

Novogradnja zajetja hidroelektrarne Lomščica

Drago Papler, mag. gosp. inž.,
GORENJSKE ELEKTRARNE, d.o.o.
Stara cesta 3, 4000 Kranj
E-pošta: drago.papler@gorenjske-elektrarne.si, tel. 04 2083 232

Janez Basej, univ. dipl. inž. str.
GORENJSKE ELEKTRARNE, d.o.o.
Stara cesta 3, 4000 Kranj
E-pošta: janez.basej@gorenjske-elektrarne.si, tel. 04 2083 586

Največja investicija Gorenjskih elektrarn, proizvodnja elektrike, d.o.o. v zadnjem desetletju je bila rekonstrukcija zajetja hidroelektrarne Lomščica instalirane moči 2 MW.

Obstoječe »Tirolsko« zajetje hidroelektrarne Lomščica se je pri obratovanju od leta 1991 izkazalo kot neustrezno, ker pri projektiranju ni bila upoštevana velika prodonosnost in nanos listja predvsem v jesenskem času. Prisotne so bile težave z vzdrževanjem vtočnih rešetk ter vnašanje ogromnih količin peščenih frakcij vodotoka Lomščica. Zaradi usedlin je bil akumulacijski bazen čiščen trikrat; septembra 2007 je bilo iz akumulacijskega bazena očiščeno 200 m³ naplavin.

Kot rešitev je bil izdelan projekt in novo bočno zajetje s povečanim peskolovom; neposredno za bočnim vtokom je vgrajena vtočna varnostna zapornica. Bočni vtok v peskolov je opremljen z grobimi rešetkami, dno peskolova je oblikovano tako, da omogoča izpiranje usedlega materiala skozi izpustno zapornico. Vhod v obstoječi dovodni cevovod je opremljen s finimi rešetkami z avtomatskim čistilnim strojem, pred njim pa je talni izpust.

Načrtovana srednja letna proizvodnja električne energije hidroelektrarne Lomščica je 2.980.000 kWh vršne električne energije. Obnovljiv vir energije – hidroelektrarna Lomščica izkorišča padavinsko območje 20 km² in ima z vidika sezonskosti največjo proizvodnjo v jesenskih mesecih, ki so posledice deževja in v spomladanskih mesecih, ko se tali sneg v gorah.

Rekonstrukcija zajetja hidroelektrarne Lomščica pomeni 3 % povečanje letne proizvodnje električne energije, to je 90.000 kWh glede na desetletno povprečje proizvodnje, kar predstavlja okoljske prihranke z zmanjšanjem 45 ton emisij CO₂.

I. UVOD

A Projekt in izvedba

Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja rekonstrukcije zajetja hidroelektrarne Lomščica je bilo izdelano leta 2006. Marca 2007 so bila urejena lastniška razmerja in na podlagi projekta pridobljeno gradbeno dovoljenje. IKB, d.o.o. je izdelal projekte za izvedbo gradbenih del, v projektivi Službe za investicije in razvoj Gorenjskih elektrarn pa so tudi izdelani projekti elektro-strojne opreme. Elektro omara in čistilni stroj sta bila izdelana v elektro in strojni delavnici Gorenjskih elektrarn, zapornice in hidravlično opremo so izdelali zunanji izvajalci. Gradbena dela so se pričela septembra 2007. Najprej je bil delno porušen obstoječi talni prag, obstoječi peskolov, kateri je bil poddimenzioniran in ni omogočal usedanja zadostnih količin vnešenega peščenega materiala. Groba gradbena dela so bila zaključena do konca decembra 2007, vodotok je bil skozi nov betonski objekt preusmerjen januarja 2008, nakar je sledila montaža strojne in elektro opreme. Tehnični pregled novega gradbenega objekta in vgrajene elektro-strojne opreme z izvršilno dokumentacijo s strani nadzornih, izvedenskih, inšpekcijskih in upravnih pooblaščenec je bil opravljen 15. decembra 2008, uporabno dovoljenje pa pridobljeno januarja 2009.

B Opis hidroelektrarne

Proizvodna enota HE Lomščica se nahaja nad vasjo Lom pri Trziču, kjer izrablja vodni energetski potencial vodotoka Lomščica s srednjim pretokom $Q_i = 1,04 \text{ m}^3/\text{s}$. Srednjetačna pretočno akumulacijska hidroelektrarna je bila zgrajena leta 1991 in je edina akumulacijska hidroelektrarna v podjetju Gorenjske elektrarne.

