

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Hutevec, M., 2016. Problematika kalnosti v vodotokih. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Rusjan, S., somentor Mikoš M.): 39 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5955/>

Datum arhiviranja: 30-09-2016

University
of Ljubljana
Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Hutevec, M., 2016. Problematika kalnosti v vodotokih. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Rusjan, S., co-supervisor Mikoš, M.): 39 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5955/>

Archiving Date: 30-09-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
VODARSTVO IN OKOLJSKO
INŽENIRSTVO**

Kandidatka:

MAJA HUTEVEC

PROBLEMATIKA KALNOSTI V VODOTOKIH

Diplomska naloga št.: 70/B-VOI

PROBLEMS WITH TURBIDITY IN THE STREAMS

Graduation thesis No.: 70/B-VOI

Mentor:

doc. dr. Simon Rusjan

Somentor:

prof. dr. Matjaž Mikoš

Ljubljana, 22. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA

Spodaj podpisani/-a študent/-ka Maja Hutevec, vpisna številka 26300296, avtor/-ica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Problematika

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

- a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;

- b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: _____

Datum: _____

Podpis študenta/-ke:

BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	627.1(043.2)
Avtor:	Maja Hutevec
Mentor	doc. dr. Simon Rusjan
Somentor:	prof. dr. Matjaž Mikoš
Naslov:	Problematika kalnosti v vodotokih
Tip dokumenta:	diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	39 str., 18 sl., 1 tab.
Ključne besede:	kalnost, hidrološki monitoring, erozija, odpadne vode, akumulacijska jezera

IZVLEČEK

Diplomska naloga obravnava kalnost vode v vodotokih, ki je posledica naravnih erozijskih procesov v porečjih, vse pogosteje pa tudi človeške rabe vode in dejavnosti na vodi. Posledica kalnosti ni zgolj vizualna sprememba vodnega telesa ampak vpliva tudi na kemijske ter fizikalne lastnosti vode ter posledično ekološke razmere v vodi.

V nalogi je predstavljen hidrološki monitoring kalnosti v Sloveniji. Podan je tudi pregled nad problematiko kalnosti v vodotoku in dejavniki, ki so vzrok za onesnaženje vodotoka ter posledice spremenjenih ekoloških razmer. Izpostavila sem tudi nekaj konkretnih primerov, ki opisujejo problematiko pri nas in drugod po svetu.

BIBLIOGRAPHIC – DOKUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 627.1(043.2)

Author: Maja Hutevec

Supervisor: Assist. Simon Rusjan Ph.D

Cosupervisor: Assoc. Matjaž Mikoš Ph.D

Title: Problems of turbidity in the streams

Document type: Graduation thesis – univerty studies

Notes: 39p., 18fig., 1 tab.,

Key words: turbidity, hydrological monitoring, erosion, dams
Urban Waste Water

ABSTRACT:

This graduation thesis deals with the turbidity in the streams, which is result of natural erosion processes in river catchment, but lately more often caused by human water use and activities on the water. The consequence of cloudiness is not only a visual change of the water but it also effect on the physical and chemical properties of water and consequently the ecological characteristics of water.

In this paper I presents hydrological monitoring of turbidity in Slovenia. It is given an overview about the problems of turbidity in the streams and factors that cause pollution and the consequences of changes in ecological conditions. I described some examples about the problems in our country and around the world.

ZAHVALA

Za vso pomoč in strokovne nasvete, se iskreno zahvaljujem svojemu mentorju doc. dr. Simonu Rusjanu.

Posebna zahvala pa gre moji družini, še posebej staršem ki so mi omogočili študij in mi ves čas stali ob strani, me podpirali in pomagali.

VSEBINA

STRAN ZA POPRAVKE	I
IZJAVA	II
BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC – DOKUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA.....	V
UVOD.....	1
1. HIDROLOŠKI MONITORING REK	2
1.1 Dinamika premeščanja sedimentov	2
1.2 Mreža merskih mest	3
1.2.1 Posodobitev meritev v okviru BOBER	5
2. MERITVE VSEBNOSTI SUSPENDIRANEGA MATERIALA	6
2.2 Merske metode.....	6
3. FIZIKALNI DEJAVNIKI	9
3.1 Svetloba	9
3.2 Barva	10
3.3 Temperatura	10
4. VPLIV NA VODNE ORGANIZME	11
5.1 Erozija	13
4.2 Odpadne vode	14
5. PROBLEMATIKA S KALNOSTJO V SVETU	16
5.1 Reka Jangce.....	16
5.1.1 Jez treh sotesk	17
5.2 Misisipi	19
6.PROBLEMATIKA S KALNOSTJO V SLOVENIJI.....	21
6.1 Kaljenje reke Drave.....	21
6.1.1 Monitoring na reki Dravi.....	22
6.2 Akumulacijska jezera	23
6.3 Stanje pod pregrado HE Moste	26
6.3.1 Zasipavanje akumulacije na spodnji Savi.....	26
6.3.2 Odstranjevanje in deponiranje gradiva iz akumulacij	28
ZAKLJUČEK.....	32

VIRI	33
-------------------	-----------

KAZALO SLIK

Slika 1 Merilna mesta hidrološkega monitoringa na rekah in jezerih	4
Slika 2 postaje monitoringa suspendiranega materiala	5
Slika 3 Višja motnost zmanjšuje produktivnost rastlin ter število organizmov v vodi.	10
Slika 4 pospešen rast alg v vodotoku bogatim s hranili	12
Slika 5 Oblike erozije tal	14
Slika 6. Odpadne vode iz industrij.	15
Slika 7 Onesnaženost reke Jangce.	17
Slika 8 Jez treh sotesk	18
Slika 9 Nakopičeni odpadki za Jezom treh sotesk.	18
Slika 10 izliv reke Minnesote v Misisipi	20
Slika 11 Vegetacija ob reki, ki zmanjšuje odnašanje kmetijskih površin	21
Slika 12 Senzor meritve kalnosti v vodotoku	22
Slika 13 koncentracija suspendiranih snovi v odvisnosti od pretoka reke Drave.	23
Slika 14 jez HE Moste	24
Slika 15 shema prenove HE Moste	26
Slika 16 HE na spodnji Savi	27
Slika 17 HE Vrhovo	28
Slika 18 Prikaz črpanja rečnega sedimenta na območju umetnega otoka in prikaz gradnje umetnega otoka in oblikovanje brežin z uporabo rečnega sedimenta	29

KAZALO TABEL

Tabela 1 merilne metode za meritve suspendiranih snovi	8
---	----------

UVOD

Kalnost v vodi povzročajo kalni delci oziroma drobni sedimenti. Lebdeče delce sestavljajo predvsem anorganski delci, preparale plasti zemljine, ki jih voda predvsem zaradi erozijskega delovanja odnaša in premešča ter organske snovi, kot so organski drobir; fitoplankton, zooplankton, bakterije, glive, ter snovi, ki jih človek vnaša svojimi dejavnostmi na prispevnih območjih vodotokov. V vodah se nahajajo tudi neusedljive snovi, kot so raztopljene koloidne in plavajoče snovi. Količina anorganskih lebdečih delcev se v vodi neprestano spreminja v odvisnosti od razpoložljivosti erodiranega materiala, količine padavin in pretoka vode. Delež organskih snovi pa je odvisen predvsem od fizikalno-kemičnih lastnosti vode. [1] To bi lahko poimenovali naravna kalnost, v času poplav pa k povečani kalnosti pripomorejo tudi lebdeče plavine oziroma suspendirane snovi. Gre za bolj grob sediment, ki lebdi v vodi ob povišanih pretokih. To opazimo tudi v slovenskih rekah, ki imajo hudourniško naravo, kjer je kalnost izrazita predvsem v času poplav, v času nižjih pretokov pa so reke večinoma bistre. [2]

Velikost delcev, ki jih voda prenaša seboj, znaša od nekaj desetink mikronov do nekaj desetink milimetra. Pri visoki turbulenci, pa lahko v lebdečem stanju najdemo tudi zrna velika do 2 milimetra. Posledica transporta gradiva se kažejo v spremembah v in ob rečni strugi, zapolnjevanje akumulacijskih bazenov, zablatenje rečnega dna, kar vpliva tudi na naravni cikel kroženja vode, saj je s tem oteženo dreniranje v podtalnico, poleg tega pa so drobna zrnica nocilci kemijskega onesnaževanja. [3]

V preteklosti je bila kalnost v slovenskih rekah veliko večja zaradi večjega vnosa antropogenih snovi (separacija premoga, spiranje odlagališč različnih industrijskih odpadkov, neprečiščeni izpuhi industrijskih in komunalnih odpadnih voda. Vendar smo z višanjem okoljskih standardov vpeljali načelo iz Direktive o okoljski odgovornosti »onesnaževalec plača« močno zmanjšali vnos antropogenih snovi v naše reke. Na ta način se je kakovost naših rek močno izboljšala. [2]

1. HIDROLOŠKI MONITORING REK

Hidrološki monitoring površinskih voda spremlja hidrološke parametre na rekah. Zbrani podatki pripomorejo k oceni količinskega stanja voda in vodne bilance ter ugotavljanje hidroloških značilnosti vodnih območjih in vodnih teles. Podatki nam služijo tudi kot podlaga za sprotno spremljanje, napovedovanje in obveščanje o hidroloških razmerah ter opozarjanje pred izrednimi hidrološkimi pojavi. Hidrološki monitoring obsega meritve višin vodne gladine, hitrost vode ter vsebnost suspendiranega materiala. Poleg tega pa lahko s temi podatki ocenjujemo določene spremembe, na katere vpliva podnebna spremenljivost ter človeške dejavnosti. [4]

Zakonodajne podlage za izvajanje hidrološkega monitoringa in nacionalne hidrološke dejavnosti izhajajo iz:

- Zakona o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 41/2004),
- Zakona o vodah (Uradni list RS, št. 67/2002),
- Zakona o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami (Uradni list RS, št. 51/2006),
- Uredbe o stanju površinskih voda (Uradni list RS, št. 14/2009),
- Uredbe o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Uradni list RS, št. 97/2009),
- Uredbe o vodnih povračilih (Uradni list RS, št. 103/2002),
- Uredbe o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS, št. 64/12)

Omenjeni zakoni in vrsta podzakonskih aktov urejajo vsebinska področja, ki jih določajo evropske direktive: Okvirna vodna direktiva (Direktiva 2000/60/ES) kot skupni evropski in nacionalni okvir za delovanje na področju vodne politike, Direktiva o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti (Direktiva 2007/60/ES), Zakonske osnove za izvajanje nacionalne hidrološke dejavnosti so tudi v Konvenciji o sodelovanju pri varstvu in trajnostni rabi reke Donave (Donavska konvencija). [5]

1.1 Dinamika premeščanja sedimentov

Pri premeščanju in odlaganju lebdečih plavin sodelujejo naravni (erozija) in antropogeni dejavniki (človeške dejavnosti). Sem spadajo predvsem padavine, kot najpomembnejši dejavnik, geomorfologija, geološke značilnosti tal ter vegetacija.

