

OSNOVNA ŠOLA ŠALEK
Šalek 87, 3320 Velenje
MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA
**MOŽNOSTI IZRABE ŠALEŠKIH JEZER ZA ENERGETSKE
NAMENE**

Tematsko področje: GEOGRAFIJA

Avtor:

Jan Vodušek, 9. razred

Mentor:

Zoran Pavšek, prof. geog., soc.

Velenje, 2012

MENTORSTVO

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Osnovni šoli Šalek Velenje.

Mentor: Zoran Pavšek, prof. geog., soc.

Datum predstavitve:

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)

- ŠD OŠ Šalek, 2011/12
- KG male hidroelektrarne/Šaleška jezera/vodni pretoki
- AV VODUŠEK, Jan
- KZ 3320 Velenje, SLO, Šalek 87
- ZA Osnovna šola Šalek, Velenje
- LI 2012
- IN MOŽNOSTI IZRABE JEZER V ENERGETSKE NAMENE.
- TD RAZISKOVALNA NALOGA
- OP VII, 22 s., 7 tab., 10 slik, 1 karta
- IJ SL
- JI SL
- AI Ker Šaleška jezera ležijo na različnih nadmorskih višinah, smo se odločili raziskati primernost jezer in njihovih pritokov za izgradnjo malih hidroelektrarn (mHE). V raziskovalni nalogi smo poskušali ugotoviti, kako bi se lahko Šaleška jezera izrabljalo energetske učinkovito, okoljsko nesporno in ljudem prijazno. S pomočjo različnih gradbenih posegov bi lahko zgradili tri pretočne mHE (na iztoku Lepene iz Velenjskega jezera, pritoku Velunje v in iztoku iz Družmirskega jezera). Višinsko razliko med Velenjskim in Družmirskim jezerom ter veliko prostornino jezer pa bi lahko izkoristili za shranjevanje električne energije v obliki zalog vode (črpalna hidroelektrarna). Na osnovi pretokov in padcev terena smo ugotavljali primernost za postavitve mHE. Možne lokacije smo še dodatno analizirali glede na okoljske in ostale omejitve (stabilnost terena). Z nalogo smo ugotovili, da bi Šaleška jezera in pritoke lahko uporabljali kot dodatni proizvodni vir obnovljive električne energije.

KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)

- ND OŠ Šalek, 2010/11
- CX small hydroelectric power stations/ lakes / water current /
- AU VODUŠEK, Jan
- PP 3320 Velenje, SLO, Šalek 87
- PB Osnovna šola Šalek, Velenje
- PY 2011
- TI PAKA RIVER FLOW REGIME AND ITS VOLATILITY DURING THE WINTER.
- DT RESEARCH WORK
- NO V, 13 p., 7 fig., 10 photos, 1 map.
- LA SL
- AL SL
- AB Lakes in Šaleška dolina are consequence of sinkink surface because of coal industry. Lakes contain more than 217 ha surface and have volume of 53 million m³. So far we were using lakes for tourist, recreational and energy intentions (source of water for termal power station in Šoštanj). Because lakes lie on different altitudes, we decided to look into data and research options of building small hydroelectric power stations. We tried to find out in research, how advantage would be small hydroelectric power stations to be Šaleška lakes energetic efficiently, environmentally undisputed and to people friendly.

KAZALO

MENTORSTVO	II
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)	III
KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)	IV
KAZALO.....	V
KAZALO PREGLEDNIC, GRAFOV, KART IN FOTOGRAFIJ	VII
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV.....	2
2.1 Šaleška jezera	2
2.2 Male hidroelektrarne.....	4
2.3 Razvojne možnosti jezer	5
2.4. Kaplanova turbina.....	5
2.5 Črpalna hidroelektrarna	6
3 MATERIAL IN METODE DE LA	7
3.1 Vodna bilanca jezer	7
3.2 Tip male hidroelektrarne glede na zahteve hidrološkega potenciala.....	9
3.3 Hidrološki potencial jezer in pritokov	9
3.3.1 Pretoki	9
3.3.2 Padec	10
3.4 Moč vode na odseku	11
3.5 Okoljske in ostale ovire	11
4 REZULTATI IN RAZPRAVA.....	12
4.1 Mala hidroelektrarna na izlivu Velenjskega jezera	12
4.2 Mala hidroelektrarna na izlivu Družmirskega jezera	14
4.3 Mala črpalna hidroelektrarna	15
4.4 Mala hidroelektrarna na Velunji.....	16
4.5 Okoljske in ostale ovire malih hidroelektrarn	18
4.5.1 Stabilnost terena na območju malih hidroelektrarn	18
4.5.2 Ostale okoljske ovire in spremenjena vodna bilanca jezer	18
5 ZAKLJUČEK	19

6	POVZETEK.....	20
7	ZAHVALA.....	21
9	VIRI IN LITERATURA	22

KAZALO PREGLEDNIC, GRAFOV, KART IN FOTOGRAFIJ

Kazalo tabel

Tabela 1: Povprečni pretok Lepene po mesecih po letih 1999 do 2009.	2
Tabela 2: Povprečni pretok Sopotu po mesecih po letih 1999 do 2009.	3
Tabela 3: Povprečni pretok Velunje po mesecih po letih 1999 do 2009.	4
Tabela 5: Primerjava peltonove in kaplanove turbine.	9
Tabela 6: Povprečni mesečni pretoki za desetletje Lepene, Sopotu in Velunje	10
Tabela 7: Izračun padcev na ključnih točkah	11

Kazalo slik

Slika 1: Shema delovanja hidroelektrarne (hidroelektrarna, 2011).....	5
Slika 2: Shema vodne bilance.....	8
Slika 3: Lokacija mHE na izlivu iz Velenjsko jezero.....	12
Slika 4: Ključna točka preusmeritve reke Pake v Velenjsko jezero.....	13
Slika 5: Smer preusmeritve reke Pake v Velenjsko jezero.....	13
Slika 6: Lokacija mHE na izlivu iz Družmirskega jezera.....	14
Slika 7: Izliv iz Družmirskega jezera.....	14
Slika 8: Ključna točka male črpalne hidroelektrarne	15
Slika 9: Lokacija mHE na Velunji.....	16
Slika 10: Področje širjenja Družmirskega jezera.....	16