C Dovodni sistem

Zajetje HE Lomščica je sestavljalo planinsko zajetje z dovodnim kanalom do peskolova, peskolov s prodnim izpustom ter prelivnimi odprtini ter objekti zavarovanja brežin in dna korita v območju talnega praga ter podslapja. Jez je bil postavljen pravokotno na korito vodotoka Lomščica. Vzvodna stran jezua je bila vertikalna, nizvodna pa je bila nagnjena proti koritu. Širina jezua je bila 10 m, na bregovih se je zaključila s krilnima zidovima.

Povezava med zajetjem in akumulacijskim bazenom je izvedena z vkopanimi betonskimi cevmi dolžine 263 metrov. Varnostni preliv, ki preprečuje prekomeren dvig vode v bazenu, se nahaja na polovici cevovoda.

D Akumulacijski bazen

Zgrajen je v veliki naravni kotanji trikotne tlorisne oblike. Zaradi majhnih dimenzij objekta in majhne stopnje ogroženosti nižje ležečih stanovanjskih objektov, se ne zahteva stalen nadzor. Vzpostavljen je sistem opazovalnih točk.

E Tlačni cevovod

720 metrov dolg jeklen tlačni cevovod je na celotni trasi položen v zemljo, obbetoniran ter na lomnih točkah sidran. Bruto padec $Q_b = 117,9 \text{ m}$ in neto padec 114,81 m.

F Strojnica

Špiralna Francis turbina z nazivno močjo 2,012 MW ima 1000 vrtljajev na minuto in izkorišča neto padec 114,81 m. Poganja trifazni sinhronski generator nazivne moči 2,4 MVA

Transformator je moči 2,5 MVA, 20/3,15 kV; HE Lomščica je z elektroenergetskim sistemom povezana preko 20 kV daljnovoda.

Hidroelektrarna Lomščica se upravlja ročno, avtomatsko in daljinsko iz Distribucijskega centra vodenja Kranj. Daljinsko vodenje omogoča upravljanje in nadzor hidroelektrarne.

II. PRENOVA ZAJETJA

Zaradi povečanja varnosti obratovanja in dodatnih stroškov, je bila izvedba rekonstrukcije vtočnega objekta - zajetja smiselna. Zgradila se je nova jezovna zgradba ter bočno zajetje s povečanim peskolovom in čistilnim strojem na koncu peskolova. Evakuacija visokih vod se zagotavlja s prelivanjem preko krone jezua ter odprtim talnim izpustom, ki je lociran ob peskolovu. Zavarovanje podslapja se v večjem delu ohrani in deloma prilagodi novemu stanju. Režim obratovanja HE je ostal nespremenjen.

III. IZGRADNJA

A Gradbeni del

Lokacija jezovne zgradbe je zaradi spremenjenega načina zajema vode (bočno zajetje) pomaknjena dolvodno od stare jezovne zgradbe. Vodotesna obloga po izgradnji jezua se je obnovila in prilagodila novemu stanju. Novo zavarovanje dna vodotoka in priključek na staro zavarovanje je izvedeno v območju talnega praga.

Obstoječi peskolov se je v celoti porušil z izjemo vtočnega dela, ki je izven lokacije novega peskolova. Vtok v peskolov je širine 7,0 m, celotna dolžina objekta nepravilne tlorisne oblike je ca 30 m. V objekt je bilo vgrajeno 45.000 kg armature in 300 m^3 betona. Za zagotavljanje biološkega minimuma je v desnem zidu peskolova vgrajena cev premera 150 mm.

