

Kauno marių vandens lygio kaita paleidus Kruonio hidroakumuliacinę elektrinę

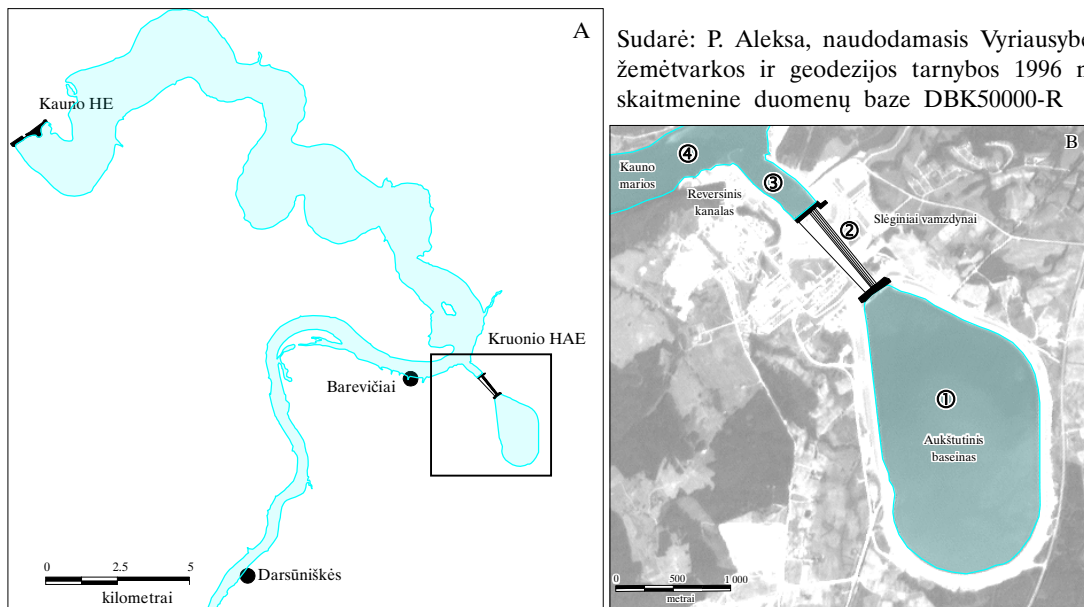
Rimas Žaromskis

Vilniaus universitetas

PROBLEMA IR OBJEKTAS

Energetikos poreikiams tenkinti pasaulyje sukurta gausybė tvenkinių, kurių vanduo suka hidroelektrinių turbinas. Nebe naujiena ir hidroakumuliacinės elektros stotys, kurios leidžia išnaudoti atominių ir šiluminių elektrinių naktį gaunamą, bet nepanaudojamą energiją vandeniui perpumpuoti į aukščiau įrengtus baseinus. Šis vanduo elektrinių turbinas suka tada, kai energijos reikia labiausiai, t. y. rytą, vakare arba ekstremaliomis situacijomis, todėl šios elektrinės neretai vadinamos „pikinėmis“. Kruonio HAE, pastatyta prie Kauno marių (1 pav.), priklauso kaip tik šiam elektrinių tipui (Avdejev, Sacharova, 1979).

Pikinių elektrinių tvenkiniai pasižymi specifiniu vandens lygio režimu, nes, siurbiant vandenį į aukštutinį baseiną, žemėja žemutinio baseino lygis, o dirbant generatoriaus režimu, vanduo vėl nuleidžiamas į žemutinį baseiną, kurio lygis kyla. Tokių tvenkinių pasaulyje pastatyta jau nemažai, bet dar nėra ir tiek daug, kad jie nebedomintų hidrologų bei visuomenės. Kiekvienas tvenkinys – tai didžiulė invazija į upės hidrologinį režimą, lemianti visiškai naujo tipo kraštovaizdžio formavimąsi. Tolimesnis hidroelektrinių tvenkinių vystymasis jau primena pratakųjų ežerų raidą. Jis, aišku, skiriasi reguliuojamo vandens lygio ypatumais, krantų persitvarkymo greičiu bei pobūdžiu ir t. t. Hidroakumuliacinių, t. y. „pikinių“, elektrinių tvenkinių ekosistemos patiria gerokai didesnę „antropoge-