Tabela kart

Karta 1: Možna postavitve mHE na Šaleških jezerih (Šterbenk, 2011).....	17
---	----

1 UVOD

Idejo za Raziskovalno nalogo smo dobili pred enim letom na predavanju o ekologiji Šaleških jezer, ki so ga pripravili na Inštitut Erico iz Velenja. Tam smo zasledili podatek o relativni višini jezer in s tem dobili idejo za gradnjo male hidroelektrarne, ki bi jo med jezeri lahko postavili. Po enem letu, ko je bil čas za novo Raziskovalno nalogo, smo to idejo izkoristili in se lotili nove Raziskovalne naloge. Pregledali smo obstoječo literaturo, ki je bila razvojni načrt termoelektrarne Šoštanj, v kateri so že omenjali male hidroelektrarne, vendar samo kot idejo. Na osnovi tega smo potem določili naslov in hipoteze, ki pa so sledeče:

- 1. mHE iz Velenjskega jezera v reko Pako bo učinkovita.
- 2. Črpalna mHE iz Velenjskega v Družmirsko jezero bo učinkovita.
- 3. mHe na Velunji bo učinkovita.
- 4. mHe pri izlivu Družmirskega jezera v Pako bo učinkovita.
- 5. Nobena od hidroelektrarn ne bo imela slabih učinkov na ekologijo in vodno bilanco jezer in pojezerja.

2 PREGLED OBJAV

2.1 Šaleška jezera

Vsa Šaleška jezera so nastala zaradi podzemnega izkopavanja lignita. Prostorsko so blizu, a so zanimiva tudi zato, ker se po številnih značilnostih med seboj precej razlikujejo. Skladno s temi razlikami je določena oziroma predvidena tudi različna raba jezer in njihovih bregov. Ker se dolinsko (kotlinsko) dno od Šaleka na vzhodu proti Šoštanju na zahodu spušča, so različne tudi nadmorske višine gladin jezer. Najvišje, na nadmorski višini 372 m, leži Škalsko jezero, približno šest metrov niže Velenjsko, Družmirsko jezero pa še nadaljnjih šest metrov niže (360 m) (Jezera, 2005).

Škalsko jezero je najmanjše in ima manj kot 1 milijon m³ prostornine. Če seštejemo jezerske dotoke, ugotovimo, da v jezero priteče letno okrog 5,2 milijona m³ vode. Srednji letni dotok Lepene v Škalsko jezero je v obdobju 1979-2003 po podatkih ARSO (2009) 3.311.260 m³ vode. Drugi, manjši pritoki prispevajo v jezero med 10 in 30 % pretoka Lepene (okrog 700.000 m³ po meritvah v letih 1993 in 1994) (Jezera, 2005).

V jezero Premogovnik Velenje načrpa povprečno 700.000 m³ jamske vode, ki je sicer tehnološka, vendar dokaj dobre kakovosti. Padavine neposredno na jezersko površino prispevajo več kot 200.000 m³ vode. Po podatkih ARSO (obdobje 1979-1997) z jezerske gladine letno izhlapi 944 l/m² (potencialna evaporacija), kar v primeru Škalskega jezera pomeni skoraj 158.000 m³ na leto (Jezera, 2005).

Tabela 1: Povprečni pretok Lepene po mesecih po letih 1999 do 2009.

mesec	Pretok (m ³ /s)
januar	0,065145
februar	0,056245
marec	0,186855
april	0,109227
maj	0,069455
junij	0,072636
julij	0,095127
avgust	0,069082
september	0,070564
oktober	0,124745
november	0,0923
december	0,114191

Velenjsko jezero je največje, ima prostornino okoli 32,3 mio. m³ in okoli 142,4 ha površine. Velenjsko jezero ima dva pritoka, Lepeno, ki pred tem napaja že Škalsko jezero, in Sopoto. Njegovo padavinsko zaledje meri 20,4 km². Več kot polovica odpade na škalsko pojezerje, medtem ko obsega porečje Sopote, ki je neposredno zaledje Velenjskega jezera, le dobrih 7,5 km². Preostali del pojezerja predstavlja neposredni jezerski breg. Lepena prispeva letno 5,2 mio m³ vode (ko od dotokov Škalskega jezera, Lepene, manjših pritokov in jamske vode odštejemo izhlapevanje), Sopota 3,6 mio m³ (1980-2000 ARSO 2009), s padavinami pa neposredno na jezero letno pade 1,6 mio m³ (1971-2000 ARSO 2009). Če za pojezerje znotraj ugrezninskega območja uporabimo odtočni količnik 0.48, s površine 1,3 km² priteče letno še skoraj 0,8 milijona m³ vode. Tako v jezero letno priteče več kot 11 milijonov m³ vode, vendar je to glede na prostornino jezera malo, saj se jezerska voda teoretično zamenja šele v slabih treh letih. Če odštejemo izhlapevanje, letno iz jezera steče v Pako 10 milijonov m³ vode (Jezera, 2005).

Tabela 2: Povprečni pretok Sopote po mesecih po letih 1999 do 2009.

mesec	Pretok (m ³ /s)
januar	0,080864
februar	0,069327
marec	0,184136
april	0,105973
maj	0,0778
junij	0,077573
julij	0,085745
avgust	0,046144
september	0,093936
oktober	0,096009
november	0,105936
december	0,119145