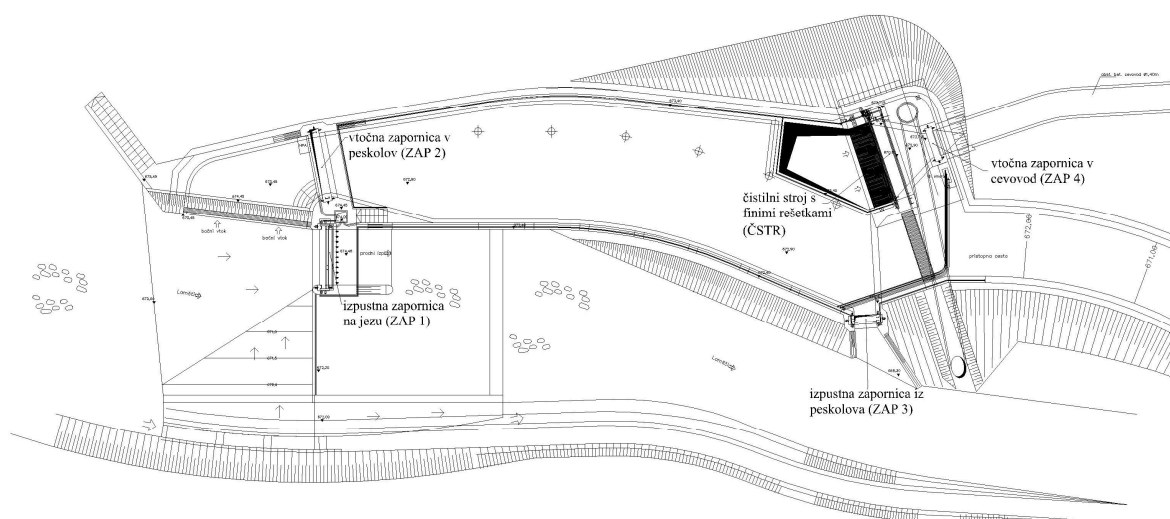
B Elektro oprema

Projekt rekonstrukcije zajetja obsega avtomatizacijo zajetja ter vzpostavitev komunikacijske zveze med zajetjem, bazenom in strojnico. Elektro oprema novega zajetja zajema več tehnoloških porabnikov električne energije (zapornice, čistilni stroj, črpalka, napajalni 24 V DC sistem in razvod). Novo zajetje je avtomatizirano in vključeno v TCP/IP omrežje novega sistema vodenja. Opremljeno je z videonadzornim sistemom za potrebe spremljanja stanja na jezu.

C Strojna oprema

Strojna oprema zajetja zajema vso hidromehansko opremo, katera omogoča nemoteno regulacijo glede na dotok vodotoka Lomščica. Hidromehansko opremo sestavljajo:

- fine rešetke s čistilnim strojem,
- zapornice s hidravličnim pogonom,



Slika 1: Tloris rekonstruiranega zajetja HE Lomščica

Fine rešetke s čistilnim strojem

Fine rešetke so locirane na koncu peskolova pred vtokom v betonski cevovod. Čistilni stroj je lociran neposredno pred fino rešetko ter sprotno čisti listje, manjše naplavine ter ostale nanose s finih rešetk in tako omogoča normalen pretok vode. Stroj sledi nagibu rešetke ter sovpada v gabarit fine rešetke. Delovanje obratovanja stroja je avtomatsko z ozirom na zamašenost rešetk ali ročno – lokalno ob stroju.

Zapornice s hidravličnim pogonom

Na zajetju HE Lomščica so montirane štiri zapornice in sicer:

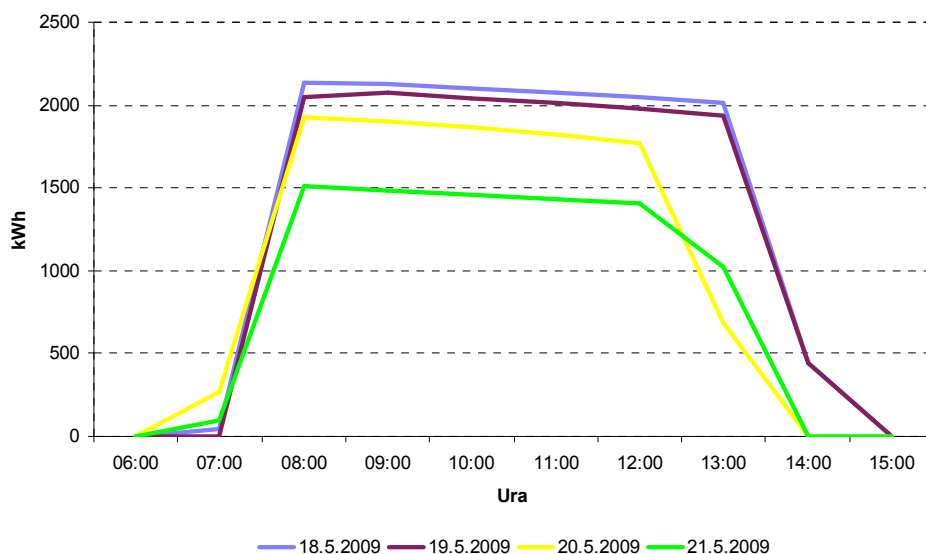
- izpusna zapornica na jezu (omogoča evakuacijo vode iz zajetja ob naraščajoči gladini in izpust peščenega nanosa),
- vtočna zapornica v peskolov (omogoča varnostno zaporo dotoka vode iz zajetja v peskolov in omogoča vzdrževalna dela v peskolovu, na čistilnem stroju, vtoku v betonski cevovod ter dela v cevovodu),
- izpusna zapornica iz peskolova (omogoča evakuacijo vode iz peskolova ob naraščajoči gladini in izpust peščenega nanosa v peskolov) in
- vtočna zapornica v cevovod (omogoča regulacijo nivoja vode v peskolovu glede na dotok vode iz zajetja v peskolov in omogoča vzdrževalna dela v cevovodu).