Začetek erozijskega kroga, pri odnašanju zemljin v rečne struge je premeščanje drobnozrnatih zemljin z zemeljske površine in grobozrnatega erozijskega drobirja iz izvorov plavin v

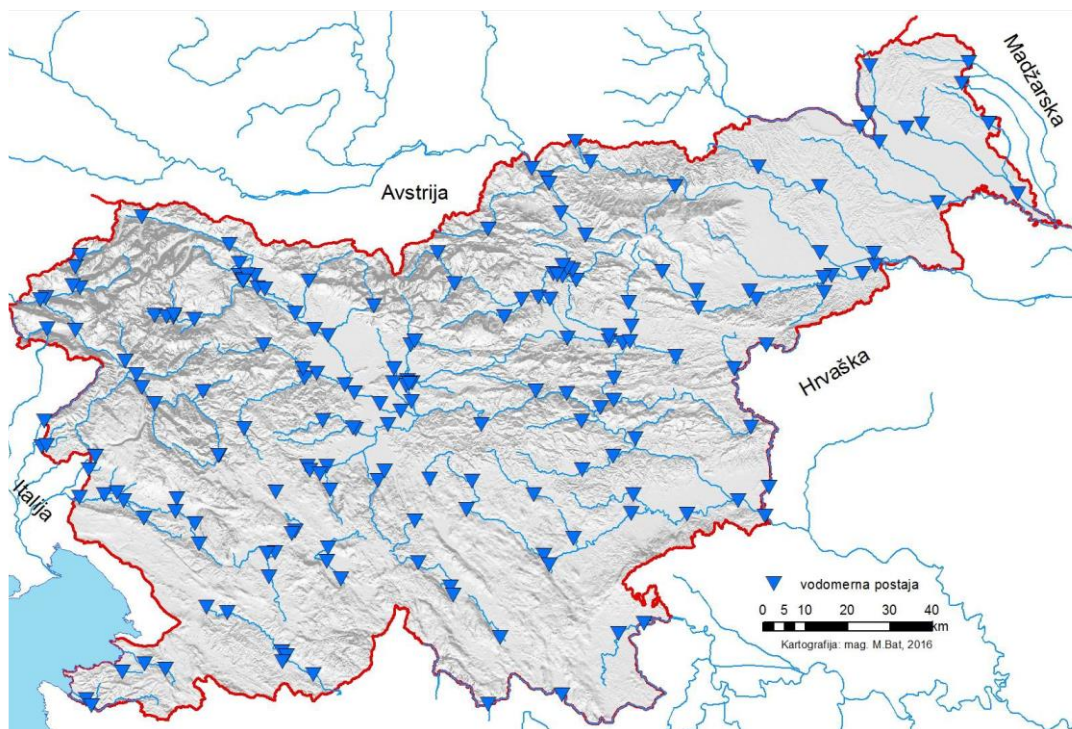
hudourniških območjih po erozijskih jarkih in hudournikih v rečno mrežo. Zemljine, ki so se zaradi erozijskih procesov premestile iz lege svojega nastanka do mesta končne sedimentacije imenujemo sedimenti. S pojmom plavine pa imenujemo sedimente v rečni strugi, ki se premeščajo zaradi rečnega toka. Posledice, ki nastanejo pri premeščanju plavin sta kalnost in prodonosnost. Lebdeče plavine, ki so del skupne količine plavin, zaradi turbulence lebdiyo v vodi in so le redko v stiku z rečnim dnom. Po zrnavostni sestavi so to predvsem delci velikosti glinje in melja. Hitrost premeščanja teh plavin je največkrat enaka hitrosti vodnega toka. [2]

Poznavanje rečne dinamike sedimentov je pomembno za razlago spreminjanja zrnavostne sestave rečnih sedimentov. Dolvodno se povprečna velikost sedimentov zmanjšuje, ta pojav ponavadi imenujemo dolvodna drobitev. Glavna procesa, ki delujeta sta rečni obrus, ki opisuje procese drobljenja, krhanja, krušenja, brušenja in glajenja rečnih sedimentov in rečno sortiranje, ki lahko poteka prečno (oblikovanje prodišč na notranjih rečnih zavojih) vzdolžno (izločanje in zastajanje bolj grobega rečnega sedimenta zaradi manjše moči rečnega toka dolvodno ob zmanjšanju naklona rečne struge) ali navpično (posedanje sedimentnih delcev iz vodnega toka) [2]

1.2 Mreža merskih mest

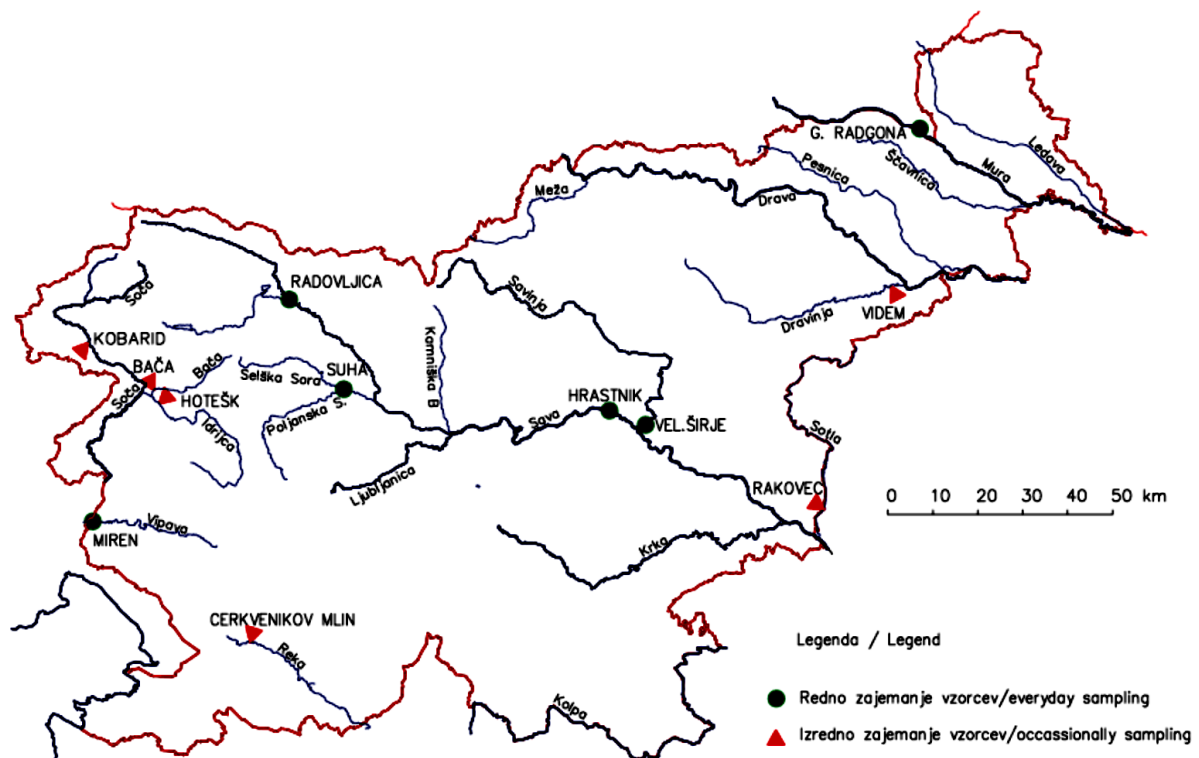
Razvoj mreže državnega hidrološkega monitoringa poteka po priporočilih Svetovne meteorološke organizacije (ang. Guide to hydrological practices) [2]. V osnovni kriterij, pri izbiri merilnih mest spada vodozbirno zaledje (prispevno območje) oziroma vodno telo površinske vode. Merilno mesto mora omogočiti pridobivanje hidroloških parametrov za ocenjevanje hidrološkega stanja površinskih vodotokov, izračun vodne bilance, služi kot podpora, načrtom upravljanja z vodami v smislu rabe vode in rabe prostora, oceni količinskega stanja površinskih ter podzemnih voda in ocenjevanju kemijskega in ekološkega stanja voda.

Pri hidrološkem spremljanju in napovedovanju hidroloških razmer je pomembno, da je merilna mreža načrtovana tako, da so podatki dosegljivi v realnem času, lokacije merilnih mest pa se nahajajo gorvodno od poplavno ogroženih območjih. Pomemben kriterij je tudi dolžina podatkovnega niza in neprekinjen čas opazovanja, saj je nepretrgan niz preteklih opazovanj pomemben pri analizi časovnih sprememb, hidroloških značilnosti rek. Med kriterije spadajo tudi mejni in čezmejni vodotoki. Mejni profili večjih vodotokov morajo biti pokriti z vodomernimi postajami, saj podatke meddržavno usklajujejo. [5]



Slika 1 Merilna mesta hidrološkega monitoringa na rekah in jezerih [5]

Pogostost odvzema vzorcev, na posameznih postajah je odvisna od značilnosti posameznega območja ter rečnega režima. Dosedanje analize so pokazale, da se kar 70% suspendiranega materiala premesti v času visokih vod. Zaradi tega je potrebno pogosto vzorčenje v času trajanja visokih valov. Na podlagi vrednosti obdobjnih pretokov in ob poznavanja rečnih režimov ter s pomočjo podatkov prognostične službe, lahko visokovodne situacije predvidimo in poskrbimo za obveščanje opazovalcev ter s tem za pravočasen odvzem vzorcev. [6]



Slika 2 postaje monitoringa suspendiranega materiala [7]

V mrežo monitoringa je bilo do leta 2012 vključenih 11 slovenskih rek. Na šestih vodomernih postaja: na Muri v Gornji Radgoni, na Savi v Radovljici in v Hrastniku, na Savinji v Velikem Širju, na Sori v Suhi in na Vipavi v Mirnu poteka, poteka reden odvzem vzorcev (enkrat dnevno), še na šestih pa le v času izrednih hidroloških pojavih: na Dravinji v Vidmu, na Sotli v Rakovcu, na Soči v Kobaridu, na Idrijci v Hotešku, na Bači v Bači pri Modreju in na Reki v Cerkvnikovem mlinu. [6]

V okviru projekta Bober so v letu 2015 ponovno vzpostavili monitoring suspendiranega materiala na večjih slovenskih rekah. Ob vzpostavitvi vseh merilnikov se bo monitoring izvajal na devetih samodejnih hidroloških postajah. [5]

1.2.1 Posodobitev meritev v okviru BOBER

V obdobju 2009-2015 je ARSO nadgradil sistem za spremljanje in analiziranje vodnega okolja v Sloveniji. Projekt imenovan BOBER, (Boljše Opazovanje za Boljše Ekološke Rešitve) je bil v veliki meri financiran s pomočjo evropskih sredstev Kohezijskega sklada. V projektu je bila posodobljena skoraj celotna mreža hidroloških postaj, nekatere pa so bile tudi na novo zgrajene. Sodobne merilne metode in sistem omogoča samodejni prenos podatkov in

avtomatska predhodna kontrola podatkov zagotavlja sprotne podatke in informacije predvsem, ko gre za povečano stopnjo ogroženosti škodljivega delovanja vode. [5]

2. MERITVE VSEBNOSTI SUSPENDIRANEGA MATERIALA

Merilni nadzor lebdečih plavin se že vrsto let izvaja redno ali občasno v številnih slovenskih vodotokih. Izvaja ga Agencije Republike Slovenije za okolje lahko pa tudi v okviru različnih projektov in študij, med drugimi tudi na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo. [1] Opazovanje ter merjenje rinjenjih in lebdečih plavin je precej težavno. Poudarek je predvsem na analizi lebdečih plavin, ki jih večinoma sestavljajo sedimenti velikosti in glin melja oziroma delci manjšo od 0,06 mm. Lebdeče plavine so le redko v stiku z dnom vodotoka in imajo pogosto enako hitrost kot tok. Zaradi neenakomerne porazdelitve plavin po prečnem prerezu, je vzorčenje potrebno izvajati tako, da bo odvzet vzorec prikazoval podobne razmere kakršne so v času opazovanja. Razmerje med lebdečimi plavinami in količino premeščenega materiala je odvisno od tipa vodotoka (hudournik, gorski vodotok, ravninski vodotok). [8]

Cilj meritve količine suspendiranega materiala je izračun skupne količine materiala v vodi, ki se transportira skozi izbran odsek vodotoka v določeni časovni enoti. Dinamiki gibanja plavin v vodotoku sledimo z merjenjem količine suspendiranega materiala, s pomočjo katerega izračunamo masni pretok suspendiranega materiala ali kalnost. [3] Zmnožek srednje profilne vsebnosti s srednjo dnevno vrednostjo pretoka je transport suspendiranega materiala S (kg/s). [8]

2.2 Merske metode

Analiza vsebnosti in prenašanja suspendiranih snovi nam daje vpogled v dinamiko ter lastnosti naravnih procesov, ki določajo količino premeščenega materiala. Kljub številnim metodam, ki nam omogočajo merjenje koncentracije lebdečih plavin še vedno ne moremo natančno določiti končnih rezultatov. Razlog za to so hitro spreminjajoče koncentracije vzdolž prečnega prereza struge (v smeri prečno na vodni tok in vzdolž globine vodnega toka)

Rečno kalnost običajno ocenjujemo s terenskimi meritvami količine in zrnivosti suspendiranih sedimentov v rečni vodi. V preteklosti se je razvila vrsta metod za terensko zajemanje podatkov o suspendiranem sedimentu v rečnem okolju. Vsaka metoda ima različen princip delovanja, ter zato tudi različne prednosti in slabosti. Metode lahko delimo na neposredne, in na posredne metode oziroma nadomestne (surogatne) metode. Ker ima vsaka od teh metod svoje pomanjkljivosti glede zahtevnosti uporabe in trajanja ter natančnost rezultatov je za optimalen zajem terenskih podatkov priporočljivo metode kombinirati. [9]