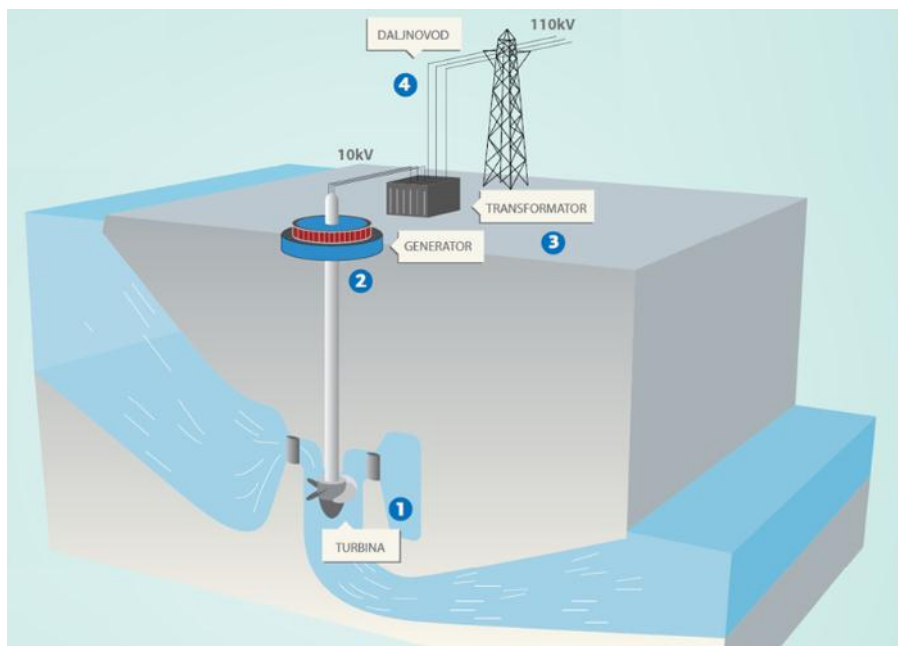
Družmirsko jezero ima prostornino okoli 20 mio. m³. Velunja, ki je poleg padavin njegov edini vir vode, je dovolj vodnata (tudi ob suši leta 1993 je imela še vedno 80 l/s pretoka), da se voda v njem teoretično menja enkrat letno, je pa vprašljiva njena kakovost. Padavine in Velunja prispevajo v jezero slabih 20 mio. m³ vode letno. Če odštejemo izhlapevanje, bi morale iz Velunje v Pako steči povprečno 20 mio. m³ vode, vendar je priteče dosti manj. Vzrok za bistveno spremenjeno naravno bilanco dotokov je, poleg večanja prostornine jezera in posledično večjega izhlapevanja, predvsem dejstvo, da je Družmirsko jezero (zlasti ob nizkih pretokih Pake) glavni vir tehnološke vode šoštanske elektrarne (Jezera 2005).

Tabela 3: Povprečni pretok Velunje po mesecih po letih 1999 do 2009.

m ³ /s	Velunja
januar	0,520883
februar	0,487535
marec	0,752821
april	0,746121
maj	0,429358
junij	0,468134
julij	0,476133
avgust	0,366107
september	0,449809
oktober	0,55331
november	0,618276
december	0,599148

2.2 Male hidroelektrarne

Vodna energija je največje in najrazvitejše področje rabe obnovljivih virov. Vodne elektrarne prispevajo 22% celotne svetovne proizvodnje elektrike. Precejšen delež te količine predstavljajo male hidroelektrarne z močjo pod 10 MW. V Evropi trenutno obratuje več kot 17400 MHE. Zgornja meja moči za definicijo MHE se sicer razlikuje od države do države (1,5 do 25 MW), vendar se v zadnjem času uveljavljajo 10 MW kot splošno priznana meja, ki jo uporabljajo tudi Evropsko združenje MHE - ESHA. MHE niso zgolj pomanjšana različica običajne velike vodne elektrarne. Potrebna je posebna oprema, ki zagotavlja izpolnjevanje osnovnih zahtev: enostavnosti, visokega izkoristka, maksimalne zanesljivosti in preprostega vzdrževanja tudi za nestrokovnjake. (Šmit in Jerot, 2007)



Slika 1: Shema delovanja hidroelektrarne (Hidroelektrarna, 2011)

2.3 Razvojne možnosti jezer

Višinske razlike med jezeri in njihove velike prostornine bi po mnenju nekaterih lahko koristili za shranjevanje električne energije v obliki zalog vode (črpalne elektrarne). Ponoči v termoelektrarni navadno nastajajo viški električne energije, s katero bi lahko vodo iz Družmirskega jezera črpali v 6,5 m višje ležeče Velenjsko jezero. Agregat bi po ocenah lahko imel 4,25 MW električne moči. Energijo bi sproščali ob konicah, dnevno po dve uri. V oceni so predvideli nihanje gladine Velenjskega jezera za 40 cm, kar pomeni ob površini jezera skoraj 0,5 milijona m³ koristne prostornine (Razvojni načrt TEŠ, 2007).

2.4. Kaplanova turbina

Kaplanova vodna turbina je aksialna nadtlačna turbina, ki ima vtok radialen, iztok pa aksialen. Uporablja se za velike pretoke in manjše padce (do 70 m). Kaplanova turbina je nadgradnja Francisove turbine. Novost pri turbini so nastavljive lopatice na gonilniku in vodilniku, ki se premikajo koordinirano. Ravno zaradi teh lopatic lahko pri širokem razponu pretoka dosegamo zelo dobre izkoristke, tudi več kot 0,9 (Kaplanova turbina, 2012).

Obstaja tudi izvedba Kaplanovih turbin, kjer se premikajo le lopatice vodilnika, lopatice gonilnika pa so fiksne. Prednost te zasnove je enostavnejša konstrukcija, izkoristek pa je nižji in je dober le v ozkem območju pretoka (Kaplanova turbina, 2012).

2.5 Črpalna hidroelektrarna

Posebno izvedbo hidroelektrarne predstavlja črpalna elektrarna, ki je poleg proizvodnje električne energije tudi sposobna s pomočjo električne energije iz omrežja črpati vodo v višje ležeče akumulacijsko jezero. V črpalni elektrarni v obdobjih nizke cene in manjše porabe električne energije črpajo vodo iz nižje ležečega v višje ležeče akumulacijsko jezero. V obdobju visoke cene pa proizvajajo električno energijo z izkoriščanjem padca vode iz višje ležečega akumulacijskega jezera v nižje ležeče. Razlike v cenah električne energije na trgu so tolikšne, da se kljub nizkemu izkoristku (ČHE Avče dosega okoli 80% izkoristek) elektrarne v črpalnem režimu opisani postopek shranjevanja energije ekonomsko izplača (Črpalne elektrarne, 2012).