1 pav. Nagrinėjamų objektų pasiskirstymas prie Kauno marių. A – situacinis žemėlapis: 1 – Kauno HE, 2 – Kruonio HAE, 3 – laikinas Barevičių vandens matavimo postas, 4 – Darsūniškio vandens matavimo stotis. B – Kruonio HAE situacinė schema: 1 – aukštutinis baseinas, 2 – slėginiai vamzdynai, 3 – reversinis kanalas, 4 – Kauno marios

Fig. 1. Positions of study objects in the Kauno Marios. A – situation map: 1 – Kaunas HP; 2 – Kruonis HPSP; 3 – temporary gauging station at Barevičiai; 4 – Darsūniškis gauging station. B – Kruonis HPSP situation scheme: 1 – upper pond; 2 – pipes under pressure; 3 – reverse canal; 4 – Kaunas Marios

ninį spaudimą“ negu HE tvenkiniai, todėl daug atidžiau stebimi ir tyrinėjami (Žaromskis, 1986). Už Lietuvos ribų artimiausi tokie tvenkiniai yra pamaskvėje – Zagorsko HAE, Žarnovico HAE prie Gdanskio (Lenkija), Kijevo HAE Ukrainoje.

Kauno marios galima priskirti kompleksinio naudojimo energetinių tvenkinių tipui. Vien energetikos poreikiams jos išnaudojamos kaip aukštutinis 63,5 km² ploto ir 462 mln. m³ talpos Kauno HE baseinas, sudarantis 20 m vandens patvanką. Kauno HE galia – 110 MW. Ji turi 4 hidroturbinas po 25 000 kW; Nemuno debitas ties užtvanka – 293 m³/s (Mankevičius, 1981). Tuo pat metu Kauno marios yra Kruonio HAE žemutinis baseinas.

Kruonio HAE projektinė galia – 1600 MW. 1992 m. paleistas pirmasis 200 MW galios hidroagregatas, galintis dirbti tiek siurblio, tiek generatoriaus režimu, o 1999 m. – ketvirtasis. Likusieji keturi hidroagregatai elektrinėje kol kas nemontuojami. Vidutinis aukštutinio ir žemutinio baseino lygio skirtumas – 105 m (Vodochranilišča..., 1989). Vienas hidroagregatas, dirbdamas siurblio režimu ir 220 MW galia, užtikrina 180 m³/s debitą, o dirbdamas generatoriaus režimu ir 200 MW galia, – 226 m³/s. Aukštutinio baseino naudingasis vandens tūris sudaro 40,7 mln. m³ vandens, plotas – 303 ha (Kruonio HAE..., 1999). Projekte buvo numatyta, kad elektrinei dirbant visu galingumu, apatinio baseino, t. y. Kauno marių, vandens lygio svyravimų amplitudė sudarys 0,65 m. Nemuno vidutinis debitas ties Birštonu – 274 m/s, o ties Strėvos žiotimis, kur dabar stovi Kruonio HAE, – 284 m³/s (Lasinskas, Burneikis, 1960).

Nepaisant to, kad Lietuvoje Kauno marios – didžiausias ir intensyviausiai praktiniams poreikiams naudojamas vandens telkinys, jo hidrodinaminis ir vandens lygio režimas dar nepakankamai ištirtas. Šiame straipsnyje siekiama apibendrinti Kauno marių vandens lygio kaitos įvairios trukmės ciklus, jų pasireiškimo dėsninumus, amplitudes, atskleisti įvairaus pobūdžio vandens lygio kaitos gamtines arba antropogenines priežastis ir jų poveikio zonas.

METODIKA

Straipsnyje panaudoti 1990–1992 m. Kauno HE ir 1992–1999 m. Kruonio HAE vandens lygio matavimo duomenys, gauti tiesiog elektrinėse arba „Lietuvos energijos“ dispečerinėje tarnyboje. Be to, 1999 m. Kruonio HAE darbo poveikio zonoje buvo atliktami specialūs tyrimai, kurių metu išryškėjo marių lygio kaitos ypatumai skirtingais metų sezonais, taip pat per savaitę ir parą elektrinei dirbant įprastu galingumu siurblio arba generatoriaus režimu. 1992–1999 m. vienas po kito buvo paleisti keturi HAE hidroagregatai, tačiau dažniausiai dirbo tik vienas,