Upravljanje jeklenih tablastih zapornic je izvedeno preko hidravličnih valjev in oljetlačne naprave. Nazivni tlak olja v oljetlačnem sistemu je 18,0 MPa. Olje, ki se uporablja v oljetlačnem sistemu je biološko razgradljivo olje Panolin HLP SYNTH 32.

IV. VLOGA HE LOMŠČICA PRI POKRIVANJU KONICE

Hidroelektrarna Lomščica je akumulacijska HE z dnevna akumulacijo in služi za pokrivanje dopoldanske konice. HE začne obratovati med 7. in 8. uro zjutraj, in obratuje 6 do 7 ur. V tem času proizvede približno 13 MWh električne energije, in tako prispeva približno 1,72 % električne energije za pokrivanje jutranje konice na preskrbovalnem območju Elektra Gorenjska. Urna proizvodnja, zaradi nižanja gladine v akumulacijskem bazenu, nekoliko pada. Čas do dneva ponovnega zagona je odvisen od vremenskih razmer, to je količine padavin. Če so vremenske razmere ugodne, HE obratuje vsak dan, v nasprotnem primeru pa do dneva ponovnega zagona mine dan ali dva brez obratovanja.

S srednjo letno proizvodnjo $Q_{365} = 3.483$ MWh električne energije, predstavlja približno 6,8 % proizvodnje vseh proizvodnih enot Gorenjskih elektrarn.



Slika 3: Dnevni diagram proizvodnje električne energije HE Lomščica, maj 2009

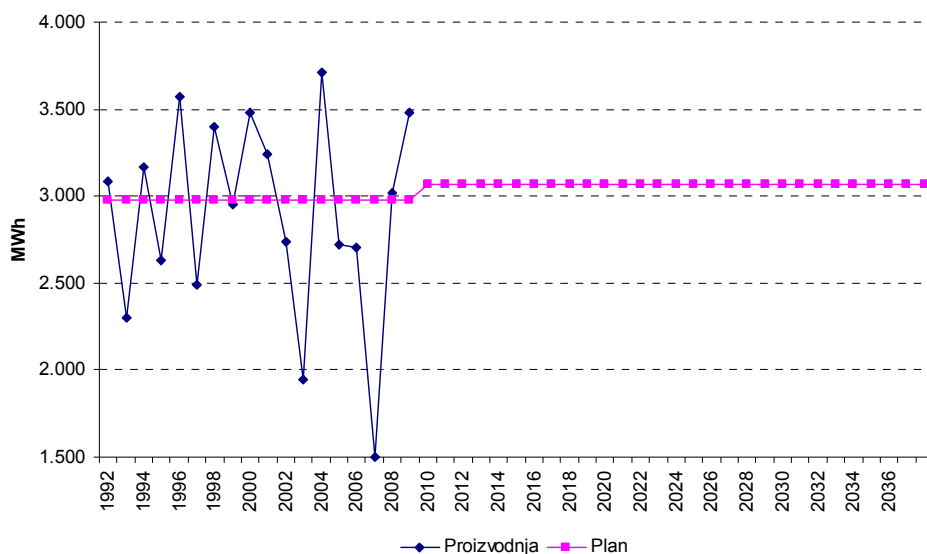
Dne, 18.5.2009 je HE Lomščica obratovala od 7,15 do 15.00 in v tem času proizvedla 13,0 MWh električne energije. V naslednjih dneh je bil režim obratovanja v enakem časovnem terminu, glede na praznitev akumulirane vode iz bazena pa je se je proizvodnja gibala 12,5 MWh, 10,2 MWh in 8,4 MWh (slika 3).

