

# OKOLJSKI VIDIKI IN USMERITVE ZA USTREZNO REVITALIZACIJO MLINOV NA BELOKRANJSKIH VODOTOKIH IN UMESTITEV MALIH HIDROELEKTRARN

Urša ŠOLC, univ. dipl. geogr.<sup>1</sup>

Klemen STRMŠNIK, univ. dipl. geogr.<sup>1</sup>

Renata ROZMAN, univ. dipl. biol.<sup>1</sup>

Bojan ŽNIDARŠIČ, univ. dipl. inž. kraj. arh.<sup>2</sup>



**Slika 1**

Na reki Kolpi – tako, kot praktično na vseh slovenskih vodotokih – se nam energija jalovo preliva čez jezove, na bregovih pa propadajo objekti, ki so v preteklosti koristili vodno energijo, predvsem pa dajali zaslužek lastnikom



<sup>1</sup> Oikos, svetovanje za razvoj, d.o.o.

<sup>2</sup> ENSVET, Energetsko svetovalna pisarna Cerknica

*Kljub mnogim prednostim, ki jih lastnikom in nacionalni ekonomiji prinaša energetska obnova propadajočih mlinov se ta kar ne more celovito zagnati. Razlogov propadanja vodne in obvodne infrastrukture je več. Dolgi, zapleteni in zelo počasni »papirnati« postopki pridobivanja koncesij in dovoljenj, birokratska anemičnost reševanja vlog na pristojnih službah, parcialni pristopi in relativno neopazna vloga stanovskih združenj. Pomembno vlogo ima tudi rigidnost uvajanja novih tehnologij izkoriščanja vodne energije za proizvodnjo električne energije pri mlinih, kot tudi iskanje primernih tehnologij v strugi ter jezovih.*

**T**urobnost opisanega mehčajo prve lastovke. Zadnje poteze Ministrstva za kmetijstvo in okolje gredo v pravo smer. Očitno so ob letošnji suši spoznali, da moramo vodo zadrževati, za poseljenost in ekonomsko stabilnost podeželja pa z njo tudi gospodariti. Lastniki mlinov so pravi sogovornik, saj vedno glasneje zahtevajo »papirnat« rešitve na nacionalni ravni. Obnove mlinov in sploh proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov so začele spodbujati tudi lokalne skupnosti. Na področju celovite obravnave vodotokov – predvsem pa sinergijskega povezovanja - orjejo ledino belokranjske občine Črnomelj, Metlika in Semič. K svetli perspektivi pripomorejo tudi dovolj privlačne subvencionirane cene proizvedene električne energije in podjetja, ki znajo za naročnika pripraviti celovito ponudbo na ključ.

### Ozadje projekta

Mlini na belokranjskih vodotokih so pomemben del kulturne dediščine, ki vse bolj propadajo, saj že nekaj časa nimajo več svoje vloge kot vodne naprave (mlini, žage, delavnice). Tovrstna kulturna dediščina počasi izginja, zato so se Občine Črnomelj, Metlika in Semič odločile, da celovito pristopijo k reševanju te problematike. Projekt je namenjen širši zainteresirani javnosti, odgovornim strokovnim službam in posameznikom na ministrstvih in drugih ustanovah, ki sodelujejo v postopkih pridobivanja ustreznih dovoljenj za njihovo obnovo in koncesij za izgradnjo malih hidroelektrarn (v nadaljevanju: mHE) na takšnih lokacijah, z namenom pospešitve postopkov in pomoči zainteresiranim potencialnim investitorjem, ki so pripravljeni investirati v revitalizacijo mlinov z namenom ureditve mHE.

### Pristop k izvedbi projekta

Priprava *Okoljskih vidikov in usmeritev za ustrezno revitalizacijo mlinov na belokranjskih vodotokih in umestitev mHE* je potekala na podlagi terenskega ogleda lokacij mlinov in pogovora z lastniki, pregleda zakonskih določil in strateških dokumentov na državni, regionalni in lokalni ravni ter javno dostopnih podatkov (prostorske, podatkovne baze, spletne strani). Pri oblikovanju okoljskih vidikov in izhodišč smo izhajali tudi iz strokovne literature in primerov dobre prakse umeščanja hidroenergetskih objektov na vodotoke v Sloveniji in tujini. Analiza možnih tehnologij za mHE je bila izdelana na podlagi pregleda literature ter spletnih strani, poleg tega so bili opravljeni tudi intervjuji s ponudniki sistemov za mHE. V okviru projekta je bila s strani Občine Metlika organizirana strokovna ekskurzija z ogledi primerov dobrih praks umestitve mHE v Sloveniji in sosednji Avstriji.

Tekom izvedbe projekta so bili izvedeni številni sestanki s predstavniki strokovnih inštitucij, ki so vključene v postopkih pridobivanja ustreznih dovoljenj in koncesij za izgradnjo tovrstnih mHE (Zavod RS za varstvo narave, OE Novo mesto; Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije, OE Novo mesto; Agencije RS za okolje, Sektor za porečje Save - Oddelek območja spodnje Save; Zavod za ribištvo Slovenije in Inštitut za vode RS).

Za ustrezno opredelitev potencialnih okoljskih vplivov, ki bi nastali z revitalizacijo mlinov in hidroenergetsko izrabo belokranjskih vodotokov je bila oblikovana matrika, v kateri smo za vse v izhodiščih določene pristope k hidroenergetski izrabi določili potencialne vplive njihove izvedbe na vsako od obravnavanih področjih (voda, narava/biodiverziteteta, kulturna dediščina/krajina). Določeni so bili potencialni vplivi, ki bi lahko

**Slika 2**

*Gospodarjenje s prostorom v pasu vsakoletnih poplav zahteva prilagajanje tudi pri gradnji. Med desnim mlinom in levo stanovanjsko hišo je nad višino najvišjih poplav Lahinje narejen mostovž*



**Slika 3**

*Vse pomembno je zapisano v kamen. Na zgornji sliki vidimo znak najvišje dovoljene višine jezusa, kot so ga na zunanjo steno ob zapornici »zapisali« uradniki ob podelitvi vodne pravice. Na spodnji pa je lastnik sam zabeležil najvišji vodostaj ob poplavah 3. decembra 1966*



nastali med samo gradnjo in vplivi, ki bi nastali med obratovanjem hidroenergetskih objektov. Za vsak potencialni vpliv je bilo opredeljeno ali je vpliv: pozitiven/negativen, neposreden, daljnjski, kumulativen ali sinergijski. Opredeljena je bila tudi verjetnost nastanka vpliva in njegovo trajanje. Za ugotovljene potencialne vplive so bile oblikovane splošne usmeritve za zmanjšanje negativnih vplivov in povečanje pozitivnih vplivov.

