, je predviden varnostni preliv na koti 249,00. Varnostni preliv bo izveden kot znižan del pregradnega nasipa na levem boku akumulacije ob prelivnem objektu. Varnostni preliv bo obložen s kamnito protierozijsko oblogo.

#### Podslapje

Iztok prelivnega objekta se nadaljuje s podslapjem, v katerega je usmerjen tudi zaključni del varnostnega preliva. Podslapje bo zavarovano s kamnito oblogo v betonu. Na zaključnem pragu tolmuna podslapja bo možno vstaviti rešetke v času izlova rib ob praznjenju akumulacije.

#### Poglobitev akumulacije in deponija mulja

Večji del akumulacijskega prostora, ki je v sedanjem stanju neenakomerno zamuljen bo poglobljen; dno bo splanirano v enakomernem naklonu.

V najnižjem delu akumulacije bo izvedena poglobljena mulda do iztočnega - prelivnega objekta.

Del izkopenega mulja (110.000 m<sup>3</sup>) bo deponiran ob levem zgornjem boku akumulacije, preostali del (cca 70.000 m<sup>3</sup>) pa bo deponiran ob vodni brežini novega pregradnega nasipa. Izkop, transport ter deponiranje mulja se bodo izvajala s pontonskim bagrom in muljno črpalko, s katero se črpa mešanica mulja in vode (70/30).

#### Objekti za napajanje zimovnikov

Za napajanje zimovnikov, bo namesto obstoječega meniha, izveden dovodni objekt z ventilom v jašku na zračni strani pregradnega nasipa, ki bo omogočal dovod sveže vode iz akumulacije v zimovnike.

Za dovod sveže vode iz stare struge Pesnice bo izveden odzemni objekt ter dovodni jarek do zimovnikov.

Investicijska vrednost rekonstrukcije AK Pernica znaša po projektantskem predračunu cca 4 mio EUR.

#### 4. HIDROLOŠKO – HIDRAVLIČNA ANALIZA VPLIVA AK PERNICA NA VISOKE VODE PESNICE

V študiji "Študija vplivov vodnega režima reke Pesnice na AC Maribor - Lenart - Cogetinci" (oktober 1998 in dopolnitve julij 2000, št. proj. 2090/98, Vodnogospodarski biro Maribor d.d.), je bil izdelan *quasi* dvodimenzijski nestacionarni hidrodinamični in hidrološki model reke Pesnice na odseku med razbremenilnikom in Ranco. Za modeliranje je bil uporabljen programski paket MIKE11. V okviru omenjene študije so bile izračunane projektne visoke vode, vplivi različnih posegov na visokovodni režim reke Pesnice ter okvirne gladine visokih vod.

Obravnavanih je bilo več variant manevra zapornice na AK Pernica in AK Pristava. Zaradi potrebe po zagotavljanju stoletne poplavne varnosti AC je bil izbran manever zapornice, ki ima največji učinek na znižanje pretokov Q100 (manever C1 iz študije). Prostornina AK Pernica omogoča znižanje maksimalnih pretokov Q100 na vrednosti pretokov Q10 (~84 m³/s). Princip zadrževanja je sledeč: do dotoka 84 m³/s zapornica vzdržuje stalno gladino na koti 246.4 m n.m. (dotok=odtok), z večanjem dotoka se začne polniti koristni volumen akumulacije, iztok je konstanten (84 m³/s). Nato dotok začne upadati, zapornica pa še zmeraj izpušča 84 m³/s. Ko gladina v akumulaciji doseže koto stalne gladine, zapornica spet deluje tako kot na začetku (dotok=odtok). V primeru da vhodni val ni stoleten temveč z manjšo povratno dobo, se akumulacija ne napolni popolnoma. Zadrževalni učinek na valove z manjšo povratno dobo od 100 let ni maksimalen, pri valovih s povratno dobo manjšo od 10 let (87 m³/s) pa ga praktično ni. Stoletni val znižamo za 48 %, petindvajsetletnega pa za 28 % (glede na vtok). Glede na maksimalno velikost pretokov, so za profil AK Pernica merodajne padavine s časom trajanja  $t_p=720$  min, glede na prostornino vrha vala oz. polnjenje AK pa padavine s časom trajanja  $t_p=1080$  min.

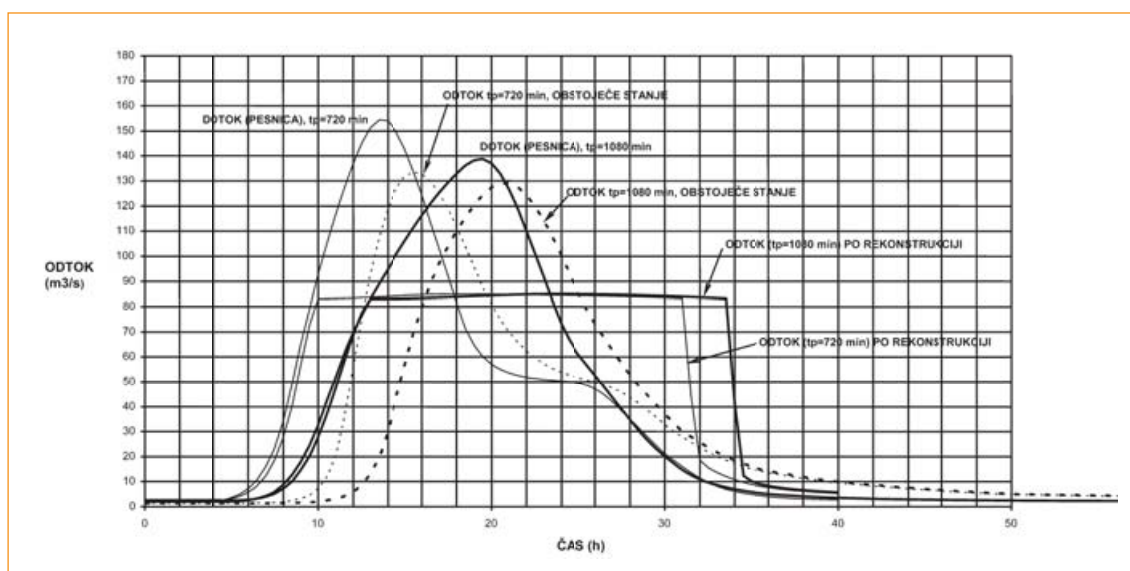


DIAGRAM 1

AK Pernica I-iztočni hidrografi Q100 pred in po ureditvi

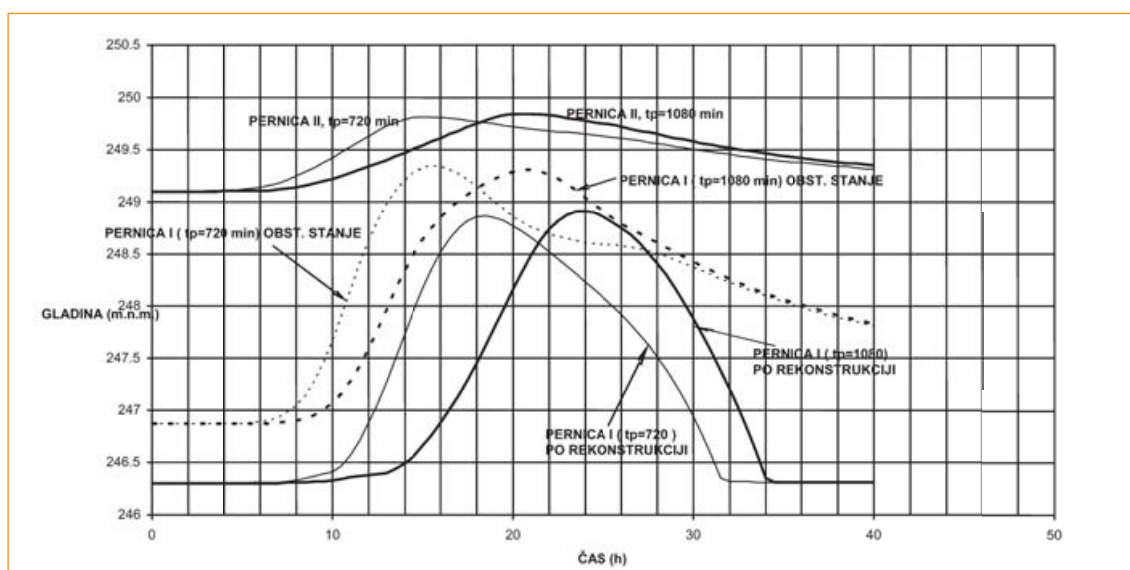
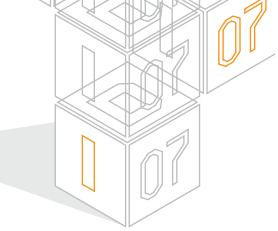


DIAGRAM 2

Nivogrami v AK Pernica I in II pri Q100 pred in po ureditvi



V diagramu 1 so prikazani izračunani hidrogrami (rezultati modela) za trajanje padavin 720 in 1080 min na iztoku iz AK Pernica I. S črtkano črto so označeni hidrogrami za obstoječe stanje ureditve AK. Zaradi prikaza vpliva AK oz. manevra zapornice na znižanje maksimalnih pretokov Q100 sta prikazana tudi vtočna hidrograma (Pesnice) pri trajanju padavin 720 in 1080 min. Vidimo, da obstoječ preliv povzroča predvsem zakasnitev vala, manj pa vpliva na znižanje maksimalnih pretokov.

V diagramu 2 je prikazano spreminjanje gladine v AK ob nastopu visokovodnih valov pri trajanju padavin 720 in 1080 min s stoletno povratno dobo. Vidimo, da bi se, ob izgradnji AC in ohranitvi obstoječe ureditve AK, le-ta napolnila čez koto maksimalne gladine.

## 5. VPLIV NAČRTOVANIH POSEGOV NA VODNI REŽIM IN POTREBNI UKREPI NA HMS PESNICA

V tabeli 2 so podani izračunani pretoki visokih vod Pesnice primerjalno za obstoječe stanje in stanje po predvideni ureditvi zaradi izgradnje avtoceste (regulacija Pesnice, rekonstrukcija AK Pernica).

| Hidrološki profil<br>Pesnice | Teor.v.vode z upoštevanje<br>obstoječe akumulacije (m³/s) |       |       | Projektirane v. vode<br>po rekonstrukciji (m³/s) |     |      |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------|-------|--------------------------------------------------|-----|------|
|                              | Q10                                                       | Q25   | Q100  | Q10                                              | Q25 | Q100 |
| Ranca                        | 74                                                        | (101) | (147) | 74                                               | 101 | 147  |
| Pernica                      | 82                                                        | (110) | (161) | 82                                               | 110 | 154  |
| Pristava                     | 87                                                        | (115) | (164) | 97                                               | 104 | 116  |

**TABELA 2**  
Izračunani pretoki visokih vod Pesnice primerjalno za obstoječe stanje in stanje po predvideni ureditvi zaradi izgradnje avtoceste.

Zaradi dejanske prevodnosti obstoječe struge Pesnice, ki lokalno ne presega Q10, so pretoki Q25 in Q100 kot teoretični pretoki, navedeni v oklepaju, saj se visoke vode razlijejo preko visokovodnih nasipov in dežansko ne pritečejo v hidrološki profil v navedenih količinah.

Pomembna je ugotovitev, da z načrtovanimi posegi (ureditev struge Pesnice na prevodnost Q100, rekonstrukcije AK Pernica) v veliki meri zmanjšamo pretoke Q100 in tudi Q25. Z načrtovanim manevrom krmiljenja zapornice v AK Pernica zadržujemo visoke vode, ki so višje od Q10 (optimalni učinek pri Q100).

V obstoječem stanju se v AK Pernica, ki ima fiksni preliv, zadržujejo še visoke vode, ki so manjše od Q10.

Razpoložljiv retenzijski volumen AK Pernica žal ne omogoča zadrževanja večjega dela visokovodnega vala, zato na nižje pretoke (pod Q10) ne moremo vplivati.

Za kompenzacijo negativnega vpliva načrtovanih posegov na pretoke visokih vod do Q10, je predvideno aktiviranje retencijskega volumna v akumulaciji Pristava (625.000 m³). Za to je potrebno obstoječo akumulacijo rekonstruirati in prelivni objekt opremiti s hidromehansko opremo.

Obe akumulaciji skupaj bosta predstavljali sistem, saj se bodo v AK Pernica zadrževali visokovodni valovi nad Q10, v AK Pristava pa valovi do Q10.

## 6. ZAKLJUČEK

Odločitev o trasi avtoceste po Pesniški dolini in ne po njenem obrobju je bila sprejeta ob zavedanju posledic, ki jih bodo imele potrebne ureditve na vodni režim v hidromelioracijskem sistemu Pesnica. Na osnovi hidrološko - hidravličnih analiz obstoječega stanja in načrtovanih posegov so bili podani potrebni ukrepi za kompenzacijo negativnih vplivov izgradnje avtoceste na vodni režim.

Dejstvo je, da je HMS Pesnica, ki je bil zgrajen pred 30 leti in nezadostno vzdrževan, potreben rekonstrukcije, ne glede na gradnjo avtoceste, vendar gradnja avtoceste povečuje potrebo po rekonstrukciji posameznih vodnih objektov.

# Reševanje odvajanja voda pri izgradnji odlagališč

**Darinka IGNJATOVIČ, univ.dipl.inž.grad.**

Institut za ekološki inženiring - IEI d.o.o.

## POVZETEK

V prispevku so prikazani gradbeni stroki manj poznani inženirski objekti - odlagališča odpadkov in njihovi vplivi na vodo ter opisani osnovni principi izgradnje, da bi bili vplivi na vodo in na okolje čim manjši.

Odlagališča odpadkov ne sodijo neposredno med vodnogospodarske ureditve, sodijo pa med zahtevne ekološke objekte, ki jih, poleg odlagalnih polj, spremljajo zahtevni objekti za čiščenje izcednih in drugih onesnaženih vod, sistemi za zajem in eliminacijo plinov, tehnologije obdelave in vgrajevanja odpadkov. Le kadar so pravilno zgrajena in vzdrževana, varujejo podzemne in površinske vode pred onesnaženjem. Zaradi več hektarjev površine, ki jih taki objekti zavzemajo, je stik z vodami neizbežen.

V naši gradbeni praksi je zahtevnost izgradnje odlagališč po krivici omalovaževana. Ne glede na velikost odlagališč so to objekti, ki zahtevajo širok spekter znanj, od znanj geologije, hidrogeologije, hidrotehnike, kemije, biologije in ne nazadnje do klasičnega inženirskega gradbeništva.

## ABSTRACT

Article deals with structures less known to the profession of civil engineering - landfills and their impact on water. It deals with basic construction principles designed to reduce the impact of landfills on water and environment in general.

Landfills can not be classified directly in the category of water management settlements, but they can be treated as demanding ecological structures which are, besides depositing fields, made out of demanding wastewater treatment structures, systems for gas scooping and elimination, waste treatment and depositing technology. Only when landfills are properly constructed and maintained, they can protect surface and ground water against pollution. Due to the large surface which landfill sites are occupying, contact with water is unavoidable.

In our engineering practice, the difficulty of constructing the landfill is unjustly underestimated. Regardless of their size, they are complicated structures which demand knowledge of geology, hydrogeology, hydro-technical skills as also knowledge of chemistry, biology and last but not least, knowledge of classical civil engineering.

## 1. UVOD

V bližnji preteklosti pa tudi danes so odlagališča odpadkov sodila med marginalne objekte, ki so nastajali naključno, brez posebnih gradbenih posegov, z odlaganjem vseh vrst odpadkov v naravna brezna, v opuščene gramoznice in opuščene glinokope. Večina starih odlagališč se je uporabljala brez gradbenih in uporabnih dovoljenj.

O izgradnji teh objektov ne najdemo ničesar ne v gradbenih priročnikih ne v kakšni drugi domači strokovni literaturi, pa tudi v tehničnih predpisih ne. Prav tako si niso zaslužila niti omembe v univerzitetnih in visokošolskih študijskih programih.

Na problematiko odlagališč je prvič opozoril Pravilnik o ravnanju s posebnimi odpadki, ki vsebujejo nevarne snovi iz leta 1978, ki pa prav tako ni z ničemer opredelil tehnike graditve odlagališč.

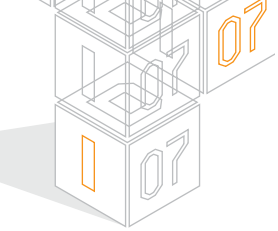
Stara odlagališča so bila torej slabo urejena, umeščena na geološko in hidrološko neprimerno podlago v bližino poselitve in so predstavljala visok nevarnostni potencial za okolje, še posebej za vodo. Posledice takega načina odlaganja odpadkov se čutijo še danes, ali pa še posebej danes, pri umeščanju sodobnih objektov za ravnanje z odpadki v prostor, ko zaradi negativnih izkušenj v preteklosti prebivalci dosledno povsod nasprotujejo njihovi postavitvi.

Tudi nova zakonodaja ZGO in njemu podrejen Pravilnik o vrstah zahtevnih, manj zahtevnih in enostavnih objektov (Ur. l. RS, št. 114/03, 130/04, 100/05) uvršča odlagališča med manj zahtevne objekte. Med zahtevne objekte so odlagališča uvrščena le, če dosega-jo enormne velikosti, kakršna so le v ZDA ali v azijskih prostranstvih.

Med zahtevne objekte so uvrščena - citiram:

- odlagališča komunalnih odpadkov, če je njihova tlorisna površina 100 ha ali več,
- odlagališča za nevarne odpadke, če je njegova tlorisna površina 30 ha ali več,
- odlagališča za nenevarne in inertne odpadke, če je njihova tlorisna površina 50 ha ali več in če so namenjena tudi za zbiranje, razvrščanje, sortiranje, začasno skladiščenje, predelavo in odstranjevanje nevarnih odpadkov z letno kapaciteto 1000 ton.

V Sloveniji nimamo nobenega odlagališča nenevarnih odpadkov, med katera sodijo odlagališča komunalnih odpadkov, ki bi obsegala površino 50 ha ali več. Torej so vsa uvrščena med manj zahtevne objekte; tudi odlagališča nevarnih odpadkov.

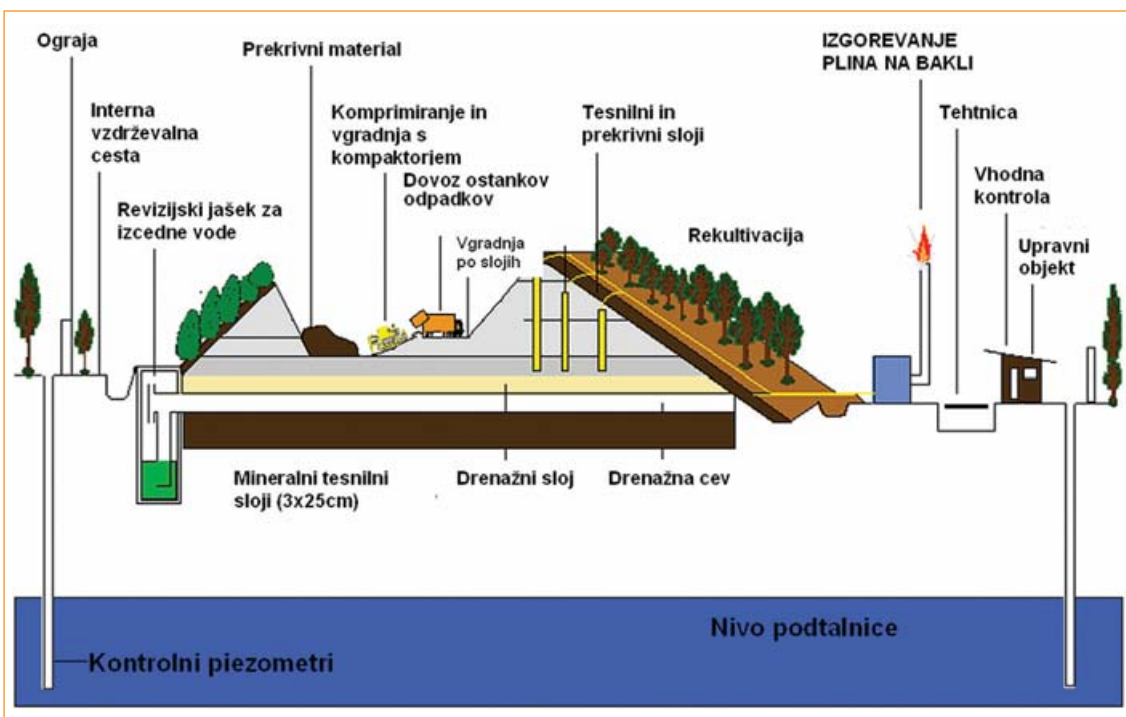


### **Odlagališča danes**

Od leta 2000 pa do sedaj je Slovenija zakonodajo s področja ravnanja z odpadki temeljito prilagodila zahtevam EU. Odlaganje odpadkov je tako urejeno po kriterijih, kakršni veljajo v zahodni Evropi. Njihovi izgradnji je potrebno posvetiti vso potrebno pozornost, med drugim izvesti tudi presojo vplivov na okolje, pri načrtovanju pa je eden bistvenih ukrepov varovanje odlagališča pred vodami in varovanje okolja pred onesnaženimi vodami.