kartais du. Daugiau hidroagregatų sinchroniškai dirbo tik tais atvejais, kai Lietuvos energetikos sistemoje arba kaimyninių valstybių energosistemose, kurios tebėra bendrame tinkle, dėl kažkokių priežasčių susidarydavo kritinė situacija. Dėl to detalūs vandens lygio tyrimai skirtingu atstumu nuo reversinio kanalo buvo atlikti tik 1999 m. rugsėjo 22–23 dienomis, kai trys hidroagregatai, sinchroniškai dirbę siurblio režimu, vėliau buvo paleisti dirbti generatoriaus režimu. Taigi atsirado galimybė realiai patikrinti vandens lygio kaitą Kauno mariose hidroakumuliacinei elektrinei dirbant 37,5% projektinės galios. Kas valandą vandens lygio kaita vieno cm tikslumu sinchroniškai buvo fiksuojama Kauno HE, esančioje už 20 km nuo hidroakumuliacinės elektrinės, Kruonio HAE, laikinai įrengtame vandens matavimo poste ties Barevičių kaimu, esančiu už 2,5 km nuo reversinio kanalo žiočių Nemuno aukštupio link, ir Hidrometeorologinės tarnybos Darsūniškio vandens matavimo stotyje, esančioje marių upinėje dalyje už 16 km nuo HAE reversinio kanalo (1 pav.).

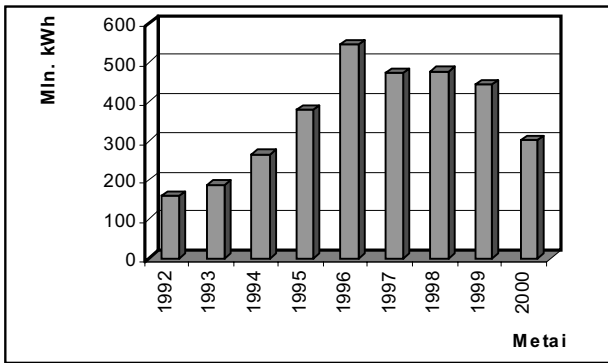
Autorius dėkoja HAE administracijai už visokeriopą pagalbą atliekant tyrimus, taip pat „Lietuvos energijos“ dispečerinei tarnybai bei Lietuvos Hidrometeorologijos tarnybos Hidrologijos skyriui už galimybę pasinaudoti jų fondų duomenimis. Vykdamas kasvalandinius stebėjimus Darsūniškyje maloniai talkino Vandens matavimo stoties darbuotojas A. Šimukauskas, o laikiname Barevičių poste – Vilniaus universiteto Hidrologijos ir klimatologijos katedros studentai. Visiems jiems autorius nuoširdžiai dėkoja.

VANDENS LYGIO KAITA DIRBANT KAUNO HE IR KRUONIO HAE

Po 1992 m. vasario 18 d., kai buvo paleistas pirmasis HAE agregatas, vandens lygio kaitos kreivė, lyginant su ankstesniais metais, iš esmės nepakito. Ankstesnes vandens lygio kaitos tendencijas lėmė ir ta aplinkybė, kad paskutinįjį XX a. dešimtmetį HAE dirbo dar ne visa galia. Kaip buvo minėta anksčiau, dažniausiai dirbo tik vienas arba du hidroagregatai (Kruonio HAE..., 1999). Tai gerai atspindi per metus HAE pagamintos energijos kiekio histogramos (2 pav.).