V okviru projekta je bilo predhodno opredeljenih 14 lokacij obstoječih mlinov na Kolpi (11), Lahinji (2) in Krupi (1). Vsi predstavljajo potencialno lokacijo za hidroenergetsko izrabo, zato smo jih - za medsebojno primerjavo in enotno obravnavo - opisali z izbranimi kriteriji: gradbeno stanje objekta, stanje jezua, zainteresiranost lastnika, namen obnove, poplavna ogroženost, dostop do objekta, oddaljenost do elektroenergetskega omrežja, varovano območje narave, status kulturne dediščine.

Na podlagi značilnosti posamezne lokacije je bila opredeljena možnost izvedljivosti pristopov k hidroenergetski izrabi vodotokov in po potrebi še dodatne posebne usmeritve za posamezno lokacijo.

**Ključne ugotovitve analize izhodišč za pripravo okoljskih vidikov in usmeritev za ustrezno revitalizacijo in umestitev MHE**

*Izkoriščanje hidroenergetskega potenciala*

- Vsi trije obravnavani vodotoki imajo hidroenergetski potencial, ki ga je mogoče najlažje in z najmanj vplivi na površinske vodotoke izkoristiti na lokacijah nekdanjih mlinov in žag.



**Slika 4**  
*Na levi sliki je še delujoče vodno kolo, na desni spodaj pa sodobno oblikovano. Iz vodnega kolesa s premerom 5 m dobimo 4 kWh elektrike pri pretoku 100 l/s. Izkoristek na osi znaša 80 %, izgube reductorja 3 do 5 %, v generatorju 19 %, s čimer dobimo 60 %. Končni izkoristek od vode do elektrike v žici. Takšno kolo je veliko cenejše in lahko celo bolj učinkovito od majhne vodne turbine, zlasti na vodah z majhnim padcem*



- Vsi obravnavni mlini so uporabljali enako tehnologijo za izkoriščanje vodne energije – prelivni jez, z zapornico in grabljami pred dotokom vode do vodnih koles. Voda je po betoniranem dovodu prihajala od spodaj in poganjala mlinško kolo s tokom pod kolesom, tako, da se je le-to vrtelo v nasprotno smer toka vode. Voda je tekla naprej po kratki mlinščici in se vračala nazaj v glavno strugo.
- Jezovi na Kolpi so bili pri vseh mlinih nekoč podobne višine in so omogočali izkoriščanje padca v višini med 1 in 1,5 m. Na danes že obnovljenih jezovih je višinska razlika med dnom podslapja in krono preliva jezua v povprečju do 2 m, pri čemer ima največ jezov pri običajnih hidroloških razmerah hidravlični bruto padec okoli 1,3 m. Ostali jezovi, ki niso obnovljeni omogočajo padec od 0,7 m do največ 1 m.
- Uporabljena tehnologija v vodi ter vsa inštalacija mHE v stavbi (ali drugje) se mora prilagoditi poplavam ter najvišji točki, ki jo dosežejo na posamezni lokaciji.
- Veljalo bi poiskati načine, da se obstoječim – predvsem pa podrtim – jezovom doda še energetska funkcija. Ob uporabi tehnologij elektrarn na morskno plimo bi s tem zagotovili trajni vir sredstev za vzdrževanje reke.
- Energetska izraba mlinov in žag bo lastnikom omogočila zaslužek za vzdrževanje objektov, s čimer se bodo ti objekti - prepoznani kot tehniška kulturna dediščina - ohranili. Hkrati pa se bo povečala pestrost turistične ponudbe. Objekti bodo neposredno (ureditev nastanitvenih kapacitet, muzej/ureditev zbirke/prikaz mlinarske obrti) ali posredno (pomožni objekt na lokacijah urejenih za obiskovalce, urejena krajinska podoba) vključeni vanjo.

*Varstvo voda in poplavna varnost*

- Poplavne karte za vse tri vodotoke niso bile izdelane. Glede na opozorilno karto poplav se 7 mlinov na reki Kolpi nahaja v območju redkih poplav, preostalih 7 mlinov pa ni poplavno ogroženih. Na terenskem ogledu je bilo ugotovljeno, da se - po podatkih lastnikov - praktično vsi obravnavni mlini nahajajo v poplavnem območju 100-letnih voda.
- Skladno z OPN (Občinski prostorski načrt) za območja občin Črnomelj, Metlika in Semič je umestitev mHE na lokacijah nekdanjih mlinov in žag dopustna.
- Okoljski poročili za OPN-ja za območji občin Črnomelj in Metlika nista ugotovili pomembnejših kumulativnih vplivov na površinske vode v primeru obnove mlinov in žag za potrebe umestitve mHE. Okoljsko poročilo za OPN Semič pa tovrstnih posegov ni presojalo.

- Z vidika površinskih vodotokov je potrebno obrabiti vode za potrebe mHE paziti na zagotavljanje ekološko sprejemljivega pretoka oz. na to, da se izberejo takšne tehnične rešitve, ki vode fizično ne bi odvajale iz vodotokov.
- Podatki obeh vodomernih postaj na obravnavanem odseku reke Kolpe (Radenci in Metlika) kažejo na upadanje pretoka reke Kolpe. Srednji pretok je bil v obdobju 1979 – 2008 nižji kot v obdobju 1952-2008 (VP Radenci – upad iz 51,6 m<sup>3</sup>/s na 48,2 m<sup>3</sup>/s; VP Metlika – upad iz 72,1 m<sup>3</sup>/s na 68,6 m<sup>3</sup>/s), kar kaže na vpliv podnebnih sprememb na razpoložljive količine vode v reki Kolpi.

#### Ohranjanje narave/biodiverzitete

- Vseh 14 obdelanih lokacij se nahaja v območjih ohranjanja narave (Natura 2000 območja, varovana območja, ekološko pomembna območja, naravne vrednote), kjer so prisotni življenjski prostori varovanih vrst in habitatnih tipov.
- Na reki Kolpi in Krupi gradnja novih objektov v skladu z zakonodajnimi režimi in strateškimi dokumenti ni dovoljena. Revitalizacija je možna le v okviru obstoječih objektov.
- Pri izkoriščanju hidroenergetskega potenciala je potrebno uporabljati najboljše dostopne tehnologije.
- Ne glede na pristop in tehnološke rešitve za izkoriščanje hidroenergetskega potenciala je potrebno pri vseh z vidika ohranjanja narave zagotavljati naslednja osnovna izhodišča:
  - ekološko sprejemljiv pretok in stalna omočenost jezov,
  - prehodnost jezov za vodne organizme,
  - preprečevanje poškodb rib,
  - obnova objektov v obstoječih gabaritih.