### **Značilnosti sodobnega odlagališča**

Na ustrezni talni podlagi, velikosti več kot 10 ha, je potrebno po vsej površini izvesti večplastno popolno tesnjenje z mineralnimi in umetnimi tesnilnimi sloji, ločeno od čistih zacetij onesnažene vode in jih očistiti, odvesti čiste vode, izvesti sistem odplinjevanja ter izničiti vplive toplogrednih plinov, desetletje in več graditi stabilno telo odlagališča v višino 20 - 30 m in zagotoviti nadzor nad vsemi sistemi v času izgradnje, obratovanja in po zaprtju odlagališča.



SLIKA 1  
Značilnosti ureditve sodobnega odlagališča

Cilj strategije Republike Slovenije je, da se stara odlagališča, ki ne zagotavljajo varnosti za okolje, zaprejo, formiranje odpadkovnih regij pa naj bi zmanjšalo število obratujočih odlagališč. Za gradnjo novih odlagališč seveda veljajo vsa določila aktualne zakonodaje. Največ o načinu izgradnje odlagališč nam pove Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih (Ur. l. RS št. 32/06). Ta zahteva izbiro lokacije na primerno neprepustni in stabilni geološki podlagi in v čim večji oddaljenosti od poselitve.

V gosto poseljenem geografskem območju, kakršna je Slovenija, je iz tega razloga težko najti lokacijo, ki bi bila sprejemljiva za javnost, sočasno pa tudi najprimernejša za izvedbo potrebnih tehničnih ukrepov, kot je talno tesnjenje, prestrežanje zalednih vod, zajem in čiščenje onesnaženih vod.

Lokacije, ki so deležne soglasja bližjih prebivalcev, so pogosto odročne, močvirne grape, kjer so poleg podzemnih vod prisotne tudi izvirske in zaledne vode. Na takem terenu je za pripravo dna odlagališča potrebno popolnoma zatesniti 10 ali več hektarjev površine, nato pa nanj postopno graditi stabilno telo iz komprimiranih odpadkov v višino 20 m in več.

Dno odlagališča se gradi po etapah velikosti 1-2 ha. Vse ureditve na odlagališču morajo zagotavljati funkcionalnost za vsako etapo posebej in za končno stanje.

### **Reševanje odvodnje voda z območja odlagališča**

Pri 10 ali več hektarjev velikem zemeljskem objektu igrajo vode pomembno vlogo. Srečujemo se s tremi vrstami voda.

To so:

- čiste vode, ki pritekajo iz zaledja odlagališča bodisi kot površinske ali podzemne, in vode z območja prekritih ter rekultiviranih površin odlagališča, ki ne prihajajo v stik z odpadki,

- izcedne vode so pretežno padavinske vode, ki se precejajo skozi odložene odpadke in se zajemajo z drenažnim sistemom v tesnjenem dnu odlagališča,
- onesnažene padavinske vode s transportnih in manipulacijskih površin ob odlagališču.

S tehničnimi ukrepi je potrebno posamezno vrsto vod zajeti ločeno in jo čim prej speljati izven območja telesa odlagališča, pri tem pa mora biti sistem odvajanja zasnovan tako, da omogoča nadzor nad vodami skozi ves čas izgradnje in obratovanja, ki traja po etapah več deset let in še vsaj 10 let po zaprtju odlagališča.

## 2. ČISTE VODE

### Zaledne površinske vode

Najmanj problemov z zalednimi vodami povzroči postavitev odlagališča na ravnino, vendar je to izvedljivo le v izjemnih primerih. Običajno pa naše topografske razmere terjajo ureditev odlagališča v dno doline. Rob telesa odlagališča se mora v takem primeru umestiti čim bližje zgornjemu robu doline, to je blizu vododelnice, da se tako zmanjša prispevna površina zalednih padavinskih vod. Telo odlagališča se pred zalednimi vodami varuje z izgradnjo obrobni jarkov, ki se dolvodno od vznožja odlagališča vključijo v obstoječi odvodnik.

Odvajanju zalednih površinskih vod s kanalizacijo pod telesom odlagališča se je potrebno izogibati, saj bi ekstremno visoke vode lahko v takem sistemu ogrozile varnost objekta, a včasih to ni mogoče. V tem primeru je potrebno kanalizirane odseke površinskih vod pod odlagališčem načrtovati čim krajše in omogočiti nadzorovanje in vzdrževanje le-teh z robov odlagališča. Podzemne kinete morajo biti dimenzionirane na petstoletno varnost pred visokimi vodami.

### Zaledne pripovršinske in izvirske vode

Gradnja odlagališč je dovoljena le izven zavarovanih območij pitne vode, medtem ko se na območju podzemnih vodonosnikov s prosto gladino lahko gradi odlagališče le, če je nad najvišjo gladino vodonosnika po izkopu dna naravna neprepustna podlaga (s faktorjem prepustnosti  $k = 1 \times 10^{-9}$  m/s) debeline več kot 1,0 m. Tako v principu na območju telesa odlagališča nimamo opravka s podzemnimi vodami.

Pogosto pa se na razpoložljivi lokaciji srečamo z močvirnim zemljiščem, s pripovršinskimi vodami in s posameznimi izviri. Reševanje teh problemov pa zahteva kompleksno inženirsko znanje in zahteva vključitev hidrogeološke, geotehnične in gradbene stroke. Zanemarjanje problema teh vod ima lahko usodne posledice za stabilnost in varnost odlagališča pred poružitvijo.

Za ilustracijo bi navedla enega izmed tovrstnih primerov, ko smo načrtovali izgradnjo odlagališča na lokaciji, katere talno podlago tvorita sivica – siva morska glina in andezitni tufi, pri čemer je bila prisotna še velika površinska in podzemna zavodnjenost pobočja. Vsak izkop v tak teren, brez predhodnega zajema in odvodnje podzemne vode, bi pomenil nevarnost porušitve odprte vkopane brežine. Za pripravo dna odlagališča je v takem primeru nujno izvesti čim bolj natančne preiskave in izdelati podrobno geodetsko kartiranje izvirov, za izvedbo izkopov in odvodnjavanja podzemnih vod pa izdelati poseben geotehnični elaborat.

Kadar so podzemne vode prisotne pod dnom deponije, je izgradnja trajno učinkovitega in nadzorovanega sistema odvodnje čistih zalednih voda ena najbolj zahtevnih nalog v projektu, ki jo je potrebno brezhibno opraviti tudi na terenu, sicer se lahko pojavijo veliko večje težave med gradnjo ali med obratovanjem.

## 3. ONESNAŽENE VODE

### Izcedne vode

Izcedne vode so nujno zlo odlaganja odpadkov. Njihova stopnja onesnaženja je odvisna od vrste odpadkov, ki se odlagajo. Količine izcednih vod so v največji meri odvisne od letnih padavin, značilnih za posamezno klimatsko območje.

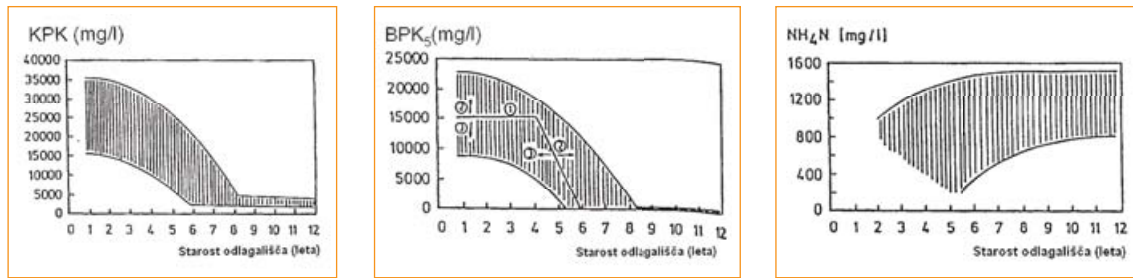
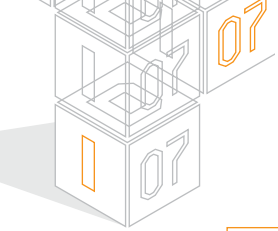
Omejujemo jih s pravilno zasnovano etapnostjo izgradnje, s kvaliteten zgoščevanjem pri vgrajevanju odpadkov ter s sprotnim prekrivanjem površine.

Izcedne vode, ki nastajajo pri odlaganju neobdelanih komunalnih odpadkov, so zelo obremenjene, težko razgradljive in vsebujejo težke kovine. Samostojno čiščenje izcednih vod je zahtevno in zelo drago kadar je dovolj učinkovito, tako da je po čiščenju na mestu nastanka zadoščeno zahtevam predpisov za izpust v vode.

Iz navedenih razlogov je zelo pomembno zmanjševati nevarnostni potencial odloženih odpadkov z obdelavo pred odlaganjem, s katero se inertizira organski delež odpadkov. Inertizacija organskega deleža odpadkov je najbolj učinkovita s sežigom odpadkov, druge uporabne metode pa so razne oblike mehansko-biološke obdelave.

V Sloveniji danes nimamo zgrajenega še nobenega objekta za učinkovito obdelavo odpadkov, zato so izcedne vode na vseh obstoječih odlagališčih v Sloveniji visoko obremenjene z organskimi in anorganskimi snovmi, ki se učinkovito očistijo le s kombiniranimi fizikalno kemičnimi in biološkimi metodami.

Tudi v času ekstremnih padavin, ko so izcedne vode razredčene, parametri onesnaženosti običajno presegajo mejne vrednosti za izpust v vodotok. Drenažni sistem za zajem mora biti izveden nad popolnoma zatesnjenim dnom odlagališča in mora po čim krajši poti gravitacijsko odvesti izcedne vode ven iz telesa odlagališča. Zunaj telesa odlagališča pa mora biti zagotovljen zadosti velik zadrževalni bazen za zadrževanje izcednih vod, tudi v ekstremnih razmerah, z varnostjo vsaj treh dni (dela prosti dnevi). Pred



SLIKA 2

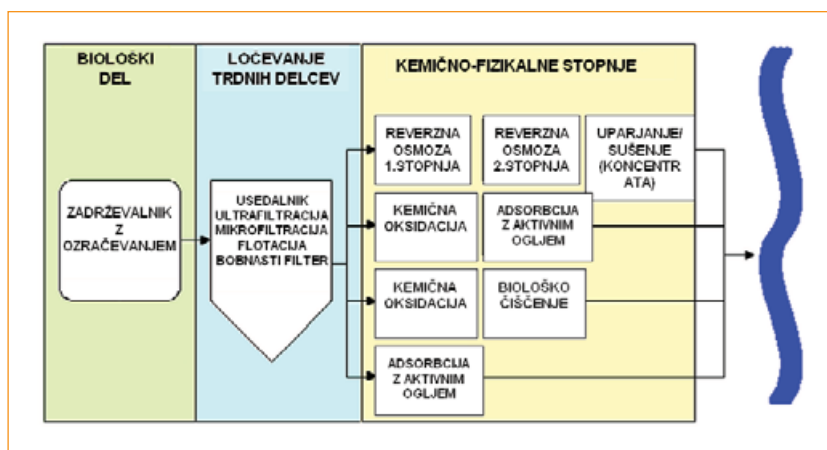
Shema s prikazom tehnik primernih za čiščenje izcednih vod

izpustom v vodotok, ali pa tudi pred izpustom v javno kanalizacijo zaključeno z biološko čistilno napravo, je potrebno načrtovati čiščenje oziroma prečiščenje izcednih vod. Čistilna naprava mora obvladovati velika nihanja, tako stopnje onesnaženja kakor tudi nihanja hidravlične obremenitve.

Najprimernejše in najbolj obvladljivo je prečiščenje na sami lokaciji in čiščenje izcednih vod, skupaj s komunalnimi odpadnimi vodami iz naselij, na centralnih čistilnih napravah, če so v bližini. Ker pa so odlagališča običajno oddaljena od naselij, je potrebno pretehtati stroške povezave do sistema javne kanalizacije in stroške za postavitev lastne čistilne naprave pred izpustom v vodotok.

Primerno obliko čiščenja izcednih vod je težko načrtovati vnaprej; običajno jo je mogoče načrtovati šele po zaključenem poskusnem obratovanju odlagališča, ko se z izvajanjem monitoringa ugotovi sestavo odpadnih vod in izbere primerno metodo čiščenja.

Mejne parametre za kvaliteto očiščenih vod določata Uredba o emisiji snovi in toplote v vodo in Pravilnik o emisiji snovi v izcednih vodah iz odlagališč.



SLIKA 3

Prikaz nekaterih značilnih parametrov onesnaženosti izcednih vod, v odvisnosti od starosti odloženih odpadkov

## Onesnažene padavinske vode

K odlagališču vodijo utrjene transportne poti, obkrožajo ga vzdrževalne in intervencijske poti ter parkirišča vozil in utrjeni skladiščni platoji. Padavinske vode s teh površin se tretirajo enako kakor padavinske vode z javnih prometnih površin. Pred izpustom v okolje se morajo mehansko očistiti na lovilcih olj. Zaradi tveganja možnosti stika z odpadki pa se morajo zadrževati v zadosti velikem zadrževalniku, kjer se izvaja kontrola parametrov onesnaženosti. Če se z monitoringom ugotovi, da onesnaženje presega mejne vrednosti, je potrebno tudi te vode pred izpustom dodatno očistiti.

## 4. ZAKLJUČEK

Izgradnja odlagališč je neizbežno povezana z reševanjem odvodnje čistih in onesnaženih voda, ki je pogosto zahteven samostojen problem. Gradnja se v veliko primerih izvaja na lokacijah, kjer imamo opravka s prisotnostjo močvirskih, izvirskih in zalednih vod. Eliminacija teh vod z območja odlagališča je ključnega pomena za zagotavljanje stabilnosti tako velikih zemeljskih objektov. Reševanje teh problemov zahteva interdisciplinarni pristop več strokovnjakov.

V času obratovanja odlagališča in tudi še po njegovem zaprtju se najprej srečujemo s problemom zajema, nato pa še s problemom čiščenja onesnaženih izcednih in padavinskih vod.

Zahtevnost izgradnje odlagališča ni povezana le z njegovo velikostjo.

Vsako odlagališče je potrebno zgraditi in vzdrževati enako odgovorno, saj v nasprotnem primeru lahko predstavlja vsak pomanjkljivo vzdrževan objekt veliko grožnjo za okolje.

# Odvodnja in čiščenje odpadnih voda z avtocest

**dr. Uroš KRAJNC, univ.dipl.inž.grad.**

Institut za ekološki inženiring IEI d.o.o.

**Boris STERGAR, univ.dipl.inž.grad.**

BPI - Biro za projektiranje in inženiring d.o.o.

## POVZETEK

Odvodnjavanje avtocest vpliva na:

- a) prometno varnost, udobnost vožnje
- b) trajnost cest
- c) na okolje.

Voda, pa naj bo meteorna, talna ali zaledna, v vsakem primeru pomeni njena prisotnost na cesti neke vrste sovražnika. Če meteorne vode ne odvedemo z vozišča dovolj učinkovito, ali če nam ga zaledna voda poplavlja, je to lahko usodno za varno odvijanje prometa. Prisotnost vode v cestnem telesu, predvsem pa v voziščni konstrukciji najbolj skrajšuje življenjsko dobo cest. Velika količina prometa, zlasti na avtocestah, ki jih zato tudi gradimo, pa povzroča temu primerno onesnaženje in neposredno nevarnost za okolje.

V članku so opisana izhodišča pri zasnovi odvodnje in čiščenja padavinskih voda z avtocest, tako z stališča prometne varnosti kot vplivov na okolje.

## ABSTRACT

Draining of water from the highways has effect to:

- a) traffic safety, driving comfort,
- b) durability of roads and
- c) the environment.

Presence of water on the road, be it atmospheric, ground water or hinterland water, always represents some kind of risk/jeopardy. If atmospheric water is not effectively drained from the road or there is hinterland water flooding it, this can have major impact on the traffic safety. Presence of water inside the body of the road, especially inside the road surface construction, is responsible for shortening the durability of roads. High density traffic, especially on highways (which are built for this purpose) is causing proportionally high pollution and direct danger to the environment.

Article is about planning of draining and treatment of atmospheric water from the highways from traffic safety point of view as also from the viewpoint of the impact on the environment.

## 1. UVOD - NACIONALNI PROGRAM GRADNJE AVTOCEST

Gradnja slovenskih avtocest se je začela davnega leta 1970 z odsekom Vrhnika - Postojna. Do konca leta 1993 je bilo zgrajenih 198,4 km dvopasovnih in štiripasovnih avtocest. Ena bistvenih značilnosti razvoja Slovenije kot samostojne države je pospešena gradnja avtocest.

Nacionalni program gradnje avtocest je v letu 1994 predvideval gradnjo 318 km avtocest. V začetku leta 2004 je Državni zbor sprejel Resolucijo o nacionalnem programu gradnje avtocest, ki obsega osnovni program v dolžini 538,6 km avtocest in hitrih cest. Eno največjih cestnih gradbišč v Evropi je danes Pomurski krak z dolžino 85 km in bo dokončan do konca leta 2008. Tvoril bo osnovni avtocestni križ v skupni dolžini 538,6 km. Ta osnovni avtocestni križ bo stal približno šest milijard evrov.

Na slovenskih cestah je zgrajenih preko 600 objektov za čiščenje padavinske vode, ki so zemeljske ali betonske izvedbe s funkcijo zadrževanja in čiščenja vode. Na avtocestah prevladujejo zemeljski objekti, na cestah nižjega reda pa gre pogosto za betonske objekte, ki imajo usedalnik z lovilec olj. (Sliki 1 in 2)

Seveda pa morajo avtoceste omogočati poleg hitrega in tekočega odvijanja prometa v prvi vrsti prometno varnost. To zagotavljajo ustrezni tehnični elementi ceste. Prometno varnost pa poleg prometne opreme zagotavljajo tudi konstrukcijski elementi ceste, kamor sodijo zemeljska dela ali spodnji ustroj, voziščna konstrukcija ali zgornji ustroj in odvodnjavanje. Zlasti pomembno je odvodnjavanje, ki, poleg tega da vpliva na prometno varnost, vpliva tudi na udobnost vožnje, trajnost ceste in na okolje. Spodnja slika brez posebnega komentarja najbolj nazorno kaže, kako voda ogroža cestno telo. (Slika 3)

### Izhodišča pri zasnovi odvodnje in čiščenja padavinskih voda z avtocest s stališča prometne varnosti

Padavinska voda na vozišču predstavlja veliko nevarnost za promet. Ob dežju se na vozni površini pojavlja vodni film, katerega debelina je odvisna od več dejavnikov:

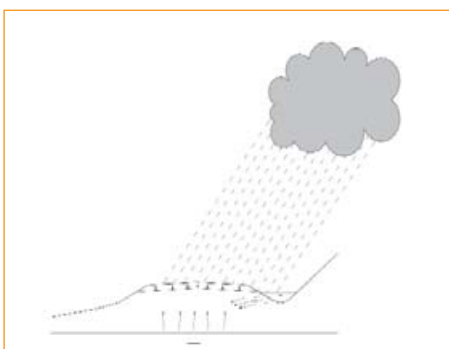
- intenzivnost padavin
- rezultirajoči nagib vozišča
- hrapavost površine vozišča
- neravnine (kolesnice)
- talne označbe
- umazanija
- veter.



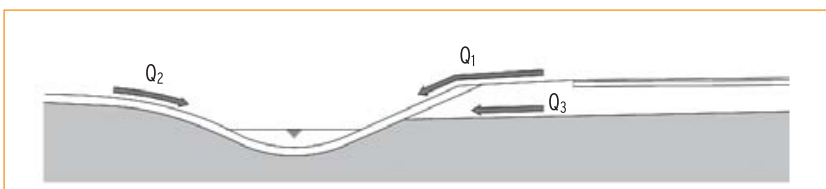
**SLIKA 1**  
Zemeljski objekt za čiščenje  
padavinske vode z avtoceste  
(foto Petra Kralj)



**SLIKA 2**  
Ponikovalnica z betonskim objektom  
za čiščenje padavinske vode z  
avtoceste v Mariboru  
(foto Petra Kralj)



**SLIKA 3**  
Prečni profil ceste



**SLIKA 4**  
Prikaz poti dotekanja vode v jarek

Cilj je, da se padavinska voda čim hitreje odvede z vozišča. Na vremenske razmere ne moremo vplivati, na druge dejavnike pa lahko že v fazi projektiranja, gradnje in kasneje vzdrževanja.

Pri projektiranju je treba največ pozornosti posvetiti rezultirajočemu prečnemu nagibu vozišča. Odvisen je od prečnega in vzdolžnega nagiba vozišča in opredeljuje mejo med tečenjem in zastajanjem vode. Najbolj kritična območja so območja vijačnih prehodov, kjer se zaradi spremembe smeri ceste (S krivina) spreminja predznak prečnega nagiba vozišča.