V. OBRATOVANJE HIDROELEKTRARNE

Planirana srednja letna proizvodnja električne energije hidroelektrarne Lomščica je bila 2,98 milijona kWh. Na dejansko doseženo proizvodnjo električne energije vpliva hidrologija.

Najslabša dosežena letna proizvodnja HE Lomščica je bila leta 2003 1.943.394 kWh, to je 34,8 % pod planom in leta 1993 2.297.161 kWh, 22,9 % pod planom letne proizvodnje. Najboljša dosežena letna proizvodnja HE Lomščica je bila leta 2004 3.715.006 kWh, ko je bil plan presežen za 24,7 % in leta 1996 3.575.068 kWh, ko je bil letni plan presežen za 20 % (slika 4).

Hidroelektrarna Lomščica je hudourniškega značaja in ima z vidika sezonskosti največjo proizvodnjo v jesenskih mesecih, ki so posledice deževja in v spomladanskih mesecih, ko se tali sneg v gorah. Največja dosežena mesečna proizvodnja je v mesecih: november (12,2%), oktober (10,4%), april (10,2%), srednja v mesecih: maj (8,8 %), december (8,7 %), julij (8,5 %), januar (7,9 %), september (7,7 %) in junij (7,5 %), najmanjša pa marca (6,9 %), avgusta (6,5 %) in februarja (4,6 %).



Slika 4: Načrt in realizacija proizvodnje HE Lomščica

Prihaja pa do ekstremno nizkih in visokih hidroloških razmer, ki vplivajo na odstopanje od proizvodnje električne energije. Pri izbranem letu 1993 je bila marca dosežena proizvodnja 39 %, junija 34,7 %, julija 25,9 %, avgusta 37,5 %. Leta 2003 je bila aprila dosežena proizvodnja 49,9 %, junija 39,1 %, julija 36,3 %, avgusta 34,4 % in septembra 38,8 %.

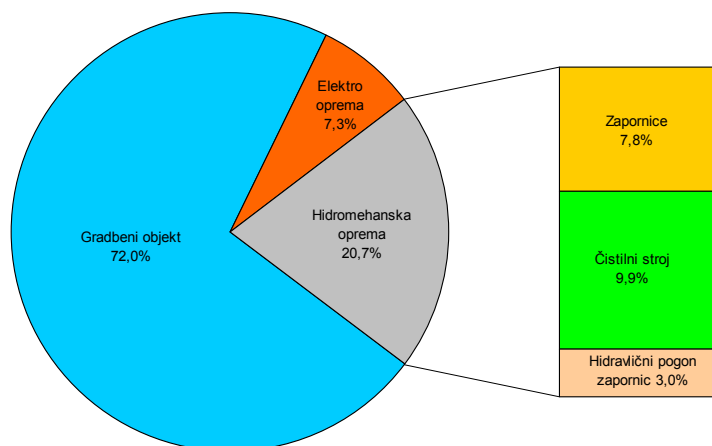
Pri izbranem letu za 1996 je bila proizvodnja julija presežena za 60,2 %, avgusta za 92,6 %, oktobra za 48,2 %. V rekordnem letu 2004 je bila maja proizvodnja presežena za 75,8 %, junija za 64,2 % in julija za 56,2 %.

VI. INVESTICIJSKA VLAGANJA

Vednost naložbe je bila 996.485 EUR, od tega 767.463 € oz. 77 % v rekonstrukcijo zajetja in 229.022 EUR oz. 23 % v sanacijo akumulacijskega bazena.

Rekonstrukcija zajetja je 72 % znašala v gradbeni objekt novega jeza z vtočnim delom, 20,7 % v hidromehansko opremo (zapornice 7,8 %, čistilni stroj 9,9 %, hidravlični pogon zapornic 3,0 %) in 7,3 % v elektro opremo upravljalnega sistema zajetja z optično povezavo jez – akumulacija – strojnica (slika 5).

Investicijo smo v celoti financirali z lastniškim kapitalom.