Pri neposrednih metodah določevanja koncentracij suspendiranih delcev se odvzemajo vzorci vode, katere kasneje analizirajo v laboratoriju. Odvzem vzorca lahko poteka ročno, tako, da se steklena merilna posoda potopi v vodo, ali samodejno, kjer se posoda med poplavnim valovom napolni sama. Vzorčimo lahko tudi avtomatsko s črpanjem vode. V vseh primerih obstaja možnost, da odvzeti vzorci niso izokinetični (vzorec vzet na način, da pri tem ne moti toka vode) Da bi se izognili temu je priporočena uporaba hidrodinamičnih vzorčevalnikov z nastavki ustreznih oblik, ki zelo malo motijo tok vode (vzorčevalniki v obliki ribe ali podobne geometrije) [1]

Z direktnimi metodami je možno določiti koncentracije zrnivosti in sestavo lebdečih delcev lahko pa določimo tudi kemične in biološke parametre vode. Te metode se uporabljajo za umerjene in kontrolo rezultatov preiskav pridobljenih s posrednimi metodami. Največja pomanjkljivost neposrednih metod je, da rezultati zaradi potrebnih laboratorijskih analiz niso takoj znani, obstaja pa tudi možnost ne-izokinetičnega vzorčevanja [1]

Pri posrednih metodah oziroma nadomestnih (surogatne) sedimenta ne vzorčimo temveč njegovo zrnavost in koncentracijo ocenjujemo posredno z merilniki, ki oddajajo in sprejemajo mehansko valovanje (zvok, ultrazvok) ali elektromagnetno valovanje (infrardeča svetloba, vidna svetloba, gama žarki, laserska svetloba in rentgenski žarki). [9]

Tabela 1 merilne metode za meritve suspendiranih snovi [10]

Metoda	Delovanje	Prednosti	Slabosti
Stekleničenje	Merilno stekleno posodo potopimo v vodo (ročni odvzem) ali se med poplavnim valom napolni sama (samodejni odvzem) oziroma merilno plastično/teflonsko vrečko v hidrodinamično oblikovanem vzorčevalniku spustimo v vodni tok (izokinetični odvzem), analiza sledi ločeno	Preverjena metoda, omogoča določitev zrnivosti in koncentracije, možna točkovna meritev ali integrirana po vertikali, mnoge druge metode se umerjajo s to metodo	Slaba časovna ločljivost, invazivna metoda, brez laboratorijskega dela ni rezultatov, zahteva izurjeno terensko osebje, zajem vzorca ni nujno izokinetičen
Črpalno vzorčenje	Vzorec vode in sedimenta črpamo iz toka in kasneje analiziramo, uporabljamo različne sesalne črpalke (peristaltične, membranske)	Preverjena metoda, omogoča določitev zrnivosti in koncentracije, omogoča samodejno vzorčenje	Slaba časovna ločljivost, invazivna metoda, brez laboratorijskega dela ni rezultatov, pogosto zajem vzorca ni izokinetičen, omejena praktična sesalna višina
Akustična	Odboj zvoka od sedimenta se uporabi za določanje zrnivosti in koncentracije	Neinvazivna metoda, dobra prostorska in časovna ločljivost, tudi za večje globine	Slabo prevajanje odbitega zvočnega signala, slabljenje signala ob visokih koncentracijah delcev
Optična	Merimo odbojno sipanje pod različnimi koti ali prevajanje vidne ali infrardeče svetlobe skozi vzorec vode in sedimenta	Preprosta metoda, dobra časovna ločljivost, omogoča uporabo in zajemanje podatkov na daljavo, relativno poceni	Močno odvisna od zrnavostne sestave, samo točkovne meritve, pogosto onesaženje instrumenta
Odbojnost koncentriranega žarka	Merimo čas odboja laserskega žarka od površine delcev sedimenta	Ni odvisna od zrnavostne sestave, pokriva širok interval zrnivosti in koncentracij	Draga in invazivna metoda, samo točkovne meritve
Laserska difrakcija	Merimo odbojni kot laserskega žarka od površine delcev sedimenta	Ni odvisna od zrnavostne sestave	Nezanesljiva in draga, invazivna metoda, samo točkovne meritve, omejen interval zrnivosti
Jedrska	Merimo odbojno sipanje ali prevajanje žarkov gama ali rentgenskih žarkov skozi vzorec vode in sedimenta	Nizkoenergijska metoda, pokriva širok interval zrnivosti in koncentracij	Nizka občutljivost, razpadanje jedrskega vira sevanja, okoljski predpisi, invazivna metoda, samo točkovne meritve
Daljinski spektralni odboj	Daljinsko zaznavanje odboja in sipanja svetlobe od vodnih teles	Uporabna za večja območja	Slaba ločljivost, slaba uporabnost v rečnem okolju, odvisnost od zrnavostne sestave

3. FIZIKALNI DEJAVNIKI

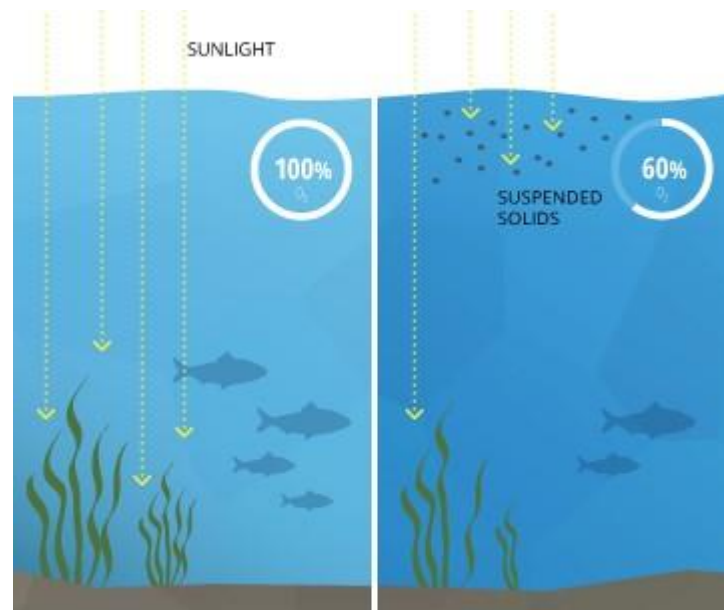
Kalnost vode močno vpliva na osnovne fizikalna dejavnike v vodi. Temperatura in svetloba, sta dva pomembna parametra, ki uravnavata biološke dejavnike v vodi. Vplivata na količino raztopljenega kisika v vodi, ter posledično na celotno število in raznolikost vodnega sistema. Barva vode pa je eden izmed najbolj očitnih pokazateljev onesnaženosti v vodotoku.

3.1 Svetloba

Sončno sevanje, ki se nahaja v vodnih telesih in pada na površino vodnega telesa je sestavljena iz kratkovalovnega spektra radiacije med 300-3000 nm. Celotno sončno sevanje je v osnovi sestavljena iz dveh delov; direktne sončne svetlobe in sevanja, ki prihaja iz neba in drugih smeri (difuzna, razpršeno sončno sevanje). [11]

Ko se svetloba dotakne vodne gladine, del žarkov prodre v vodo del pa se odbije od vodne površine. Odboj svetlobe je odvisen od vpadnega kota žarka na gladino. Količina svetlobe je odvisna od lege sonca oziroma se spreminja tekom leta. [12]

Sevanje, ki se na določeni globini zadrži imenujemo ekstinkcija, tisto, ki prodre dalje pa transmisija. Običajno transmisijo merimo, ekstinkcijo pa določimo iz razlik. Zmanjševanje sončne energije je posledica razprševanja, pretvorbe energije v toploto na lebdečih delcih in absorpcije na vodnih molekulah. Razpršena sončna svetloba je pomembna predvsem zaradi podvodnih fotoavtotrofnih organizmov, kot vhodna energija za fotosintetske procese. Zaradi neravne podlage je odboj svetlobe večji v tekočih vodah, kot v jezerih. V čistih alpskih potokih svetloba prodira do dna rečne struge. Medtem ko v počasnih tekočih voda zaradi lebdečih delcev svetloba prodira le nekaj deset centimetrov, k temu pripomorejo še razne humusne in organske snovi. [11]



Slika 3 Višja motnost zmanjšuje produktivnost rastlin ter število organizmov v vodi. [13]

3.2 Barva

Barva vode ni nujno znak onesnaženosti vode, je pa eden izmed najbolj vidnih pokazateljev stanja v vodotoku. Barva in motnost vode vplivata na to, do katere globine prodre svetloba, in posledično, tudi na fotosintetsko aktivnost oziroma primarno produkcijo v vodi. Navidezna barva je posledica prisotnih obarvanih delcev in rezultat loma žarkov in odboja svetlobe od suspendiranih delcev. Naravni minerali, kot so železov hidroksid in raztopljene organske snovi (npr. huminske kisline) dajejo vodi naravno barvo. [14]

Rjavkasti, rumenkasti, sivkasti in druge naravni odtenki barve so običajno posledica erozijskih procesov. [15] Pozorni moramo biti na nenaravne barve, kot so odtenki rdeče, oranžne, pretirano zelene, kar pomeni, da so lahko v vodi raztopljene nevarne snovi. Zeleno-rumeno barvo, pa dajejo vodi fitoplankton in drugi lebdeči organski delci. [11]

3.3 Temperatura

Temperaturne spremembe v vodnih telesih so odraz sezonskih razmer, ponekod pa tudi indikator podnebne spremenljivosti. Na temperaturo v vodotokih vplivajo še površinski odtoki in dotoki ter talna voda. V vseh vodnih okoljih na spremembe temperature najpomembneje vpliva neposredna absorpcija sončnega sevanja. Snovi, ki to sevanje absorbirajo so voda, v vodi raztopljene organske snovi in suspendirani delci.[14]

Ima glavno vlogo pri kemijskih, bioloških in fizikalnih procesih. Nižje temperature, vplivajo na boljše raztapljanje kisika v vodi. Z zvišanjem temperature vode se zmanjša hitrost toka, poveča se izparevanje, kar omogoča suspendiranim snovem, da se lažje in hitreje usedejo. Povišane temperature, pospešijo hitrost kemijskih reakcij ter s tem upadajo topnosti kisika. Porast metabolizmov vodnih organizmov, omogoča hitrejšo rast in razvoj živih bitij v vodi kar vpliva na povečano porabo raztopljenega kisika v vodi. Temperatura vpliva na število in raznolikost vodnega življenja. Z njenim nihanjem pride do sprememb v sestavi združb in posledično na samo sposobnost samočiščenja vode. Poznavanje temperature nam omogoča razumevanje, dogajanja v vodnem telesu, brez neposrednega merjenja različnih parametrov v vodi. [15]

4. VPLIV NA VODNE ORGANIZME

Kalni delci dobijo v vodi kinetično energijo, ki se sprošča medtem ko udarjajo ob ovire. Med ovire spadajo tudi živali ter biološka ruša pri katerih so najbolj ranljive njihove mehke površine, skozi katere teče izmenjava z okolico. [16] Vpliv kalnosti na vodne organizme je odvisen od pogostosti trajanja ter obsega takšnega pojava in od tega kje se ti organizmi zadržujejo. [17]

Kvaliteta talnih združb nevretenčarjev se najpogosteje spremeni pri usedanju materiala, s tem se spremeni njihova kakovost, število bivališč in skrivališč. [17] Posedanje drobnega sedimenta zmanjša habitatno raznolikost, saj dno postane enolično, zaradi česar izginjajo določene vrste. [18]

Zaradi kalnosti so prizadete tudi rastlinske združbe. Pri večjih hitrostih, na izpostavljenih delih, kalni delci odplavijo rastline, v mirnejšem toku pa se nanj lovijo in jih počasi prekrivajo. Na ta način se biološka proizvodnja na površini usedlin zmanjša oziroma, lahko tudi izniči. [16] Posledica tega je manjša samočistilna sposobnost reke, kar lahko vpliva na spremembe ekološkega stanja vodotoka. [18]