Pri vijačenju se vedno pojavi tudi tok povratne vode, ko se tok vode, ki se zbira po vozišču, zaradi spremembe prečnega nagiba obrne nazaj proti robu od katerega je predhodno odtekel. Na tem kritičnem območju se odtok vode z vozišča zagotavlja le z zadostnim vzdolžnim nagibom nivelete. Kritična debelina vodnega filma, nad katero se pojavlja akvaplaning je pri različnih hitrostih različna. Pri 120 km/h je med 1,5 in 2,0 mm, pri 100 km/h je med 2,0 in 2,5 mm in pri 80 km/h med 3,5 in 4 mm.

### Voda v cestni zgradbi

Naslednji negativni vpliv vode je, ko se voda pojavi v cestni zgradbi. Tja pride preko bankin, razpok na vozišču, slabega stika med robniki ali koritnicami in voziščem, ali kot precejna voda iz vkopnih brežin. Voda v voziščni konstrukciji zmanjša njeno trdnost in nosilnost. V kombinaciji z obremenitvami in zmrzaljo pa nastajajo velike poškodbe. Začne se pri razpokah, konča pa pri udarnih jamah. Za preprečitev teh negativnih vplivov je treba zagotoviti ustrezno odvodnjavanje voziščne konstrukcije. To dosežemo z nagibi planuma spodnjega ustroja, pravilno oblikovanimi cestnimi jarki, vzdolžnimi drenažami pod robovi cestišča, pri avtocestah pa tudi pod ločilnim pasom.

Poleg tega je tudi pri izbiri materialov za voziščno konstrukcijo (nosilni tamponski sloj) treba upoštevati vrsto parametrov, kot so maksimalna zgoščenost, optimalna vlažnost, zrnavost, odpornost proti drobljenju in zmrzovanju, oblika zrn in drugih, ki jih zahteva produktni standard EN 13242. (Slika 4)

### Zakonodaja

Vsi naši avtocestni odseki, vključno s temi, ki so v gradnji, so projektirani v skladu s Pravilnikom o temeljnih pogojih, ki jih morajo izpolnjevati javne ceste in njihovi elementi zunaj naselja, s stališča prometne varnosti (Ur.l. SFRJ št. 35/81). Od oktobra 2005 imamo v Sloveniji svoj Pravilnik o projektiranju cest (Ur.l. RS št. 91/2005). Oba zelo načelno obravnavata odvodnjavanje cest. Slednji sicer za različne kategorije cest predpisuje pogostost in jakost naliva kot parametra za dimenzioniranje elementov odvodnjavanja, vendar je zaradi raznolikosti podatkov o padavinah na različnih območjih Slovenije bolje upoštevati podatke v Tehničnih specifikacijah za odvodnjavanje cest TSC 03.380 (predlog 2004), ki pa žal s strani Ministrstva za promet še niso predpisane, projektanti pa jih koristno uporabljamo.

| Kategorija ceste | Avtoceste<br>Hitre ceste<br>Ceste G1           | Ceste G2<br>Ceste R1<br>Ceste R2               | Kategorizirane<br>lokalne ceste                | Ceste R3<br>Turistične ceste                     | Javne poti                                       |
|------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Nasip            | Lastne in zaledne dobe<br>povratna doba 5 let  | Lastne in zaledne dobe<br>povratna doba 2 leti | Lastne in zaledne dobe<br>povratna doba 1 leto | Lastne in zaledne dobe<br>povratna doba 0,2 leta | Lastne in zaledne dobe<br>povratna doba 0,2 leta |
| Vkop             | Lastne in zaledne dobe<br>povratna doba 20 let | Lastne in zaledne dobe<br>povratna doba 10 let | Lastne in zaledne dobe<br>povratna doba 5 let  | Lastne in zaledne dobe<br>povratna doba 2 leti   | Lastne in zaledne dobe<br>povratna doba 1 leto   |
| Depresija        | Lastne in zaledne dobe<br>povratna doba 50 let | Lastne in zaledne dobe<br>povratna doba 20 let | Lastne in zaledne dobe<br>povratna doba 5 let  | Lastne in zaledne dobe<br>povratna doba 2 let    | Lastne in zaledne dobe<br>povratna doba 1 leto   |
| Zunanje vode     | Povratna doba<br>100 let+0,5 m                 | Povratna doba<br>20 let+0,5 m                  | Povratna doba<br>5 let+0,5 m                   | Povratna doba<br>2 let+0,5 m                     | Povratna doba<br>1 let+0,5 m                     |

TABELA 1

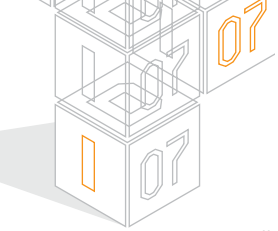
Povratne dobe za računske nalive pri dimenzioniranju kanalizacije cest

Pri projektiranju in gradnji elementov odvodnjavanja cest se od leta 1989 uporabljajo tudi Posebni tehnični pogoji za odvodnjavanje - Knjiga 5 in Dopolnila splošnih in tehničnih pogojev - V. knjiga, DDC Ljubljana, 2004. Od leta 2003 je v uporabi tudi Tehnična specifikacija za javne ceste TSC 06.512, Projektiranje, klimatski in hidrološki pogoji, ki določa potrebne ukrepe za zaščito materialov proti poškodbam zaradi zmrzovanja pri načrtovanju, gradnji in ohranitvi cest.

### Pomembni sklopi pri uspešni odvodnji avtocest

**Faza prostorskega planiranja:** ključne odločitve, ki vplivajo na način odvodnje in čiščenja padavinske vode z avtocest, se sprejmejo v tej fazi, ko je potrebno izbrati optimalno varianto trase. V tej fazi se sami odvodnji daje le majhna pozornost, ali pa se je sploh ne upošteva. Lep primer za to je izbrana trasa avtoceste mimo Hoč (varianta Rumena 3), kjer avtocesta prečka bagersko jezero Hočko gramoznico, ki leži v vodovarstvenem pasu vodnjakov Mariborskega vodovoda v Dobrovcah. Zaradi nevarnosti onesnaženja je bilo potrebno vso padavinsko vodo čistiti na rastlinski čistilni napravi in prečiščeno vodo črpati v Polanski potok. Podobno rešitev je zahtevala tudi trasa avtoceste Slivnica - Draženci.

**Projektiranje:** danes obsegajo načrti odvodnje in čiščenja, hidravlične izračune cevovodov in objektov ter statične izračune cevovodov. Hidravlični modeli obsegajo izračune za različne intezitete in trajanje nalivov, računi upoštevajo tudi retenzijski volumen cevovodov. Pri statičnih izračunih se preverjajo dopustne napetosti pri togih ceveh in deformacije pri podajnih ceveh. Statični



izračuni obravnavajo tako obtežbena stanja po gradnji kot med gradnjo. Posebna pozornost je namenja požiralnikom, ki so izredno pomembni element odvodnje. V kolikor so nepravilno nameščeni oziroma jih je premalo, padavinska voda ostane na cestišču in sploh ne odteče v kanalizacijo.

**Gradnja – kontrola kvalitete:** danes ima nadzor dve močni orožji, to sta preizkus vodotesnosti in pregled s kamero. Preizkus vodotesnosti se izvaja bodisi z vodo bodisi z zrakom, ko gre za daljše odseke večjih premerov cevi, kjer je problem preskrbeti dovolj vode. Izvajajo se seveda tudi prevere zbitosti zasipov.

**Evidence objektov** se izvajajo preko baze podatkov o objektih namenjenih za čiščenje in zadrževanje vode iz avtocestnih površin (EviZAC).

### Izhodišča pri zasnovi odvodnje in čiščenja padavinskih voda z avtocest iz stališča vplivov na okolje

Glavni onesnaževalci v padavinski vodi s cest ter njihov izvor so :

Anorganska onesnaževala:

- svinec (Pb): dodatek osvinčenih bencinov (izpušni plini),
- nikelj (Ni), vanadij (V): dodatka dizelskim gorivom (izpušni plini),
- kadmij (Cd), cink (Zn), baker (Cu), železo (Fe), krom (Cr): dodatki avtomobilskim gumam (obrabav avtomobilskih plaščev),
- mangan (Mn), krom (Cr), nikelj (Ni), železo (Fe): sestavni elementi zavornih oblog (obrabav zavornih oblog),
- molibden (Mo), brom (Br), antimon (Sb): dodatki motornim oljem.

Organska onesnaževala:

- težkohlapne lipofilne snovi = mineralna olja in maščobe (TLS): mazalna in zaščitna olja v avtomobilih,
- poliaromatski ogljikovodiki (PAH): nepopolno izgorovanje različnih goriv,
- atmosferski depozit ter obraba zgornjega sloja asfalta.

### **Zakonodaja čiščenja padavinske odpadne voda**

Osnovni podzakonski akt za področje odpadne vode je predstavljala Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda iz virov onesnaževanja (Uradni list RS, št. 35/96). Ta je v 2. členu točke 8 uvedla pojem odpadne vode, v točki 9.3 pa padavinsko odpadno vodo. V uredbi so bile podane mejne vrednosti parametrov odpadnih voda za iztok v kanalizacijo in iztok v vode. V 19. členu so bili podani ukrepi za padavinske odpadne vode. Pri cestah je bila postavljena omejitev, da veljajo ukrepi le v primeru, če je dnevno povprečje pretoka vozil večje od 5000 vozil na dan.

V pomanjkanju ustrezne državne zakonodaje je Direkcija za avtoceste republike Slovenije (v nadaljevanju DARS) sprejela v letu 1995 interni predpis »Navodila projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije – odvodnjavanje meteornih voda z AC površin«. DARS je nato maja 1999 izdal drugo dopolnjeno izdajo **»Navodila projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije – odvodnjavanje meteornih voda z avtocestnih površin«**.

Navedena interna strokovna navodila DARS-a so pomenila velik prispevek v času intenzivne gradnje avtomobilskih cest v Sloveniji. Pomenila so pomoč projektantom, ki so imeli na voljo tudi vzorčne izračune. Pri uporabi teh navodil pa so se pokazale tudi določene težave. Ključni problem je bilo razumevanje, da smernice v celoti pokrivajo problematiko odvodnje in čiščenja odpadne vode s cest in da lastno znanje projektantov ni potrebno. Nudili so *”potuho”* projektantom, ki so uporabljali vzročne primere tudi za povsem druge pogoje.

### **Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest**

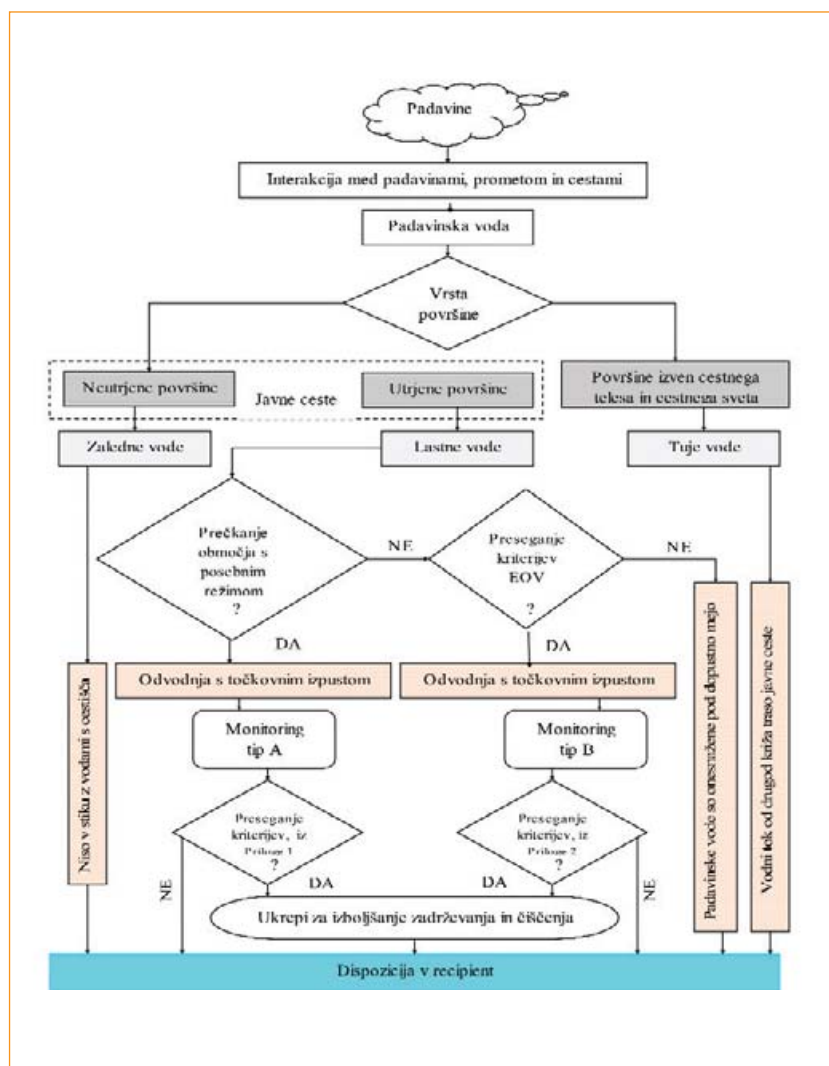
Osnovna potreba po Uredbi je bilo spoznanje, da je potrebno enotno urediti vse javne ceste glede na njihovo prometno obremenitev, naravne danosti na trasi cest in glede na ranljivost voda. Za njih kot sprejemnike padavinske vode, je bil potreben sprejem predpisa o odvodnji padavinskih voda z javnih cest.

V zadnjih letih je Ministrstvo za okolje in prostor izdalo vrsto uredb za najbolj različne tehnološke odpadne vode, ne pa za padavinsko odpadno vodo s cest. Eden od ključnih razlogov za to zamudo je dejstvo, da tudi Evropska unija nima enotno urejenega tega področja, ima pa ga za vse vrste tehnoloških odpadnih voda.

Problem pri onesnaženi padavinski vodi s cest je dejstvo, da onesnaženje povzroča promet, ki je zelo različen po številu in strukturi (osebna vozila, avtobusi, tovorna vozila) in da so padavine, ki povzročajo padavinsko vodo, stohastičen pojav. Na onesnaženje vpliva tudi vzdrževanje cest (soljenje, posip s peskom).

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest je bila objavljena v Uradnem listu RS 47/2005 z dne 13. 5. 2005. Z Uredbo smo želeli enotno urediti vse javne ceste, in ne samo avtoceste, glede na njihovo prometno obremenitev, geološke pogoje, varovana območja ter prejemnike padavinske vode s ceste. Tako smo padavinsko vodo na javnih cestah razdelili po načinu nastanka padavinskega odtoka na tri vrste. Onesnažene vode, ki jih je potrebno čistiti so **lastne vode**, ki se onesnažijo na utrjenih površinah javnih cest. Kadar deli trase javnih cest potekajo preko območij, kjer veljajo omejitve rabe ali dejavnosti po različnih predpisih in na podlagi znane prometne obremenitve javne ceste so možni trije primeri. V prvem so padavinske vode onesnažene manj kot je dovoljena mejna vrednost, zato se lahko izpuščajo v sprejemnik brez posebnih ukrepov; v tem primeru gre za t.i. razpršeno odvodnjavanje. V obeh drugih primerih pa je potrebno urediti zbiranje in odvod s t.i. točkovnim odvodnjavanjem, pri katerem sta predvidena blažji in strožji režim monitoringa.

Za varovana območja veljajo strožji, sicer pa blažji kriteriji oz. dovoljene mejne vrednosti. Za lastne padavinske vode, ki so onesnažene pod dovoljenimi mejnimi vrednostmi, je ustrezen katerikoli način odvodnjavanja skladno s projektom, saj lahko odteka padavinska voda v občestni prostor prosto in brez zadrževanja. V tem primeru se tudi emisije ne vrednotijo. Za ostale lastne vode pa je potrebno padavinsko vodo zbrati s točkovnim odvodnjavanjem, pri katerem je treba urediti spremljanje stanja (monitoring) ter po potrebi, če so izmerjene prekoračene mejne vrednosti, zagotoviti še dodatno čiščenje. Pogoji, kdaj in do katere stopnje je potrebno odpadno vodo čistiti, upoštevajo naravne danosti, npr. vrsto vodonosnika (ločimo npr. medzrnske, kraške vodonosnike), sovpadanje območij z omejitvami rabe in trase javne ceste ter intenzivnost prometa.



SLIKA 5

Ravnanje s padavinsko vodo iz javnih cest (Steinman 2004)

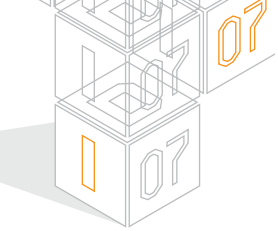
Potrebno je, da se čistijo predvsem vode kritičnega naliva, torej prvi, kritični val naliva, kjer je predpostavljena največja onesnaženost voda. Zato smo določili intenziteto in čas trajanja padavin, ki določata velikost kritičnega naliva (15 minut in 15 l/s.ha).

Točkovno odvajanje padavinske vode je potrebno v štirih primernih. Prvi primer imamo, kadar smo na javni cesti z več kot 12.000 EO/dan in prečkamo medzrnske in razpoklinske vodonosnike. Naslednji primer obravnava trase cest preko občutljivih kraških vodonosnikov in z EO/dan nad 6.000. Kontrolirano odvajanje padavinske vode je potrebno tudi kadar se nahajamo na območjih s prepustnostjo manjšo od 10<sup>-6</sup> m/s in je EO/dan nad 40.000. Zadnji primer predstavljajo trase, ki potekajo po vodovarstvenih območjih in je čiščenje tam zahtevano s posebnim odlokom.

Sedaj ko velja Uredba že več kot leto dni lahko ugotovimo, da v praksi še vedno ni dovolj uveljavljena.

## 2. ZAKLJUČKI

Vzporedno s projektiranjem in izgradnjo avtocest v Republiki Sloveniji so napredovali tudi zakonodajni okvir, projektiranje in gradnja odvodnje avtocest. Dobro rešena odvodnja je bistvenega pomena za prometno varnost ter trajnost avtocest.



## Viri

- Uroš Krajnc, Petra Kralj: Drainage, treatment and monitoring of the meteoric water from public roads in Slovenia, Workshop Ports, Highways, Industries Runoff, Venice, 3<sup>rd</sup> July 2007
- Predlog letnega programa obratovalnega monitoringa odvodnje padavinskih vod z javnih cest, Institut za ekološki inženiring Maribor in Inštitut FGG, d.o.o., Ljubljana, marec 2007.
- Odvajanje in čiščenje padavinske vode z javnih cest, Uroš Krajnc, EKolist št 3
- Komentar k uredbi o odvajanju in čiščenju padavinske vode z javnih cest, Franci Steinman, 31. 3. 2004
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest, Delovna skupina: Metka Pavčič, Andrej Ločniškar, Irena Fortuna, Franci Steinman, Uroš Krajnc, Miha Brenčič, Leon Gosar, predstavitev na DARS-u 24. 3. 2006
- Čiščenje padavinske odpadne vode in meritve ogljikovodikov na primeru lovilca olj, Petra KRALJ, EKolist št 2
- Mihael Brenčič, Primož Pavšič: Voda v cestni zgradbi - evropski projekt COST 351, referat na 8. slovenskem kongresu o cestah in prometu, Zbornik referatov, Portorož, oktober 2006
- Navodilo za načrtovanje in tehnično izvedbo vijačnih prehodov na cestah, Ljubljana, PNZ d.o.o., september 2003
- Tehnična specifikacija za odvodnjavanje cest, Boris Stergar, Uroš Krajnc, referat na 6. slovenskem kongresu o cestah in prometu, Zbornik referatov, Portorož, oktober 2004
- Odvodnja padavinskih voda s cest - predlog zakonske ureditve problematike, Mihael Brenčič, Uroš Kranjc, Andrej Ločniškar, Metka Pavčič, Franci Steinman, referat na 6. slovenskem kongresu o cestah in prometu, Zbornik referatov, Portorož, oktober 2004
- DARS d.d., Nacionalni program izgradnje avtocest

# Dinamika padavin in učinkovito odvodnjavanje streh

**dr. Jurij MODIC, univ.dipl.inž.str.**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

**Tone KOVAČ, univ.dipl.inž.str.**

TRIMO, d.d. Trebnje

**Mojca DOLINAR, univ.dipl.meteorol.**

ARSO, Ljubljana

**mag. David MODIC, univ.dipl.ped.**

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

## POVZETEK

V članku je prikazana problematika odvodnjavanja streh. Pri tem predstavlja velik problem izredna dinamika in fluktuacija padavin, njihova neenakomerna razporeditev, močni kratkotrajni nalivi, in posledično preprečevanje velikih škod, ki bi nastale pri eventualnem poddimenzioniranem sistemu odvodnjavanja. Analizirane so padavine v Sloveniji na osnovi podatkov ARSO, ki so dodane v osnovno bazo podatkov podjetja TRIMO, d.d.. Na tej osnovi, ter na osnovi standardov in predpisov, so izdelana priporočila in metode primerne dimenzioniranja odvodnih sistemov, izdelan je uporabniku prijazen računalniški program ter tudi priročnik, namenjen uporabnikom - projektantom.

## ABSTRACT

In the article the gravity drainage systems of wastewater are shown. The main problem is dynamics and irregularity of rainfall, the short strong showers, and consecutive to prevent damages by undercalculated wastewater drainage systems. On the base of data of rainfall (from ARSO), the rainfalls are analysed, and added to the base of TRIMO. On this base also a user friendly computer program is made, and a handbook for users also.