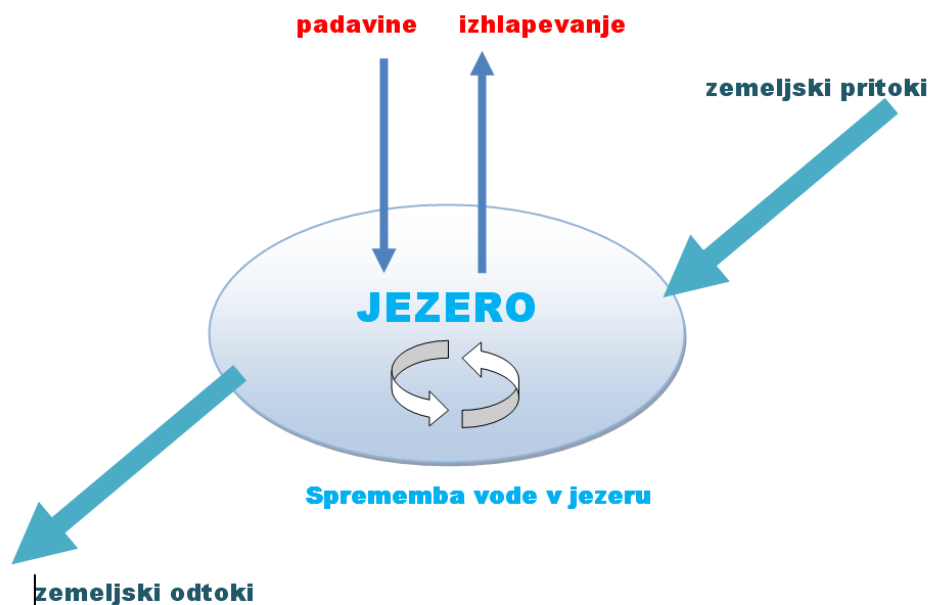
3 MATERIAL IN METODE DELA

Pri izdelavi Raziskovalne naloge smo s pomočjo podatkov iz literature (padavine, pretoki vodotokov), analize kartografskih podatkov (nadmorske višine, padci reliefa) in terenskega ogleda nalogo zasnovali na naslednji način:

- vodna bilanca jezer (pritoki + padavine – izhlapevanje)
- tipi mHE in zahteve za postavitev glede na hidrološki potencial
- hidrološki potencial jezer in pritokov
- primernost za gradnjo glede na hidrološki potencial
- okoljske in ostale omejitve (npr. stabilnost terena)

3.1 Vodna bilanca jezer

Vodna bilanca je razmerje med pritoki in odtoki iz in v jezera. Računamo jo tako da seštejemo podatke o pritokih (zemeljski pritoki, padavine, rudniška voda,...), podatke o odtokih (zemeljski odtoki, evaporacija, potrebe TEŠ,...) in spremembo vode v jezeru (tabela 4). Na osnovi podatkov iz inštituta ERICo iz Velenja smo izračunali vodno bilanco jezer s pomočjo programske opreme Microsoft Office 2010 (Tabela 4), tako smo dobili podatke o vodni bilanci jezer, ki so nam služila pri nadaljnjem raziskovanju možnosti postavitve malih hidroelektrarn na območje Šaleških jezer.



Slika 2: Shema vodne bilance

Tabela 4: Izračun vodne bilance (Šterbenk, 2011) in lastni izračuni

Jezero		Velenjsko	Škalsko	Družmirsko
Površina (m ²)		1433947	164896	738437
Padavine (m ³)	1,113 m ³ /m ²	1595983,01	183529,25	821880,38
Dotoki (m ³)				
Lepena		4951494,62	3311260	
Sopota		3600000		
Neposredno iz pojezerja		700000	200000	
Jamska voda			700000	
Ostali pritoki			700000	
Velunja				20000000
SKUPAJ dotoki		10847477,6	5094789,2	20821880
Izhlapevanje (m ³)	0,869 m ³ /m ²	1246099,94	143294,62	641701,75
Voda za TEŠ (m ³)				8658944
Razlika		9601377,66	4951494,58	11521234,25
Odtok v Pako (m ³)		9601377,66		11521234,25
Odtok v Velenjsko jezero (m ³)			4951494,58	

3.2 Tip male hidroelektrarne glede na zahteve hidrološkega potenciala

S pomočjo svetovnega spleta smo naredili raziskavo, glede različnih turbin malih hidroelektrarn. Pridobili smo si podatke in primerjali smo Peltonovo turbino s Kaplanovo turbino, ki imata različne lastnosti glede bruto padcev in velikosti pretokov, katere lahko sprejemata. Vse pridobljene podatke smo uredili s programsko opremo Microsoft Office 2010. Prav tako smo preverili podatke o črpalnih hidroelektrarnah (Tabela 5). Med Družmirskim in Velenjskim jezerom, kjer naj bi stala črpalna hidroelektrarna. Za njo smo ugotovili, da bi najboljša turbina bila kaplanova turbina. Ker imamo na razpolago veliko količino vode na majhni višini, bi jezerska voda po cevi imela večji pretok in manjši bruto padec. Prav tako za male hidroelektrarne, ker nimamo na razpolago velikih relativnih višin, bi bila najbolj primerna kaplanova turbina.