#### Varstvo kulturne dediščine

- Na podlagi podatkov iz Registra nepremične kulturne dediščine in objektov, ki so obravnavani v okviru predmetnega projekta izhaja, da je 8 od 11 obravnavanih mlinov na Kolpi varovanih kot profana stavbna dediščina, od tega dva kot tehniška spomenika na podlagi Odloka o razglasitvi Krajinskega parka Kolpa (Uradni list RS, št. 82/1998): Breg pri Sinjem vrhu – Mlin in jez, EŠD 10086 in Pobrežje pri Adlešičih - Mlin in žaga, EŠD 10099. Poleg teh sta kot profana stavbna dediščina varovana tudi oba obravnavana mlina na Lahinji.
- Varstveni režim za tehniška spomenika določa ohranjanje osnovne namembnosti objektov, ohranjanje naprav in postrojenja v objektih ter prepoved zamenjave lesenih vodnih koles z železnimi. Hkrati pa določa, da je zaradi razvojnih potreb in ohranjanja poseljenosti, ne glede na prepovedi, v soglasju s pristojno strokovno

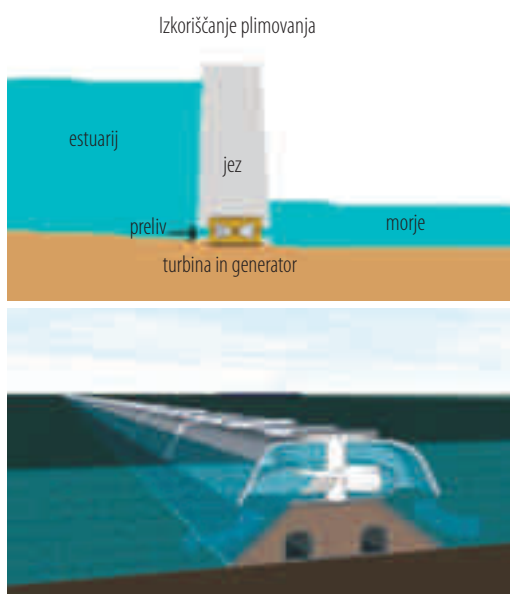
službo za varstvo kulturne dediščine izjemoma dovoljena obnova in revitalizacija objektov kulturne dediščine.

- Primerov celovite obnove mlinov je zelo malo (Pusti Gradac – žaga in mlin (EŠD 7163)). V skladu z zakonodajo je v primeru kompleksnih obnov objektov kulturne dediščine, še posebej tistih, ki so razglašeni za spomenike, potrebna izdelava konservatorskega načrta.
- Vsi obravnavani objekti so obstoječi v prostoru, vendar v zelo različnem stanju, nekateri med njimi so ohranjeni zgolj kot ruševine. Prednostno se ohranjanja tradicionalna funkcija objektov, možne pa so tudi nove funkcije objektov (bivanje, turizem, izobraževanje).

#### Pregled primerov sodobnih tehnologij in dobrih praks za izkoriščanje hidroenergetskega potenciala in opredelitev pristopov k hidroenergetski izrabi belokranjskih vodotokov

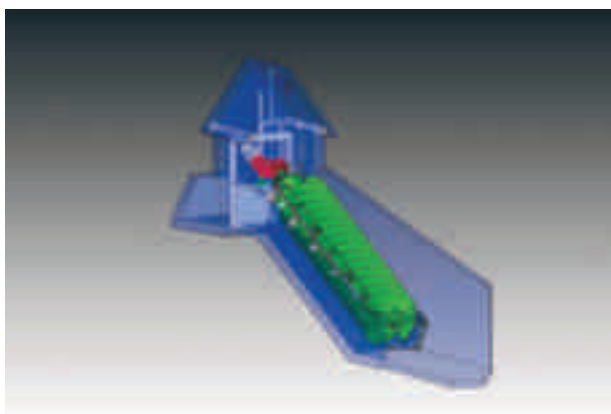
Splošna značilnost vseh treh obravnavanih rek je veliko nihanje vodostajev, padci od 1,2 – 1,7 m na Kolpi (na Lahinji in Krupi so nižji od 1 m), povprečni ocenjeni pretok na obstoječih mlinščicah 2 - 5 m<sup>3</sup>/s. Hitrost rečnega toka je na Kolpi povprečno okrog 0,8 m/s, na Lahinji in Krupi so hitrosti nižje. Glede na hidrološke značilnosti belokranjskih vodotokov smo tehnološke rešitve in dobre prakse za gradnjo mHE iskali v treh smereh:

- Pristop A - energetskega jez.
- Pristop B - prenova tehnologije energetske izrabe vodotokov vezano na obstoječe objekte.
- Pristop C - revitalizacija mlina in energetska izraba vodotokov z novimi tehnologije, ki so neodvisne od objekta.



**Slika 5**  
Skici pokazeta dve od mnogih rešitev, kako je moč jezov dodati še funkcijo proizvodnje elektrike. Na prvi skici so turbine v jezu, na drugi pa turbine vrtilne prelivna voda. Brskanje po internetu začne odpirati domišljiji pristo pot

**Slika 6**  
SH tip zahteva gradnjo stavbe, v kateri je strojni in električni del. Zaradi poplav in prepovedi gradnje novih objektov ta tip ni primeren za belokranjske reke



**Slika 7**  
Kompaktna izvedba (CS & CU type) ne potrebuje dodatne gradnje, le ležišče turbine. Ves električni del je v zatesnjenem delu na vrhu vijaka, zato lahko prenese tudi poplave. Po zaključeni »papirologiji« se pripravi ležišče, v katerega se montira kompaktna izvedba elektrarne. Sistem omogoča prehod ribam dolvodno brez poškodb, skozi vijak gre brez težav tudi vejevje. Hrup, ki ga povzroča vrtenje polža ni velik, saj se polž vrti z enako hitrostjo, kot je tok vode, večji je hrup generatorja. Obstajajo tehnične rešitve, ki hrup izven objektov zmanjšajo na določene mejne vrednosti za hrup v življenjskem okolju



**Pristop A:** energetska izraba jezov sicer ni bila opredeljena v izhodiščih predmetne naloge, saj je načrtovanje, gradnja, obnova in vzdrževanje jezov v pristojnosti države. Slabo stanje nekaterih jezov in informacije o pomanjkanju denarja za obnovo nam je vzbudilo zanimanje, predvsem pa iskanje odgovorov na vprašanje. Ali lahko jezovi poleg primarne funkcije zadrževanja vode opravijo še sekundarno, to je proizvodnjo elektrike? Pri tem smo izhajali iz analogije s streho stavbe. Ta v primarni funkciji vedno ščiti stavbo, a se ji brez zadržkov lahko doda še energetska izraba, kot so sprejemniki sončne energije in sončne celice za proizvodnjo elektrike. Pri iskanju možnih tehnologij se kot uporabne kažejo rešitve elektrarn na morskem plimovanju. Ker so hitrosti in višine vode primerljive bi veljalo raziskati te možnosti, saj bi s takim energetskim jezum država pridobila sredstva za njihovo vzdrževanje. To pa je osnova trajnostnega razvoja.