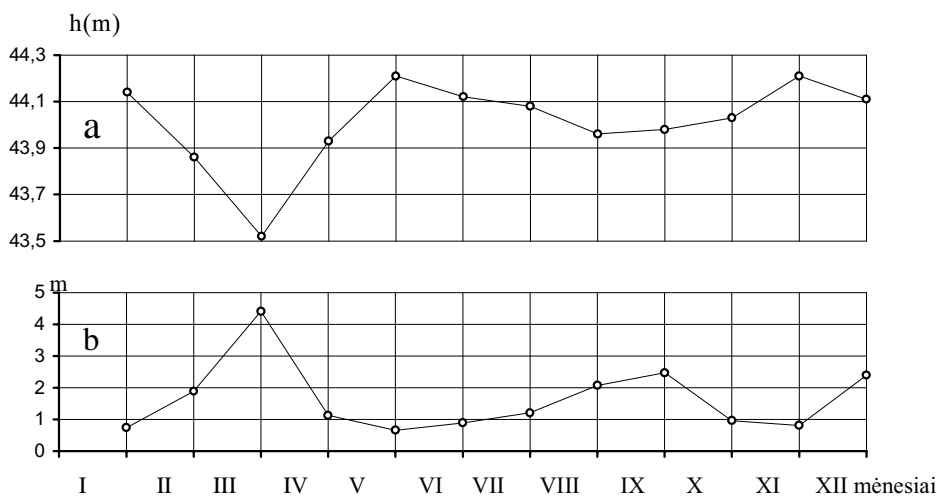
Kaip ir ankstesniu laikotarpiu (Žaromskis, 1982; 2001), išryškėja du metinio lygio didžiausi paaukštėjimai: pavasarį – gegužės mėnesį ir rudenį – lapkričio mėnesį. Tai suprantama, nes Kauno marių vandens balanse „pajamas“ reguliuojantis gamtinis veiksnys (kritulių kiekis, upių nuotėkis ir pan.) išliko nepakitęs. Lygio kreivėse maždaug kovo ir rugpjūčio mėnesiais išliko pažemėjimai (3 pav., a).

Įdomu tai, kad 1990–1999 m. metinių vandens lygio amplitudžių kaitos pobūdis iš esmės kartoja lygio kaitos reikšmes, tik su priešingu ženklu. Tais



2 pav. Skirtingais metais Kruonio HAE pagamintos energijos (mln. kWh) histogramos

Fig. 2. Histograms showing the power (million kWh) produced by Kruonis HPSP with years



3 pav. Kauno marių 1990–1996 m. vandens lygio vidurkinės atskirų mėnesių reikšmės (a) ir lygio kaitos amplitudės (b)

Fig. 3. Average monthly values (a) and fluctuation amplitudes (b) of water level in the Kauno Marios in 1990–1996

metų mėnesiais, kai marių vandens lygis aukščiausias, kaitos amplitudės būna mažiausios ir atvirkščiai (3 pav., b). Kadangi daugelį metų žemiausias vandens lygis būna kovo mėnesį, tai šio mėnesio vandens lygio amplitudė siekia net 4,41 m. Mažiausiomis amplitudžių reikšmėmis, atitinkamai 0,66, 0,81 ir 0,74 m, išsiskiria gegužės, spalio ir sausio mėnesiai.

Per visą paskutinįjį XX a. dešimtmetį intensyviausiai HAE dirbo rudens ir žiemos mėnesiais (Kauno HAE darbo įtaka..., 1999). Galima daryti išvadą, kad tarp HAE darbo intensyvumo ir Kauno marių atskirų mėnesių vandens lygio nėra tiesioginės priklausomybės. Daug labiau ją lemia reguliuojama Kauno HE veikla (Žaromskis, 2001).