Ribe

Ribe za svoje življenje, prehranjevanje obstoj potrebujejo čim boljše življenjske pogoje, kar pomeni čim boljše kakovost vode. Njihovo življenje ogrožajo predvsem prenizke ali previsoke temperature, previsoke vsebnosti amonijaka, klora, nitrita, pomanjkanja kisika ter strupenih snovi v vodi. [19]

Vpliv kalnosti na ribe je odvisen od velikosti in oblike suspendiranih delcev. Manj škodljivi so okrogli, saj ostrorobi poškodujejo dihalno tkivo škrg. Ribe sicer stalno izločajo sluz, in tako sproti odstranjuje delce s škrg (mulj). [17] Če se razmere ne izboljšajo se plast mulja na škrgah

poveča, dihanje postane še bolj oteženo in na koncu pride do zadušitve rib. [18] Slabša vidljivost pri mnogih vrstah povzroči slabšo orientacijo, vpliva na uspešno iskanje hrane ter iskanje primerne prostora oziroma skrivališča. [17] Posledice kalnosti vode na ribe, se najbolj poznajo v času drstenja. Ribji zarod nima zagotovljenih primarnih pogojev za razvoj, na katere je vrsta prilagojena. Problem nastane tudi zaradi delcev, ki se usedajo na dno in zapolnijo intersticijski prostor med prodniki v drstiščih, pretok vode se tam zmanjša, s tem pa tudi količina kisika. Ikre se v takih tleh zadušijo. Če drobnega sedimenta ne odnese močnejši tok je drstišče lahko tudi trajno izgubljeno. [18] Ribe se lahko rešijo z umikom v čistejšo vodo, ličinke vodnih žuželk, manjše ribe in zarod pa v vrzeli med večjimi delci usedlin. [16]

Alge

Zaradi sprememb v vodotoku (zajezitev reke) se s časom pokažejo posledice pri obsegu in pogostosti nihanja visokih in nizkih vod in ta hidrološka sprememba lahko povzroči spremembe v perifitonskih skupnosti. Perifiton (mikroskopske in makroskopske alge, vključno s cianobakterijami) predstavlja glavni vir hrane v potoku in dober pokazatelj okoljskih sprememb. V vodotokih bogatih s hranili pride do povečanja števila perifitona oziroma razvije se vegetacija značilna za stoječe vode ali močvirja, ki imajo negativne učinke. Voda postane neprimerna za kopanje ter ribolov. Dejavniki, ki vplivajo na rast in razvoj perifitona so svetloba, temperatura vode (topla voda), naravni substrat, hitrost pretoka (nizka pretočna hitrost in nizka voda), pH, alkalnost, trdota, hranila in druge raztopljene snovi, slanost, kisik, ogljikov dioksid. [20]



Slika 4 pospešen rast alg v vodotoku bogatim s hranili [13]

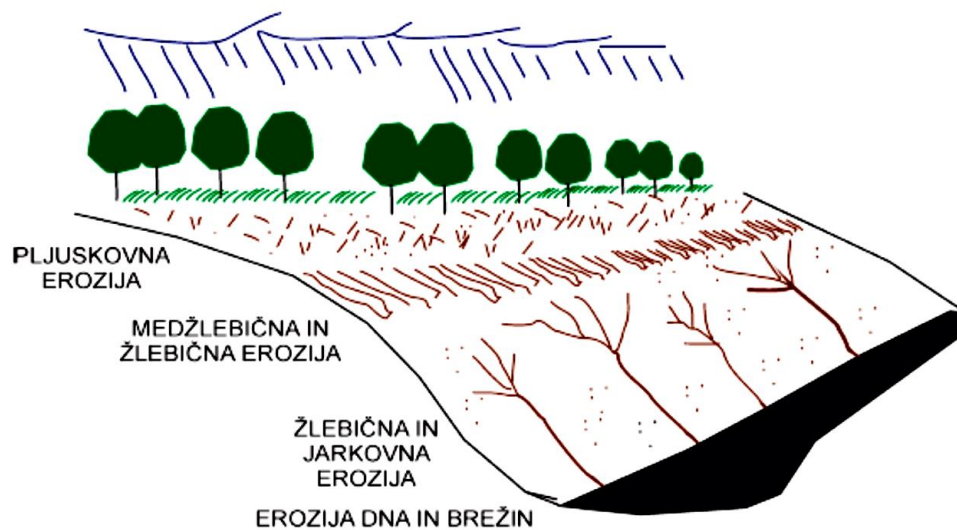
5. POVZROČITELJI KALNOSTI V VODOTOKU

5.1 Erozija

Erozija je premikanje, odnašanje in spiranje zemeljske prsti, zaradi delovanja vetra, vode, ledu, gravitacije ali živih organizmov, ki neprestano spreminjajo obliko zemeljskega površja. Gre za naravni proces, ki pa je v današnjih časih mnogokrat povečan zaradi človeškega posega v okolje. [21] Tu gre predvsem za posledice rabe zemljišč. Gradnja, sečnja, rudarstvo ter obdelovanje kmetijskih zemljišč, ki povečujejo stopnjo izpostavljenosti tal. Glavna škoda erozije je odplavljanje rodovitne prsti in pospešuje plazovitost. Odnašanje zemljin s površja v rečne struge pa povzroča nalaganje vse večjih usedlin in zamuljavanje vodnih bregov. [13]

Vodna erozija je ena izmed glavnih povzročiteljev kalnosti v vodotoku. Ponavadi se erozija dogaja na sprejemljivem nivoju, v vodotoku ki je v ravnovesju. Kadar je sistem moten pa pride do pospešene erozije, še posebej na ne poraslih brežinah, kjer je prst izpostavljena vodotoku. [11]

Glede na način delovanja lahko vodno erozijo razdelimo na ploskovno erozijo, žlebično, medžlebično ter jarkovno erozijo. Erozijski procesi napredujejo s stekanjem in koncentriranjem padavinskega odtoka. Ploskovna erozija je ponavadi enakomerno razporejena na površini tal in povzroča spiranje oziroma začetno premeščanje delcev zemljin. Žlebična erozija nastopi pri večji količini stekanja padavinske vode, rezultat tega je nastanek žlebičev. Njihov razvoj je odvisen od potencialnega sproščanja, premestitvene zmogljivosti, dejanskega premeščanja ter koncentriranosti površinskega odtoka. Večji del medžlebične erozije je posledica pljuskov dežnih kapelj. [22] Z večanjem pretočne globine stekajoče vode se oblikujejo erozijski jarki (jarkovna erozija), ki se kasneje lahko razvijejo v hudourniške struge. V njih se procesi spiranja in odnašanja tal spremenijo v procese globinske in bočne erozije. Hudourniška erozija v Sloveniji je vezana na več kot 8000 km takih strug, kjer je njeno delovanje časovno pogojeno na čas močnejših padavin in čas taljenja snežne odeje v hudourniškem območju. [23]



Slika 5 Oblike erozije tal [10]

V vodno erozijo spada tudi rečna erozija, pri kateri njeno delovanje delimo na bočno erodiranje in poglobljanje. Vzporedno z erozijskimi procesi v rekah potekajo procesi sedimentacije. Od mesta nastanka vzdolž celotne rečne mreže, se sediment začasno odlaga v obliki vršajev, prodišč, sipin in naplavinskih teras, vse do območja končne sedimentacije (večja jezera, morja) kjer se geološko preoblikujejo v sedimentne kamnine. [23]

4.2 Odpadne vode

Odpadna voda je voda, ki jo človek uporabil za svojo dejavnost in nato zavrge, pri tem pa se je spremenila fizikalna, kemijska in biološka lastnost vode. Viri, kjer nastajajo odpadne vode so gospodinjstva, obrtne delavnice, naselja, mesta, intenzivno poljedelstvo in živinoreja. Po prehodu skozi različne dejavnosti in tehnološke postopke dobi voda vase snovi različne trdnosti, sestave in količine ali spremeni posamezne lastnosti. Vzrok za to so zelo številne in spremenljive kombinacije neraztopljenih in raztopljenih snovi. Širjenje onesnaženja določajo predvsem hidravlične razmere in samočiščenje vodotoka. Specifična teža odpadne vode je težja od odvodnika, zato teži proti usedlinam. Izjema je specifično lažja hladna voda, ki ostaja na površini. Škoda v odvodniku je odvisna od številnih dejavnikov; pretoka, temperature, življenjske združbe, količine in obremenitve odpadne vode ter značilnosti vsakega odvodnika. Glavni dejavnik, ki povzroča škodo je časovna razporeditev onesnaženja, pri katerem ločimo enkratno, večkratno in trajno onesnaženje. [16]



Slika 6. Odpadne vode iz industrij. [13]

V vodotoku je vpliv kalnosti odvisen od smeri turbulentnega toka in njegove hitrosti. Mešanje kalnosti, ter razprševanje delcev, določa oblika struge. V bolj ravni strugi se kalna voda počasi meša z odvodnikom zaradi tega, lahko še dolgo razločimo čisto vodo in mešanico odpadne vode. V ovinkastem vodotoku, z neenakomerno geometrijo struge oziroma grobo sestavo plavin je mešanje hitro.[16]

Za čiščenje industrijskih odpadnih vod se postavlja vedno strožja merila. Mejne vrednostni dovoljenih parametrov pri izpustu industrijskih odplak v vodotok pri nas določena Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS, št. [47/05](#), [45/07](#), [79/09](#) in [64/12](#)). V primeru kršenja te uredbe je potrebno plačati okoljsko dajatev, ki jo določa Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda (Uradni list RS, št. Uradni list RS, št. 80/12). [24] [25]

5. PROBLEMATIKA S KALNOSTJO V SVETU

5.1 Reka Jangce

Raka Jangce je najdaljša reka v Aziji ter tretja najdaljša na svetu. Dolga je približno 6.300 km in predstavlja mejo med severno in južno Kitajsko. Izvira na nadmorski višini več kot 5.000 m, na ledenikih vzhodne Tibetanske planote, izliva pa se v vzhodno Kitajsko morje pri Šanghaju. Ime je Jangce se uporablja samo v spodnjem delu toka, celotna reka pa imenujejo Čang Jiang, kar v kitajščini pomeni Dolga reka. [26]

Reka predstavlja največje zbirališče kanalizacije na Kitajskem. Gre za odpadke iz tisočih tovarn, rudarskih industrij (težke kovine: arzenik, cianid in živo srebro), odtekajoče vode iz kmetijskih površin, odpadne vode iz domov, odpadki iz mest ter odpadki iz ladij. [27] Predvsem se te spremembe kažejo v zadnjih 50 letih, ko se je onesnaženje povečalo za kar 73%. Letno se v reko odvede približno 25 milijard ton industrijskih odpadkov, kar je 42 % celotnih odpadkov v državi. Tako se je v reki nabralo veliko suspendiranih snovi, organskih in anorganskih spojin ter amonijevega dušika. S tem se je kakovost pitne vode močno zmanjšala, kot tudi življenje v vodi. Poleg tega je reka Jangce četrta največja odlagalka sedimentov v svetu, zaradi velikega deleža obdelovalnih površin v svojem povodju, ki jih voda v času poplav spira, zajezi reke in erozije v porečju. [28]

Na reki je postavljeno veliko jezov in hidroelektrarne, med njimi tudi največji jez, Jez treh sotesk.