Tabela 5: Primerjava peltonove in kaplanove turbine.

turbina	bruto padec	zajezitev	moč	vrtilna hitrost
Peltonova	60-2000 m	velika	do 250 MW	10-40 vrt./min
Kaplanova	4-50m	majhna	inf.	nad 160 vrt./min

3.3 Hidrološki potencial jezer in pritokov

3.3.1 Pretoki

Iz Agencije republike Slovenije za okolje smo pridobili podatke iz hidroloških letopisov in hidroloških arhivov za pretoke posameznih pritokov Šaleških jezer. In sicer za Škalsko jezero letne dnevne podatke o pretokih potoka Lepene, za Velenjsko jezero letne dnevne podatke o pretokih za potok Lepeno in potok Sopoto, za Družmirsko jezero letne dnevne podatke o pretokih za potok Velunjo in letne dnevne podatke o pretokih reke Pake. Izračunali smo tudi podatke o pretokih za iztoke iz Velenjskega in Družmirskega jezera. Podatke smo nato vnesli v programsko opremo Microsoft Office 2010 jih uporabili in pridobili povprečne mesečne pretoke za desetletje za posamezne pritoke Šaleških jezer (Tabela 6). Ti podatki so nam koristili pri raziskavi: Ali imajo pritoki Šaleških jezer dovolj velike pretoke, da postavitve malih hidroelektrarn na ključnih točkah ne bi skoraj povsem spremenila vodne bilance Šaleških jezer in njihove okolice. Pridobljene podatke in ugotovitve smo nato uporabili pri potrjevanju hipotez. Vsi podatki so dosegljivi na spletnih straneh ARSO.

Na potoku Velunja, kjer je načrtovana mala hidroelektrarna, pa smo uporabili pridobljene podatke o pretokih, ki smo jih pridobili iz agencije republike Slovenije za okolje in jih uredili v programski opremi Microsoft Office 2010 ter jih uporabili in iz njih pridobili povprečne mesečne pretoke za desetletje (Tabela 6), da smo izvedli naslednjo raziskavo: Ali je pretok potoka Velunja primeren za izkoriščanje malih hidroelektrarn. Uporabili smo jih tudi pri izračunu moči male hidroelektrarne. Pridobljene podatke in ugotovitve smo nato uporabili pri potrjevanju hipotez. Vsi podatki so dosegljivi na spletnih straneh ARSO.

Tabela 6: Povprečni mesečni pretoki za desetletje Lepena, Sopota in Velunje

pretok (m³/s)	Lepena	Sopota	Velunja
januar	0,065145	0,080864	0,520883
februar	0,056245	0,069327	0,487535
marec	0,186855	0,184136	0,752821
april	0,109227	0,105973	0,746121
maj	0,069455	0,0778	0,429358
junij	0,072636	0,077573	0,468134
julij	0,095127	0,085745	0,476133
avgust	0,069082	0,046144	0,366107
september	0,070564	0,093936	0,449809
oktober	0,124745	0,096009	0,55331
november	0,0923	0,105936	0,618276
december	0,114191	0,119145	0,599148

3.3.2 Padec

Padec, na ključnih točkah postavitv malih hidroelektrarn in črpalne hidroelektrarne, smo izmerili s pomočjo svetovnega spleta (Atlas okolja ARSO). Vse podatke smo vnesli v programsko opremo Microsoft Office 2010 in tam opravili izračune (tabela 7) tako, da smo določili nadmorsko višino jezer in nadmorsko višino ključnih točk za postavitv malih hidroelektrarn in izračunali razliko med obema točkama. Pridobljena višina oziroma padec nam je nato koristil pri izračunavanju moči malih hidroelektrarn. Padec smo izmerili na štirih različnih ključnih točkah in sicer: med Velenjskim jezerom in iztokom iz Velenjskega jezera v reko Pako, med Družmirskim jezerom in izlivom v reko Pako, med Velenjskim in Družmirskim jezerom ter med točo predvidene zaježitve Velunje in Družmirskim jezerom. Vsi podatki so na voljo na spletni strani Atlasa za okolje.

Tabela 7: Izračun padcev na ključnih točkah

	mHE na iztoku Velenjskega jezera	mHE na iztoku Družmirskega jezera	črpalna mHE	mHE Velunja
nmv 1 točke	366,5 m n.m.v.	360,4 m n.m.v.	366,5 m n.m.v.	383 m n.m.v.
nmv 2 točke	363 m n.m.v.	356 m n.m.v.	360,4 m n.m.v.	360,4 m n.m.v.
razlika	3,5 m	4,4 m	6,1 m	22,6 m

3.4 Moč vode na odseku

Energija se v vsakem vodotoku neprestano sprošča zaradi padca pri pretoku vode v strugi (Pavšek, Šterbenk, 2007). Moč vode na določenem odseku na ključnih točkah smo računali v programski opremi Microsoft Office 2010 z enačbo:

$$P = g \times Q \times H$$

pri čemer je Q (m^3/s) pretok vode, H (m) padec vode na izbranem odseku in P (kW) moč vode na izbranem odseku s pretokom (Q) in padcem (H). Z g označujemo težnostni pospešek, ki znaša $9,81 m/s^2$. Na težave smo naleteli pri mali črpalni hidroelektrarni, ker le te pri nas še ne obstajajo, zato smo si pomagali z obstoječim poslovnim načrtom TEŠ. Druga težava je v tem, da nimamo podatkov s katerimi bi lahko izračunali moč malih hidroelektrarn, ampak imamo samo podatke o trenutnem stanju, tako lahko izračunamo samo moč vode, ki je približna moči male hidroelektrarne.

3.5 Okoljske in ostale ovire

Na koncu smo še s pomočjo svetovnega spleta in podatkov raziskovalnega inštituta Erico in Premogovnika Velenje preverili okoljske omejitve in druge ovire postavitve malih hidroelektrarn. Podatke smo vnesli in uredili v programski opremi Microsoft Office 2010. Najbolj smo se posvetili stabilnosti terena, na katerem naj bi male hidroelektrarne obratovale. Rezultati so vplivali samo na hipotezo št. 5 nobena od hidroelektrarn ne bo imela slabih učinkov na ekologijo in vodno bilanco jezer in pojezerja. Niso pa vplivali na katero drugo hipotezo glede malih hidroelektrarn.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 Mala hidroelektrarna na izlivu Velenjskega jezera

Izračuni so nam pokazali, da naj bi bila moč vode na ključni točki male hidroelektrarne na izlivu Velenjskega jezera 10,455 kW kar je ne-presenetljivo malo. Iz tega podatka lahko sklepamo da bi bila moč male hidroelektrarne pri 100% izkoristku 10,455 kW, kar je v energetskega pogledu zelo malo. Za dvig moči male hidroelektrarne na tej ključni točki, bi bilo potrebno preusmeriti Pako v Velenjsko jezero na ključni točki pri Beli dvorani. Pri polovični preusmeritvi, bi se moč pri 100% izkoristku povečala na 27,605 kW, pri možnosti preusmeritve celotne reke v jezero pa bi se moč male hidroelektrarne pri 100% izkoristku dvignila na 58,506 kW. Malo hidroelektrarno bi uporabljali vse leto in bi bila kot dodaten vir energije za Šaleško dolino. Za malo hidroelektrarno bi uporabili Kaplanovo turbino, ki je za takšne pogoje najbolj primerna. Pri izračunih dodajanja vode iz reke Pake v Velenjsko jezero nismo upoštevali izhlapevanja vode iz površine jezera ali katerih koli drugih naravnih vplivov. Zaradi njih bi se lahko moč male hidroelektrarne zmanjšala.