Z namenom natančnejše opredelitve potencialnih okoljskih vplivov smo za pristop A – energetski jez izbrali dve možnosti:

- Pristop A1 – energetski jez – izkorišča se voda, ki teče skozi jez (odprtina v jezu, skozi katero se pretaka voda).
- Pristop A2 – energetski jez – izkorišča se voda, ki teče čez jez (na krono jezov se montira naprava, ki izkorišča vodno energijo).

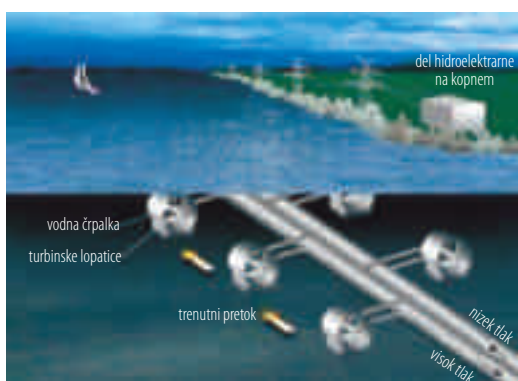
**Pristop B:** mHE v sklopu obstoječega objekta se kažejo kot najbolj izvedljive, saj je njihovo umeščanje skladno z izhodišči ohranjanja narave oblikovanimi v Nacionalnem energetskem programu Republike Slovenije za obdobje do leta 2030. Zaradi neprimernosti glede na predstavljene hidrološke značilnosti ali slabe učinkovitosti v obdelavo nismo vključili turbin starejših tehnologij. Obdelali smo vodna kolesa, ki s konstrukcijskimi in oblikovnimi izboljšavami pomembno izboljšajo energetske učinkovitosti izrabe vodnega potenciala. V nadaljevanju pa je predstavljena tudi ena od sodobnih tehnologij, ki je prilagojena nizkim padcem ter majhnim pretokom (Arhimedov vijak).

Z namenom natančnejše opredelitve potencialnih okoljskih vplivov smo za pristop B – prenova tehnologije energetske izrabe vodotokov vezano na obstoječe objekte izbrali dve možnosti:

- Pristop B1 – prenova tehnologije energetske izrabe vodotokov vezano na obstoječe objekte (vodno kolo).
- Pristop B2 – prenova tehnologije energetske izrabe vodotokov vezano na obstoječe objekte (Arhimedov vijak). Na voljo sta dva tipa izvedbe. Hydropower screw (SH type) in Hydropower screw compact (CS & CU type).



**Slika 8**  
Primer  
umestitve  
Arhimedovega  
vijaka v  
popolnoma  
zaprti obliki



**Slika 9**  
Na skici in fotografiji sta predstavljeni dve od možnih rešitev izrabe vodne energije v strugi, to je izven vseh obstoječih objektov



<b>Vplivi na vode med gradnjo</b>
Povečana nevarnost onesnaženja zaradi nesreč pri uporabi gradbene mehanizacije.
Povečana nevarnost nesreč zaradi lociranja gradbišča v poplavna območja.
Spreminjanje dna struge in brežin na območju gradbišča zaradi obnove jezov.
Spreminjanje dna struge in brežin neposredno nad in pod mlinsko rako zaradi obnove mlinske rake in mlina.
Sprememba ekološkega stanja vodotoka na lokaciji gradbišča in dol-vodno zaradi kaljenja vode.
Spreminjanje dna struge reke na lokaciji vetrnice.
Poseg v brežino zaradi polaganja električnega kabla.
<b>Vplivi na vode med obratovanjem</b>
Sprememba količine vode, ki se pretaka preko jezov in skozi jez zaradi povečanja števila velikih odprtih v jezov (poleg mlinske rake še najmanj ena odprtina za drugo hidroenergetsko napravo – pristop A1) ali zaradi nadvišanja jezov (pristop A2).
Dvig gladine vode za jezov zaradi nadvišanja jezov.
Povečana nevarnost onesnaženja zaradi nesreč pri vzdrževanju in servisiranju hidroenergetskih objektov in jezov.
Povečana nevarnost onesnaženja zaradi nesreč pri vzdrževanju in servisiranju vetrnic.
Umeščanje dodatnih objektov v poplavna območja.
Nevarnost poškodb naključnih plavalcev.

**Tabela 1**  
Oprelitev potencialnih vplivov vseh pristopov na vode med gradnjo in obratovanjem

<b>Vplivi na naravo/biodiverzitetu med gradnjo</b>
Poškodbe oz. zmanjšanje habitata in spremembe habitatnih struktur.
Spremembe naravnih procesov.
Spremembe onesnaženja kot posledica emisij, osvetljevanja, hrupa, prašenja, kaljenja.
<b>Vplivi na naravo/biodiverzitetu med obratovanjem</b>
Spremembe vodnega režima, naravne dinamike vodotoka.
Spremembe naravnih procesov.
Spremembe onesnaženja kot posledica izrednih dogodkov in hrupa.
Postavitve ovir v habitat vrste.
Poškodbe vodnih organizmov.

**Tabela 2**  
Oprelitev potencialnih vplivov vseh pristopov na naravo / biodiverzitetu med gradnjo in obratovanjem

<b>Vplivi na kulturno dediščino/krajino med gradnjo in obratovanjem</b>
Poseganje v objekte kulturne dediščine in s tem sprememba lastnosti/vsebine/oblike enot kulturne dediščine zaradi obnove jezov.
Poseganje v objekte kulturne dediščine in s tem sprememba lastnosti/vsebine/oblike enot kulturne dediščine, zaradi umestitve delov mHE v in ob obstoječe objekte.
Poseganje v okolico objektov kulturne dediščine in s tem vpliv nanje, zaradi tresljajev, ki nastajajo pri uporabi gradbene mehanizacije v času gradnje in obratovanja mHE.
Poseganje v obstoječe objekte, ki nimajo prepoznanih kakovosti kot stavbna dediščina in s tem sprememba vidnega zaznavanja kulturne krajine.
Poseganje v okolico obstoječih objektov in s tem sprememba pojavnosti objektov kulturne dediščine in vidnega zaznavanja kulturne krajine kot celote.