Slika 7 Onesnaženost reke Jangce. [29]

5.1.1 Jez treh sotesk

Jez treh sotesk je največji svetovni jez, ki v višino meri 181m v dolžino pa 2335 m. Gre za največji jez v smislu preseljevanja vode, nadzora poplav ter proizvodnje električne energije. [30]

Posledice gradnje jezusa so se kazale že v začetku gradnje, s poplavljanjem nekaterih najbolj slikovitih območij (arheološka najdišča) na svetu, poplavljenem kmetijskih zemljišč, potopitev več kot 1000 mest, vasi in mesta, ter selitev več kot 1,3 milijona ljudi. [27]



Slika 8 Jez treh sotesk [31]

S postavitvijo jez, se je kakovost reke Jangcen še dodatno poslabšala. Hitrost toka se je zmanjšala, globina vode se je zvišala, dolvodno od jez, se je povečala erozija brežin, spremembe pa so vidne tudi v samem rečnem režimu toka. Akumulacija je postala odlagališče za odpadke iz mest in industrij. Z zaježitvijo reke se je za jezom začele kopičiti velike količine plavajočih smeti, preprog iz alg ter veliko količino nakopičenega sedimenta, namesto, da bi se naravno izprale v morje. [27]



Slika 9 Nakopičeni odpadki za Jezom treh sotesk. [32]

Zaradi zbranega mulja na dnu akumulacije, ki ga naj bi bilo po podatkih okoli 520 milijonov ton letno, je potrebno stalno poglobljanje dna. Velike količine mulja ovirajo tudi samo proizvodnjo

električne energije. Nekateri kritiki celo trdijo, da reka ne teče dovolj hitro oziroma nima dovolj moči, da bi poganjala turbino in tako bo s časom jez postali neuporaben, kar je tudi posledica zamuljevanja akumulacije. [27]

Za reševanje te problematike, je Kitajska namenila veliko denarja. Izgrajenih je bilo, kar nekaj komunalnih čistilnih naprav vendar se s tem stanje reke ni veliko popravilo, predvsem je za to kriva hitro rastoča industrija. [27] Nekaj denarja so namenili tudi za zaščito tal v zgornjem toku reke. Prepovedali so sečnjo gozdov in še dodatno nasadili drevesa in s tem zmanjšali erozijo brežin. [33] Znanstveniki so našli tudi rešitev, ki bi mogoče lahko pripomogla k izboljšanju stanja. Rešitev je sestavljena iz velikih lukenj v strateškem delu jeza, skozi katere bi se odvajalo blato v času visokih vod. Na voljo bo okoli 23 lukenj dimenzije 7m × 9m, ki bodo omogočale prehod mulja v deževnem obdobju, ko voda nosi seboj največ blata. [27] Za doseganje cilja bo v obdobju med majem in septembrom (poplavno obdobje) višina vode v akumulaciji znašala 145 m. Od oktobra do aprila (suho obdobje), pa se bo gladina vode ponovno dvignila na normalno raven 175m. [33] Zgradili naj bi tudi dva velika vodna rezervoarja na nemirni reki Jinsha, ki je eden od vodilnih pritokih reke Jangce v zgornjem toku. To bi postopoma zmanjšalo kopičenje mulja v akumulaciji Jeza treh sotesk, za okoli 46 odstotkov. [27]

5.2 Misisipi

Misisipi spada med največje rečne sisteme, nahaja pa se v Severni Ameriki. Po dolžini, ki miri 5,970 km jo uvrščajo na četrto mesto, takoj za reko Jangcen. [34]. Za prebivalce ob reki predstavlja ekonomičen, ekološki, rekreacijski in kulturni pomen. Je vir pitne vode in pomembna transportna pot za ladje. Vendar zaradi vseh dejavnosti ob reki in v njej postaja vedno bolj onesnažena oziroma kalna. [35]

V preteklosti so reka in njeni pretoki prosto vijugali po poplavnih ravninah, erozija, sedimentacija in poplave so bile del tega naravnega procesa. Vendar so ljudje v dvajsetem stoletju prekinili ta proseg. Leta 1930 so zgradili devetindvajset kontrolnih nasipov z namenom upravljanja sezonskih poplav, kar je povzročilo povečanje zadrževanja sedimenta v reki. S tem ukrepom so povzročili izgubo mokrišč in zmanjšali biotsko raznolikost v tem območju. Veliko poplavnih ravnin je bilo pretvorjenih v kmetijska zemljišča. S spremembo zemljišč je prišlo do večje uporabe gnojil in pesticidov v bližini vode, kar je še dodatno povzročilo onesnaženje vode. K onesnaženju reke pripomore tudi industrija. Industrije so toku reke prispevale velike količine olja, aluminija, žveplov dioksid, vodikov sulfid, benzen in druge industrijske odpadke. Na podlagi študij iz leta 2000 naj bi reka odplaknila okoli 26.000 ton toksičnih snovi letno. [36]

Eden glavnih pritokov reke Misisipi je reka Minnesota, ki prav tako vpliva na stanje v reki. Glavni vir onesnaževanja predstavljajo kmetijske površine v neposredni bližini reke. Zaradi delovanja erozije voda letno izpele okoli 4 tone prsti na hektar obdelane površine, skupno to pomeni okoli 650.000 ton sedimenta, katerega reka odnese seboj. Kmetijski odtoki pogosto vsebujejo visoke vrednosti fosforja in dušika, ki povečajo produktivnost življenja rastlin v vodnem ekosistemu. Ko te rastline odmrejo, količina kisika močno pade in posledično izumrejo tudi ostale živalske vrste. [37]



Slika 10 izliv reke Minnesote v Misisipi [38]

Na podlagi obsežnih raziskav in dolgoletnega monitoringa so prišli do zaključka, da če hočejo očistiti reko Misisipi je potrebno zmanjšati količino sedimenta v njenih pritokih, to predvsem velja za reko Minnesota. Precej enostavna praks za izboljšanje oziroma preprečevanje odnašanja zemljin iz kmetijskih površin je ohranjanje obdelovanih površin, kar pomeni, da pustimo površino prekrito z ostanki, ki so ostali od pridelka. Puščanje neobdelanih površin na polju zavira delovanje erozije zaradi odtoka vode. [37] Napredek je bil dosežen tudi s tem, da so del polj v bližini vodotoka spremenili v zaščitno cono. Med brežino in rastlinskimi vrstami so ustvarili mokrišče, ki služi kot zaščita krati pa tudi zadržujejo kemikalije, ki jih uporabljajo na polju, da ne pridejo v bližino vode. V kombinacijami z metodami, gradnje protivetrnih ograj, gojenje teras, izsuševanje in ostalimi drugimi metodami se je stanje reke že izboljšalo za nekaj odstotkov. [39]



Slika 11 Vegetacija ob reki, ki zmanjšuje odnašanje kmetijskih površin [39]

6.PROBLEMATIKA S KALNOSTJO V SLOVENIJI

6.1 Kaljenje reke Drave

Člani ribiške družine ob Dravi že dalj časa opažajo, da Drava v Slovenijo priteče močno kalna. Glavni vzrok za to stanje je mehansko onesnaževanje reke Drave, zaradi odstranjevanja usedlin iz akumulacijskih bazenov hidroelektrarne v Avstriji. Ribiči poročajo, da se zadrževalniki hidroelektrarn čistijo ob povečanih pretokih reke. Takrat izvajalci z gradbenimi stroji iz akumulacijskih zadrževalnikov, na plavajoči ploščadi, kopljejo rečni mulj in ga nalagajo na transportno ladjo. Naložen mulj odpeljejo v matico struge in ga tam spustijo v glavni tok reke, ki ga odplavi dolvodno na slovensko stran. Zaradi stalnega onesnaženja reke, ki traja že več let, koncentracija suspendiranih delcev presega mejno vrednost in povečuje naravno kalnost reke Drave. Posledice onesnaženja reke se kažejo predvsem pri razvoju športnega ribolova, saj je reka Drava ribolovna reka in poslabšane možnosti za uspešen ribolov, ne prispevajo k zanimanju za ribolov. [40]

V letu 2012 je bilo s strani izvajalcev ribiškega upravljanja na območju reke Drave v Sloveniji predlagana rešitev za reševanje te problematike na meddržavni ravni. Zavod za ribištvo je kot strokovna institucija, pristojna za področje sladkovodnega ribištva, pripravila strokovno podlago za meddržavno komisijo, ki obravnava vplive kalnosti na ribe in ribolov. [18] Izpostaviti je potrebno tudi dejstvo, da morajo članice Evropske unije, kamor spadata tudi Slovenija in Avstrija, z namenom ohranjanja naravnih vrednosti in biotske pestrosti prostoživečih

rastlinskih in živalskih vrst slediti zakonom in predpisom v skladu splošno veljavnimi načeli mednarodnega prava in mednarodni pogodbami. [40]

6.1.1 Monitoring na reki Dravi

V okviru izdelanega hidrološkega opazovanja na posameznih objektih HE na Dravi, se ves čas izvajajo meritve pretoka, vzgonskega tlaka, temperature, nivoja podtalnice, meritve premikov točk v vertikalni/horizontalni smeri, dilatacijo konstrukcij in napetosti v sidrih. Leta 2011 pa so začeli tudi z meritvami suspendiranega materiala. [38]

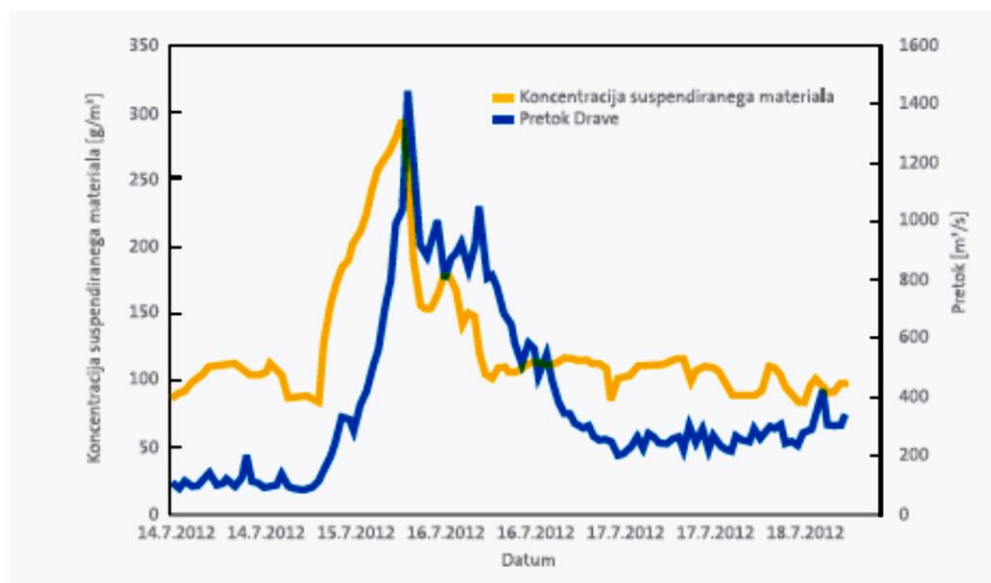
Na Dravi so leta 2012 na treh lokacijah (Dravograd, Vuzenica, Mariborski otok) namestili nov on-line sistem za meritve suspendiranega materiala. [41] Z namenom zajemanja podatkov o količini suspendiranega materiala oziroma za ugotavljanje količine premeščenega materiala čez akumulacijo in možnih nekontroliranih posegov ravnanja s sedimenti v območju slovenskega in avstrijskega porečja. [42]

Za meritev suspendiranih snovi (motnosti) v vodi se uporabljena metoda širjenja svetlobe pod kotom (90°) v kombinaciji s sprejemnikom odbite svetlobe. Metoda poteka v skladu z DIN EN ISO 7027. Pri meritvah se uporablja senzor Solitax LXV, ki zajema meritev v območju med 0,001 do 50 g/L. [42] Podatki se samodejno zajemajo v petminutnih časovnih intervalih. Rezultati so prikazani kot TSS-koncentracije (ang.Total suspended solids concentrations) v mg/l. [41] Senzor ima vgrajen tudi sistem samočiščenja, ki se aktivira na vsake 4 ur.[42] Podoben merilnik je prikazan na sliki 9.



Slika 12 Senzor meritve kalnosti v vodotoku. [43]

Na podlagi meritev je bilo ugotovljeno, da se koncentracije suspendiranih snovi večji del leta giblje med 10 g/m^3 in 20 g/m^3 . V času povečanega pretoka (do približno $1400 \text{ m}^3/\text{s}$) ta vrednost naraste na približno 320 g/m^3 . [42]



Slika 13 koncentracija suspendiranih snovi v odvisnosti od pretoka reke Drave. [42]

6.2 Akumulacijska jezera

Gradnja vodnih zadrževalnikov predstavlja velik poseg v vodotok in ima različne posledice na kemijske, hidrološke, klimatske, krajinske, gospodarske ter biološke in lastnosti spremenjenega odseka reke ali potoka. [22] S postavitvijo ene same večje pregrade na vodotoku se gorvodno pojavi sedimentacija dolvodno pa erozija in poglobljanje struge [11] Zmanjša se prodonosnost in v primeru izgradnje verige pregrad, lahko pride do popolne prekinitve prenašanja proda v vodotoku. Ob jezovih se tok vode umiri, usedline ki jih je reka odnašalo s seboj se usedejo na dno. Nihanja vodne gladine povzročajo erozijo brežin reke ali jezera. Z zajezitvijo vode reka izgubi prvoten življenjski ritem, v katerem je bilo spreminjanje oblike, širine in poteka struge ali ustvarjanje prodišč normalen pojav. [44]

Pomembno je poudariti, da je pri nas večina rek hudourniškega značaja, kar še dodatno poveča odlaganje gradiva. Večina gradiva se premesti prek elektrarne ob višjih pretokih, še posebej, če so zapornice delno odprte. Ob nižjih pretokih pa se odlaga tudi najfinejši material.