Slika 5: Struktura stroškov rekonstrukcije zajetja akumulacijske HE Lomščica

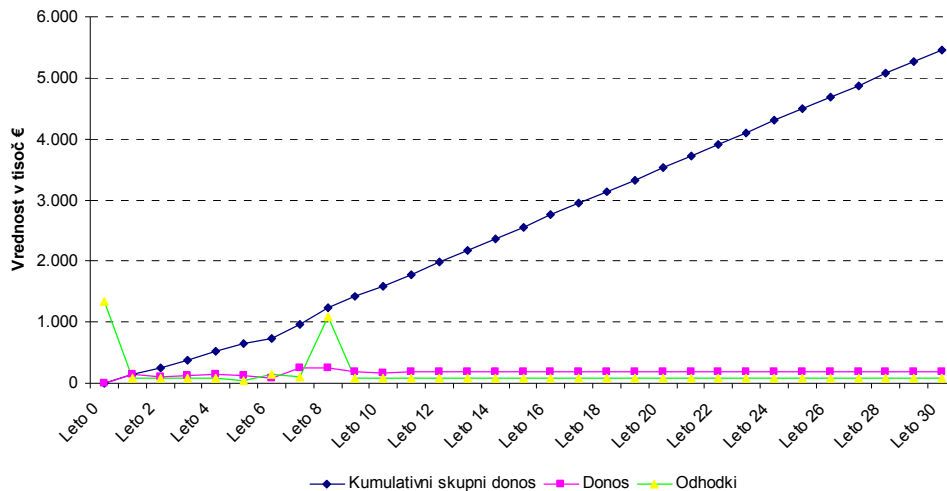
VII. EKONOMIKA INVESTICIJE

Naložba v prenovo zajetja je bila izvedena osmo leto po ustanovitvi podjetja. V izračunu smo upoštevali vrednosti osnovnih sredstev hidroelektrarne, izračunali letne amortizacijske vrednosti po posameznih skupinah osnovnih sredstev, ki imajo različne amortizacijske stopnje. Hidroproduktivni objekt je z doaktiviranjem vrednosti naložbenega projekta povečal vrednosti osnovnih sredstev in letni odpis amortizacije. Njegova prednost je v zmogljivejši, obratovalno posodobljeni in kakovostni napravi.

V izračunih se je upoštevala 30-letna doba časovne dinamike kot je tudi čas trajanja pridobljene koncesije za izrabo hidroenergetskega potenciala potoka Lomščica. Za obdobje 1. – 8. leta so bili uporabljeni dejanski podatki, za obdobje po izgradnji in kolovdaciji novih osnovnih sredstev so uporabljene nove izračunane vrednosti, ki smo jih definirali z amortizacijskim načrtom za gradbeni del elektrarne (jez, akumulacijski bazen), hidromehansko in elektro opremo. Stroških vzdrževanja so ocenjeni na podlagi realnih podatkov predhodnih let. Z investicijo v rekonstrukcijo vtočnega objekta HE Lomščica se vnaprej zmanjšujejo stroški čiščenja akumulacije.

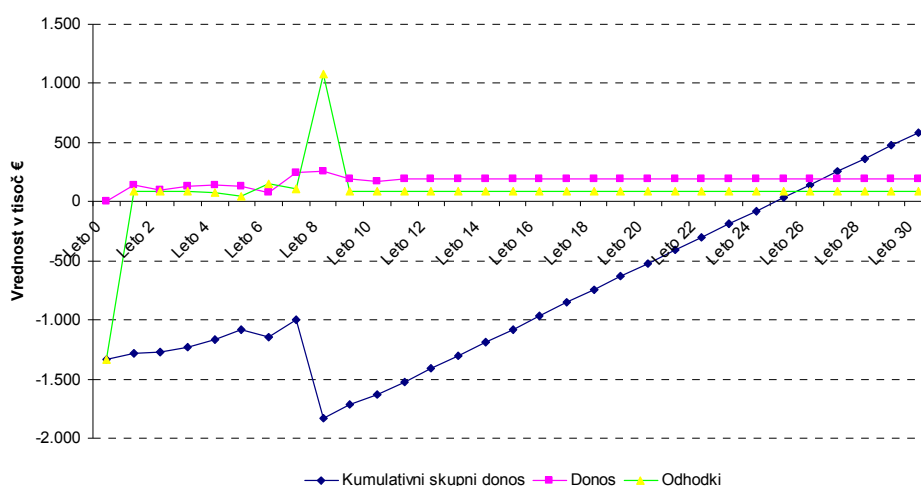
Rekonstrukcija vtočnega objekta HE Lomščica bo povečala letni prihodek od prodaje električne energije. Pri izračunu dodatnega prihodka je bilo upoštevano 3 % povečanje proizvodnje, prodajna cena električne energije pa je planirana v skladu s sprejeto novo metodologijo in Uredbo o podporah električni energiji, proizvedeni iz obnovljivih virov energije (Ur. list št. 37/2009). Namreč z novo metodologijo določanja referenčnih stroškov električne energije proizvedene iz obnovljivih virov, ki jo je Vlada Republike Slovenije sprejela 18. maja 2009, so zagotovljene odkupne cene za električno energijo do 31.11.2001 za obstoječe objekte, za nove objekte pa 15 let od izgradnje. Od leta 2012 so prognozirane tržne cene za odkup električne energije.