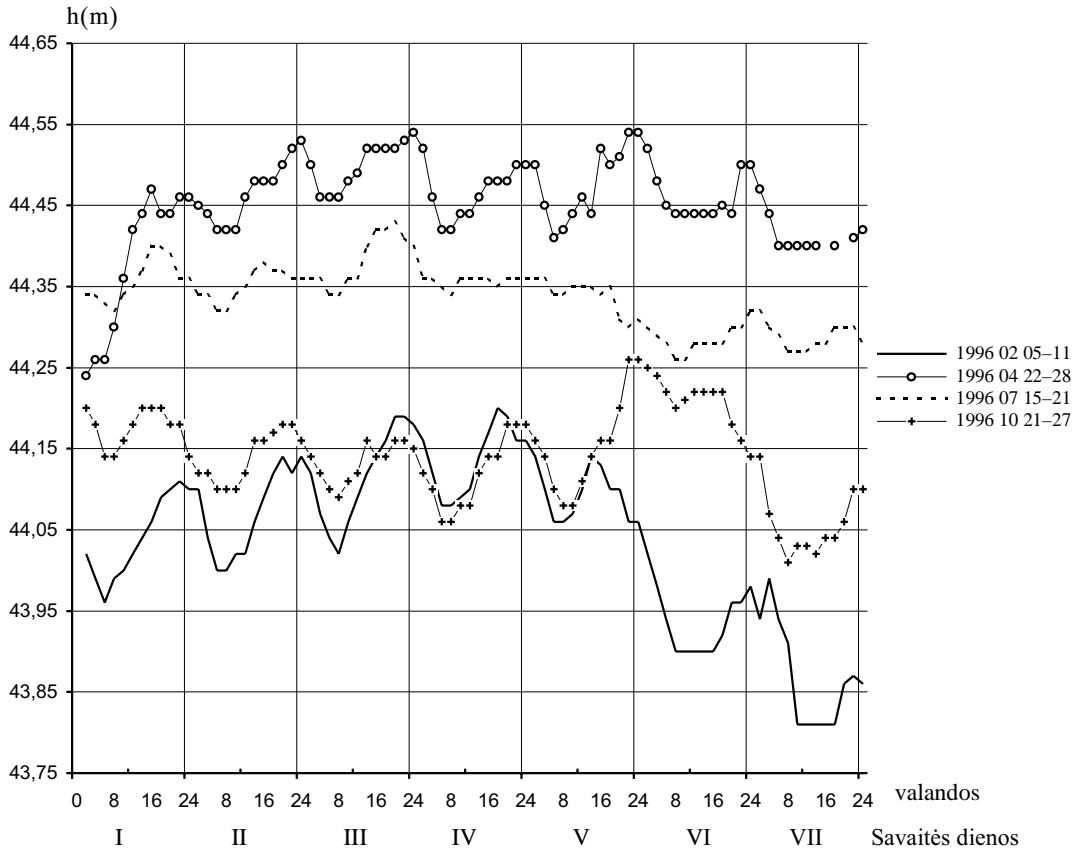
Išanalizavus savaitinio vandens lygio kaitos ciklą po Kruonio HAE paleidimo, pastebėtas tam tikras jo amplitudžių sumažėjimas bei labiau išryškėję atskirų parų ciklai (4 pav.).

Antra vertus, neblogai išliko įvairiais metų sezonais užfiksuotų savaitinių ciklų skirtumai, buvę prieš HAE paleidimą (Žaromskis, 2001). Nauju savaitinio ciklo bruožu laikytina tai, kad mariose vandens lygis savaitgaliais beveik nebepaaukštėja. Hidroakumuliacinė elektrinė, savaitgalį gaudama perteklinės energijos, pumpuoja vandenį į aukštutinį baseiną. Darbo savaitės pradžioje (pirmadieniais), dirbdama generatoriaus režimu, HAE net iki 10–15 cm pakelia marių vandens lygį. Toks ūmus vandens lygio kilimas pirmadieniais ypač ryškus tada, kai jis sutampa su bendra sezono vandens lygio kilimo tendencija, kaip kad buvo 1996 m. balandžio mėnesį (4 pav.).

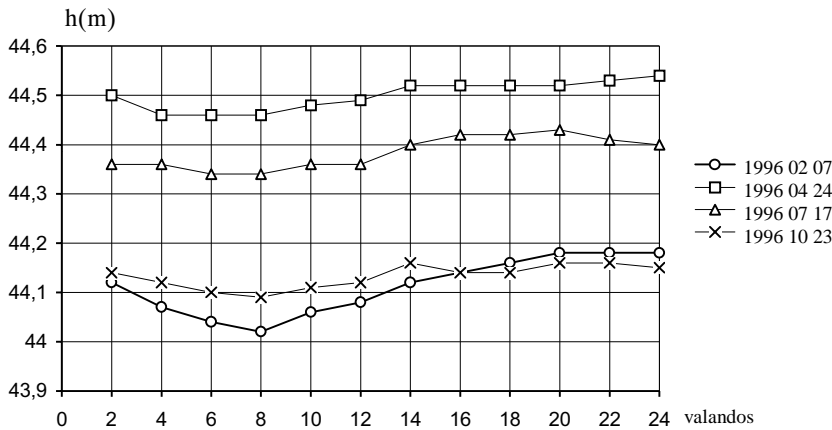
Norint išsiaiškinti paros vandens lygio kaitos pokyčius dirbant Kruonio HAE, galima analizuoti ir lyginti 1990 m. (Žaromskis, 2001) ir 1996 m. tais pačiais sezonais ir tokiu pat kalendoriniu laiku buvusį vandens lygį (5 pav.). Šiam lyginimui 1996 metai parinkti kaip intensyviausio elektrinės darbo laikotarpis (2 pav.).