Razumljivo je, da je količina gradiva odvisna od značilnosti gorvodnega dela porečja in seveda od starosti akumulacije. Zaradi tega je potrebno akumulacijske bazene čistiti, usedline in plavje pa nekam odložiti. Kadar so prisotne tudi strupene snovi je najboljša rešitev, da se gradivo premešča znotraj struge (primer reka Drava). [45]

6.2.1 HE Moste

Hidroelektrarna Moste obratuje že od leta 1952 kot prva elektrarna na reki Savi in edina slovenska elektrarna z velikim akumulacijskim jezerom. Pregrada, ki je betonsko-težnostna leži v najožjem delu savskega kanjona, v soteski Kavčke, pod Žirovnico in je s 60 m višine tudi najvišja pregrada v Sloveniji. [46] Skupaj s starejšo hidroelektrarno Završnica na potoku Završnica sestavlja enotni energetski sistem. Leta 1960 je dobila začasno vodnogospodarsko dovoljenje z omejitvami pri obratovanju, ki veljajo do izgradnje izravnalnega jezera, katerega še niso zgradili. [47]



Slika 14 jez HE Moste [48]

Akumulacija sega od Slovenskega Javornika in se konča v Mostah. V zaježitvi se je od pričetka obratovanja in vse do danes nabralo več kot dva milijona kubičnih metrov naravnih in umetnih sedimentov. [46] Na podlagi meritev naj bi bilo kar 40 % sedimentov v akumulaciji umetnega izvora.[49] Gre za prod, pomešan z žlindro, fenoli in razne bitumenske smole ter ostale odplake, ki so nastale v takratni Železarni Jesenice. [46] V neposredni bližini jezerski brežinah

so se nahajale deponije, kjer se je vrsto let brez kakršnih dovoljenj in nadzora odlagalo industrijske odpadke. Zaradi drobnejše strukture umetnega sedimenta in večje erozije je premeščanje sedimentov po strugi navzdol hitrejše. Posledica tega je prekomerno kopičenje drobnih frakcij mulja neposredno ob pregradi, kar vpliva na sposobnost obratovanja temeljnega izpusta in s tem onemogoča varno obratovanje elektrarne. [49]

Dolgotrajno onesnaževanje bazena in pritokov z izpusti komunalnih in industrijskih odpadkov ter odpadnimi produkti industrijske proizvodnje, povzročata velike ekološke probleme. [49] Leta 1974 so na pregradi zadnjič odprli talni izpust. V usedlinah, ki so jih izpustili so se nahajali fenolni izcedki iz železarniških odpadnih deponij. Temu je sledil popoln pomor rib od Most do Zbiljskega jezera. Od takrat naprej izpusta niso več odpirali, izdelali so zaprt sistem, ki jim omogoča, da vzdržujejo loputo. [46]

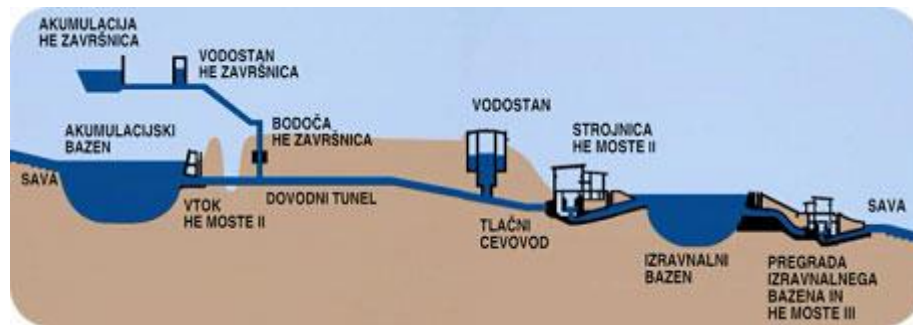
Prenova HE Moste

Po več kot 50 letih obratovanja je hidroelektrarna dotrajana in ne zagotavlja več varnosti ter zanesljivosti, saj elektro-strojna oprema že dvakrat presega pričakovano dobo obratovanja. [50] Poseben poudarek je na reševanju okoljevarstvene problematike, ki zajema celotno obnovo obstoječega akumulacijskega bazena in zaledja (deponijske površine železarne Acroni) z upoštevanjem prostorske, okoljevarstvene omejitve, ter upoštevanje zahtev elektroenergetskega sistema. [49]

Območje HE Moste je človek s svojimi dejavnostmi zelo preoblikoval in je zato močno obremenjeno. Velik problem predstavlja erozija bregov reke Save Dolinke in Save ob iztoku HE Moste pa vse do Mavčič. Sedanje obratovanje hidroelektrarne povzročata pri srednjem letnem pretoku neenakomerna nihanja pretoka od 0 do 28 m³/s. Zato je bilo v okviru prenove predlagana izgradnja izravnalnega jezera, ki bi omogočal pretok, sorazmeren naravnemu, kar bi zmanjšalo erodiranje brežin. [51]

S prenovo, bi se uredile tudi brežine deponije žlindre. S tem bi preprečili izpiranje železarniških umetnih sedimentov, ter nadaljnje onesnaževanje jezera. V akumulacijo se stekajo tudi odpadne komunalne vode z območja od Kranjske Gore do Jesenic. Posledica dolgoletnega onesnaževanja Save Dolinke z industrijskimi in komunalnimi odpadki je okrog 2 milijona kubičnih metrov strupenih usedlin, stabiliziranih pod vrhno plastjo mulja, ki ga je v tej količini nemogoče odstraniti iz akumulacije. [51] Študije in raziskave so pokazale, da je ekološko najmanj sporno, če usedline ostanejo v bazenu pokrite z neonesnaženimi usedlinami. Poskrbeti je potrebno le, da ne pride do prenosa obstoječih spodnjih sedimentov iz akumulacije dolvodno po strugi Save, to pa bodo zagotovili s sanacijo temeljnega izpusta. [52] V okviru

projekta je že bila izvedena prenova prodne pregrade Javornik, sanacija korena (začetka) zaježitve, sanacija obstoječe HE Moste in vgradnja zapornic na pregradi HE Moste za lažje odvajanje katastrofalnih voda. [51]



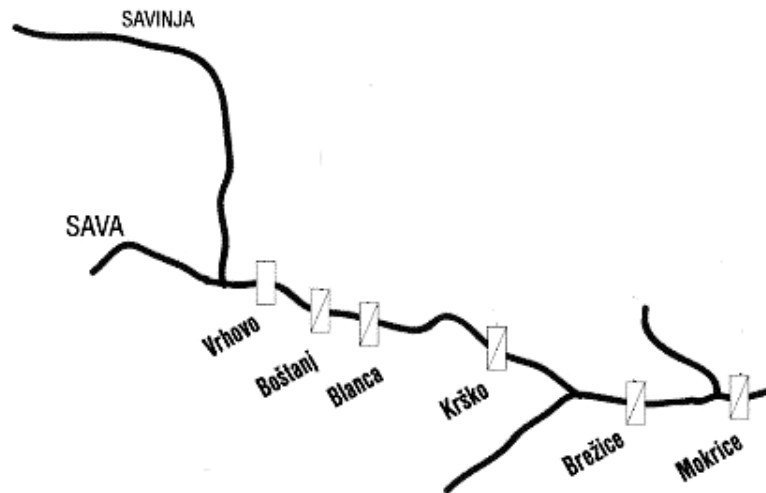
Slika 15 shema prenove HE Moste [53]

6.3 Stanje pod pregrado HE Moste

Pod pregrado Moste so rezultati hidroloških meritev pokazali spremembe hidrološkega režima na Savi Dolinki, ki se kažejo v zmanjšanju pretokov vode, hitrosti vodnega toka in globini vode. Spremenila se je tudi krivulja trajanja pretokov vode, ki vpliva na zastajanje in odlaganje plavin nad pregradami in s tem povzročena tako imenovano dolvodno erozijo. Pod pregrado Moste prevladujejo prodnate plavine z večjim deležem grobih zrn. [54]

6.3.1 Zasipavanje akumulacije na spodnji Savi

Na odseku spodnje Save med HE Vrhovo in sosednjo državo Hrvaško je do leta 2018 predvidena gradnja petih rečnih hidroelektrarn. [55] HE Boštanj, HE Blanca, HE Krško, ki so že zgrajeni ter HE Brežice, ki je v poskusni fazi obratovanja in HE Mokrice, ki so še v gradnji.



Slika 16 HE na spodnji Savi (povzeto po: [56])

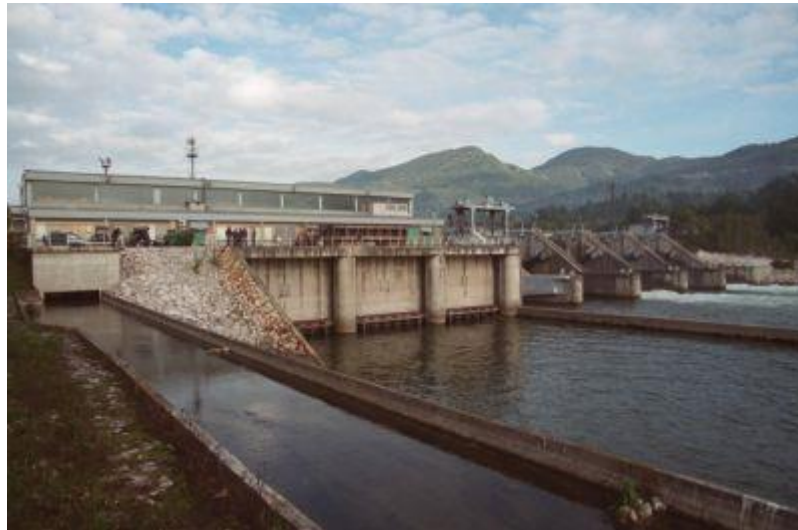
Zasipavanje akumulacijskih bazenov na spodnji Savi lahko razumemo le če poznamo značaj vodotoka ter njihovih povodij. V tem primeru je potrebno poznati podatke o transportu gradiva reke Save in Savinje. [45] Savinja je v mirne obdobju med časom 1994 – 2004 v povprečju prenašala okoli 53 g/m^3 suspendiranega materiala v kubičnem metru vode. Vendar je potrebno poudariti, da se količina gradiva močno poveča v času visokih vod. Najvišja vrednost koncentracije v tem obdobju, je bila izmerjena 7.11.2000 na hidrološki postaji Veliko Širje in je znašala 6026 g/m^3 , to je tudi tretja najvišja izmerjena vrednost v reki Savinji. [6] Najvišja zabeležena vrednost leta 1994 je znašala 9574 g/m^3 po ocenah naj bi Savinja v tem obdobju odplavila okrog 10, 5 milijonov ton materiala. [45]

Reka Sava in spodnji deli njenih pritokov spada med tipične naplavinske vodotoke, katerih struge so zarezane v njihove lastne sedimente. Grobi delci sedimentov (prod, grobo-zrnat in srednje-zrnat pesek) se prenašajo vzdolž rečne struge, kot rinjene plavine medtem ko se manjši delci (droben pesek, mulj in glina) premeščajo, kot lebdeče plavine. [57] Povprečna vrednost premeščenega materiala za reko Savo, ki je bila izmerjena leta 2000 na hidrološki postaji Medno, je znaša 24 g/m^3 . [6]