Skupni denarni tok projekta (slika 6) zajema vse donose in odhodke tudi lastna in tuja sredstva v življenjski dobi projekta. Vsota donosov in odhodkov mora biti vedno pozitivna oziroma v času gradnje enaka nič, kar zagotavlja likvidnost projekta.



Slika 6: Skupni denarni tok in likvidnost projekta HE Lomščica

Realni denarni tok projekta pomeni vse donose in odhodke s stališča investitorja v življenjski dobi projekta. Za naš primer je na sliki 7 realnega denarnega toka in dobe vračanja naložb razvidno, da kumulativni skupni donos preide iz negativnega v pozitivno vrednost v 24. letu obratovanja hidroelektrarne.



Slika 7: Realni denarni tok in doba vračanja naložb HE Lomštica

Tabela 1 Ekonomski kazalci prenove HE Lomštica

	0 %	+ 10 % <i>povečanje</i>	- 10 % <i>zmanjšanje</i>
NALOŽBA (€)	996.485	1.0961.134	896.837
Neto sedanja vrednost – NSD (€)	144.998	152.9756	136.753
Interna stopnja donosnosti – ISD	5,18 %	5,22 %	5,14 %
Indeks donosnosti	1,11	1,11	1,10
Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti – E	1,120	1,097	1,143
Kazalnik donosnosti naložb – D (%)	25,1	20,1	30,7
Kazalnik donosnosti odhodkov – Do (%)	12,0	9,7	14,3
STROŠKI (€)	2.548.503	2.803.354	2.293.653
Neto sedanja vrednost – NSD (€)		31.623	258.373
Interna stopnja donosnosti – ISD		4,55 %	5,79 %
Indeks donosnosti		1,02	1,19
Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti – E		1,064	1,182
Kazalnik donosnosti naložb – D (%)		14,1	36,0
Kazalnik donosnosti odhodkov – Do (%)		6,4	18,2
PROIZVODNJA (kWh) ali	87.385.176	96.123.694	78.646.658
CENA (€/kWh)		6.008.852	4.916.333
Neto sedanja vrednost – NSD (€)		376.397	- 86.401
Interna stopnja donosnosti – ISD		6,39 %	3,87 %
Indeks donosnosti		1,28	0,94
Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti – E		1,232	1,008
Kazalnik donosnosti naložb – D (%)		48,5	16,0
Kazalnik donosnosti odhodkov – Do (%)		23,2	8,0

* pri diskontni stopnji 4,375%

Vir: Drago Papler (2009).

Na osnovi dejanskih investicijskih vlaganj, ocenjenih dodatnih prihodkov in dodatnih stroškov od 9. do 30. leta življenjske dobe proizvodnega objekta smo izračunali naslednje kazalce ekonomske upravičenosti investicije:

Doba vračanja sredstev (DVS) je doba v kateri se v obliki denarnih prejemkov (amortizacija in dobiček), vrne nabavna vrednost naložbe; kazalec ne upošteva čistih prejemkov naložbe po končani dobi vračanja in časovne vrednosti denarja. Doba vračanja vložnih sredstev je 24 let.

Neto sedanja vrednost (NSV) je razlika med sedanjo vrednostjo prilivov in sedanjo vrednostjo odlivov in prikazuje absoluten donos investicije; upošteva vse denarne tokove investicije, vrednost denarja v času in strošek kapitala, ki je enak donosnosti pri netveganih finančnih naložbah (pozitivna neto sedanja vrednost tako pomeni, da je donosnost obravnavane naložbe večja od donosnosti netvegane finančne naložbe npr. naložbe v državne obveznice).

Neto sedanja vrednost investicije je 144.998 EUR, kar pomeni, da je donosnost investicije višja od zahtevane oz. upoštevana v izračunu in s tega vidika ekonomsko upravičena.