Kol HAE dar nebuvo paleista, aukščiausias paros ciklo lygis būdavo tarp 5 ir 10 val. ryto. Tai sąlygojo vandens prietaka Nemunu nakties valandomis, kai Kauno HE nedirbo arba dirbo ne visa galia. Paleidus Kruonio HAE, dideli vandens kiekiai nakties metu pumpuojami į aukštutinį baseiną, todėl rytą, tarp 6 ir 8 valandų, tvenkinio lygis būna žemiausias. Tai natūralu, nes jei siurblio režimu ir vidutine galia dirba nors vienas iš keturių hidroagregatų, į aukštutinį baseiną jis pajėgus perpumpuoti kone visą šioje vietoje esantį natūralų Nemuno upės debitą, kuris čia dažnai tik šiek tiek viršija 200 m³/s. Jei siurblio režimu dirba daugiau agregatų, natūrali vandens prietaka Nemunu į marias viršijama kelis kartus. Dėl to rudenį ir žiemą žemiausias marių lygis būna maždaug 8 val. ryto, o pavasarį bei vasarą šis periodas pailgėja ir tęsiasi nuo 4–5 iki 8 val. ryto.

Pasiekusios žemiausią lygį marios palaiptui pripildo iš aukštutinio baseino. Lygio kilimo greitis šiuo atveju priklauso nuo to, keli hidroagregatai tuo pačiu metu dirba generatoriaus režimu, taip pat nuo Kauno HE darbo, jos pralaidų padėties ir Nemuno vandeningumo tuo sezonu. Jei Kauno HE tuo metu nedirba, tvenkinio vandens lygis kyla greičiau, negu šiai elektrinei dirbant visu pajėgumu.



4 pav. Vandens lygio kaita per savaitę dirbant Kruonio HAE skirtingais metų laikais. I–VII – savaitės dienos
 Fig. 4. Weekly cycles of water level changes with a season under operation of the Kruonis HAPP. I–VII – week days



5 pav. Marių lygio pokyčiai per parą tą pačią savaitės dieną (trečiadienį), užregistruoti Kruonio HAE skirtingais metų laikais
 Fig. 5. Diurnal changes in the Kauno Marios water level on the same week-day (Wednesday) for different seasons as registered at the Kruonis HAPP