Slika 3: Lokacija mHE na izlivu iz Velenjsko jezero

Reko Pako bi preusmerili v Velenjsko jezero na ključni točki. Pri ovinku nad Belo dvorano bi jo preusmerili in jo v ravni črti spustili v jezero. Pri tem bi morali narediti nujne omilitvene ukrepe, ki pa so: Izgradnja zadrževalnih bazenov na kanalizacijskem sistemu nad Velenjskim jezerom, on-line monitoring kakovosti reke Pake nad Velenjskim jezerom, podaljšanje kolektorja za prečiščeno tehnološko vodo iz Gorenja in priprava načrta ukrepanja ob ekstremnih pretokih reke Pake in pretokov (Šterbenk, 2011).



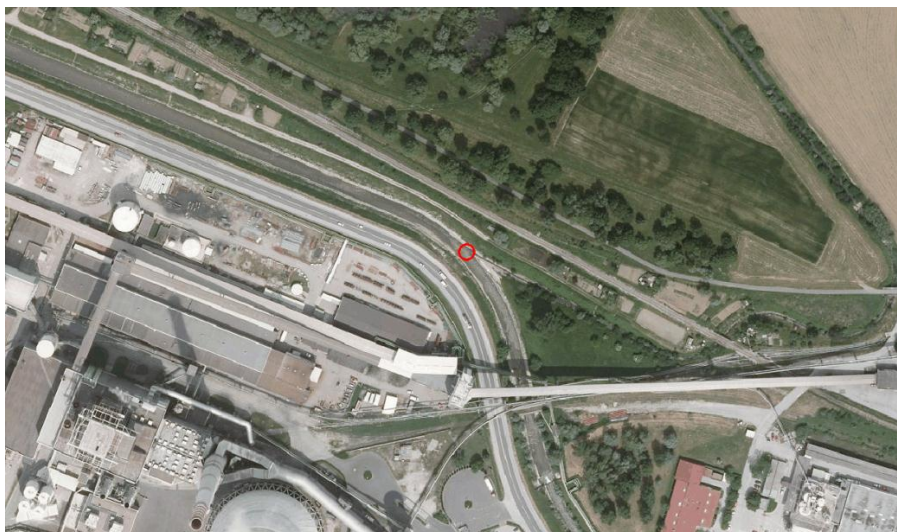
Slika 4: Ključna točka preusmeritve reke Pake v Velenjsko jezero



Slika 5: Smer preusmeritve reke Pake v Velenjsko jezero

4.2 Mala hidroelektrarna na izlivu Družmirskega jezera

Mala hidroelektrarna na ključni točki pri izlivu Družmirskega jezera bi sodeč po izračunih imela moč 15,768 kW. Uporabili bi Kaplanovo turbino, ki je tukaj najbolj primerna. V energetskega pogledu je to zelo nizka moč in zaradi porabe vode iz Družmirskega jezera za TEŠ pretok ni konstanten torej ta mala hidroelektrarna ne bi bila učinkovita.



Slika 6: Lokacija mHE na izlivu iz Družmirskega jezera



Slika 7: Izliv iz Družmirskega jezera

4.3 Mala črpalna hidroelektrarna

Mala črpalna hidroelektrarna bi ležala med Velenjskim in Družmirskim jezerom in delovala večkrat na dan. Za njo smo ocenili že obstoječe podatke, ker je takšna vrsta črpalne elektrarne edinstvena. Vodo bi črpali v višje ležečo Velenjsko jezero, ponoči ko je cena in poraba električne energije majhna. Energijo bi sproščali ob konicah, dnevno po dve uri. Agregat bi po ocenah lahko imel 4,25 MW električne moči, (Šterbenk, 2011) kar je zadostna moč da bi bila elektrarna učinkovita. Črpalno malo hidroelektrarno bi uporabljali kot dodaten vir energije za Šaleško dolino.



Slika 8: Ključna točka male črpalne hidroelektrarne

4.4 Mala hidroelektrarna na Velunji

Mala hidroelektrarna na potoku Velunja bi obratovala skozi vse leto. Njen položaj bi bil južno od naselja Gaberke in ne ob izlivu v Družmirsko jezero, kar opravičuje dejstvo, da bo se zaradi kopanja premoga Družmirsko jezero razširilo svojo površino in prostornino. Njena moč bi bila 119,5 kW. Iz tega podatka in podatka o pretokih Velunje je razvidno, da bi bila ta mala hidroelektrarna učinkovita in bi jo uporabljali kot dodaten vir energije za Šaleško dolino. Pri mali hidroelektrarni bi uporabili Kaplanovo turbino, ki je tukaj najbolj uporabna. Pri računanju podatkov nismo upoštevali izhlapevanja ali kakšnega drugega okoljskega vpliva. Ti bi lahko spremenili moč male hidroelektrarne.