HE Vrhovo

Del gradiva, ki ga reka Sava nosi sabo, se odloži že v akumulacijskem bazenu Vrhovo, ki je prva zaježitev na spodnji Savi. Raziskave kažejo, da se v bazenu vsako leto odloži več kot 100.000 m^3 materiala. Leta 2002 je prostornina akumulacije znašala 7690.889 m^3 leta 2006 pa 7103.085 m^3 , kar pomeni, da se prostornina v štirih letih zmanjšala za 7,6 % oziroma letno

v povprečju za 147.000 m³. Ugotovljeno je bilo tudi to da je zasipavanje akumulacije največje v prvih 20 letih nato pa se umiri. Vendar reka ne nosi sabo samo suspendirano gradivo ampak tudi rinjene plavine in plavje. [45]



Slika 17 HE Vrhov [58]

Večina gradiva, ki se usede za jezom HE Vrhov ne sodi v kategorijo suspendiranega materiala. Med usedlinami akumulacijskih jezer je okrog 20-30% gradiva v obliki suspendiranega materiala, 70-80% gradiva je tja prišlo z rečnim transportom po dnu. (kotaljenje, odboj od tal). [45]

HE Boštani

Večji del plavajočega in kotalečega materiala (rinjene plavine) ostane že pred jezom Vrhov in prav tako suspendirano gradivo. Del gradiv, ki se ne usede gre skozi turbine ali prelivna polja v naslednjo akumulacijo HE Boštanj. Zaradi manjše hitrosti se manjši delci začnejo posedati na dno akumulacije. Po ugotovitvah je količina gradiva, ki se usede odvisna od pretoka reke, kar velja tako za vtok kot iztok vode iz akumulacijskega bazena. Usedline so predvsem delci velikosti med 10 µm in 100 µm. Zaradi geološke osnove, po kateri teče Sava, v suspendiranem materialu prevladujejo karbonati, muskovi in kremen. [45]

6.3.2 Odstranjevanje in deponiranje gradiva iz akumulacij

Odvzem plavin v vodotoku je možno v območju akumulacijskih jezer, kjer so plavine obravnavane, kot usedline ali pa še v ne zajezenih delih vodotoka v obliki prodnih lovilnih jam. Grobe plavine je najbolj prestrezati med odstranjevanjem rinjenih plavin s pomočjo plovnicami

bagri, na mestu kjer se odlagajo zaradi zmanjšanja pretočne hitrosti. Rinjene plavine (prod, pesek) je možno uporabljati v gradbeništvu za izdelavo betona oziroma betonskih izdelkov, v cestni gradnji za nasipe ali utrditev cestišč. Za razliko od plavin usedline iz akumulacijskega bazena običajno niso uporabne v gradbeništvu. Problem usedlin predstavljajo škodljive snovi v drobnozrnatem materialu katerega je potrebno stabilizirati na deponijah ali nasutju. [59]

V skladu s koncesijsko pogodbo za izrabo reke Drave in družbeno ter okoljsko odgovornostjo na vseh hidroelektrarnah skrbijo za redno odstranjevanje plavja. Vse hidroelektrarne imajo v okolici infrastrukture zgrajene začasne deponije plavja, na katerih se začasno (do odvoza) shranjuje gradivo. [60] Pred leti je bil pripravljen tudi tehničen razpis, ki je zajemal tri sklope čiščenja mulja iz akumulacijskih jezer, HE Dravograd, HE Ožbalt ter HE Formin. Izkop mulja naj bi se izvajal s plovnimi bagri. Odstranjen sediment se ne odvaža, temveč ga je potrebno deponirati na točno določeno mesto, ki je bilo določeno za vsako lokacijo posebej na rob akumulacije ali na nabrežje. Brežine so utrdili s pilotno steno (smrekovi piloti debeline ca. 20 cm in dolžine ca. 70 m). Pilotno steno so obložili z geotekstilom, ki preprečuje iztekanje onesnaženih izcednih vod nazaj v akumulacijo. Po osušitvi mulja naj bi brežine posejali s travnim semenom in prepustili naravnemu zaraščanju. [61]



Slika 18 Prikaz črpanja rečnega sedimenta na območju umetnega otoka in prikaz gradnje umetnega otoka in oblikovanje brežin z uporabo rečnega sedimenta [18]

Omejena problematika na spodnji Savi kjer obratujejo tri hidroelektrarne ni bila rešena na ravni projektiranja, zato HE nimajo posebnega prostora za odlaganje in ravnanje z usedlinami, razen za HE Brežice, kjer je bilo, odlaganje suspendiranega materiala delno določeno v 9. členu

Uredbe o državnem prostorskem načrtu za območje hidroelektrarne Brežice. Uredba določena;

-da se za odlaganje sedimentov, ki jih bo treba odstranjevati iz bazena uredijo tri odlagališč, od tega dva na levem bregu in enega na desnem bregu;

- da se na območju odlagališča za sedimente po izkopu gramozu iz njihovega območja uredijo začasni habitati v skupnem obsegu približno 19 ha kot vodne površine, čas trajanja vodnih teles os začetka izkopa do končanega zasutja s sedimenti, v katerih bo z naravno sukcesijo ali tudi z določenimi ureditvami nastal habitat, bo odvisen od dinamike sedimentacije v bazenu HE Brežice in potrebe po odstranjevanju sedimentov iz bazena. Po končani ureditvi odlagališč se te površine uredijo za potrebe kmetijstva. [46]

Predlagan je bil tudi nov način monitoringa suspendiranega sedimenta na spodnji Savi (članek prof. Mikoš, Gradbeni vestnik 2012: Predlog obratovanja hidrološkega monitoringa kalnosti na spodnji Savi [8]) , vendar se lahko v prilagojeni obliki uporabi tudi na območju vodnih elektrarn za srednjo Savo. Nujno je, da se na območju predvidene gradnje na srednji Savi med HE Tacen in HE Vrhovo (sotočje s Savinjo) še pred gradnjo hidroelektrarne vzpostavi hidrološki monitoring z namenom določitve »naravnega« ozadja, oziroma izhodiščnega stanja pred gradnjo verige. Po koncu gradnje verige, naj bi bil obratovalni hidrološki monitoring suspendiranih snovi na srednji Savi, enakovreden tistemu na spodnji Savi in z njim tudi sinhroniziran, saj bo veriga delovala kot enota.

Obratovalni hidrološki monitoring naj bi obsegal:

1. Za vsako hidroelektrarno v verigi naj bi se predvidela dva merilna mesta, ki bi omogočala izvedbo neprekinjenih meritev suspendiranih sedimentov.
2. Za neprekinjene nadomestne terenske meritve koncentracije suspendiranih sedimentov je bila predlagana naslednja merilna oprema:
 - Merilnik na principu akustičnega odboja, in sicer vodoravni ADCP. Zaradi širjenja žarka je bolje opravljati tovrstne meritve v zoženih prerezih, kjer je hidravlično gledano, pričakovati nekoliko višje pretočne hitrosti, bolj grobo zrnavost suspendiranih snovi in manjše odlaganje rečnih sedimentov .
 - Merilnik motnosti SOLITAX highline sc, Pri izbiri merilnika je potrebno upoštevati tudi maksimalne pričakovane koncentracije, ker ti merilniki pri višjih koncentracijah ne delujejo več v linearnem območju (odnos med izmerjeno motnostjo in koncentracijo suspendiranih snovi).

3. Občasne meritve za potrebe kalibracije bi bilo dobro opravljati na istih hidroloških prerezih, tam kjer bo nameščena oprema za neprekinjene meritve. Lokacije možnih hidroloških prečnih prerezov za izvedbo meritev z izbranimi merilniki so za akumulacije hidroelektrarn naslednje: HE Vrhovo: most v Zidanem mostu, most v Radečah in most v Rečici; HE Boštanj: ni premostitev; HE Blanca: most v Sevnici (2-krat); HE Krško: most v Brestanici; HE Brežice, HE Mokrice: most v Krškem (2-krat), most v Gornjem Lenartu, most v Čatežu ob Savi.

ZAKLJUČEK

Kalnost vode je pomemben hidrološki parameter, ki je povezan z erozijskimi procesi v porečjih, človekove rabe vode in dejavnosti na vodah ter z izrednimi vremenskimi dogodki. Monitoring kalnosti pri nas izvaja Agencije Republike Slovenije za okolje na podlagi vodne direktive (Direktiva 2000/60/ES), ki določa zakone za izvajanje hidrološkega monitoringa in nacionalne hidrološke dejavnosti. Posledice kalnost se kažejo v spremenjenih kemijskih in fizikalnih lastnosti vode, ki posledično vplivajo tudi na ekološke razmere v vodotoku.

Eden izmed glavnih vzrokov kalnosti je erozija brežin vodotoka. Problem predstavlja predvsem odplavljanje kmetijskih površin. V državah, ki so trenutno v razvoju, kot na primer Kitajska, veliko težavo predstavlja tudi hitro rastoča industrija ki posledično proizvaja velike količine odpadnih vod, katere neprečiščene izpuščajo v najbližje reke. S tem se je njihova kakovost pitne vode močno zmanjšala ter življenje v njihovih rekah. Še dodatno pa, k temu pripomore gradnja hidroelektrarne in velika akumulacijska jezera. Ob jezovih se tok vode umiri in usedline, ki jih reke prenašajo s seboj se posedejo na dno. Nihanje vodne gladine pa povzroča večjo erozijo brežin reke.

Pri nas hidroelektrarne na reki Savi prav tako vplivajo na hidrološki režim reke, ki se kaže v zmanjšanju pretoka vode, hitrosti toka in globini vode pri tem pa je potrebno omeniti še to, da je reka Sava hudourniškega značaja, kar še dodatno poveča odlaganje gradiva. Probleme s kalnostjo imajo tudi na reki Dravi. Glavni vzrok za to je odstranjevanje usedlin iz akumulacijskih bazenov hidroelektrarn v Avstriji.

Z zvišanja okoljskih standardov in vpeljavo načela iz Direktive o okoljski odgovornosti »onesnaževalec plača«, se je kakovost naših rek močno izboljšala. Vedno več, je tudi poudarka na čiščenju akumulacijskih jezer in odlaganje mulja na primernih deponijah. V prihodnosti naj bi začel delovati tudi nov monitoring kalnosti na slovenskih rekah. Sodobne merilne metode in sistem bodo omogočali samodejni prenos podatkov in s tem izboljšale meritve kalnosti v slovenskih vodotokih.

VIRI

[1] Dolinar B. 2014. Merilni nadzor lebdečih plavin v reki Dravi.

http://www.rmz-mg.com/letniki/rmz61/RMZ61_0079-0086.pdf (Pridobljeno 25. 8. 2016)

[2] Mikoš M. 2012. Kalnost v rekah kot del erozijsko–sedimentacijskega kroga.

Gradb. Vestn., 61: str 129 – 136

[3] Knific Porenta J. 1998. Monitoring suspendiranega materiala na Slovenskih vodotokih.

Hidrologija v projektih gospodarjenja z vodami, Mišičev vodarski dan 1998: str 16 – 22..

[4] Bat M., Frantar P., Golob A., Kobold M., Kosec D., Lalič B., Polajnar J., Šupek M., Ulaga F. 2013. Poročilo o hidrološkem monitoringu površinskih voda za leto 2013. Agencija

Republike Slovenije za okolje

<http://www.arso.gov.si/vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/Poro%C4%8Dilo%20o%20hidrolo%C5%A1kem%20monitoringu%20povr%C5%A1inskih%20voda%20za%20leto%202013.pdf> (Pridobljeno 25. 8. 2016)

[5] Bat M., Jeromel M., Kobold M., Kosec D., Lalič B., Polajnar J., Strojani I., Sušnik M., Šupek M., Trček R., in Ulaga F. 2016 Program hidrološkega monitoringa površinskih voda 2016-2020. Agencija Republike Slovenije za okolje

<http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Program%20hidrolo%C5%A1kega%20monitoringa%20povr%C5%A1inskih%20voda%202016-2020.pdf>

(Pridobljeno 25. 8. 2016)

[6] Ulaga F. 2005. Vsebnost in premeščanje suspendiranega materiala v Slovenskih rekah

<http://www.arso.gov.si/vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/meritveSM.pdf>

(Pridobljeno 25. 8. 2016)

[7] Ulaga F. 2006. Transport suspendiranega materiala v Slovenskih rekah.