**Tabela 3**  
Oprelitev potencialnih vplivov vseh pristopov na kulturno dediščino / krajino med gradnjo in obratovanjem

**Pristop C:** za mHE izven obstoječega objekta smo obdelali dve tehnologiji. Gravitacijska mHE (<http://www.zotloeterer.com>) je postavljena na stik jezov in brega. Gradbeni poseg je povezan z gradnjo spiralne betonske konstrukcije premera 4,5 – 6 m. Ta velikost odgovarja padcu in pretoku na Kolpi, na Lahinji in Krupi pa ne. Okvirni izračuni kažejo na ekonomsko neupravičenost

naložbe, vprašljiv je tudi vpliv na okolje in hidrološki režim Kolpe. Druga možnost je slovenski izum. To je turbina na pogonska peresa/ horizontalna vetrnica, ki se postavi v reko neodvisno od jezua ali mlina (<http://www.izumi.si>). Proizvodnja električne energije je odvisna od globine in hitrosti rečnega toka.

Pristop C – revitalizacija mlina in energetska izraba vodotokov z novimi tehnologije, ki so neodvisne od objekta smo za namen določitve potencialnih okoljskih vplivov definirali kot namestitev horizontalne vetrnice v globlji vodi pred jezom ali na dnu struge vodotoka oddaljeno od jezua.

#### **Oprelitev potencialnih vplivov revitalizacije mlinov in umestitve mHE**

Glavni poudarek v okviru projekta je bila opredelitev potencialnih vplivov revitalizacije mlinov in umestitve mHE na ključne segmente okolja: voda, narava/biodiverziteteta in kulturna dediščina. Identificirani so bili potencialni vplivi, ki bi nastali ob izvedbi vsakega od pristopov k hidroenergetski izrabi tako v fazi gradnje, kot v fazi obratovanja in vzdrževanja hidroenergetskih objektov.

*Primerjava in obrazložitev potencialnih vplivov izbranih pristopov k hidroenergetski izrabi belokranjskih vodotokov*

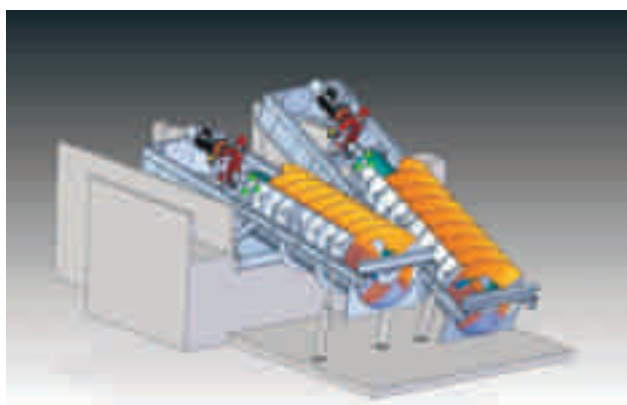
- Ob ureditvi gradbišča, izgradnji infrastrukture in rekonstrukcije jezua se lahko poškoduje dno in brežine vodotoka, vodno in obrežno vegetacijo ter druge obvodne habitate. Vpliv bo prisoten pri vseh pristopih, razlika med njimi bo v velikostnem razredu učinka. Pristopi energetskega jezua zaradi vzporedne obnove jezua pomenijo namreč večji obseg gradbenih del, ki so vir negativnega vpliva, kot pristopi vezani na obstoječe objekte. Pristop C pomeni samo dovoz in umestitev vetrnice, brez obsežnejših gradbenih del. Pri ureditvi povezane infrastrukture ne prihaja do razlike med pristopi. Slabo dostopne lokacije in lokacije brez obstoječega energetskega omrežja za distribucijo energije ne glede na uporabljen princip zahtevajo ureditev vzporedne infrastrukture.
- Ob ureditvi gradbišča za potrebe izvedbe posegov bi lahko prihajalo do vplivov na hidrološki režim s poplavlami, erozijo brežin in plavljenju sedimentov, ki so naravni procesi z vplivom na življenjske cikle vrst in habitatnih tipov (v nadaljevanju HT). Podobno kot pri prejšnjem vplivu so učinki prisotni pri vseh pristopih, razlika je v velikostnem razredu (predvidoma  $A > B > C$ ).
- Izkoriščanje energetskega potenciala vodotokov lahko pomeni preusmeritev glavnega vo-

dnega toka, spremembe v hitrosti toka vode, pretoku, naravnem nihanju vodostaja in omogenosti jezua. Lahko bi prihajalo do povečanega pretoka vode preko vodnogospodarskih objektov in manjšega pretoka vode preko jezua. Ob rekonstrukciji oz. morebitnem nadvišanju jezua bi lahko prihajalo do dviga gladine in zastajanja vode za jezom. Vse to bi lahko vplivalo na fizikalno-kemijske in ekološke lastnosti vode ter posledično na vrstno sestavo favne in flore v reki.

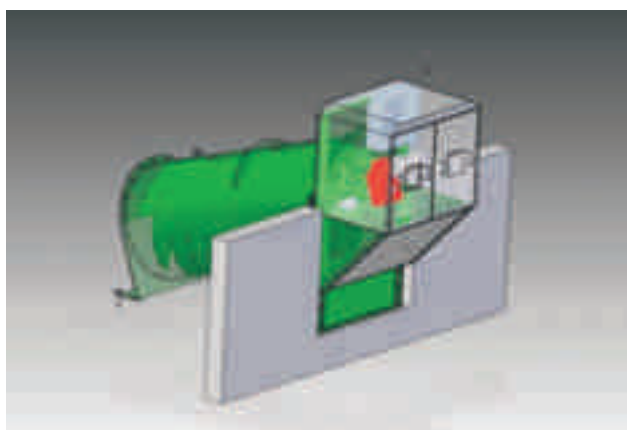
- Ob revitalizaciji mlinov in umestitvi mHE bi lahko kot posledica spremembe vodnega režima prihajalo do sprememb v poplavnih območjih in plavljenju sedimentov. Pred in za vodnogospodarskimi objekti bi lahko zastajali oz. se pospešeno odnašali sedimenti. To bi se lahko odražalo v strukturi dna vodotokov in nastajanju oz. premeščanju prodišč, ki so drstitvena oz. gnezditvena območja za nekatere vrste. Pri pristopu B smo upoštevali izhodišče, da gre za obnovo v okviru obstoječih objektov, kjer se izhodiščno stanje izven obstoječega objekta ne spreminja, in da Arhimedov vijak v skladu z dostopnimi podatki o izvedenih preizkusih omogoča prehajanje sedimentov.
- Ob ureditvi gradbišča, morebitne povezane infrastrukture, umeščanju tehnologije za izkoriščanje vodne energije in rekonstrukciji obstoječih objektov bi lahko bile spremenjene lastnosti enot kulturne dediščine, predvsem objektov stavbne dediščine (mlini, žage). Vpliv bo prisoten pri pristopih A in B, razlika med njima bo v velikostnem razredu učinka. Pristopa A pomenita pomembnejši poseg v območje jezua, poseg v obstoječe objekte stavbne dediščine pa je manjšega obsega ali pa tudi ni nujno potreben. Pristopa B pa pomenita pomembnejši poseg v objekte stavbne dediščine, pri čemer je potrebno spremljati spremembe tlorisne in višinske zasnove, gradbenih materialov in konstrukcijske zasnove, oblikovanosti zunanjsčine, funkcionalne zasnove notranjosti ter spremembe prostorskega konteksta in pojavnosti dediščine. Pristop C pomeni le dovoz in umestitev vetrnice, brez obsežnejših gradbenih del ter neodvisno od jezov in objektov stavbne dediščine. V primerih, kjer je stanje objektov slabo ali so ti celo porušeni se z njihovo obnovo prednostno dosežejo pozitivni vplivi, saj se s tem prispeva k trajni ohranitvi dediščine in celo zvišanju njene vrednosti.
- Vsi obstoječi objekti za izkoriščanje vodnega potenciala, tudi tisti ki niso varovani kot kulturna dediščina, so prepoznaven element kulturne krajine ob obravnavanih vodotokih, njihova