## 1. UVOD

Odvodnjavanje streh je izjemno pomembno tako v varnostnem kakor tudi v ekonomskem smislu. Glede varnosti velja, da je tudi v primeru hujših naličev treba vso vodo varno in zanesljivo odvesti s strehe po v ta namen predvidenih napravah in sistemih. Pri tem voda ne sme poplavljaliti. Glede ekonomičnosti, pa tudi z narodnogospodarskega in ekološkega stališča, je smotrno, če deževnico koristno porabimo. Osnovni smisel raziskovalne naloge je bil ugotoviti, predlagati in izdelati koncept ter sistem varnega in učinkovitega odvodnjavanja streh, tudi s pomočjo standardnih TRIMO elementov. Treba je bilo izdelati tako varno in učinkovito osnovo za dimenzioniranje sistemov in elementov odvodnjavanja kakor tudi priročnik ter za uporabo prijazen računalniški program, namenjen projektantom tovrstnih sistemov.

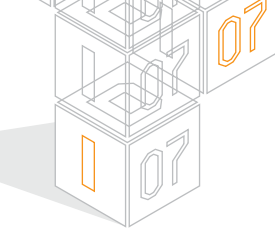
Trimo je v dosedanjem obdobju uporabe SIST EN 12056-3 upošteval intenziteto padavin za dimenzioniranje odvodnjavanja pri 5-minutnem intervalu in 10-letni povratni dobi, 10-minutnega intervala pa ne. Tudi v prihodnje znižanje tega kriterija (na 10 min) ni predvideno.

Osnova za brezhibno delovanje odtočnega sistema je pravilno dimenzioniranje. Pri izračunu strešnega odvodnjavanja moramo upoštevati intenzivnost padavin, to je količino padavin, ki pade v določenem časovnem intervalu v izbranem večletnem obdobju. Te zahteve so po različnih standardih in po različnih državah različne. Pri časovnem intervalu običajno upoštevamo 10-minutni interval, pri zahtevnejših objektih pa 5-minutnega. Povratna doba je običajno 10 ali 20 let. Pri tem pa ne smemo pozabiti, da v nekaterih državah priporočajo najmanjšo količino padavin 300 l/s ha. Problem je v tem, da je porazdelitev padavin izrazito stohastična; od kraja do kraja, pa tudi časovno, se lahko močno spreminja. Tako lahko vidimo, da je pri 5-minutnih padavinah v 10 letnem obdobju za Portorož ta vrednost 718 l/s ha, na drugi strani pa npr. za Rogaško Slatino tudi za 5 min/10 let samo 290 l/s ha.

Povratne dobe padavin so včasih slabo definirane, ravno tako tudi količine padavin. Pri krajših časovnih intervalih pa so lahko nezanesljive tudi meritve.

Pri dimenzioniranju sistemov odvodnjavanja moramo upoštevati standarde, predpise, pravilnike (če so predpisani s pravilnikom, so obvezni). Naslonimo se lahko na obstoječe predpise, ki so v različnih državah različni, lahko pa njihove zahteve iz varnostnih razlogov zaostriamo. Tako dobimo sicer dražje, vendar pa bolj zanesljive sisteme. Zato je bil v nalogi narejen pregled nekaterih standardov, predvsem pa njihove značilnosti.

Računska metoda v članku je skladna s SIST EN 12056-3 ter dopolnjena s statističnimi podatki o padavinah, nekatere zahteve pa so razširjene in tako dajejo višjo varnost, kot je definirana v standardu.



Izdelan je tudi uporabniku prijazen računalniški program, vključno z navodili za uporabo.

## 2. OBSTOJEČI STANDARDI IN PREDPISI

### Splošno

Več držav ima svoje standarde in predpise. Pregled teh kaže, da so si sicer izhodišča precej podobna, vendar pa so v posameznih zahtevah precejšnje razlike, predvsem z ozirom na zahteve po zanesljivosti in varnosti.

### Slovenski predpisi

Izmed slovenskih predpisov so pomembni naslednji:

- Pravilnik o zaščiti stavb pred vlago - Uradni list RS št. 29/2004
- SIST EN 12056-1: 2001 - Težnostni kanalizacijski sistem v stavbah - 1. del: *Splošne zahteve in zahteve za delovanje*.
- SIST EN 12056-3: 2001 - Težnostni kanalizacijski sistem v stavbah - 3. del: *Odvod vode s streh, načrtovanje in izračun*.
- SIST EN 12035-5: 2001 - Težnostni kanalizacijski sistem v stavbah - 5. del: *Vgradnja, preizkušanje, navodila za delovanje, vzdrževanje in uporabo*.

Iz SIST EN 12056-1, SIST EN 12056-3 in SIST EN 12035-5 so razvidne splošne zahteve glede dimenzioniranja omrežja, delovanja, dimenzioniranja, vzdrževanja in uporabe, kar je zelo sorodno ostalim (vodovodnim in kanalizacijskim) sistemom, in ni nobenih posebnosti.

Glavni problem teh standardov se kaže v pomanjkanju podatkov o računski intenziteti padavin za posamezna področja in pokrajine.

Dogovorjeno je bilo, da Trimo, d.d. upošteva najstrožji kriterij glede intenzitete padavin - 5 minut, in povratno dobo 10 let. Zaradi nekaterih problemov pri meritvah pa je (po priporočilih ARSO), za osnovo izbrana intenziteta padavin v času 10 minut, ki je nato korigirana z ustreznim faktorjem.

### Tuji predpisi

**DIN 19 599 - Odtoki in pokritja v stavbah.** Ta standard obravnava talne odtoke in pokritja ter strehe z zatesnitvami. Vendar pa je namen tega standarda predvsem klasifikacija naštetih vrst odtokov ter preizkusnih načel, vključno s kontrolo kakovosti in označevanjem, ni pa navedenih podatkov o intenziteti padavin. Vse zahteve Trimo, d.d. izpolnjuje, manjka pa v standardu, podobno kot tudi pri drugih, podatek o intenzivnosti padavin.

**DIN 1986-100/DIN EN 12056.** DIN 12056 je razdeljen na 5 delov, od katerih samo Del 3 obravnava odvodnjavanje streh (odvodnjavanje, načrtovanje, preizkušanje - januar 2001). Tako kot ostali standardi, se tudi ta posveča izračunom, ki so si med seboj podobni, manjka pa podatek o intenzivnosti padavin.

## 3. PREGLED IN ANALIZA PODATKOV O PADAVINAH

### Splošno

Količina, intenzivnost in pogostnost padavin so zelo naključne vrednosti, ki jih je težko statistično zajeti. Ker se posamezne vrednosti spreminjajo tudi časovno, predvsem pa lokalno, je najprimernejši način za njihovo analizo sistematično zbiranje podatkov o padavinah na posameznih lokacijah in njihovo sprotno noveliranje.

V nalogi so prikazani uradni podatki pristojnih institucij v posameznih regijah in za posamezna časovna obdobja. Na osnovi tega je izdelana pregledna analiza relevantnih podatkov in predlog za njihovo sistematično obdelavo ter spremljanje.

### Slovenija

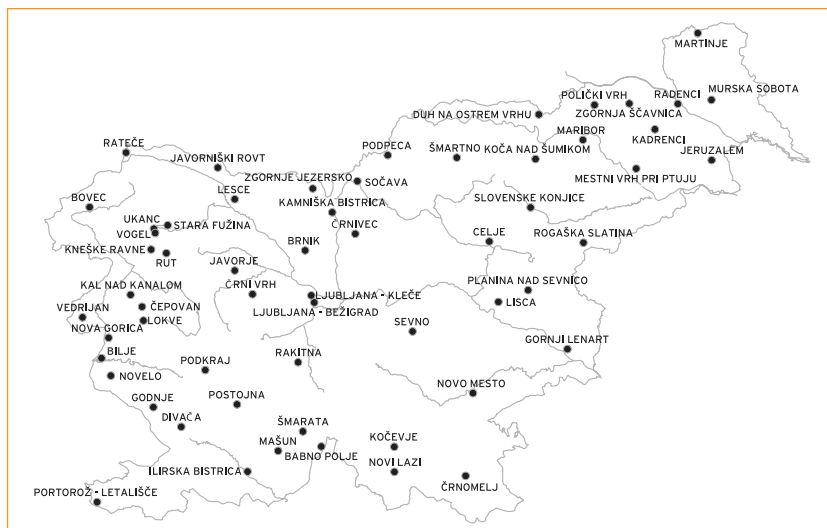
#### **Podatki za Slovenijo**

Na Agenciji RS za okolje je bila izdelana verifikacija napovedi padavin s pomočjo numeričnega modela ECMWF, v okviru projekta EFFS, za območje Slovenije. Verifikacija je bila izvedena za padavinske dogodke, ki so se nanašali na poplave različnih rek. Glede na različne vremenske tipe v Sloveniji so bile izbrane štiri padavinske postaje, kjer so bili analizirani enodnevni padavinski dogodki.

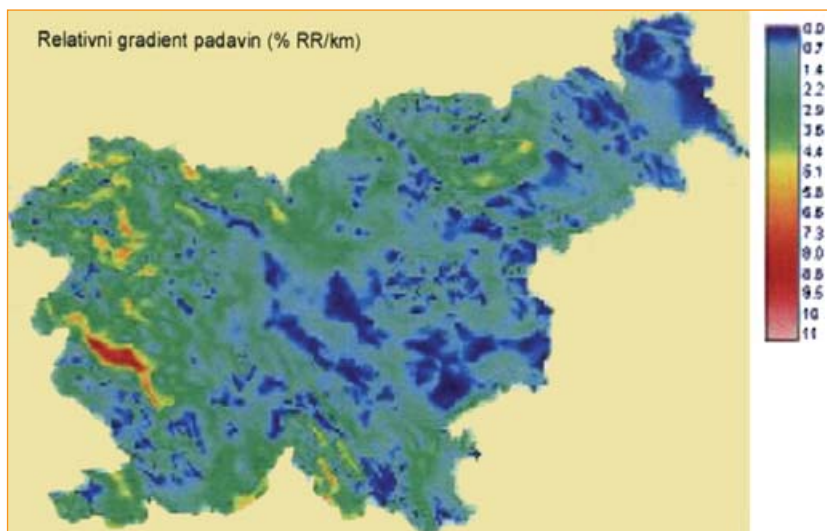
Osnova za analizo pogostosti 10-minutnih nalivov z 10-letno povratno dobo so bile meritve klasičnih ombrografov. Za analizo so bile upoštevane le tiste postaje, ki so delovale 10 let in več. Tako so bili v analizo vključeni nizi iz 63 merilnih točk (glej sliko 3.1). Verjetnostno porazdelitev pojava nalivov je aproksimirana z Gumbelovo porazdelitvijo, ki da za analizo ekstremnih nalivov najboljše rezultate in je tudi najpogostejše uporabljena metoda. Na izračun povratne dobe močno vpliva dolžina niza meritev. Daljši ko je niz, manjšo napako naredimo pri oceni verjetnosti določenega naliva. Zaradi različnega obdobja meritev in različne dolžine nizov lahko na bližnjih postajah pride do velikih razlik med ekstremnimi nalivi z določeno povratno dobo. Pri računanju prostorske porazdelitve ekstremnih nalivov smo te napake upoštevali. Uporabljali smo kombinirano statistično in matematično metodo. Z regresijsko analizo smo ugotavljali odvisnost jakosti nalivov od geografskih spremenljivk (orografski efekt). Za ostanke, ki jih ne moremo pojasniti z regresijo, pa smo sestavili matematični model. Pri tem smo upoštevali dolžino niza kot vir napake točkovne vrednosti.

Kratkotrajni ekstremni nalivi so v Sloveniji vedno povezani s konvektivnimi procesi. Ti procesi spadajo med bolj burne procese v atmosferi za katere je značilno, da se odvijajo zelo hitro in da se ob njih sprošča veliko energije. Zelo pogosto so povezani z

SLIKA 3.1  
Mreža postaj z ombrografij, ki so delovali vsaj 10 let



SLIKA 3.2  
Relativni gradient padavin v Sloveniji



ekstremnimi vremenskimi pojavi kot so nevihte, viharji in močni nalivi. Razgiban relief Slovenije je vzrok za zelo veliko spremenljivost v jakosti in pogostosti nalič. Najpogostejše ti nastajajo na privetni strani orografskih pregrad (nad Slovenijo vlažne zračne mase najpogostejše prihajajo iz JZ) ali nad prisojnimi pobočji, kjer se zrak dviga zaradi pregrevanja in tako se sproži konvektivni proces. Zaradi narave konvektivnih procesov so močni nalivi običajno lokalni pojav. Ob posameznem dogodku lahko pride do zelo velikih razlik v jakosti naličvov že na razdalji nekaj kilometrov (glej sliko 3.3).

Povratna doba  $T$  dogodka je povprečni interval časa, znotraj katerega je vrednost tega dogodka dosežena ali presežena vsaj enkrat. Za povratno dobo 10 let se ustrezna višina padavin, v naličv izbranim trajanjem, pojavi v povprečju enkrat vsakih 10 let.

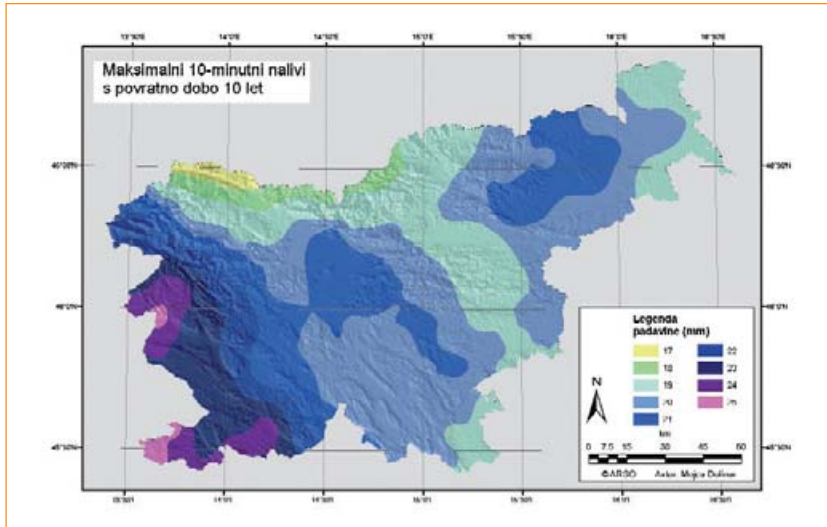
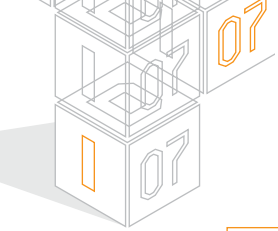
Za računanje povratnih dob, daljših od obdobja s podatki, je uporabljena Gumbelova metoda, ki je ena najpogostejše uporabljenih metod za računanje povratnih dob za ekstremne vrednosti. Ker metoda dopušča neomejeno naraščanje ekstremov z daljšanjem povratne dobe, so rezultati zanesljivi za povratne dobe, ki največ petkrat presegajo dolžino niza podatkov. Rezultati za povratne dobe, ki več kot desetkrat presegajo dolžino niza, niso dovolj zanesljivi.

Pri izbiri podatkov za količino padavin, relevantno za odvodnjavanje, imamo več možnosti. Razen lokacije izbiramo lahko predvsem trajanje padavin (od 5 minut do 1440 min) in povratno dobo (od 1 leta do 250 let). Po dogovoru s TRIMOM, upoštevamo čas intenzitete padavin v prvi fazi 5 minut, povratno dobo pa 10 let. Za posebne primere pa lahko upoštevamo dodatno varnost tako, da upoštevamo daljšo povratno dobo 50 let, 100 let ali 250 let.

Možna je tudi korekcija s faktorjem  $k_d$ , ki ga lahko enačimo s faktorjem varnosti  $k_v$  na 10 letno povratno dobo, kot razmerje v 5 minutnem časovnem intervalu med povratno dobo 250 let, 100 let, (n.p.  $R_{100}$ ) in 50 let ( $R_{50}$ ), n.p.

$$k_d = \frac{R_{50}}{R_{10}}$$

ki predstavlja korekcijo z 10-letne povratne dobe na 50-letno povratno dobo.



**SLIKA 3.3**  
10 minutni ekstremni nalivi s povratno dobo 10 let

Pri interpretaciji računskih vrednosti za intenzivnost padavin moramo upoštevati obdobje meritev: čim daljše je to obdobje, tem zanesljivejše so ocene za daljše povratne dobe. Vzrok je predvsem v meritvah. Če pri veliki intenziteti padavin in pri kratkem časovnem obdobju (npr. 5 min) na začetku zamudimo samo malo, se to močno pozna pri količini padavin v času 5 minut, pri 10-minutnem časovnem intervalu pa je to odstopanje manjše.

Zato smo na osnovi pogovorov na ARSO sprejeli odločitev, da pri računskih podatkih upoštevamo časovni interval 10 min, nato pa izvedemo ustrezne korekcije. V ta namen je ARSO pripravil ustrezno osnovo: podatke o intenzivnosti padavin za 10 let/10 min v mreži velikosti 1.00 km x 1.00 km, na območju R Slovenije.

Varnostni koeficient je lahko različen. Za 10-letno povratno dobo, ali brez upoštevanja dodatne varnosti, je  $k_d = 1$ , za 250-letno povratno dobo pa med 1.70 in med 1.80. Tako je možna korekcija za različne povratne dobe. Lahko pa pri 10-letni povratni dobi povečamo varnost z ozirom na vrsto in pomen objekta.

Okvirni izračun kaže, da je npr. za Ljubljano, če je pri 10-letni povratni dobi

$k_d = 1$ , je:

|              |                        |
|--------------|------------------------|
| $k_d = 1.20$ | povratna doba: 25 let  |
| $k_d = 1.34$ | povratna doba: 50 let  |
| $k_d = 1.48$ | povratna doba: 100 let |
| $k_d = 1.67$ | povratna doba: 250 let |

Ujema se precej dobro tudi 5 min/10 let z 10 min/50 let.

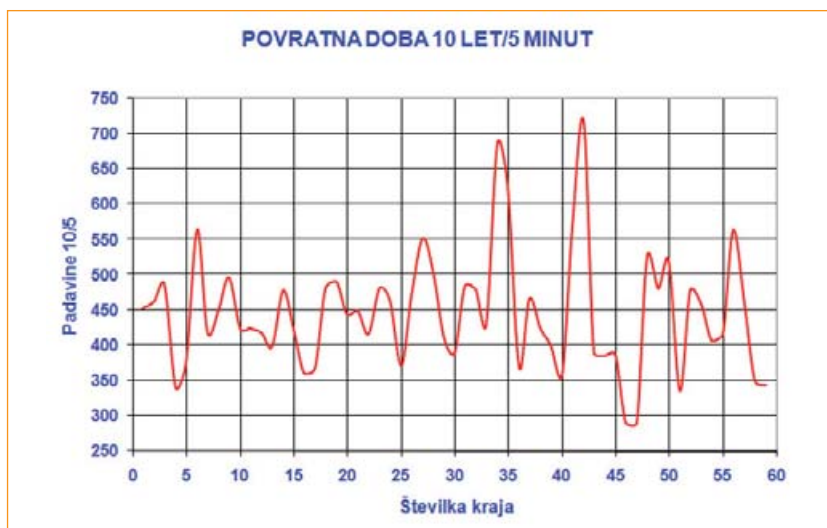
V Tabeli 3.1 je prikazan izvleček tabele s podatki za nekaj krajev v Sloveniji (skladno s sliko 3.1), za 10-letno povratno dobo, za 5 minut in 10 minut ter razmerje med tema vrednostima. Tako lahko iz zanesljivejšega podatka za 10 minut s pomočjo povprečnega razmernika 1.50 dobimo računsko zanesljivejše vrednosti za 5-minutne padvine, ki jih upoštevamo v izračunih (npr. Ljubljana:  $552/397 = 1.39$ ; povprečno razmerje zaradi varnosti ocenimo na 1.50).

Ker so, skladno z navodili ARSO, podatki za 5 minutne padavine manj zanesljivi, smo računsko kontrolirali razmerje med 5-minutnimi in 10-minutnimi padavinami, vendar za 10-letno povratno dobo. Za posamezna merilna mesta dobimo velike razlike med razmerji kar kaže na to, da so res možne zamude, predvsem pri meritvah 5-minutnih padavin.

| Merilna postaja       | 5 min | 10 min | Razmernik 5min/10 min |
|-----------------------|-------|--------|-----------------------|
| 1. Babno polje        | 452   | 345    | 1.31                  |
| 2. Bilje              | 463   | 388    | 1.19                  |
| 3. Bovec              | 487   | 379    | 1.28                  |
| 4. Brnik-letališče    | 340   | 260    | 1.31                  |
| 5. Celje              | 374   | 286    | 1.31 2                |
| 6. Ljubljana-Bežigrad | 470   | 349    | 1.35 2                |
| 7. Ljubljana-Kleče    | 552   | 397    | 1.39                  |

**TABELA 3.1**  
Količina padavin v 5 in 10 min pri 10-letni povratni dobi ter razmerje

Zaradi velike raznolikosti je izdelan tudi grafični prikaz poteka padavin, 10 let/5 min (slika 3.4). Za 10 let /10 min je slika zelo podobna, le ekstremi so manjši.