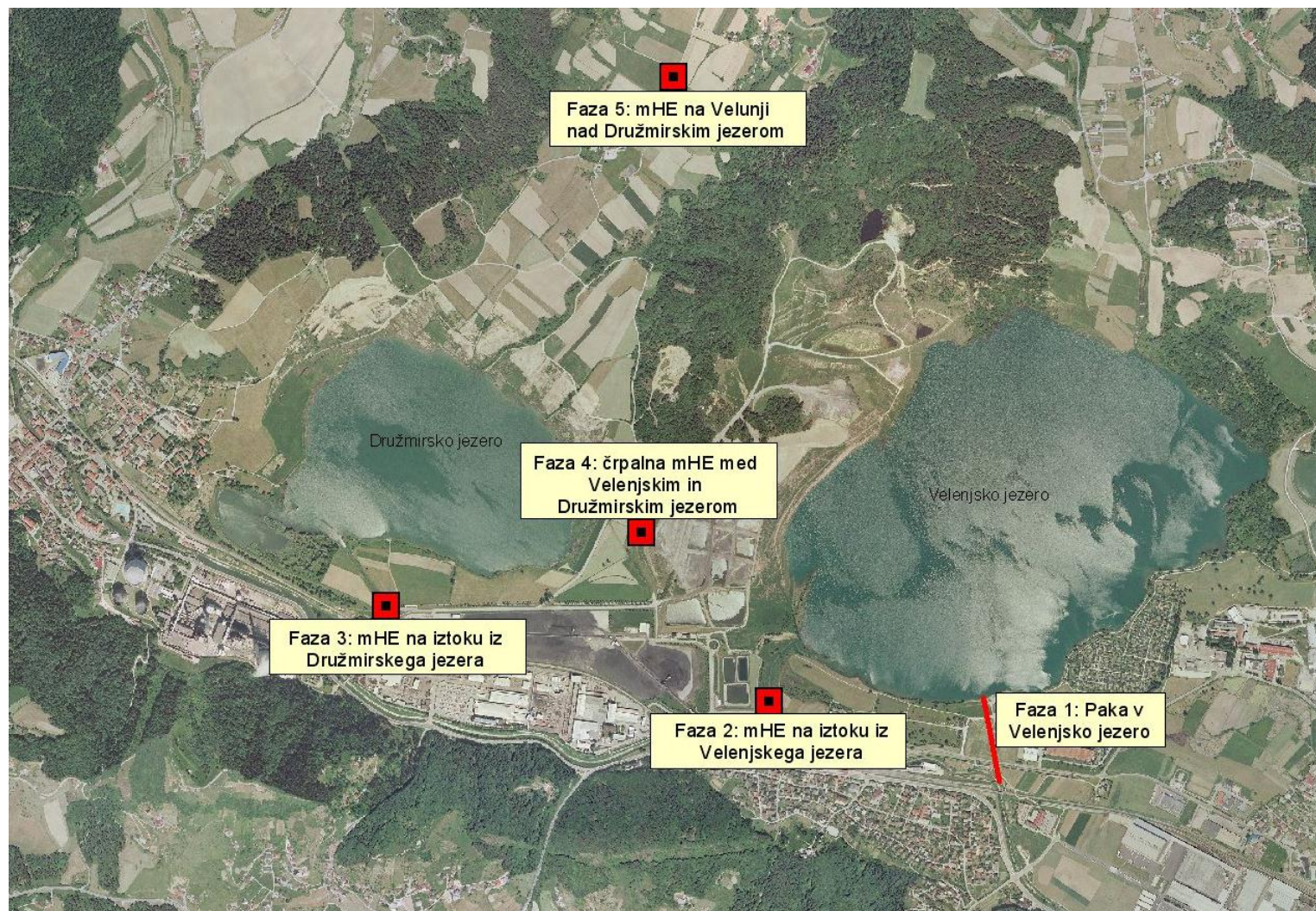


Slika 9: Lokacija mHE na Velunji



Slika 10: Področje širjenja Družmirskega jezera

Karta 1: Možna postavitev mHE na Šaleških jezerih (Šterbenk, 2011)



4.5 Okoljske in ostale ovire malih hidroelektrarn

4.5.1 Stabilnost terena na območju malih hidroelektrarn

Podatki termoelektrarne Šoštanj so nam pokazali, da so nekatere ključne točke malih hidroelektrarn še vedno v območju ugrezanja. Večino pepela, žlindre in ostalih stranskih produktov TEŠ se predela v produkt RDP, imenovan tudi stabilizat, ki se uporablja pri sanaciji ugreznin Premogovnika Velenje, predvsem na območju med Velenjskim in Družmirskim jezerom, kjer se izvajajo različni monitoringi in gradbeni nadzor. Področje, kjer se stabilizat odlaga, je enakomerno ugreznjeno in je brez večjih vidnih odlomnih robov, kar kaže na zadovoljivo kakovost materiala. Na območju brežin ob ugrezanju ni opaznih premikov (plaz, usad) (Sanacija usedlin, 2011).

Iz tega lahko sklepamo, da bi bila gradnja malih hidroelektrarn mogoča, vendar bi bilo potrebno počakati toliko časa, da se bodo posedki zaradi rudarske dejavnosti umirili, kar posledično pomeni stabilno območje iz geomehanskega vidika.

4.5.2 Ostale okoljske ovire in spremenjena vodna bilanca jezer

Splošne okoljske omejitve za male hidroelektrarne zapovedujejo, pridobitev gradbenega in lokacijskega dovoljenja, ter koncesijo, ki jo podeli država. Število podeljenih koncesij se je močno zmanjšalo, zaradi posredovanja okoljevarstvenikov, ki so nastopali prosti malim hidroelektrarnam, glede tega da močno spremenijo okolje in onesnažujejo prostor. Torej so male hidroelektrarne zaradi ekološko spornih posledic zelo nezaželene.

Direktnih okoljskih problemov na ključnih točkah malih hidroelektrarn ni, kar je posledica tega, da je okolje v katerem naj bi stale male hidroelektrarne že spremenil človek.

Vodna bilanca jezer bi se spremenila. Največ na Družmirskem jezeru zaradi pomanjkanja vode. Vodo uporablja TEŠ, črpali bi jo v Velenjsko jezero in mHE na potoku Velunja bi zadrževala vodo.

5 ZAKLJUČEK

Dokončni podatki so nam dali vedeti o pravilnosti hipotez, ki smo si jih na začetku postavili, z njimi smo tudi ocenili učinkovitost malih hidroelektrarn na ključnih točkah.