obnova/nadomestitev pa ima lahko vplive na vidno zaznavanje kulturne krajine kot celote. Pristopa A pomenita pomembnejši poseg v območje jezov, poseg v obstoječe objekte pa je manjšega obsega ali pa tudi ni nujno potreben. Pristopa B pa pomenita pomembnejši poseg v objekte. V primerih, kjer je stanje objektov slabo ali so ti celo porušeni se z njihovo obnovo prednostno dosežejo pozitivni vplivi, saj se s tem prispeva k ohranjanju kulturne krajine. Pristop C pomeni le dovoz in umestitev vetrnice, brez obsežnejših gradbenih del ter neodvisno od jezov in obstoječih objektov.

- V času obratovanja bi lahko nastajali odpadki ob rednem vzdrževanju, ki jih je upravljavec v skladu z zakonodajo dolžan predati ustreznemu pooblaščenemu zbiralcu odpadkov. Vplivi na kakovost vode bi lahko nastopili predvsem v primeru izrednih dogodkov - poškodb turbin oz. zaradi nesreč pri vzdrževanju in servisiranju hidroenergetskih objektov. Obratovanje turbin bi lahko imelo za posledico povečane stopnje hrupa. Slednje so v skladu z dostopnimi podatki o izvedenih preizkusih omejene na samo lokacijo objekta in ne presega zakonsko določenih normativov.
- Ob revitalizaciji mlinov in umestitvi mHE bi se lahko kot posledica umestitve novih objektov oz. zamenjave tehnologij spremenila prehodnost vodotoka za vodne organizme, predvsem ribe. Po podatkih Zavoda za ribištvo Slovenije je prehodnost jezov, razen razrušenih, na Kolpi nizka. Redke, obstoječe ribje steze so nizko funkcionalne. Pri pristopu C je bilo izhodišče, da se objekt umešča na dno struge, preko katerega se vodni tok lahko nemoteno nadaljuje in tako ne predstavlja ovire za vodne organizme.
- Obratovanje turbin mHE lahko predstavlja tveganje za poškodbe vodnih organizmov, predvsem rib, ki lahko zaidejo v turbine oz. jih izkoriščajo kot prehode/skrivališča. Gibljivi deli turbin lahko ob neustrezni zaščiti povzročijo poškodbe vodnih organizmov. Omeniti je potrebno dejstvo, da obratovanje Arhimedovega vijaka in vetrnic poteka v hitrosti vodnega toka, ker omogoča ribam prehajanje brez poškodb oz. izogibanje. Pri mlinskih kolesih se ne pričakuje možnosti poškodb.
- V primeru revitalizacije mlinov in umestitve mHE na reki Kolpi, ki je mejna reka med Slovenijo in Hrvaško, lahko nastanejo tudi t.i. čezmejni vplivi. Takšen značaj imajo vsi opredeljeni potencialni vplivi daljinskega značaja, saj takšen vpliv že posega tudi na hrvaško stran vodotoka. Čezmejni potencialni vpliv kumulativnega značaja pa lahko nastane v primerih, kjer sta



**Slika 10**  
Patentirana izvedba Arhimedovega vijaka se lahko prilagodi višini vode s pomočjo hidravličnega mehanizma



**Slika 11**  
Skica pokaže enostavnost montaže patentirana kompaktna izvedbe (Ultra Compact Hydropower Screw). Takšna tehnološka rešitev potrebuje malo prostora in pripravljalnih del

mlina včasih delovala na obeh bregovih, s tem povezana je tudi posebna oblikovanost jezov, ki je omogočala usmerjenost toka vode na oba mlina. V tem primerih je še posebej potreben dogovor med državama o skupnem vzdrževanju jezov in upravljanju mejne reke.

#### Usmeritve za ustrezno revitalizacijo mlinov in umestitev mHE

V spodnji preglednici so predstavljene splošne usmeritve, ki se nanašajo na posamezen pristop in jih je potrebno upoštevati na vseh lokacijah predvidenih mHE. Usmeritve se nanašajo na obravnavane segmente – voda, narava/biodiverziteteta in kulturna dediščina. V okviru projekta pa so bile oblikovane tudi posebne usmeritve, ki se nanašajo na posamezno lokacijo in bodo podlaga za izdelavo idejnih zasnov za revitalizacijo mlinov in umestitev mHE.

Neodvisno od izbranega pristopa ali tehnološke rešitve je potrebno upoštevati naslednja osnovna izhodišča:

- obnova/nadomestitev obstoječih objektov (mlini, mlinščice, rake, jezovi),
- zagotavljanje ekološko sprejemljivega pretoka, in stalne omočenosti jezov,
- prilagoditev rešitev poplavni ogroženosti,
- zagotavljanje prehodnosti jezov za vodne organizme in rečne sedimente,



**Tabela 4**  
 Opredelitev ključnih splošnih usmeritev za ustrezno revitalizacijo mlinov in umestitev mHE po posameznih segmentih okolja v fazi načrtovanja, gradnje in obratovanja mHE