SLIKA 3.4  
Grafični prikaz poteka padavin - čas 5 minut, povratna doba 10 let

V DIN 1986-100/2002 je definiran minimalen časovni interval in povratna doba, ki jo je potrebno upoštevati pri dimenzioniranju odvodnjavanja in posebej za dimenzioniranje varovanja zaprtih sistemov (ravne strehe in zaprti žlebovi).

#### Ostale države

Za Hrvaško, Srbijo in ostale republike nekdanje Jugoslavije predlagamo začasno:

|         |                         |            |              |
|---------|-------------------------|------------|--------------|
| Hrvaška | 0.05 l/s m <sup>2</sup> | 500 l/s ha | 5 min/10 let |
| Srbija  | 0.05 l/s m <sup>2</sup> | 500 l/s ha | 5 min/10 let |

#### 4. RAČUNSKE OSNOVE SITEMOV ZA ODVODNJAVANJE

##### Splošno

V tej nalogi je bilo, skupaj z naročnikom, dogovorjeno, da bomo v nadaljnjem delu uporabili metodologijo dimenzioniranja po SIST EN 12056 - 3, ki je skoncentriran del iz DIN 1986 - 1 (junij 1988) in DIN 1986 - 2 (marec 1995). Ker pa je ta metodologija stara že več kot 10 let, in ker opažamo določene spremembe vremena, pa tudi nekatere spremembe meteoroloških razmer, smo se odločili, da sicer uporabimo omenjeno metodologijo, da pa jo bomo sproti dopolnjevali z noveliranjem podatkov o padavinah s pomočjo ARSO.

##### Padavine

Intenzivnost (izmerjenih) padavin je izražena z  $r_{iz}$  (l/s m<sup>2</sup>) in je povprečno določena za posamezne kraje. Treba pa je določiti povratno dobo in čas trajanja oz. intenzivnosti.

Za Slovenijo smo karto padavin izdelali posebej in jo je treba posodabljati.

Upoštevali smo varnostne faktorje  $k_v$  z ozirom na vrsto objekta. Ocenjujemo, da so varnostni faktorji po DIN previsoki, zato predlagamo naslednje:

Izkušnje kažejo, da že  $k_v > 1.50$  močno podraži sistem, ne prinese pa toliko k varnosti kot bi pričakovali. Vsekakor je vrednost  $k_v = 3.00$  pretirana, saj prinese trikratno količino vode, ki jo moramo odvajati. Predlog: izjemoma naj bo  $k_v = 2.00$ , v kritičnih primerih 1.50, večinoma pa naj bo  $k_v = 1.00$

Tako je količina padavin, s katero moramo računati  $Q = C * A * r_{iz}$

Izberemo streho oz. njene dimenzije in določimo efektivno površino strehe.

Če ni vetra

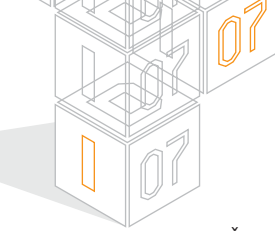
$$A = Lr * Br$$

Če piha pod kotom 26 °

$$A = Lr * \left( Br + \frac{Hr}{2} \right)$$

Če piha pravokotno

$$A = Lr * Tr$$



Če je na streho priključena fasadna površina  $A^*$ , k strehi prištejemo 50 % od  $A^*$

Izberemo varnostni koeficient  $k_v$

S pomočjo teh vrednosti izračunaj celotno količino padavin po enačbi

$$Q = C * A^* \frac{r_{iz}}{10000} * k_p * k_v$$

Nato v skladu z DIN dimenzioniramo:

- zunanje žlebove,
- notranje žlebove,
- odtočne kotličke,
- odtočne vertikale,
- ravne strehe,
- varnostne prelive.

Enačbe in metoda so prikazane v nalogi, in so v skladu z SIST EN 12056-3. Ker pa je uporaba enačb in diagramov zamudna, smo izdelali uporabniku prijazen računalniški program, ki omogoča hitro in enostavno dimenzioniranje odtokov in odtočnih sistemov.

## 5. RAČUNALNIŠKI PROGRAM

### Splošno

Računalniški program bo olajšal in poenostavil delo projektantom. Hkrati je projektantom in izvajalcem namenjen tudi priročnik, ki je sestavni del naloge, vendar je pri delu s priročnikom potrebno klasično računanje, medtem ko pri uporabi programa poteka računanje avtomatično. V programu so zajete naslednje faze načrtovanja:

Navodila za osnovni postopek projektiranja, baza podatkov in računski podatki o padavinah, določitev skupne potrebne količine deževnice za odvajanje s strehe, dimenzioniranje zunanjih žlebov, dimenzioniranje notranjih žlebov, dimenzioniranje kotličkov, dimenzioniranje odtočnih vertikal, dimenzioniranje ravnih streh in dimenzioniranje varnostnih prelivov.

Pri tem tudi ugotovljamo, ali je merodajna, in koliko je zanesljiva metoda podatkov 5 min/10 let ali kakšna druga, in kakšna so razmerja med posameznimi podatki. Povrh vsega pa se bodo ti podatki novelirani, po mnenju ARSO vsakih 5 let.

Za republiko Hrvaško in Srbijo potekajo aktivnosti, katerih cilj je pridobiti aдекватne podatke o padavinah.

Izdelan je uporabniku prijazen računalniški program, sicer na osnovi metodologije SIST EN 12056-3, ki je namenjen tako projektantom proizvodov Trimo kot ostalim projektantom.

Izdelan je tudi priročnik za izračun sistemov in elementov odvodnjavanja, namenjen projektantom in drugim uporabnikom izdelkov Trimo.

Koristno bi bilo, če bi raziskali še uporabo deževnice na različnih področjih.

**Trimo 100**

DOMOV NALOGE

Trimo 2007

Izračun količine deževnice, ki jo moramo odvajati

IME Projekta: Vnesite ime projekta

Izberite državo lokacije: **HR** **SR** Izbrana Država:

Vnesite vrednost: 0 Izbrana Lokacija: X: 504800, Y: 81900

Količina Padavin (riz): 310,80 l/s/ha

Streha:

Določite smer vetra: 15 vrti

Lr: 100 Sr: 100

Ali je na streho priključena fasadna površina (A\*)? ☒ Da

Število odtokov (n0): 30

Koeficient padavin (kp): 1,00 Padavni za 10 minutne padavine (Padavni za 30 minutne padavine / 10 min)

Koeficient strehe (C): 1,00 Strešna površina: 127

Varnostni koeficient (kv): 1,00 Zunanji žlebovi pri standardnih obsekih

**IZRAČUN**

Količina deževnice, ki jo moramo odvajati (Q): 465,75 l/s Električna površina strehe (A): 10.000,00 m2

Količina deževnice za eno strehino (Q0): 23,29 l/s Električna površina strehe na en odtok (Ae): 500,00 m2

Izberite izračun:

Dimenzioniranje zunanjih žlebov Dimenzioniranje notranjih žlebov Dimenzioniranje kotličkov

Dimenzioniranje odtočnih vertikal Dimenzioniranje ravnih streh Dimenzioniranje varnostnih prelivov

SLIKA 5.1

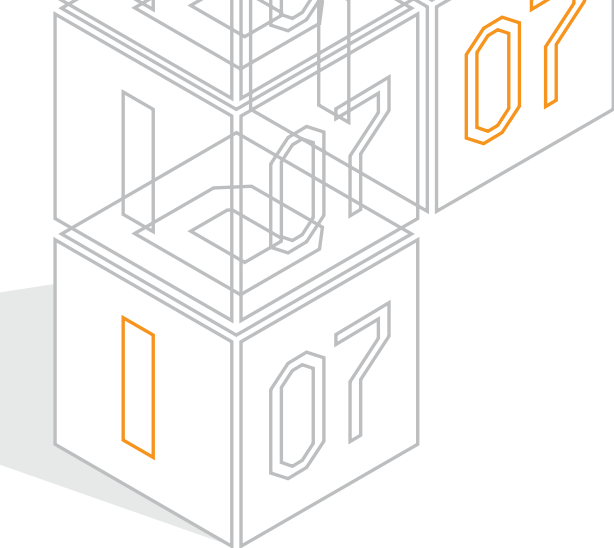
Osnovna oblika programa

## 6. ZAKLJUČEK

V nalogi so prikazani načini odvodnjavanja streh skladno s SIST EN 12056-3 in so prirejeni tako za uporabo izdelkov Trimo kot tudi za splošno uporabo. Glavna pomanjkljivost standarda je, da ne predpisuje časovnega intervala intenzivnih padavin in tudi ne povratne dobe intenzivnih padavin. Izbor padavin na podlagi izkušenj iz tabele v standardu, in z upoštevanjem visokih varnostnih faktorjev, zelo ohlapen in omogoča vgradnjo visoke varnosti, ob nepravilni oceni padavin pa lahko tudi premajhno varnost, kar pa izdatno vpliva tudi na ekonomski vidik učinkovitosti sistemov odvodnjavanja.

Slovenija je, navkljub relativno majhni površini, zelo raznolika glede padavin in smo ta del računanja izboljšali s pomočjo padavinske karte, ki deli Slovenijo na posamezne kvadrate površine 1.00 x 1.00 km. S tem dosežemo relativno dobro pokritost in predvsem zanesljive podatke o padavinah.

Glavni cilj naloge je tako bil pridobiti realne padavinske podatke za kompletno območje Slovenije in jih znotraj programa uporabiti za dimenzioniranje elementov odvodnjavanja ter na ta način dobiti optimalne dimenzije le-teh, z vgrajenim primernim nivojem varnosti.



# Nove možnosti za izrabo vodne energije HE Zlatoličje, ČHE Kozjak

Igor ČUŠ spec., dipl.inž.grad.

Dravske elektrarne Maribor d.o.o.

## POVZETEK

Izkoriščanje energetskega potenciala reke Drave se je pričelo z izgradnjo hidroelektrarne Fala kot prvega tovrstnega že leta 1918, in sicer hidroenergetskega objekta v tem delu Evrope, veriga HE v Sloveniji je bila energetska izkoriščena leta 1979 z dokončanjem zadnje HE Formin. Nove možnosti za izrabo vodne energije so vsekakor povečevanje izkoristljivosti pretoka na obstoječih objektih ter povečevanje izkoristka objekta na podlagi novih tehnologij in znanj. Nadaljnje možnosti so izrabe danosti prostora z izgradnjo črpalnih elektrarn, ter s tem povečevanje izkoriščenosti potenciala reke Drave in izkoristka verige.

## ABSTRACT

Exploitation of the energy potential of the Drava River started already in 1918 with the construction of the Fala hydroelectric power plant as the first hydroelectric facility of its type in this part of Europe. The development of the whole section of the Drava River in Slovenia as regards electric power generation was completed in 1979 with the commissioning of the Formin HPP as the last one in the cascade. Additional possibilities to exploit the available water potential can now be identified in the increase of the usable flow at existing facilities and in raising the efficiency of the power plants by applying new technologies and expertise. Further, the configuration of the area allows it to construct pumped storage power plants and in this way further increase the rate of utilization of the river's potential and the efficiency of the whole chain of power plants.

## 1. IZHODIŠČA ZA IZRABO VODNE ENERGIJE

Slovenska energetska poraba preteklih let ter prihodnja prognoza sta preveliki, prav tako pa so prevelika tudi odstopanja med trendom porabe in zagotavljanjem novih virov zmogljivosti.

Prognoza porasta porabe po električni energiji za obdobje 2007 - 2023, ter prognoza povečevanja energetskih kapacitet niso ugodne.

V Sloveniji obstajajo možnosti in obveznosti energetske izrabe voda. To nam narekuje Nacionalni energetski program obnovljivih virov energije (OVE), ki predvideva dvig deleža OVE z 32,0 % na 33,6 %, ter vse obveznosti veljavnih evropskih smernic. V naslednjih 20 letih bo treba v Evropi nameniti ogromna sredstva za pokritje povpraševanja po energiji in za zamenjavo zastarele infrastrukture. Za realizacijo programa izgradnje energetskih objektov v Sloveniji so zastavljeni cilji v Resoluciji o Nacionalnem energetskem programu (ReNEP).

### Hidroenergija kot obnovljiv viri

Voda je najpomembnejši obnovljivi vir energije in več kot 20 % vse električne energije na svetu je proizvedeno z izkoriščanjem energije vode. Na podlagi smernice Evropske unije o električni energiji iz obnovljivih virov, pomenijo "Obnovljivi viri energije" (OVE) obnovljive nefosilne vire energije; med te vire spada tudi vodna energija oziroma hidroenergija.

EU posveča OVE posebno pozornost že vrsto let. Vse skupaj se je pričelo leta 1996 s tako imenovano Zeleno knjigo, ki je za prvi cilj opredelila podvojitev deleža primarne energije iz OVE v EU. Verjetno najpomembnejši zakonodajni akt na tem področju je Direktiva o spodbujanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov energije, v prvi vrsti na notranjem trgu električne energije.

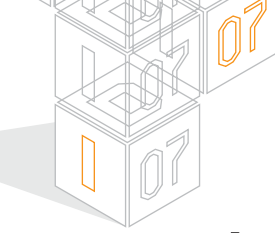
Trenutno v Sloveniji izkoriščamo približno 50 % ekonomsko razpoložljivega energetskega bruto potenciala vodotokov, in na ta način v hidroelektrarnah proizvedemo 24,5 slovenske električne energije.

**Prednosti** izkoriščanja hidroenergije:

- je obnovljiv vir energije,
- ne onesnažuje okolja,
- dolga življenjska doba in relativno nizki obratovalni stroški.

**Slabosti** izkoriščanja hidroenergije:

- izgradnja hidrocentral predstavlja velik poseg v okolje,
- nihanje proizvodnje glede na razpoložljivost vode po različnih mesecih leta,
- visoka investicijska vrednost.



### **Energetika in okolje**

Načeloma je pri umeščanju hidroenergetskih objektov v prostor ob znanih in opredeljenih vplivih na okolje, potrebno upoštevati optimalno razmerje med koristmi in škodo. Ob vseh pristopih izvedbe, energetskih objektov je potrebno upoštevati finančne koristi investitorja ter okoljske škode, ki jih objektivno ni možno vrednotiti. Nove tehnologije ter tehnična in organizacijska ustvarjalnost nam omogočajo zmanjšanje vplivov na okolje.

DEM si niso nikoli lastile reke Drave. Podpiramo prizadevanja za večnamensko izrabo reke tudi s strani drugih uporabnikov. Koncipiranje in snovanje novih objektov mora upoštevati takšne tehnološke rešitve, da je postavitev elektrarn v prostor in vpliv na okolje zmanjšan in nadzorovan.

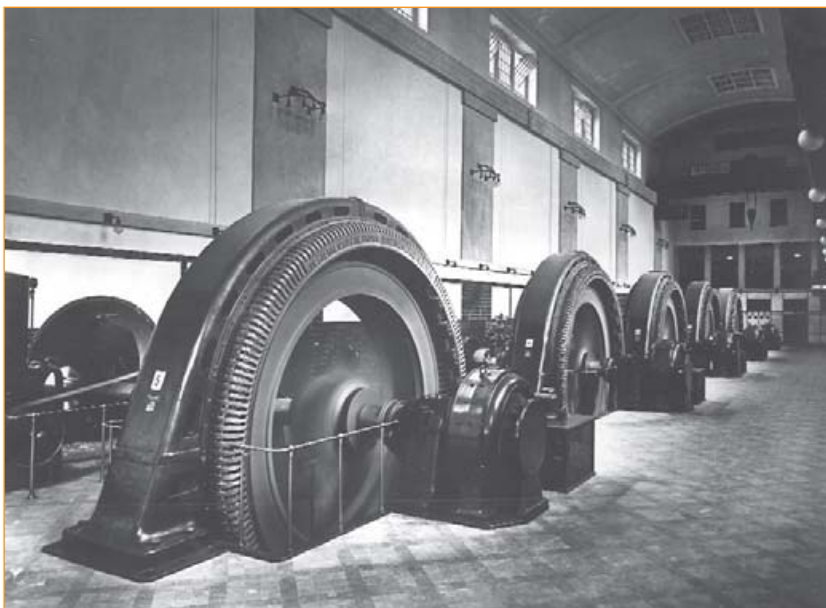
### **Koncept pristopa k izvedbi energetskih projektov**

Energetika je posebno strokovno področje, ki pa zaradi širokega razpona različnih potrebnih znanj ne šteje med temeljne stroke. Nove tehnologije, ideje in možnosti specializiranih strokovnjakov na področju energetske dejavnosti so ključnega pomena za načrtovanje prihodnje oskrbe z energijo, kar pa je možno zagotoviti z nadaljnjim tehnološkim in organizacijskim razvojem na področju proizvodnje električne energije.

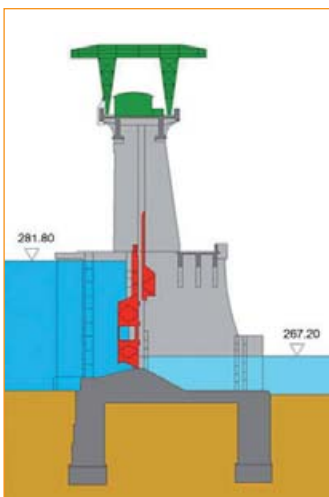
S celotnim programom prenove zgornjedravske elektrarne, obnovo HE Zlatoličje ter investicijskimi projekti ČHE Kozjak in energetske izrabe Mure, so cilji in razvojni načrti temeljito zastavljeni. Izvedba energetskih projektov se v DEM izvaja v projektnih timih z ustreznimi različnimi kadrovskimi zasedbami.

## **2. NOVE MOŽNOSTI ZA IZRABO VODNE ENERGIJE**

Drava je bila prvič energetsko izkoriščena davnega leta 1918, ko je bila zgrajena najstarejša elektrarna HE Fala. Od takrat dalje je s prekinitvami potekal proces energetske izgradnje in prenove obstoječih HE.



SLIKA 1  
Strojnica HE Fala (1913)



SLIKA 2  
Prerez pretočnega polja HE Fala

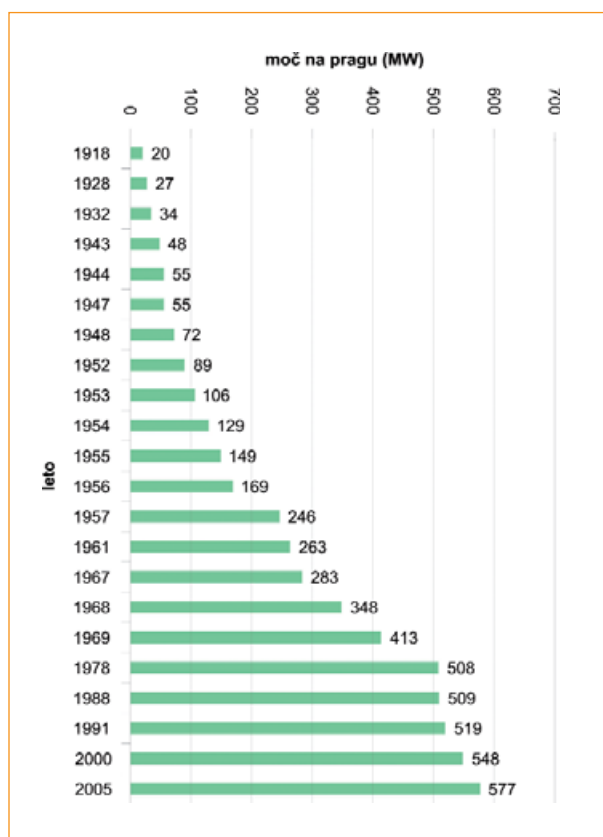
Ostale HE na Dravi so bile zgrajene v obdobju po koncu II. svetovne vojne do leta 1978. Načrtovalce hidroenergetskih objektov in elektroenergetskega sistema je vodila predvsem potreba po zagotovitvi dodatne električne energije.

#### **Možnosti izrabe vodne energije predstavljajo:**

- izgradnja novih hidroenergetskih objektov (na obstoječem vodotoku izkoristiti celotni hidro potencial, na drugih vodotokih ali pritokih),
- posodobitve - prenove obstoječih hidroenergetskih objektov so možne s povečanjem pretokov, maksimiranjem izkoristljivega energetskega padca, z zamenjavo elektro in strojne opreme in s tem povečanje izkoristkov objekta,
- izkoriščanje energetskega potenciala izven obstoječega hidro potenciala reke z izvedbo črpalnih HE in s tem povečevanje izkoristka verige HE.

### **3. REKONSTRUKCIJE OBSTOJEČIH OBJEKTOV HE NA DRAVI**

Odločitve kako posodobiti objekt izhajajo iz ugotovitve, da je življenjska doba gradbenega dela objekta predvidena za najmanj 80 let. Življenjsko dobo hidromehanske opreme lahko primerjamo z dobo trajanja gradbenega objekta, medtem ko je doba turbinske opreme nekoliko krajša in ocenjena na polovico življenjske dobe gradbenega objekta. Elektro oprema ima v primerjavi z drugima dvema izredno kratko življenjsko dobo, kjer pa ima poseben pomen tehnološki razvoj.