<http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2006/ulaga.pdf> (Pridobljeno 25. 8. 2016)

[8] Mikoš M. 2012. Predlog obratovalnega hidrološkega monitoringa kalnosti na spodnji

Savi, Gradb. Vestn., 61, 8: 170–176

[9] Mikoš M. 2012. Metode terenskih meritev suspendiranih sedimentov v rekah. Gradb. Vestn., 61, 7: 151–158

[10] Bezak N. 2016. Povezanost fluvialnega premeščanja suspendiranih snovi z drugimi hidrološkimi procesi. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba N. Bezak), str. 7-14.

[11] Vrhovšek D. in Vovk Korže A. 2008. Ekoremediacije kanaliziranih vodotokov. Ljubljana, Limnos d.o.o in Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije: str. 44 – 46; 110.

[12] Svetloba nad gladino in pod njo. Explorer diving.

<http://www.explorer-diving.si/potaplaska-fizika/svetloba-nad-gladino-in-pod-njo>

(Pridobljeno 25. 8. 2016)

[13] Turbidity, Total Suspended Solids & Water Clarity. Environmental Measurement Systems. <http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/turbidity-total-suspended-solids-water-clarity/> (Pridobljeno 14. 9. 2016)

[14] Urbanič G. in Toman J. M. 2003. Varstvo celinskih voda. Ljubljana, Študentska založba: str. 22- 34.

[15] Vovk Korže A. in Bricelj M., 2004. Vodni svet Slovenije. Priročnik za interdisciplinarno poučevanje voda. Ljubljana, Zveza geografskih društev Slovenije, Maribor pedagoška fakulteta: Str. 35 – 38.

[16] Rejic M., Smolej I. 1988. Sladkovodni ekosistem, Varstvo voda in gozdna hidrologija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo: str. 130 – 137.

[17] Šumer S., Povž M., Jesenšek D. 2003 Vpliv mehanskega onesnaževanja zaradi plazov na ribe, talne nevretenčarje in perifiton v reki Soči od Čezsoče do Tolmina. Aktualni vodnogospodarski projekti, Mišičev vodarski dan 2003,: str. 198 – 205.

[18] Jenič A., Zabrc D., Puklavec D., Bric B. 2012. Vpliv kaljenja reke Drave na ribe in ribolov., Aktualni projekti s področja upravljanja z vodami in urejanja voda, 23. Mišičev vodarski dan 2012: str. 135–141.

- [19] Ambrožič Š. 2008. Kakovost voda v Sloveniji. Ljubljana, Agencija republike Slovenije za okolje (ARSO): str. 44.
- [20] Smolar-Žvanut N., Mikoš M. 2014. The impact of flow regulation by hydropower dams on the periphyton community in the Soča River, Slovenia. *Hydrol. Sci. J.*, 59: str. 1032–1045
- [21] Earth Science for Kids: Erosion.
http://www.ducksters.com/science/earth_science/erosion.php (Pridobljeno 28. 8. 2016)
- [22] Rusjan S., Mikoš M. 2006 Dinamika premeščanja lebdečih plavin v porečjih. *Gradb. Vestn.* 24, 40: str. 1–20
- [23] Čarman M., Mikoš M., Pintar M. 2007. Različni vidiki erozije tal v Sloveniji
https://www.researchgate.net/publication/301292145_Razlicni_vidiki_erozije_tal_v_Sloveniji
(Pridobljeno 25. 8. 2016)
- [24] Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo: Uradni list RS št. 62/12.
- [25] Okoljska dajatev za onesnaževanje: Uradni list: RS št. 80/12.
- [26] Najbolj slavne in mogočne reke sveta 2015. *Lisa*, 44, <http://www.lisa.si/potovanja/najbolj-slavne-in-mogocne-reke-sveta/> (Pridobljeno 1. 9. 2016).
- [27] Ponseti M., López-Pujo J. THREE GORGES DAM: BENIFITS, PROBLEMS AND COSTS <https://ddd.uab.cat/pub/hmic/16964403n4/16964403n4p151.pdf> (Pridobljeno 1.9. 2016)
- [28] Threat of Pollution in the Yangtze.
http://wwf.panda.org/about_our_earth/about_freshwater/freshwater_problems/river_decline/10_rivers_risk/yangtze/yangtze_threats/ (Pridobljeno 2. 9. 2016)
- [29] 10 najneverovatnijih ušća reka na svetu.
<http://www.nsparty.rs/novi-sad/zanimljivosti/629>. (Pridobljeno 8. 9. 2016)

[30] Sedimentation in the Three Gorges Dam and the future trend of Changjiang (Yangtze River) sediment flux to the sea. 2009, Hydrol. Earth Syst. Sci., 13, 2253–2264

<http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/13/2253/2009/hess-13-2253-2009.pdf> (2. 9. 2016)

[31] Kitajska razglasila zaključek gradnje največje hidroelektrarne na svetu.

<http://www.rtvlo.si/svet/kitajska-razglasila-zakljucek-gradnje-najvecje-hidroelektrarne-na-svetu/286740> (Pridobljeno 8. 9. 2016)

[32] A worker clears floating garbage on the Yangtze River near the Three Gorges Dam in

Yichang. <http://www.nbcnews.com/id/33948455/?q=Three%20Gorges%20Dam> (Pridobljeno 8. 9. 2016)

[33] Ponseti M., López-Pujol J. 2006. The Three Gorges Dam Project in China: history and Consequences.

<https://ddd.uab.cat/pub/hmic/16964403n4/16964403n4p151.pdf> (Pridobljeno 2. 9. 2016)

[34] Mississippi River Facts. <https://www.nps.gov/miss/riverfacts.htm> (Pridobljeno 14. 9. 2016)

[35] South Metro Mississippi — Turbidity: TMDL Project.

<https://www.pca.state.mn.us/water/tmdl/south-metro-mississippi-%E2%80%94-turbidity-tmdl-project> (14. 9. 2016)

[36] Janet S. Smith 2003. Mississippi (river US). Encyclopedia.

[http://www.encyclopedia.com/topic/Mississippi_\(river_US\).aspx](http://www.encyclopedia.com/topic/Mississippi_(river_US).aspx) (14. 9. 2016)

[37] Sediment problems and solutions for the Minnesota River. University of Minnesota Extension: Agriculture.

<http://www.extension.umn.edu/agriculture/tillage/sediment-problems-and-solutions-for-the-minnesota-river/> (Pridobljeno 14. 9. 2016)

[38] Mississippi River clean-up plan open house a success. Friends of the Mississippi River,

<http://fmr.org/mississippi-river-clean-plan-open-house-success> (Pridobljeno 14. 9. 2016)

[39] Soil Erosion and Sedimentation in the MN River

http://www.macalester.edu/academics/environmentalstudies/threerivers/studentprojects/env_133_spr_08/agricultural%20impacts/agmnri/soil%20erosion%20and%20sedimentation%20n%20the%20mn%20river.html (Pridobljeno 14. 9. 2016)

[40] B. Bric, M. Čarf, A. Jenič, D. Puklavec, in D. Zabrc, 2013. Kaljenje reke Drave in vpliv na ribe in ribolov. Ribič, Glas. Slov. Ribištva: str. 126 –129.

[41] Dolinar B., 2014. Suspendiran sediment v reki Dravi. Gradb. Vestn. 63: str. 94 – 100.

[42] Gregorc B. 2013. Spremljanje vsebnosti suspendiranega materiala v rečni vodi Drave s pomočjo on-line meritev. Ekolist 10: str.8 - 10

http://www.ekolist.si/spremljanje_vsebnosti_suspendiranega_materiala_v_rečni_vodi_draves_pomocjo_on-line_meritev.html (Pridobljeno 25. 8. 2016)

[43] SOLITAX Turbidity and Suspended Solids, inline sc, stainless steel with wiper (0.001 to 4000 NTU, 0.001 mg/L to 50 g/L) (Sensor Only).

<http://www.hach.com/solitax-turbidity-and-suspended-solids-inline-sc-stainless-steel-with-wiper-0-001-to-4000-ntu-0-001-mg-l-to-50-g-l-sensor-only/product?id=7640286630>

(Pridobljeno 1.9. 2016)

[44] Vpliv vodnih zadrževalnikov in hidroelektrarn na habitatne tipe. Savske elektrarne, Ljubljana d.o.o. <http://www.sel.si/vplivi-hidroelektrarn> (Pridobljeno 25. 8. 2016)

[45] Polšak A. 2011. Nekateri geografski vidiki hidroelektrarn s poudarkom na spodnji Savi.

http://www.zrss.si/pdf/150313072114_tone_polsak_elektrane_na_spodnji_savi.pdf

(Pridobljeno 25.8 2016)

[46] HE Moste. Zavest. <http://zavest.net/he-moste/> (Pridobljeno 26. 8. 2016)

[47] Pomen HE Moste. Obnova HE Moste Modro sožitje.

<http://www.hemoste.sel.si/index.php?id=31> (Pridobljeno 26. 8. 2016)

[48] Pregrada HE Moste. Savske elektrarne Ljubljana d.o.o.

<http://www.sel.si/HE-moste#prettyPhoto> (Pridobljeno 8. 9. 2016)

[49] Kryžanowsky A. 1999. Projekt sanacije in doinstalacije HE Moste – Informacija. Zavest <http://zavest.net/projekt-sanacije-in-doinstalacije-he-moste-informacija/> (Pridobljeno 26. 8. 2016)

[50] Zakaj obnova. Obnova HE Moste Modro sožitje.

<http://www.hemoste.sel.si/index.php?id=5> (Pridobljeno 28. 8. 2016)

[51] Okoljevarstveni vidiki. Obnova HE Moste Modro sožitje.

<http://www.hemoste.sel.si/index.php?id=7> (Pridobljeno 26. 8. 2016)

[52] Kratka obrazložitev postopkov priprave in poteka lokacijskega načrta in dodatnih študij, ki so bile izdelane za utemeljitev načrtovanega posega. HE Moste.

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:G0h9XEX8RCqJ:www.hemoste.sel.si/uploads/files/obrazlozitev%2520postopkov.doc+&cd=1&hl=sl&ct=clnk&gl=si>

(Pridobljeno 26. 8. 2016)

[53] Pomen HE Moste. Obnova HE Moste Modro sožitje.

<http://www.hemoste.sel.si/index.php?id=31> (Pridobljeno 26. 8. 2016)

[54] Smolar-Žvanut, N., Povž, M., Kryžanowski, A. 2005. Vpliv zajezev in odvzemov vode iz vodotokov na vodni ekosistem. 7. posvetovanje SLOCOLD, Tehnična in okoljska problematika gradnje verige hidroelektrarn na spodnji Savi. Sevnica, Slovenski nacionalni komite za velike pregrade: str. 57-64.

[55] Širca A. 2005 .Predstavitev objektov HE Blanca in HE Krško. 7. posvetovanje

SLOCOLD, Tehnična in okoljska problematika gradnje verige hidroelektrarn na spodnji Savi. Sevnica, Slovenski nacionalni komite za velike pregrade.

[56] Ogled hidroelektrarne Medvode. Srednja poklicna in strokovna šola Bežigrad –Ljubljana.

<http://www.spssb.si/prispevki/ogled-hidroelektrarne-moste/> (Pridobljeno 26. 8. 2016)

[57] K praktičnim smernicam za trajnostno ravnanje s sedimenti z uporabo Savskega bazena kot vzorčnega primera Ocena bilance sedimentov za reko Savo. Mednarodna komisija za Savski bazen.

http://www.savacommission.org/dms/docs/dokumenti/documents_publications/publications/other_publications/sediment_booklet/booklet_sediment_balance_si.pdf

(Pridobljeno 2. 9. 2016)

[58] Uradno odprtje prve spodnjesavske elektrarne. Delo, objavljeno 27. 5. 2006.

<http://www.delo.si/clanek/o138936> (Pridobljeno 8. 9. 2016)

[59] Mikoš M. 2000. Zasipavanje akumulacijskih jezer na reki Savi. Gradb. Vestn., 49: str. 224 –203.

[60] Okoljski projekti. Dem. <http://www.dem.si/sl-si/V-sozvo%C4%8Dju-z-naravo/Okoljski-projekti> (Pridobljeno 31. 8. 2016)

[61] III.Tehnični opis uzvedbe del. Dem.

http://www.dem.si/Portals/0/JavnaNarocila/_NatalijaK/Ohranjanje%20energetskega%20potenciala/III%20TEHNICNI%20OPIS%20IZVEDBE%20DEL.pdf (Pridobljeno 31. 8. 2016)