S podatki lahko potrdimo ali zavržemo naslednje hipoteze:

1. mHE na iztoku Velenjskega jezera v reko Pako bo učinkovita. ✓

Mala hidroelektrarna na ključni točki pri iztoku iz Velenjskega jezera, kjer je moč vode 10,455 kW ne bo učinkovita, vendar pri možnosti preusmeritve reke Pake z vsem njenim pretokom v Velenjsko jezero na ključni točki in s tem povečava moči vode na 58,506 kW. Uporabljali bi Kaplanovo turbino. Posledično bi mala hidroelektrarna postala učinkovita in bi lahko delovala vse leto. To hipotezo lahko potrdimo.

2. Črpalna mHE iz Velenjskega v Družmirsko jezero bo učinkovita. ✓

Črpalna mala hidroelektrarna s položajem med Velenjskim in nižje ležečim Družmirskim jezerom bi delovala ob viških po dve uri na dan. Ponoči ob času nizke vrednosti kilovatnih ur bi črpali vodo v višje ležečo Velenjsko jezero. Ocenjena moč je 4,25 MW, pri čemer je ta črpalna mala hidroelektrarna učinkovita. To hipotezo lahko potrdimo.

3. mHe na Velunji bo učinkovita. ✓

Mala hidroelektrarna na potoku Velunja, na ključni točki južno od naselja Gaberke, kjer je moč vode 119,5 kW, bi lahko obratovala vse leto. Uporabljali bi Peltonovo turbino in bi bila posledično učinkovita. To hipotezo lahko potrdimo.

4. mHe pri izlivu Družmirskega jezera v Pako bo učinkovita. ✗

Mala hidroelektrarna na ključni točki pri izlivu Družmirskega jezera naj bi stala na iztoku z močjo vode 15,768 kW. Posledično, ker tudi TEŠ uporablja vodo v tehnološke namene in je pretok spremenljiv, ta mala hidroelektrarna ne bi bila učinkovita. To potezo lahko zavržemo.

5. Nobena od hidroelektrarn ne bo imela slabih učinkov na ekologijo in vodno bilanco jezer in pojezerja. ✗

Na območju ključnih točk, kjer naj bi stale male hidroelektrarne in tudi na območju ugrezanja, izvajajo sanacijo iz odpadnih produktov TEŠ. Vendar pa ne moremo čisto trditi, da male hidroelektrarne, ne bodo imele slabih učinkov na ekologijo ali vodno bilanco jezer. To hipotezo lahko zavržemo.

6 POVZETEK

Jezer v Šaleški dolini so posledica ugrezanja površja zaradi premogovništva. Obsegajo več kot 217 ha površine in imajo prostornino 53 milijonov m³. Do sedaj so jezera uporabljali za turistične, rekreacijske in energetske namene (vir vode za obratovanje Termoelektrarne v Šoštanju). Ker pa jezera ležijo na različnih nadmorskih višinah, smo se odločili raziskati primernost jezer in njihovih pritokov za izgradnjo malih hidroelektrarn (mHE). V raziskovalni nalogi smo poskušali ugotoviti, kako bi se lahko Šaleška jezera izrabljalo energetske učinkovito, okoljsko nesporno in ljudem prijazno.

S pomočjo različnih gradbenih posegov (preusmeritev struge Pake pri Beli dvorani v Velenjsko jezero) bi lahko zgradili tri pretočne mHE (na iztoku Lepene iz Velenjskega jezera, pritoku Velunje v in iztoku iz Družmirskega jezera). Višinsko razliko med Velenjskim in Družmirskim jezerom ter veliko prostornino jezer pa bi lahko izkoristili za shranjevanje električne energije v obliki zalog vode (črpalna hidroelektrarna). Zato smo najprej proučili tipe mHE in zahteve za postavitve glede na hidrološki potencial (pretok in padec), analizirali pretoke pritokov (Paka, Lepena, Sopota, Velunja), padavine in izhlapevanje ter izračunali vodno bilanco jezer. Na osnovi teh podatkov in padcev terena smo ugotavljali primernost za postavitve mHE. Možne lokacije smo še dodatno analizirali glede na okoljske in ostale omejitve (stabilnost terena). Z nalogo smo ugotovili, da bi Šaleška jezera in pritoke lahko uporabljali kot dodatni proizvodni vir obnovljive električne energije.

7 ZAHVALA

Najlepše bi se zahvalil staršema Jerneji in Andreju Vodušek, za podporo in znanje, ki sem ga z njima delil.

Zahvalil bi se tudi mentorju Zoranu Pavšku in vsem ostalim, ki so kakor koli sodelovali pri izdelavi Raziskovalne naloge.

9 VIRI IN LITERATURA

1. Jezera (2005) Mestna občina Velenje. Pridobljeno 6.12.2011 iz <http://www.velenje.si/3538>
2. ŠMIT, M., JEROT, A. (2007) Male hidroelektrarne. Celje, šolski center Celje
3. Hidroelektrarna (2011) Google. Pridobljeno 1.3.2012 iz <http://www.modrijan.si/ekoalbum/navodila-mentorjem/hidroenergija>
4. Kaplanova turbina (15.1.2012)Wikipedija. Pridobljeno 17.1.2012 iz http://sl.wikipedia.org/wiki/Kaplanova_turbina
5. Hidroelektrarna (6.1.2012) Wikipedija. Pridobljeno 17.1.2012 iz <http://sl.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrarna>
6. ŠTERBENK, E. (2011) Šaleška jezera - vodni vir in razvojni izziv. Poročilo projekta. Velenje, ERICo Velenje
7. PAVŠEK, Z. / ŠTERBENK, E. 2007. Analiza potenciala za gradnjo malih hidroelektrarn na osnovi lokacij nekdanjih mlinov in žag na vodotokih v Sloveniji. Poročilo projekta. Velenje, ERICo Velenje
8. Sanacija usedlin (2011) Termoelektrarna Šoštanj. Pridobljeno 4.3.2012 iz <http://www.te-sostanj.si/si/208>
9. Razvojni načrt TEŠ (2007). Interno gradivo TEŠ.