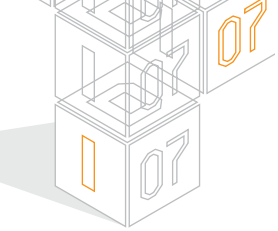
**SLIKA 3**  
Povečevanje skupne moči na pragu  
verige HE na Dravi po posameznih  
letih (izgradnje novih objektov ter  
rekonstrukcije)

#### **Namen, razlogi in potek prenove elektrarn na Dravi**

Posodobitev hidroenergetskih objektov na reki Dravi predstavlja v prvi vrsti strojno in elektro tehnološki projekt, saj glavnino del predstavljajo izdelava in montaža nove turbinske, generatorske, elektro in ostale opreme. Potek prenove elektrarn na Dravi se je pričel z obnovo na HE Fala že v sedemdesetih letih ko je bil objekt star več kot 50 let. Nato se je prenova nadaljevala v osemdesetih letih s pričetkom izvedbe prve faze prenove na objektih HE Dravograd, HE Vuzenica, HE Mariborski otok ter zaključila z prenovo HE Vuhred, HE Ožbalt v letu 2005.

Odgovor, zakaj je bila izvedena prenova gornjedravske elektrarne, je v naslednjih razlogih, ko je potrebno smiselno in ekonomično:

- zagotoviti zanesljivo, varno in ekološko sprejemljivo obratovanje elektrarn v naslednjih desetletjih,
- povečati moč elektrarn, izkoristiti večji del hidropotenciala Drave in povečati proizvodnjo električne energije,
- izboljšati možnosti zagotavljanja sistemskih storitev, kot sta rezervna moč in sodelovanje v sekundarni regulaciji frekvence,
- doseči večjo izenačenost turbinskih pretokov elektrarn in s tem bolj optimalno delovanje vseh elektrarn v verigi,
- usposobiti elektrarne za daljinsko vodenje in obratovanje brez stalne posadke.



#### 4. PRENOVA HE FALA

Namen začetka prenove HE Fala je bil v prvi vrsti povečati pretok in ga uskladiti s preostalimi objekti v verigi, zato je bil leta 1978 v enem prelivnem polju zgrajen dodaten osmi vertikalni agregat moči 16 MW.

Dotrajanost in zastarelost strojne in elektro opreme, sedmih Francisovih agregatov in pripadajoče elektro opreme ter dotrajanost gradbenega dela strojnične zgradbe, je bil naslednji razlog za nadaljnjo prenovo. Dela so se začela leta 1987 in leta 1991 je bila zaključena prva faza, ki je zajemala:

- gradnjo nove strojnice ob desnem bregu elektrarne,
- vgradnjo dveh novih agregatov,
- vgradnjo novih blok transformatorjev,
- zamenjavo celotne opreme za lastno rabo,
- vgradnjo nove opreme za vodenje in zaščito.

Po zaključku prve faze se je prenova nadaljevala in bila sklenjena v letu 1995 ter je obsegala:

- gradbena sanacija stare strojnice na levem bregu in sanacija jezua,
- zamenjane zapornice v štirih pretočnih poljih,
- zamenjana turbina s pomožno opremo osmega agregata,
- vgrajena oprema za daljinsko vodenje elektrarne.

Po teh posegih je HE Fala postala enakovredna preostalim objektom v verigi, kar je omogočalo ekonomičnejšo izrabo celotne verige HE na Dravi.

#### 5. PRENOVA GORNJEDRAVSKIH ELEKTRARN

Že pred zaključkom prenove HE Fala pa se je porajala nova zahteva o prenovi preostalih objektov v verigi. Najprej so bile prenovljene preostale najstarejše elektrarne, nato pa dve najmlajši. V šestih hidroelektrarnah na gornji Dravi, je v drugi polovici osemdesetih let minulega stoletja postajala vse bolj očitna dotrajanost naprav. Njihovo delovanje je bilo vedno bolj nezanesljivo, saj so nekatere izmed njih neprekinjeno obratovale že 40 let.

Posodobitev gornjedravske hidroelektrarne je postala neizogibna, kajti ogrožena ni bila samo proizvodnja temveč tudi zanesljivost obratovanja v naslednjih desetletjih.

Prenova je potekala v dveh delih: najprej je bila izvedena I. faza prenove gornjedravske elektrarne (HE Dravograd, HE Vuzenica in HE Mariborski otok), nato pa je sledila II. faza prenove gornjedravske elektrarne (HE Vuhred, HE Ožbalt). Dela so bila izvedena tako, da je bil istočasno ustavljen samo en agregat vsake elektrarne, saj je bil tako izpad proizvodnje električne energije najmanjši.

##### I. faza prenove gornjedravske HE

V letu 1988 so se pričele priprave na I. fazo prenove pri čemer so bile uporabljene vse preizkušene rešitve pri prenovi HE Fala. Izvedba I. faze prenove se je pričela v letu 1994 na HE Dravograd, HE Vuzenica in HE Mariborski otok.

Obseg I. faze prenove je obsegal zamenjavo:

- 9 vertikalnih Kaplanovih turbin z vso pomožno strojno opremo,
- pripadajočih sinhronskih generatorjev z vzbujevalnim sistemom,
- blok transformatorjev 10/110 kV,
- opreme 110 kV stikališč,
- naprav za zaščito in vodenje,
- naprav za napajanje lastne porabe in brezprekinitveno napajanje,
- usposobitev elektrarne za obratovanje brez posadke,
- prenova telekomunikacijskega sistema elektrarne,
- prenova in posodobitev centra vodenja obratovanja.

V okviru prenove so bila izvedena tudi gradbena dela, ki so bila potrebna za vgradnjo nove opreme.

##### II. faza prenove gornjedravske HE

V II. fazi prenove sta bili v enakem obsegu kakor v I. fazi obnovljeni zadnji dve elektrarni HE Vuhred in Ožbalt.

##### Elektrostrojna dela ob prenovi gornjedravske HE

Prenova je zajemala zamenjavo 15 agregatov z vso pomožno opremo. Vsi agregati, ki jih sestavljata Kaplanova turbina in sinhronski generator, so bili zamenjani v celoti, razen vbetoniranih nosilnih delov. Po demontaži opreme je bil z visokotlačnim vodnim curkom odstranjen beton do nosilne armature, nato pa vbetonirana nova konstrukcija iztoka, ki je omogočila vgradnjo večjega tekača turbine. Izkoristek turbine se je v primerjavi s staro turbino, povečal in pri optimalnem pretoku presega 92 %. Generator pretvarja mehansko energijo turbine v električno z izkoristkom do 98 %.

Vsa turbinska in generatorska oprema je povezana v enoten sistem vodenja elektrarne, ki omogoča daljinsko upravljanje iz centra vodenja.



SLIKA 4  
HE Vuhred



SLIKA 5  
HE Ožbalt

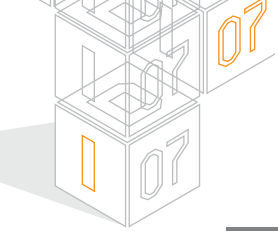
#### **Gradbena dela ob prenovi gornjedravske HE**

V začetni fazi je bilo nujno preveriti stanje elektrarn z gradbenega vidika. Obnovljeni so bili deli objektov in posameznih elementov (tesnilni zidovi, diafragme, stiki temeljev in konstrukcij objektov ...).

Pri turbinski stožecu ki je pomemben element turbinskega stebra, je bil beton odstranjen z visokotlačnim vodnim curkom, saj je bila s tem bistveno zmanjšana možnost poškodb, ki bi lahko nastale pri klasičnem pnevmatskem odstranjevanju betona. Dodatna prednost tega načina je, da poseg ne poškoduje armature. Uporabljena vodna črpalka je imela kapaciteto 200 l/min in delovni tlak 1200 barov. Pri prenovi gornjedravske elektrarne je bil ta način odstranjevanja in rezanja betona uporabljen prvič.

#### **Koristi prenove gornjedravske elektrarne**

Skupna moč dravske elektrarne v Sloveniji je danes po zaključenih prenovah zgornjedravske elektrarne 577 MW, skupna proizvodnja elektrarne na Dravi pa predstavlja ca. 25,5 % električne energije proizvedene v Sloveniji.



|                                                                     | Obdobje prenove | Viri financiranja                                                      |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------|
| Prenova HE Fala                                                     | 1987 - 1995     | Energetska in lastna sredstva                                          |
| I. faza prenove:<br>HE Dravograd, HE Vuzenica<br>HE Mariborski otok | 1994 - 2000     | Lastna sredstva in kredit<br>Evropske banke za obnovo in razvoj (EBRD) |
| II. faza prenove:<br>HE Vuhred, HE Ožbalt                           | 2000 - 2005     | Lastna sredstva                                                        |

**TABELA 1**  
Potek prenove in viri financiranja

| Leto 1985 | Leto 2005 | Povečanje načrtovane proizvodnje | Povečanje načrtovane proizvodnje |
|-----------|-----------|----------------------------------|----------------------------------|
| (GWh)     | (GWh)     | (GWh)                            | (%)                              |
| 1390      | 1521      | 131                              | 9,4                              |

**TABELA 2**  
Povečanje proizvodnje gornjedravske elektrarne

Nova moč verige šestih gornjedravske elektrarne po prenovi znaša na pragu 345 MW. Povedano drugače, s prenovno je veriga pridobila toliko moči, kot če bi zgradili dodatno elektrarno enake moči kot je HE Mariborski otok.

## 6. PRENOVA HE ZLATOLIČJE

HE Zlatoličje, največja hidroelektrarna v Sloveniji, je pričela z obratovanjem že leta 1969. Njena prenova je nujna zaradi izrabljenosti generatorske in turbinske opreme, kar je glavni cilj projekta prenove. Med cilji prenove velja izpostaviti tudi povečanje proizvodnje električne energije in zagotavljanje večje varnosti za okolje in ljudi.

Elektrarna, ki proizvede več kot petino električne energije Dravskih elektrarn Maribor, izkorišča hidro potencial Drave med Mariborom in Ptujem. Za Mariborom Drava priteče v ravnino - Dravsko polje, zaradi česar je bila HE Zlatoličje zasnovana kot kanalska elektrarna.

HE Zlatoličje izkorišča bruto 33 m padca in pri moči 114 MW omogoča letno proizvodnjo 577 milijonov kWh električne energije.

Jezovna zgradba v Melju ima šest pretočnih polj, opremljenih s segmentnimi zapornicami in vrhnjimi zaklopkami. Prepustna sposobnost jezusa je 4200 m³/s. Dovodni kanal, ki se ob jezovni zgradbi Mariboru loči od struge Drave, je trapezne oblike in dolg 17,2 km. Na začetku kanala je prelivni zid, ki loči strugo Drave in dovodni kanal ter zmanjšuje povratni vodni val ob zaustavitvah HE.

V Zlatoličju je strojnica z dvema vertikalnima Kaplanovima turbinama. Zunaj strojnice sta nameščena mrežna transformatorja. Elektrarna je povezana z dvojnim 110 kV daljnovodom v stikališče v Cirkovcah.

### Osnovni podatki o prenovi HE Zlatoličje

- pričetek prenove 2006
- predviden zaključek prenove: leto 2009
- povečanje pretoka HE Zlatoličje iz 450 m³/s na 530 m³/s čimer bo usklajen pretok z zgornjim delom verige
- izgradnja male HE Melje ki bo izkoriščala zahtevani Qesp 20 m³/s (skupno 550 m³/s)
- povečanje moči na HE Zlatoličje za 24 MW
- zagotavljanje varnosti objekta - prelivna stena dovodnega kanala



**SLIKI 6**  
HE Zlatoličje

### **Obseg prenove na posameznih delih HE Zlatoličje**

Dela na jezu Melje in v njegovi neposredni okolici:

- sanacija in dodatna utrditev s sidranjem prelivnega zidu dovodnega kanala,
- dograditev male HE na jezu Melje,
- posodobitev in zamenjava elektro in strojne opreme jezu.

Dela na dovodnem kanalu:

- izvedba varovalnega zidu na kroni nasipa dovodnega kanala.

Dela v HE Zlatoličje:

- zamenjava obeh hidro agregatov v HE Zlatoličje,
- elektro, strojna in gradbena dela v HE Zlatoličje in daljinsko vodenje elektrarne.

### **Elektro in strojna dela ob prenovi v HE**

**Zamenjava agregatov v HE Zlatoličje** bo izvedena tako, da Kaplanovi turbini zamenjamo z zmogljivejšima, ki bosta imeli večji premer gonilnika. Zaradi povečanega premera gonilnika bo potrebno zamenjati vbetonirane dele turbinske obloge v turbinskem stožcu (gonilnikov obroč, spodnji in zgornji vodilni obroč).

**Generator** nad turbinskim prostorom bo tudi zamenjan z novim, ki bo napajal lastno porabo, bo pa v osnovi enake izvedbe kot dosedanj. Novost je tudi priklop generatorja na omrežni transformator preko generatorskega odklopnika, kar bo omogočilo poenostavitve pri napajanju vzbujalnega sistema in lastne porabe agregata.

**Pomožni sistemi agregatov** bodo v celoti zamenjani, kar pomeni zamenjavo hladilnega sistema za generatorja, zamenjavo ležajev in sistema regulacijskega olja. Zamenjana bo oprema za odvodnjavanje turbinskih jaškov, odvodnjavanje pretočnega prostora in zamenjava kanalov razbremenilnikov ter odvodnjavanje prostorov z razbremenilnikoma. Izveden bo nov sistem stisnjene zraka na elektrarni.

**Elektrooprema** kot je napajanje lastne porabe iz 20 kV distribucijskega daljnovoda, napajanje lastne porabe iz odcepnih transformatorjev, diesel agregat, napajanje z istosmerno napetostjo 220 V bo v celoti zamenjana s sodobnejšo. Še najmanj sprememb bo v 110 kV stikališču, kjer so predvideni zamenjava dveh daljnovodnih ločilnikov, zamenjava opreme namenjene električni zaščiti in vodenju ter rekonstrukcija hladilnega sistema na obeh mrežnih transformatorjih. Prav tako bodo vgrajene: nova oprema namenjena električni zaščiti agregatov in drugih porabnikov v elektrarni, povsem nova oprema vodenja elektrarne in meritev ter telekomunikacijska oprema za daljinsko vodenje. Istočasno bo posodobljena oprema za javljanje požara, s čimer bo povečana varnost elektrarne.

**Razbremenilec** je namenjen za preusmerjanje vode mimo turbine pri hitrem zaustavljanju turbine, zmanjšuje nastanek povišanega tlaka vode v turbinskih vtokih ter zmanjšuje povratni val v dovodnem kanalu. Celotna hidromehanska in pogonska oprema razbremenilca bo zamenjana z novo opremo.

**Jez Melje.** V okviru prenove bodo prenovljeni strojni pogoni zapornic na jezu Melje in zamenjana elektrooprema pogonov zapornic. Zamenjana bo oprema SN stikališča s transformatorjem, oprema lastne porabe na 220 V - nivoju AC in DC in diesel agregat. Nova bo oprema daljinskega vodenja celotnega jezu Melje, telekomunikacijska oprema, oprema električnih zaščit na objektu ter portalni žerjav za dvigovanje remontnih zapornic.

**Mala HE Melje,** ki se gradi v sklopu prenove jezu Melje, bo imela približno 2 MVA moči. Mala HE Melje bo imela vgrajeno vertikalno Kaplanovo turbino z direktno vezanim generatorjem na osi. Povezava generatorja bo preko transformatorja 0,4/10 kV izvedena na SN stikališče Jez Melje in distribucijsko omrežje. Poleg elektroopreme namenjene zaščiti, daljinskemu vodenju, meritvam in lastni porabi je v MHE Melje, vgrajena oprema, ki zagotavlja nemoteno delovanje in obratovanje brez posadke. Izvedena bo tudi vsa pripadajoča hidromehanska ter strojna oprema.

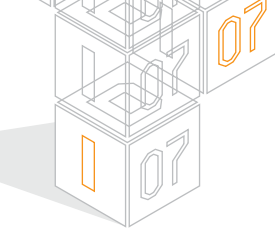
### **Gradbena dela ob prenovi HE**

Pred pričetkom prenove HE Zlatoličje so bili izvedeni postopki preverjanja stanja objektov HE z gradbenega vidika. Opravljene so bile analize elementov konstrukcij. Rezultati analiz so pokazali, da so objekti globalno stabilni razen prelivne stene v začetku dovodnega kanala, ki bila zato sanirana z dodatnimi geotehničnimi sidri, ter s tem dosežena zakonsko zahtevana varnost na potes.

Izkazalo se je, da je za potrebe povečanega pretoka na 530 m<sup>3</sup>/s potrebno nadvišati koto krone dovodnega kanala. Nadvišanje predstavlja 60 cm visoka betonska vodotesna stena, izvedena po celotni dolžini obeh nasipov dovodnega kanala. Na ta način je zagotovljeno varno obratovanje tudi ob neugodnih zaustavitvah in izpadih HE iz omrežja.

Na jezu v Melju je v izgradnji mala HE Melje. Izkoriščala bo ekološko sprejemljiv pretok reke Drave, ki je določen z 10 m<sup>3</sup>/s pozimi in 20 m<sup>3</sup>/s poleti. Izvedena bo kot pribranska HE s vtokom iz dovodnega kanala HE Zlatoličje, neposredno za jezom v Melju. Izток bo izveden v podslapje jezu v Melju. Ta objekt nadomešča že leta 1969 zasnovano malo HE v levoobrežni zgradbi jezu, ki pa je lahko izkoriščala ca 8 m<sup>3</sup>/s pretoka na istem padcu.

Zaradi zamenjave gonilnikov v HE Zlatoličje z večjimi, je treba odstraniti stare gonilnikove obročje in jeklene obloge stožcev sesalnih cevi ter ustrezno količino sekundarne betona.



Armirani beton bo odstranjen z visokotlačnim vodnim curkom, to je tehnologijo, ki je bila že uporabljena in preizkušena v prenovi zgornjedravske HE.

Za nameravano zamenjavo hidromehanske in pogonske opreme razbremenilca bo izvedeno odstranjevanje sekundarnih betonskih delov. Za odstranjevanje betona bo uporabljena enaka tehnologija kakor ob zamenjavi turbin.

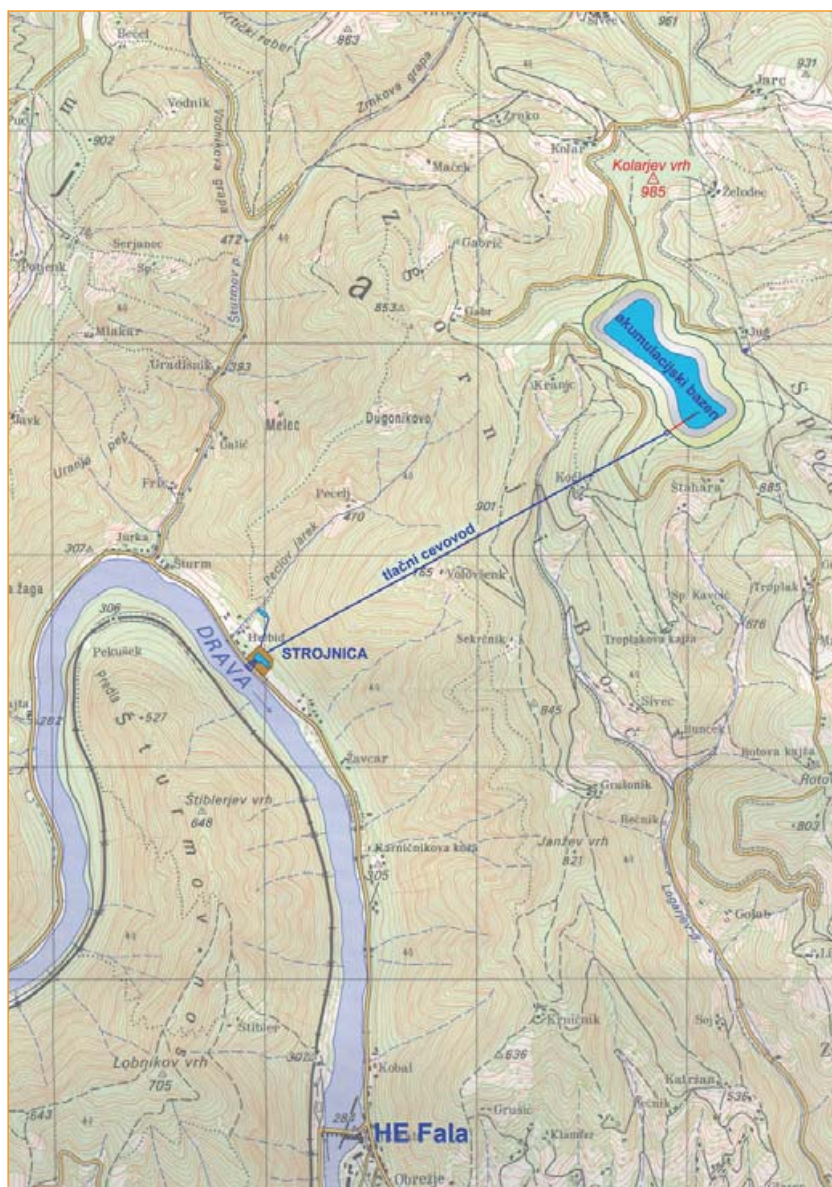
## 7. NOVE MOŽNOSTI IZRABE OBSTOJEČIH VODNIH VIROV (ČHE)

Osnovni koncept izgradnje črpalne hidroelektrarne (ČHE) na Dravi je izrabiti naravne danosti za proizvodnjo električne energije v času njene največje porabe - vršna energija. Po prestopu tisočletja pa so DEM oživile energetske projekte ki so v Jugoslaviji zastali iz različnih razlogov.