Neto sedanja vrednost je bila izračunana ob upoštevanju 4,375 % diskontne stopnje. To stopnjo smo opredelili kot minimalno zahtevano stopnjo donosa oz. stopnjo donosa za povsem netvegano naložbo.

Interna stopnja donosa (ISD) predstavlja dejansko donosnost investicije v obravnavanem obdobju, podatek je potrebno primerjati z referenčno stopnjo donosnosti (npr. donosnost državnih vrednostnih papirjev, obrestna mera za depozit v banki,...). Interna stopnja donosa je večja od 3,5 % in znaša 5,18 %, kar pomeni da je naložba ekonomsko upravičena.

Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti (E) je 1,12, *kazalnik donosnosti naložb ali rentabilnost naložb (D)* je 25,1 %, *kazalnik donosnosti odhodkov ali rentabilnost vlaganj (Do)* pa 12,0 %.

Z *analizo občutljivosti* ugotavljamo vpliv posameznih vhodnih podatkov za +/- 10 % na donosnost investicije.

Rezultati analize občutljivosti kažejo, da je investicija v rekonstrukcijo HE Lomščica ekonomsko upravičena, če se spremeni vrednost naložbe ali letnih stroškov vzdrževanja za +/- 10 %. V primeru, če se spremeni količina proizvodnje električne energije ali cena električne energije za +/- 10 % ob minimalnih investicijskih vlaganjih, pa je projekt na meji ekonomske upravičenosti.

VIII. OKOLJSKI UČINKI

Potrebno je poudariti potrebnost naložbe zaradi problemov pri obratovanju hidroelektrarne zaradi naplavin. V enoletnem obratovanju prenovljene HE Lomščica se je pokazalo, da bočno zajetje omogoča obratovanje proizvodnega objekta ob visokih vodah, kar je bilo dobro izrabljeno ob letošnjem izredno ugodnem vodnem letu.

HE Lomščica je januarja 2009 dosegla 50 milijonov kWh električne energije. V letošnjem hidrološko ugodnem letu je do konca avgusta 2009 proizvedla 2.999.354 kWh in dosegla že letni načrt.

Z zmanjšano količino odloženega materiala v akumulaciji, ki ga je treba odstranjevati, se zmanjšuje obremenjenost okolja.

Z naložbo se je izboljšala stopnja varnosti obratovanja elektrarne, kar je tudi dejavnik upravičljivosti naložbe čeprav ga ni mogoče ekonomsko ovrednotiti.

Rekonstrukcija zajetja hidroelektrarne Lomščica pomeni 3 % povečanje letne proizvodnje električne energije, to je 90.000 kWh glede na desetletno letno povprečje proizvodnje, kar predstavlja okoljske prihranke z zmanjšanjem 45.000 kg emisij CO₂.

IX. REFERENCE:

- [1] Bojnec, Š., Papler, D., Climate change, energy intensity use and local green energy supply management. MIC'07 – management International Conference 2007, 8th International Conference of the Faculty of Management Koper, University of Primorska, Portorož 2007.
- [2] Papler D., Nakup in prodaja električne energije Distribucije Slovenije, Zgodovina razvoja elektrogospodarstva Slovenije 1980 – 2005, Elektrotehniška zveza, Ljubljana 2007.
- [3] Papler Drago, Zelena elektrika z vidika spodbujanja za doseganje cilja 20 % deleža obnovljivih virov energije do leta 2020, *FREM'07: Festival raziskovanja ekonomije in managementa, Znanje: teorija in praksa*, Fakulteta za management, Koper 2007.
- [4] Papler, D., Primerjava razvojnih učinkov obnovljivih virov energije, magistrsko delo, Poslovno-tehniška fakulteta, Univerza v Novi Gorici, Nova Gorica 2008.
- [5] Papler, D., Modeli in analize razvojnih učinkov obnovljivih virov energije. *ER*, letnik 9, št. 4, str. 28-33, Ljubljana 2008.
- [6] Papler, D., Interna stopnja donosnosti, kriterij ekonomskega optimiranja elektroenergetske infrastrukture z vidika gospodarskega inženirstva. Sedma konferenca slovenskih elektroenergetikov, Velenje, 30. maja do 3. junija 2005. *Zbornik CIRED. Zbornik CIGRÉ*. Ljubljana: Društvo CIGRE - CIRED, 2005, str. 6-29 - 6-34.