Segment	Splošna usmeritev
Vode - narava/bio diverziteta	Določitev ekološko sprejemljivega pretoka na lokacijah vseh predvidenih mHE.
Vode - gradnja	Območje gradbišča je potrebno omejiti na najmanjšo možno površino.
	Izvajanje gradbenih del je potrebno predvideti v obdobju, ko je iz dolgoletnega povprečja razvidno, da ne prihaja do poplav.
	Dopustna je zgolj obnova jezov do njegove nekdanje višine ter objekta nekdanjega mlina ali žage v nekdanjih gabaritih. Jez se lahko obnovi samo sonaravno (kamnita zložba na betonskem temelju).
	Poglabljanje mlinskih rak ni dovoljeno.
	Vsa utrjevanja brežin morajo biti izvedena sonaravno.
	Obvezna je uporaba pregrad za zadrževanje drobnih delcev in preprečevanje kaljenja.
	Vzpostavitev sistema loput za zapiranje velikih odprtih v jezov tako, da bo zagotovljen ekološko sprejemljiv pretok skozi in preko jezov ter mehanizma za avtomatsko izklapljanje naprav ob premajhnem pretoku.
	Po zaključku gradbenih del je potrebno območje posega vrniti v prvotno stanje.
Vode - obratovanje	Lastnik in vzdrževalec morata zagotoviti brezhibno delovanje ter redno servisiranje in vzdrževanje naprav in jezov.
	Potrebno je zagotoviti redni monitoring kakovosti in količine voda s strani pristojnih služb za varovanje voda.
	Napravo je potrebno ustrezno tehnično zaščititi, lokacijo naprave ustrezno označiti in v bližini postaviti ustrezne opozorilne table za kopalce in ostale uporabnike reke Kolpe. Ustrezna tehnična zaščita naprave vključuje tudi zaščito pred neposrednim električnim udarom v primeru okvare ali nesreče.
Narava/ biodiverziteta - gradnja	Gradbena dela naj se izvajajo izven ključnih življenjskih obdobij vrst (drstenje, gnezdenje). Čas gradnje, ki vpliva na stanje vodotokov, se določi v sodelovanju z Zavodom za ribištvo Slovenije. Izvede se vse ukrepe za zaščito drstišč in prodišč, pomembnih za ptice. Morebitni posegi v obrežno vegetacijo naj se izvedejo izven vegetacijske sezone (oktober-marec).
	V okviru posameznih principov naj se izbere tehnologija, ki povzroča najmanjše emisije hrupa. V kolikor je mogoče, se izvedejo dodatni ukrepi za preprečitev povečanje stopnje hrupa v naravnem okolju.
	Gradbišče in obseg gradbenih del naj bodo minimalni. Prioritetno se jih umešča izven naravovarstveno pomembnih habitatnih tipov.
	Gradbišč naj se ne osvetljuje.
	V največji možni meri naj se ohranja obstoječa vegetacija. Tehnična urejenost vodotokov naj se ne povečuje. Morebitne ureditve brežin vodotoka naj se urejajo sonaravno brez izpostavljenega betonskega veziva. V kolikor tehnične možnosti to dopuščajo, naj bodo sonaravno urejene tudi rake. Kjer je mogoče, naj se tudi trenutno togo tehnično urejene brežine ob rekonstrukciji sonaravno obnovijo. Na tem mestu naj izpostavimo tudi varstveni režim naravnega spomenika reke Kolpe, ki prepoveduje posege v brežine in obrežno vegetacijo ter utrjevanje z zidanimi ali betonskimi škarpami.
	Morebitna gradnja spremljajoče infrastrukture naj se prioritarno umešča v obstoječe koridorje oz. na naravovarstveno manj pomembne površine.
	Po končanih gradbenih delih naj se izvede sanacija prizadetih površin z avtohtono vegetacijo.
	V času gradnje naj se izvaja naravovarstveni nadzor nad potekom gradnje in zagotavljanjem ustreznih ukrepov.
Narava/ biodiverziteta - obratovanje	V strugi je potrebno ves čas zagotavljati ekološko sprejemljivi pretok in omočenost jezov. Pretok naj bo prilagojen naravnim hidrološkim razmeram in naj omogoča nihanja vodostaja skozi leto. Tehnologija naj bo torej projektirana na mesečni ekološko sprejemljivi pretok.
	V času obratovanja naj se zagotavlja oz. izboljšuje prehodnost vodotoka za ribe. V sodelovanju z Zavodom za ribištvo Slovenije naj se projektira ribje steze tako, da bodo funkcionalne za vse prisotne vrste, v vseh razvojnih fazah in obdobjih leta ter bodo omogočale prehajanje v obe smeri (slednje se nanaša na Arhimedov vijak, ki omogoča prehajanje rib v smeri toka, kar pa ni zadosti).
	V času obratovanja morajo biti turbine ustrezno zaščitne tako, da bodo preprečene poškodbe rib in drugih vodnih organizmov.
	V času obratovanja naj se zagotavlja monitoring funkcionalnosti ribjih prehodov in stanja populacij vrst (lahko v okviru državnih monitoringov).
	Revitalizirani mlinovi naj se ne osvetljuje.
	V času obratovanja naj se preprečuje odlaganje sedimentov pred jezom oz. povečano odnašanje za jezom.
Kulturna dediščina – načrtovanje	Potrebna je pridobitev kulturnovarstvenih pogojev za obnove/nadomestitve jezov, ki so varovani kot kulturna dediščina.
	Za obnove mlinov, ki so varovani kot kulturni spomenik, je potrebna izdelava konservatorskega načrta.
	Potrebna je pridobitev kulturnovarstvenih pogojev za obnove/nadomestitve mlinov, ki so varovani kot kulturni spomenik ali kot kulturna dediščina.
	Potrebna je preveritev statične stabilnosti vseh obstoječih objektov za izkoriščanje vodne energije.
Kulturna dediščina – gradnja in obratovanje	Dopustna je obnova/nadomestitev jezov do njegove nekdanje višine. Jez se lahko obnovi samo sonaravno ob uporabi tradicionalnih avtohtonih materialov za oblikovanje zunanjsčine jezov (kamnita zložba na betonskem temelju).
	Dopustna je obnova/nadomestitev objektov stavbne dediščine ob ohranjanju tlorisne in višinske zasnove, gradbenih materialov in konstrukcijske zasnove, oblikovanosti zunanjsčine, funkcionalne zasnove notranjosti, prostorskega konteksta in pojavnosti dediščine.
	Oblikovanje vodnega kolesa naj bo prilagojeno boljšemu energetskemu izkoristku, tako v smislu dimenzij kot tudi izbora materialov (večji premer in širina kolesa). Pri obnovi in umestitvi vodnega kolesa v objekte, ki so varovani kot kulturni spomeniki se prednostno uporabi lesena kolesa. Ob sodelovanju s pristojnim Zavodom za varstvo kulturne dediščine Slovenije se oblikujejo rešitve prilagojene za posamezen objekt.
	Umestitev tehnologije Arhimedovega vijaka je mogoča v prostor obstoječe mlinske rake, ob obnovi rake z betonom, vendar brez poglabljanja. Za namestitev vijaka se uporabi betonski podstavek oz. temelj, potrebna je obnova zidu med mlinsko rako in glavno strugo (beton, kamnita zložba oz. obloga zidu, sonaravna utrditev brežine). Z namenom zmanjšanja vidne izpostavljenosti je možna uporaba kompaktne različice vijaka v naravnih barvnih odtenkih ali ob uporabi prosojnih materialov (pleksi steklo), možna je tudi izvedba z lesenim nadstreškom. Vsa ostala oprema za delovanje mHE se umešča v notranjost prenovljenega objekta. Ob sodelovanju s pristojnim Zavodom za varstvo kulturne dediščine Slovenije se oblikujejo rešitve prilagojene za posamezen objekt.
	Nadomestitev jezov z energetskim jezom s tehnologijo za izkoriščanje energije na kroni jezov je mogoča ob izvedbi rešitve, ki bi povzročila čim manjše spremembe zunanje podobe obstoječih jezov.
	Namestitev horizontalne vetrnice v globlji vodi pred jezom ali na dnu struge vodotoka oddaljeno od jezov je mogoča ob izvedbi rešitve, ki bi povzročila čim manjše spremembe pojavnosti bližnjih objektov stavbne dediščine in vidnega zaznavanja kulturne krajine v neposredni okolici ureditev.