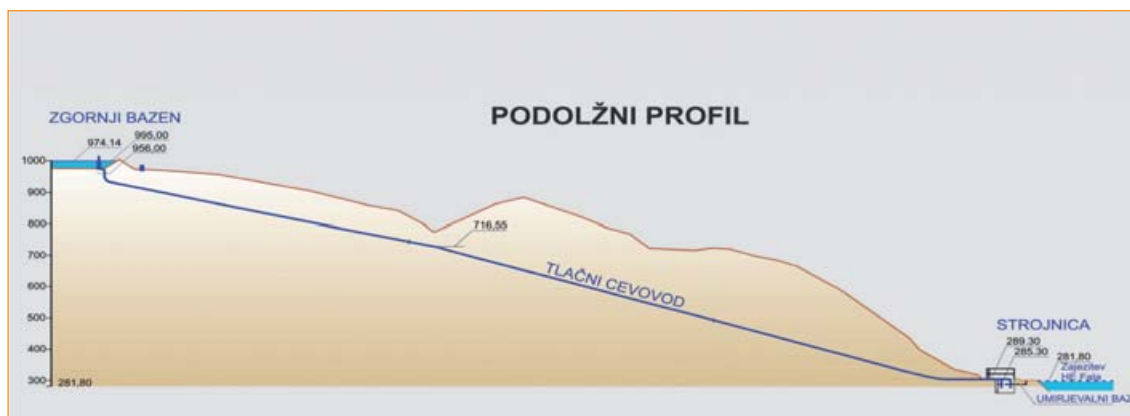
Tehnični podatki objekta:

- 2.9 milijone m<sup>3</sup> vode v akumulacijskem bazenu na Kolarjevem vrhu,
- tedensko polnjenje in praznjenje akumulacije,
- 2 x ca 220 MW moči, v strojnici globine 80 m pod nivojem reke Drave
- 2,5 km dolg dovodni tlačni rov iz akumulacije do strojnice
- daljinovodna 2 x 400 kV povezava do daljinovoda RTP Maribor - Keinachtal (A)

ČHE na Dravi je v fazi postopka državnega prostorskega načrta, celovite presoje vplivov na okolje ter izdelave projektne in investicijske dokumentacije. Temeljni parametri objekta so podani, izdelana je analiza stanj v prostoru ter ranljivost območja, ki ga zaseda objekt. Predvideno je, da bo celoten postopek zaključen v skladu z zastavljenim časovnim planom v skladu z nacionalnim energets-kim programom vključitve objekta v EES.



SLIKA 7  
Pregledna situacija lokacije ČHE Kozjak



**SLIKA 8**  
Karakterističen podolžni profil ČHE Kozjak

### **Opis lokacije načrtovanega posega**

Lokacija strojnice ČHE je predvidena ob obstoječem bazenu HE na Dravi, ki bo prevzel tudi vlogo spodnje akumulacije. Zgornji akumulacijski bazen bo na Kozjaku na levem bregu reke Drave. Povezavo od akumulacije do strojnice predstavlja podzemni tlačni cevovod. Predvidena je izvedba 2 x 400 kV daljnovidne povezava strojnice ČHE z RTP.

### **Strojnica ČHE in spodnji akumulacijski bazen**

Strojnica elektrarne je na levem bregu reke Drave, gorvodno od elektrarne Fala, ob cesti Dravograd - Maribor. Strojnico elektrarne sestavljajo podzemni jašek za vgradnjo agregatov in nadzemni del z montažno dvorano, prostori splošnih in skupnih naprav ter SF6 stikališče. Podzemni jašek strojnice je cilindrične oblike premera 30 m, globine približno 80 m, na vrh katerega je postavljena stavba v dveh etažah. Agregata elektrarne sta vgrajena na dnu jaška. Ob elektro strojni opremi je tu še vsa potrebna oprema za delovanje stojnih naprav elektrarne.

V nadzemnem delu strojnice so prostori z elektro opremo: stikališče, vzbujevalni sistemi, transformatorji in stikališče. Z dna strojničnega jaška vodi vertikalna povezava do vtočno iztočnega kanal v bazen HE Fala. ČHE uporablja za črpanje kot spodnjo akumulacijo akumulacijski bazen HE Fala, kjer je na razpolago okoli 850.000 m<sup>3</sup> koristnega volumna vode.

### **Elektro in strojna oprema ČHE**

V strojnici je predvidena vgradnja dveh hidroagregatov sestojčih iz reverzibilne črpalne turbine in direktno spojenega sinhronskega oz. asinhronskega motor-generatorja ter pripadajoče opreme agregatov in pomožnih sistemov. Črpalni turbini sta zasnovani ustrezno razpoložljivemu padcu (približno 700 m) in nazivnemu pretoku v turbinskem režimu 32,5 m<sup>3</sup>/s ter v črpalnem režimu 22,9 m<sup>3</sup>/s. Nazivna moč ene črpalne turbine v turbinskem režimu znaša okoli 200 MW, maksimalna moč okoli 220 MW, nazivna moč v črpalnem režimu pa znaša ca 180 MW.

Transformatorja bosta v prizidku strojnice in bosta priključena direktno v pripadajoče polje SF6 stikališča. Izvodi DV polj so izvedeni kot prostozračni priključek na portal 2 x 400 kV daljnovoda proti RTP Maribor.

### **Zgornji akumulacijski bazen**

Zgornji akumulacijski bazen s koristno vsebino 2,9 milijonov m<sup>3</sup> bo na Kolarjevem vrhu. Bazen se pridobi z izravnavo obeh vrhov Kolarjevega vrha z vgrajevanjem izkopanega materiala v nasipe, po obodu nastale ravnine. Normalni profil nasipa predvideva najprej odstranitev in deponiranje vrhnje nenosilne površinske preperine. Telo čelnega nasipa deponije se zgradi iz izkopanega nosilnega materiala. Pobočje nasipa akumulacijskega bazena se na zračni strani izvede v naklonu najmanj 1:1,5, na vodni 1:2. Na vodni strani nasipa bo izdelana vodotesna obloga, ki sega nad maksimalno koto gladine vode v akumulacijskem bazenu.

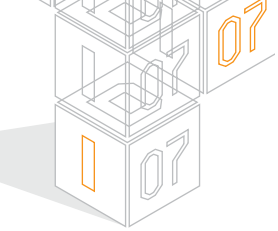
V nasipu bazena na jugovzhodni strani je vtočni objekt, vtok lijakaste oblike in vtočna komora, ki se zapira s tablasto zapornico na hidravlični pogon.

### **Tlačni cevovod**

Tlačni cevovod, ki povezuje zgornji akumulacijski bazen s strojnico, je dolg okoli 2400 m in ustvari skupni padec 700 m. Razdeljen je na tri odseke z različnimi premeri cevi od 4,00 m, do 3,60 m. Sprva poteka trasa cevovoda 40 m vertikalno, sledi 2300 m dolg odsek z naklonom 32 %.

### **Daljnovodna povezava ČHE - RTP Maribor**

Za določitev najugodnejše trase povezave sta bili primerjani dve možni varianti koridorja, severna preko Kozjaka in južni koridor po dolini reke Drave, kjer že potekajo 110 kV vodi. Za vključitev ČHE Kozjak v EES je kot ugodnejša izbrana trasa 2 x 400 kV daljnovoda



povezava med ČHE Kozjak in vključitev v DV 2 x 400 kV od RTP Maribor do RTP Keinachtal. Trasa daljnovoda po severnem koridorju poteka po razgibanem področju Kozjaka. Nato se spusti v ravninski predel ter se vključi v koridor obstoječe trase DV 2 x 400 kV Maribor - Avstrija (Kainachtal).

#### **Potencialni ekonomski učinki obratovanja črpalne hidroelektrarne Kozjak**

Optimizacija delovanja ČHE Kozjak na trgih z električno energijo in sistemskimi storitvami je pokazala, da so možni ekonomski učinki obratovanja odvisni od treh dejavnikov: variante izvedbe elektrarne, cene energije na trgu in cene prenosnih zmogljivosti.

#### **Sistemske storitve v EES Slovenije**

Za izvajanje sistemskih storitev bi ČHE Kozjak lahko zagotavljala rezerve za namen izvajanja sekundarne regulacije v EES Slovenije. Za obratovanje ČHE v terciarni regulaciji je potrebno rezervirati določen obseg zmogljivosti bodisi pri črpanju, pri mirovanju ali pri proizvodnjanju. Vpliv ČHE Kozjak na obratovanje dravske verige je opažen v povečani proizvodnji trapezne električne energije ter v manjši proizvodnji nočne energije.

### **8. Zaključek**

Povečanje proizvodnje električne energije z rekonstrukcijami obstoječih objektov ter izgradnjami novih objektov, je odgovor na vedno večje potrebe po njej. Tudi po prenovi HE Zlatoličje in izgradnji ČHE Kozjak ter morebitni energetski izrabi reke Mure, bo Slovenija električno energijo zaradi primanjkljaja uvažala, a učinek na nacionalno energetsko bilanco bo zagotovo pozitiven. Zagotavljanje dodatne proizvodnje in večje varnosti objektov, ki je bila dosežena s prenovami, je naš odgovor na vedno ostrejša zahteve porabe v Sloveniji.

#### **Viri:**

1. Energetska bilanca republike Slovenije za leto 2007, Min za gospodarstvo, April 2007
2. Nacionalni energetski program OVE za elektriko
3. Framework Convention on Climate Change sprejeta 13.6.1992 na Konferenci združenih narodov o okolju in razvoju (UNCED) v Riu de Janeiru. Ratifikacija Ur. l. RS, št. 59/95
4. Zelena knjiga o energetski učinkovitosti - 2005, Zelena knjiga Evropske komisije o varnosti oskrbe z energijo - 2000)
5. Resolucija o Nacionalnem energetskem programu (ReNEP)
7. Smernice o električni energiji iz obnovljivih virov - Directive 2001/77/EC
8. Aktivnosti v okviru prenove HE Zlatoličje Jožef Hebar univ.dipl.inž.el
9. Prenova elektrarn na reki Dravi - Izkušnje ob zaključku prenove objektov HE od Dravograda do Maribora - gradbeni del. Jože Milič, dipl.inž.gradb. HSE Invest, d.o.o. Maribor
10. Prenova elektrarn na reki Dravi - Izkušnje ob zaključku prenove objektov HE od Dravograda do Maribora - elektro strojni del, Kristijan Mravljak, univ. dipl.inž.el., Anton Bence, univ.dipl.inž.el., Dravske elektrarne Maribor
11. Statistični letopisi energetskega gospodarstva RS
12. Projekt prenove HE Zlatoličje, jez melje in mHE Melje, IBE, 2005
13. Ocena potencialnih ekonomskih učinkov obratovanja ČHE Kozjak, Korona, 2007
14. Idejni projekt ČHE Kozjak, IBE, 2007
15. Fotodokumentacija arhiv DEM

# Sistem črpališč Vrbanski plato – Mariborski otok za varno zagotavljanje pitne vode

Željko BLAŽEKA, univ.dipl.inž.grad.

Institut za ekološki inženiring - IEI d.o.o.

## POVZETEK

V sistemu regionalne oskrbe s pitno vodo severovzhodne Slovenije daje črpališče Vrbanski plato dve tretjini potrebne vode. Načrpana voda je podzemna voda, ki se obnavlja z infiltracijo voda reke Drave in v manjšem obsegu z infiltracijo padavin. Ker je naravna zmogljivost podzemnega vodonosnika glede izčrpavanja podzemne vode omejena, sam vodonosnik pa je izpostavljen potencialni poluciji mesta Maribor, prometne in komunalne infrastrukture, površin v kmetijski rabi, je bil za povečanje zmogljivosti in varnosti tega vodnega vira že v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja postavljen tehnološki koncept »umetnega bogatenja podtalnice«. Osnovni cilj koncepta je v vzpostavitvi nadzorovanega območja podzemnega vodonosnika glede možnosti preprečevanja polucije s tem, da se v veliki meri »odreže« del vodonosnika, ki predstavlja največjo grožnjo varnosti pred polucijo. To je del vodonosnika izpod mesta Maribor in del vodonosnika, ki dovaja vodo k Vrbanskemu platu z desnega brega Drave na območju Limbuške Dobrave. V prispevku je opis faznih rešitev za izvedbo zgoraj opisanega tehnološkega koncepta.

## ABSTRACT

In the regional northeast Slovenian drinking water system supply pumping station system Vrbanski plato - Mariborski otok ensure two thirds of drinking water. Pumped water is underground water, revived via infiltration of river Drava and partly of infiltration of precipitation. Due to limited natural capacity of underground aquifer and possible pollution of aquifer (aquifer is close to the city of Maribor; traffic and communal infrastructure, pollution is also possible via agricultural activities) technological concept - artificial groundwater recharge was defined already in seventies in the previous century to enlarge capacity and ensure security of the water source. The main aim of the concept was to assure controlled area of the underground aquifer in sense to "eliminate" part of the aquifer which presents the highest possible danger to pollution. This part of aquifer is under the city of Maribor and also a part of aquifer, which supply water to Vrbanski plato from the right bank of river Drava in the area of Limbuška Dobrava. In the article there is a description of phase solutions to perform above mentioned technological concept.

## 1. UVOD

Ko govorimo o vodnem viru pitne vode na Vrbanskem platu - »Vrbanski plato« v Mariboru, imamo v mislih tehnični sistem zajemanja, priprave, distribucije, varovanja in kontrole pitne vode. Beseda »vodovod« pa nam predstavlja sistem za oskrbo z vodo, ki medsebojno povezuje črpališča, cevovode, vodohrane in čistilne naprave ter opremo kot so priključki in hidranti.

V tehničnem smislu Vrbanski plato sestavljajo naslednji bistveni sklopi:

Črpalni vodnjaki na Vrbanskem platu, ki neposredno črpajo vodo v omrežje vodovoda;

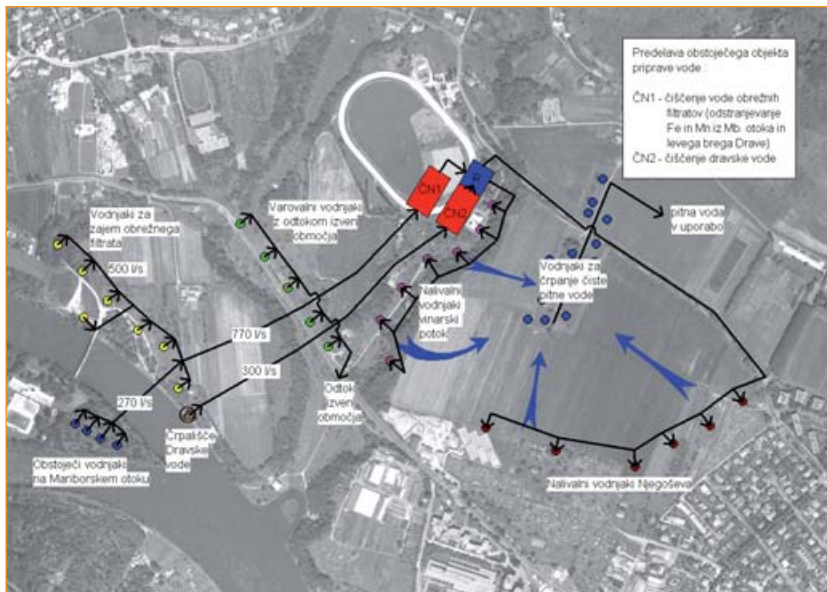
Aktivna zaščita podtalnice I. faza, ki zajema:

- serija vodnjakov na Mariborskem otoku, kot vir vode za umetno bogatenje podzemne vode,
- čistilna naprava v dolini Vinarskega potoka, ki pripravi vodo za umetno bogatenje podzemne vode,
- serija vodnjakov za umetno bogatenje podzemne vode v dolini Vinarskega potoka,
- serija vodnjakov aktivne zaščite ob cesti M3 Maribor Dravograd,
- cevovodi in vodohrane, ki povezujejo zgoraj navedeno v funkcionalno celoto,
- sistem piezometrov za spremljanje kakovosti in hidrodinamike podzemne vode.

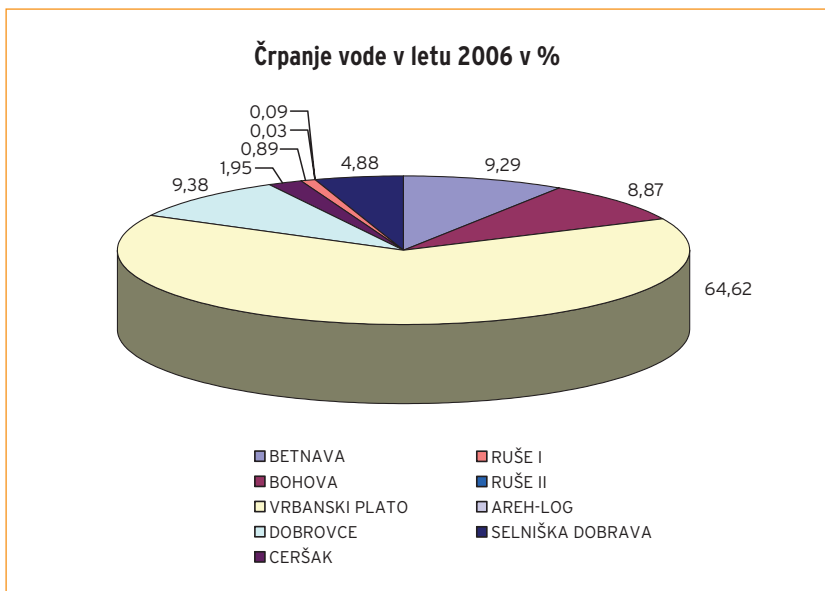
Načrtovana aktivna zaščita podtalnice II. faza, ki zajema:

- serija vodnjakov za zajem obrežnega filtrata na levem bregu Drave pred Mariborskim otokom kot vir vode za umetno bogatenje podzemne vode, zajem dravske vode,
- serija vodnjakov za umetno bogatenje ob Njegoševi cesti,
- povečanje zmogljivosti čistilne naprave.

Ožje območje vodonosnika Vrbanski plato obsega levi dravski breg, ki pa komunicira pod Dravo z desnim delom vodonosnika. Skozi vodonosnik na tem območju se v glavnem pretaka voda, ki pronica iz Drave, ki je zajezena na koti cca 253.0. Na območju Mariborskega otoka priteka tudi del podtalne vode z območja Limbuške Dobrave, na območju med studensko brvjo in železniškim mostom pa del vode z desne strani reke Drave. Dotoki, ki prihajajo z desne strani reke Drave niso bili natančneje analizirani in ni ugotovljena njihova natančna velikost. Manjši je delež padavin, ki padejo na območju samega vodonosnika. Na eni strani je to večinoma gosto poseljeno mestno območje z urejeno kanalizacijo, po drugi strani so na območju Vrbanskega platu terase zavarovane z



SLIKA 1  
Vodonosnik Limbuške dobre ter Vrbanskega platoja do Melja



SLIKA 2  
Tabela načrpane vode po virih

nepropustno glinasto krovno plastjo. Voda, ki priteka iz padavinskega zaledja na levem bregu reke Drave, odteka v večini primerov v potoke kot so Kamniški potok, Rošpoh, Počehovski potok in še nekaj manjših. Na območju vodonosnika so ti potoki v glavnem regulirani z utrjenim dnom ali pa so celo kanalizirani, tako da je njihov delež v napajanju podtalnice tega območja zanemarljiv.