- preprečevanje poškodb rib in drugih vodnih organizmov,
- zagotavljanje varnosti uporabnikov reke (kopalci, čolnarji, ribiči),
- zagotavljanje združljivosti z ostalimi rekreacijskimi rabami reke – kopanje (kopališča, varnost kopalcev), čolnarjenje (prehodnost jezov, vstopno-izstopna mesta), ribolov (preprečevanje poškodb rib).

### Sklepne misli

Pri analizi možnosti energetske izrabe smo v preverjanje vključili širši nabor potencialnih tehnologij na ali ob jezcu, v strugi ter ob obstoječem objektu. Po opravljeni okoljski analizi in deloma tudi analizi ekonomske sprejemljivosti obravnavanih rešitev se kot najbolj primerne za nadaljnjo obravnavo kažejo tehnološke rešitve pristopa B - prenova tehnologije energetske izrabe vodotokov vezano na obstoječe objekte. To sta vodno (mlinsko) kolo in Arhimedov vijak. Obe tehnologiji sta primerni za ocenjene energetske potenciale vseh treh rek (Kolpa, Krupa, Lahinja). Pretoki niso stabilni, saj nihajo od zmernih (1 m<sup>3</sup>/s) do relativno visokih (nekaj 10 m<sup>3</sup>/s). Za potrebe energetskega izkoriščanja stanje ni idealno, je pa sprejemljivo. Kljub nizkim hidravličnim padcem (1 – 1,5 m) se s sodobno tehnologijo koriščenje vodnega potenciala kaže kot ekonomsko upravičeno.

Za vsakega od obravnavanih mlinov so - glede na značilnosti objekta in okolice ter opredeljenih potencialnih vplivov izvedbe posameznih pristopov - opredeljeni možni pristopi k revitalizaciji mlina in umestitvi mHE. Izbor tehnološke rešitve pa je predmet nadaljnjih analiz hidroloških podatkov, na podlagi katerih bi lahko določili optimalno nazivno moč mHE na posamezni lokaciji in izračunali možnost proizvodnje električne energije ob uporabi različnih obravnavanih tehnoloških rešitev. Na teh izhodiščih bi bilo možno natančneje oceniti stroške investicije in osnovne ekonomske kazalnike (doba vračanja investicije), na podlagi katerih bi se potencialni investitorji lažje odločili o gradnji mHE. Po pogovoru z lastniki (potencialnimi investitorji) smo dobili zelo različne odzive. Nekatere vodi želja po čim večji proizvodnji električne energije, drugim je pomembnejša muzejska dejavnost (vodno kolo za mletje žita z ali brez proizvodnje električne energije), nekaterim je pomembnejši star tip vodnega kolesa, kot novejši z večjim energetskim izkoristkom. Končna odločitev je zagotovo v rokah lastnika, njegovega interesa, želja in finančnih možnosti za investiranje.

Ne glede na izbrano tehnološko rešitev, je pri pripravi idejnih zasnov za revitalizacijo mlinov

Slika 12

Vsaka elektrarna se v tovarni naredi za znano lokacijo in znanega kupca. Od energetskega potenciala je odvisna dolžina in premer vijaka, od tega pa moč elektrarne. Na sliki so trije tipi vijakov, srednja izvedba je kompaktna



in umestitev mHE, potrebno upoštevati vse opredeljene splošne usmeritve za obravnavana področja okolja in posebne usmeritve za vsako izmed obravnavanih potencialnih lokacij za umestitev mHE. Potrebno je nadaljevati sodelovanje s predstavniki strokovnih inštitucij, ki so vključene v postopke pridobivanja ustreznih dovoljenj in koncesij za izgradnjo tovrstnih mHE. Z oblikovanjem usklajenih rešitev bodo negativni vplivi revitalizacije mlinov in umestitve mHE zmanjšani na najmanjšo možno raven, ob hkratnem doseganju čim večjih pozitivnih vplivov predvsem na področje kulturne dediščine, saj se z načrtovanimi posegi lahko prispeva k trajni ohranitvi dediščine in celo zvišanju njene vrednosti. ■

#### Viri informacij

Celotna naloga je na voljo pri avtorjih (ursa.solc@oikos.si) ali pri naročniku Občini Črnomelj (greta.augustin@crnomelj.si). Na portalu NEP Slovenija (<http://nep.vitra.si>) si je moč ogledati štiri mHE, pred odločitvijo o investiciji v mHE je učinkovit brezplačen obisk pri energetskem svetovalcu projekta ENSVET (<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/index-pisarne.html>). Aplikacije Arhimedovega vijaka si lahko ogledamo na: <http://www.youtube.com/watch?v=vSOIYXWlaNo>. Vse kar je potrebno vedeti o "papirologiji" pa je opisano v priložniku Koristni nasveti za izgradnjo manjših elektrarn [http://www.mg.gov.si/fileadmin/mg.gov.si/pageuploads/Energetika/Dokumenti/Elektrarne\\_OVE\\_SPTE\\_brosura.pdf](http://www.mg.gov.si/fileadmin/mg.gov.si/pageuploads/Energetika/Dokumenti/Elektrarne_OVE_SPTE_brosura.pdf). Podatki o proizvajalcu Rehart iz Nemčije so na <http://rehart.de>, primeri različnih delujočih naprav s podatki o padcu, pretoku in moči v kW so na <http://rehart.de/fileadmin/daten/pdf/Datenblaetter-WK/WKdatasheetsBild.pdf>. Slovenski zastopnik podjetja Rehart je podjetje Nova Energija, Media Entertainment Networks d.o.o., nemško firmo RITZ-ATRO ([www.ritz-atro.de](http://www.ritz-atro.de)) pa zastopa podjetje EXOR ETI d.o.o. ([www.exor-eti.si](http://www.exor-eti.si)). Primere si velja ogledati tudi v živo, saj je skoraj neverjetno, kako uspe nova tehnologija iz nizkih padcev in majhnih pretokov "iztisniti" toliko kW moči.