Vrbanski plato daje regionalnemu vodovodu, s katerim upravlja Mariborski vodovod, dve tretjini potrebne vode, ostali vodni viri pa deleže razvidne iz spodnje razpredelnice (za leto 2006)

## 2. RAZVOJ VODOVODA

Vodovod so dali v uporabo 1901 leta. Ta je imel takrat zajetje na Teznem, protiležni vodohran pod Kalvarijo distribucijsko omrežje za dobrih 36 000 prebivalcev. Od njegovega rojstva pa do leta 1990 se je vodovod razvijal, kar zadeva vodne vire, preko kriz, povezanih s pomanjkanjem vode. Razvojna značilnost vodovoda je, da je priključevanje novih porabnikov, večanje porabe vode v gospodarstvu do prehoda na tržno gospodarstvo leta 1990, prehitelo izgradnjo ustrezno zmogljivih vodnih virov. Kar zadeva Vrbanski plato, je njegovo vlogo v razvoju vodovoda in osnovne obrise tehničnega razvoja določil dr. Mitja Rismal. Z raziskavami zmogljivosti Vrbanskega platoja v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja, možnosti tudi formalne zaščite - kar je omogočala občini takratna zakonodaja o vodah je ugotovil, da je njegova naravna zmogljivost 400 l/s. Nadalje je bilo ugotovljeno, da se vodonosnik Vrbanski plato napaja z vodo pretežno iz reke Drave, k sami seriji črpalnih vodnjakov pa priteka iz smeri mesta in iz smeri Mariborskega otoka. Voda k seriji črpalnih vodnjakov doteka po opuščeni dravski strugi, zasipani z dravskim prodrom in danes prekrti s plastmi glin nanosenih iz Slovenskih Goric. Taka situacija je nudila ekonomsko ceneno vodo, možnost zaščite na relativno mali površini, a sorazmerno veliko tveganje pred možno polucijo iz urbaniziranega dela mesta Maribor in iz smeri Mariborskega otoka ter same Drave. Že leta 1977 je bilo detektirano onesnaženje dela vodonosnika Vrbanski plato s kromom 6+, vir pa je bil industrijska dejavnost na mestnem robu od

koder priteka voda na Vrbanski plato. Desetletje pozneje, je bilo prav tako iz iste smeri detektirano onesnaženje s kloriranimi topili. Podoben vzrok. Iz smeri Mariborskega otoka doteka podzemna voda tudi z desnega brega Drave, kjer teče pod poljedeljskimi površinami in prinaša sredstva za varstvo rastlin.

V konceptualnem smislu je sredi sedemdesetih let prejšnjega stoletja Rismal postavil tehnične temelje bogatenja podtalnice in s tem aktivne zaščite Vrbanskega platoja. Bistvo tehnične rešitve je v izgradnji podzemne vodne ovire v toku podzemne vode, ki doteka na Vrbanski plato. Ovira se ustvari s pripravljeno vodo, ki jo vnesemo-nalijemo v vodonosnik preko nalivalnih vodnjakov. Vodo za nalivanje pa je možno pridobiti na Mariborskem otoku ali iz obrežnega filtrata Drave ali pa kar iz Drave. Tako pridobljeno vodo pa je po predelavi v čistilni napravi možno infiltrirati v podzemlje v serijah negativnih vodnjakov. Na ta način lahko povečamo zmogljivost samega Vrbanskega platoja v odvisnosti od količine infiltrirane vode in odinemo potencialno grožnjo polucije iz smeri mesta in iz smeri Mariborskega otoka. Nadalje je možno ustvariti ustrezne rezervne kapacitete pitne vode v podtalju namesto v vodohranih.

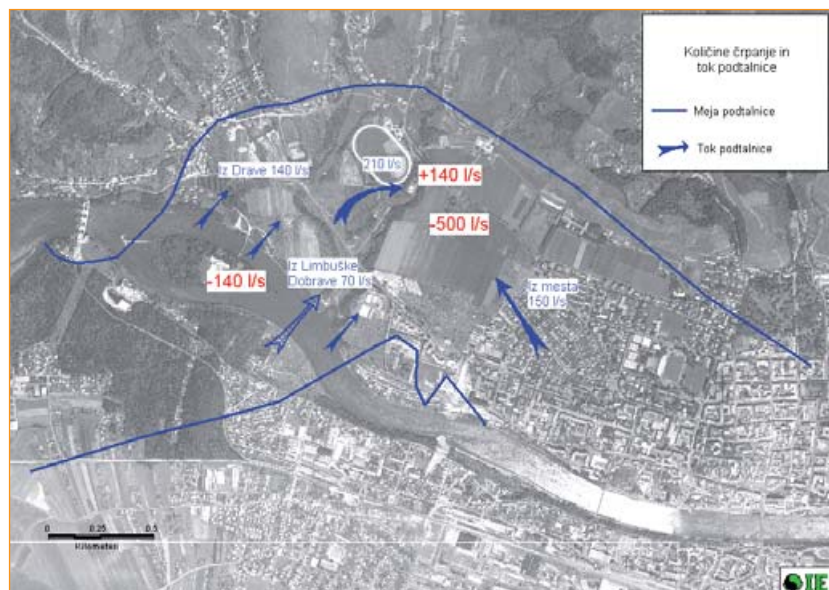
Sam koncept ni bil nemudoma uresničen, pač pa je v vodni krizi leta 1985 takratna mariborska skupščina sprejela ustrezen dolgoročni program oskrbe z vodo, ki je omogočil začetek izgradnje koncepta povečanje varnosti in zmogljivosti Vrbanskega platoja, s projektom umetnega bogatenja podtalnice.

### 3. OPIS VRBANSKEGA PLATOJA

V uvodu opisane komponente Vrbanskega platoja so se izgrajevale etapno.

#### Črpalni vodnjaki Vrbanski plato

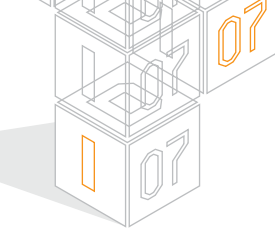
Črpalne vodnjake so gradili skladno s povečano porabo vode in dejansko naravno kapaciteto Vrbanskega platoja. Začelo se je z izgradnjo v šestdesetih letih, in ob koncu osemdesetih let je bila izkoriščena naravna kapaciteta Vrbanskega platoja 400 l/s. Zgrajeni vodnjaki so označeni z rimskimi št. IX-XXI. Prvi vodnjak IX je kopan, premera 3 m globine 40 m. Ostali vodnjaki so bili izdelani z vrtanjem. Inštalirana kapaciteta črpalk v vodnjakih je omogočala dinamično pokrivanje sezonske in dnevne porabe vode, saj sam vodovod po začetku leta 1901 ni pridobil dodatnih vodohranih kapacitet. Vrbanski plato je omogočal ustrezno nabiro vode v poroznem gramoznem zasipu vodonosnika in fleksibilnost črpalnega režima, da je lahko pokrival različno dinamiko porabe vode tekom leta in dneva. V konici so načrpali 550 l/s pitne vode. Z izgradnjo prve faze umetnega bogatenja podtalnice, sta bila leta 1987 dograjena vodnjaka XX in XXI, leta 1990 pa vodnjaka XXII in XXIII, s čimer je bila povečana rapoložljivost Vrbanskega platoja na 650 l/s.



SLIKA 3  
Ocenjene količine pretoka v  
vodonosniku Vrbanskega platoja

#### Črpalni vodnjaki na Mariborskem otoku

Izgradnja vodnjakov na Mariborskem otoku kapacitete 300 l/s je naletela na oster odziv naravovarstvenikov, saj je Mariborski otok zavarovan kot naravna znamenitost. Po mnenju načrtovalcev, bo varstveni režim na otoku z izgradnjo vodnjakov samo pridobil dodatno zaščito pred drugimi posegi, sama graditev vodnjakov in črpanje vode pa ne bosta vplivala na biocenozo otoka. Naravovarstveniki niso verjeli tehnološkimi izračunom in meritvam, tako da je bilo v postopku izdaje gradbenega dovoljenja to dano le za črpanje vode iz dveh vodnjakov (zgrajeni so štirje), predpisan pa je bil petletni monitoring vpliva izgradnje in črpanja vode na okolje. Okoljevarstveniki so namreč domnevali, da bo otok odneslo, da bo veliko izčrpanega peska, da se bo vegetacija posušila, da voda ne bo ustrežna, ...



### **Petletni monitoring črpanja je pokazal, da sistem deluje kot je bil načrtovan in da so vplivi na okolje zanemarljivi**

Tehnično so vodnjaki zgrajeni z vrtanjem, vsa infrastruktura je vgrajena v zemljo. Vidni so pokrovi vodnjaških jaškov in zračniki. Cevovodi so jekleni, katodno zaščiteni. Cevovod pod Dravo je bil položen s klasičnim izkopom v dravsko dno s splava. Narejen je bil geodetski posnetek izkopanega jarka in zagotovljen potapljaški nadzor zasipavanja jarka. Celotni kos poddravskega cevovoda je bil zvarjen na obali in z dvigali položen na vodo, kjer je plaval. S postavitvijo na pravo lego glede izkopanega jarka in polnjenja cevovoda z vodo in izpuščanjem zraka iz cevovoda je bil le-ta, s pomočjo potapljačev, položen v izkopan jarek. Po položitvi je bil jarek samo zasut brez posebnih utrditev. Cevovod iz Mariborskega otoka se zaključi v čistilni napravi v dolini Vinarskega potoka.

### **Čistilna naprava v dolini Vinarskega potoka**

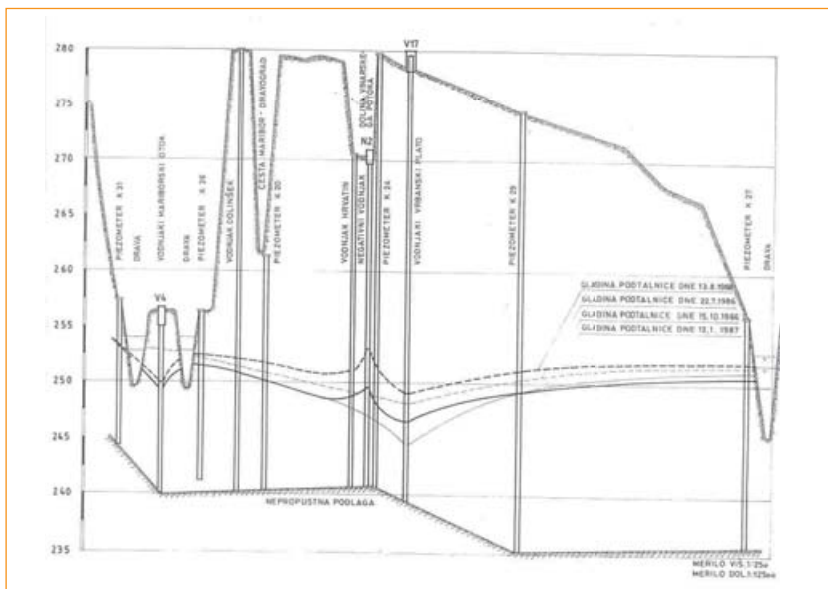
Čistilna naprava je koncipirana za pripravo vode pred ponikanjem v nalivalnih vodnjakih. Tehnično naprava izvaja nekaj osnovnih funkcij redno, pripravljena pa je tudi za delovanje v izrednih razmerah, če bi prišlo do polucije Drave in s tem do onesnaženja načrpane vode na Mariborskem otoku.

Redne funkcije naprave so: kontrola in eventualno izločanje izčrpanega peska iz podtalja, zasičenje vode s kisikom, filtriranje na hitrih peščenih filtrih, hramba vode v distribucijskem vodohranu in distribucija vode v negativne vodnjake.

Izredno delovanje naprave je rezervirano za spekter neznanih polucij. Tehnološko so to postopki oksidacije z ozonom in uporabo aktivnega oglja v prahu ali po potrebi tudi v granulah kot modifikacija peščenih filtrov. Naprave za te razmere ni možno pognati na gumb, ampak je potrebno za konkretno onesnaženje, kot izredni dogodek, tudi predpisati tehnološki postopek in dograditi ustrezno opremo. Čistilna naprava do danes obratuje že dobrih 20 let, in v tem obdobju ni bilo izrednih dogodkov in ne potrebe po izrednem čiščenju načrpane vode na Mariborskem otoku.

### **Nalivalni vodnjaki v dolini Vinarskega potoka**

Nalivalni vodnjaki se tehnično zgradijo enako kot vodnjaki za črpanje vode. V dolini Vinarskega potoka so izvrtane štiri vodnjaške vrtine in jih opremili z vodnjaškimi filtri, le dve sta dograjeni v nalivalna vodnjaka. Oprema nalivalnega vodnjaka je sestavljena iz nalivalne cevi, ki ima na iztoku dušilko za hidravlično kontrolo dotekajoče vode, iz črpalke za povratno izpiranje vodnjaka in iz piezometre za kontrolo glavin vode ustrezne armature. Po potrebi se izvaja "šok kloriranje" dotekajoče vode in ustrezno povratno izpiranje vodnjakov. Dvajsetletna eksploatacija nalivalnih vodnjakov ni pokazala omembe vrednih tehnoloških problemov. Vsa voda iz Mariborskega otoka se naliže v podtalje in na ta način že ustvarja prerazporeditev dotokov k črpališču Vrbanski plato glede na razmere pred umetnim bogatenjem podtalnice. Delež vode, ki doteka iz smeri mesta je manjši od tistega pred umetnim bogatenjem.



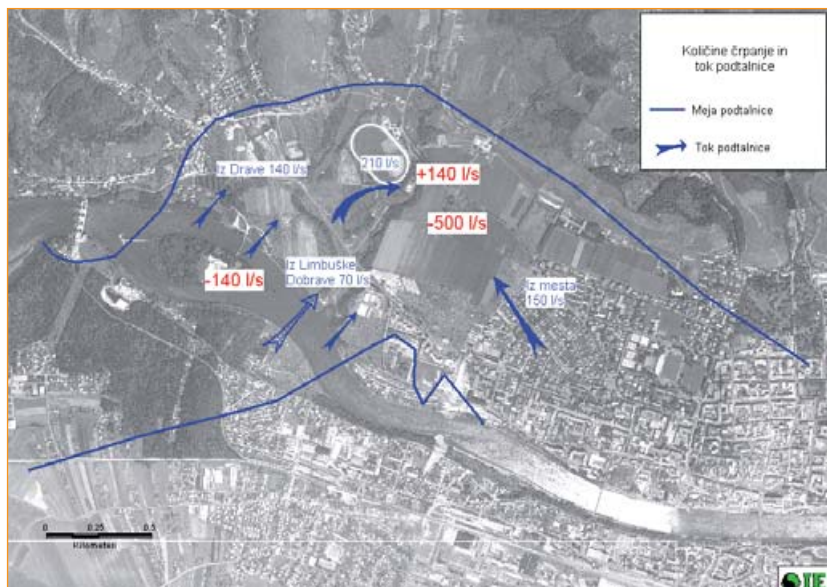
**SLIKA 4**  
Prečni prerez vodonosnika na Vrbanskem platu

### **Aktivna zaščita ob cesti M3 Maribor – Dravograd**

Državna cesta proti Koroški prečka tok podzemne vode, ki doteka na Vrbanski plato na delu, kjer je Vinarski potok v geološki preteklosti erodiral zaščitno glinasto plast nad talno vodo. Zaradi, po tej cesti za ves promet sproščenega prometa, se je izvedla pasivna in aktivna zaščita. Pasivno zaščito ceste predstavljajo konstrukcijske rešitve tesnenja in evakuacije razlitih snovi. To vključuje tudi možnosti intervencijskih poti in ukrepov. Aktivna zaščita pa pomeni izgradnjo serije vodnjakov, njihovo vzdrževanje v pogonski pripravljenosti s testiranjem razpoložljivosti za ukrepanje v primeru nesreč z nevarnimi snovmi. Vzdrževanje vodnjakov izvaja Mariborski vodovod. Vodnjaki so bili zgrajeni leta 2000 in do sedaj ni bilo nesreč z nevarnimi snovmi.

### **Načrtovana II. faza aktivne zaščite Vrbanski plato**

Ta faza predvideva izgradnjo sistema za povečanje varnosti in zmogljivosti Vrbanskega platoja za dolgoročne potrebe na priplazno 1000 l/s. Tehnološki koncept omogoča etapno izgradnjo ustreznih objektov, skladno z naraščajočimi potrebami. Zasnova je naslednja:



SLIKA 5

Zasnova aktivne zaščite in povečanja zmogljivosti črpališča Vrbanski plato (vir: koncept prof. dr Mitja Rismal)

Koncept aktivne zaščite in povečanja zmogljivosti črpališča Vrbanski plato vsebuje naslednje elemente:

1. črpanje obrežnega filtrata reke Drave v vodnjakih na Mariborskem otoku in v vodnjakih na levem bregu reke Drave nasproti Mariborskega otoka, transportni cevovod za obrežni filtrat do objekta priprave vode za čiščenje obrežnega filtrata (ČN1) v dolini Vinarskega potoka, ureditev čiščenja obrežnega filtrata v objektu priprave vode - ČN1,
2. zajetje in črpanje dravske vode, transportni cevovod za dravsko vodo do objekta priprave vode za čiščenje dravske vode (ČN2) v dolini Vinarskega potoka, ureditev čiščenja dravske vode - ČN2,
3. razvod očiščene in pripravljene vode za umetno bogatenje v sistem nalivalnih vodnjakov v dolini Vinarskega potoka ter na zahodnem robu črpališča Vrbanski plato ob Njegoševi ulici,
4. razširitev kapacitet črpalnih vodnjakov v črpališču Vrbanski plato,
5. sistem varovalnih vodnjakov ob regionalni cesti Maribor - Dravograd na ranljivem območju v dolinah Vinarskega in Rošpoškega potoka.

Izgradnja celotnega sistema aktivne zaščite in povečanja zmogljivosti črpališča Vrbanski plato je razdeljena v naslednje etape:

#### **I. Faza: sistem umetnega bogatenja v količini 150 l/s**

Ta faza je bila zgrajena s sistemom vodnjakov na Mariborskem otoku, transportnim cevovodom in objektom priprave vode v dolini Vinarskega potoka ter štirimi nalivalnimi vodnjaki.

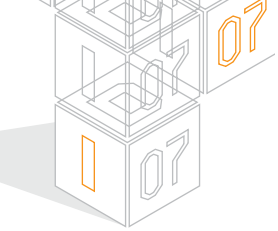
#### **II. Faza 1.etapa: povečanje zmogljivosti umetnega bogatenja na skupno 250 l/s**

V tej fazi je predvideno 100 l/s kot nadomestilo vodnjakov ob Bohovi zaradi ogrožanja črpališča s strani prometa z nevarnimi snovmi po bližnji avtocesti. V ožjem strokovnem pogledu vsebuje ta faza izgradnje naslednje vsebinske in funkcionalne sklope:

- povečanje zmogljivosti obstoječega črpališča Vrbanski plato za 100 l/s,
- delna preprečitev potencialne nevarnosti katastrofalnega onesnaženja črane pitne vode z onesnaženo podtalnico, ki doteka v vodarno izpod mesta ter z območja regionalne ceste Maribor-Dravograd, v ranljivem območju dolin Vinarskega in Rošpoškega potoka. Sedanji dotok in črpanje te podtalnice sta permanentna nevarnost za onesnaženje pitne vode, s katastrofalnimi posledicami. Na to opozarjata že dva primera močnega onesnaženja pitne vode s šest valentnim kromom in s kloriranimi ogljikovodiki,
- delna preprečitev dotoka s pesticidi onesnažene podtalnice z desnega brega Drave in delno tudi iz območja mesta,
- zagotoviti tehnološko zasnovo preprečitve upadanja zmogljivosti obrežnih vodnjakov na Mariborskem otoku in na levem bregu Drave zaradi anoksičnih razmer v obrežnem filtratu.

#### **II. Faza 2.etapa: aktivna zaščita in povečanje zmogljivosti črpališča Vrbanski plato za dolgoročne potrebe**

V tej fazi je predvideno skupno cca 1000 l/s za aktivno zaščito in umetno bogatenje, tako z vodo obrežnega filtrata kot neposredno dravsko vodo. V ožjem strokovnem pogledu vsebuje ta faza izgradnje naslednje vsebinske in funkcionalne sklope:



- povečanje zmogljivosti obstoječega črpališča Vrbanski plato za dolgoročne potrebe,
- popolna preprečitev potencialne nevarnosti katastrofalnega onesnaženja črpane pitne vode z onesnaženo podtalnico, ki doteka v vodarno izpod mesta ter z območja regionalne ceste Maribor-Dravograd, v ranljivem območju dolin Vinarskega in Rošpoškega potoka,
- popolna preprečitev dotoka s pesticidi onesnažene podtalnice z desnega brega Drave in delno tudi iz območja mesta,
- preprečitev upadanja zmogljivosti obrežnih vodnjakov na Mariborskem otoku in na levem bregu Drave zaradi anoksičnih razmer v obrežnem filtratu.

#### 4. ZAKLJUČEK

Aktivna zaščita Vrbanskega platoja je prvi tovrstni projekt realiziran v Sloveniji. Dvajsetletno obratovanje I. faze kaže na tehnološko uspešnost projekta, saj je omogočil povečanje zmogljivosti Vrbanskega platoja in delno zmanjšal dotok problematične podzemne vode s strani mesta. Načrtovana končna podoba aktivne zaščite, bo v največji meri zavarovala Vrbanski plato pred naključnimi vdori potencialnih onesnaženj s strani mesta in limbuške dobrane.

#### Viri:

1. Dr. Mitja Rismal: Tehnološki projekt bogatenja in aktivne zaščite podtalnice na Vrbanskem platoju, 2007.
2. Samoupravna interesna skupnost za komunalne dejavnosti mesta Maribor, napisal: Uroš Mencinger: Naša voda-nekoč, danes, jutri, 1987.
3. Institut za ekološki inženiring d.o.o. (Ž. Blažeka, mag. I. Kopač): Matematični model podtalnice Vrbanskega platoja s hidrološkimi izračuni variant bogatenja podtalnice, 6/1994.
4. JP Mariborski vodovod,d.d. Maribor: Letno poročilo 2003.
5. JP Mariborski vodovod,d.d. Maribor: Poročilo o skladnosti pitne vode v letu 2006.