VANDENS LYGIO KAITOS YPATUMAI KEIČIANTIS HAE DARBO REŽIMUI

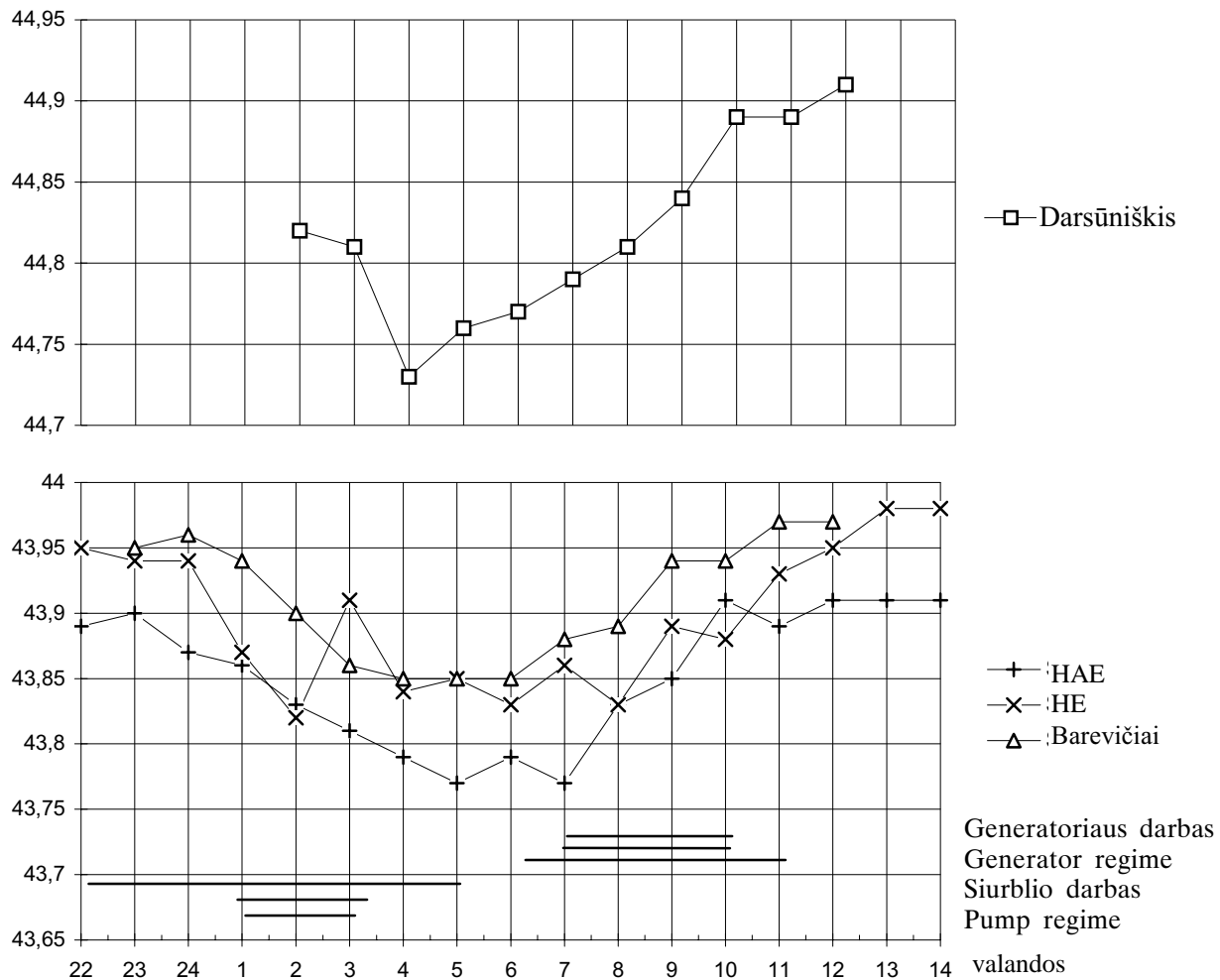
Sudėtingiausia vandens lygio kaita būna staiga keičiant HAE darbo režimą nuo siurblio į generatoriaus arba atvirkščiai. Panagrinėkime tokį atvejį, įvykusį 1999 m. rugsėjo 22–23 dienomis, kai eksperimento būdu abiem režimais sinchroniškai dirbo skir-

tingas HAE agregatų skaičius (Kruonio HAE darbo..., 1999).

Vandens lygio padėtis eksperimento metu imta fiksuoti rugsėjo 22 d. 17 val. 30 min., kada generatoriaus režimu buvo paleistas vienas HAE agregatas. Prieš tai daugiau kaip 4 valandas nei vienas agregatas nedirbo ir vandens lygis mariose stabiliai laikėsi ties 43,89 m riba. Paleidus vieną hidroagregatą generatoriaus režimu, vandens lygis nuo 43,89 m per tris valandas pakilo 5 cm, t. y. iki 44,94 m absoliutaus aukščio atžymos. Tuo pat metu, t. y. 22 val., prie Barevičių kaimo vandens lygis buvo 5 cm aukštesnis nei HAE poste ir vienu cm aukštesnis negu

Kauno HE. Darsūniškio matavimo stotyje 20 val. vakaro vandens lygis, buvęs ties 44,81 m atžyma, iki 22 val. pakilo iki 44,84 m absoliutaus aukščio.

Vieną agregatą paleidus siurblio režimu, vandens lygis prie reversinio kanalo ėmė palaipsniui žemėti. Panaši tendencija išliko tuo pat režimu paleidus ir dar du agregatus. Ji išsilaiškė iki pat 5 val. ryto, kai HAE buvo sustabdyta (6 pav.).



6 pav. Vandens lygio kaita skirtingose Kauno marių vietose įvairiais režimais bei galia dirbant Kruonio HAE
Fig. 6. Water level fluctuation in different sites of the Kauno Marios at different regime and power of the Kruonis HAPP operation

Vandens lygis prie Kauno HE užtvankos ėmė žemėti maždaug 1,5 val. vėliau negu prie HAE ir nebuvo toks tolygus. Tarp 2 ir 3 val. nakties prie užtvankos vanduo staiga pakilo net 9 cm, o po to vėl staiga nusileido 7 cm. Kone kasvalandiniai 2–3 cm lygio pokyčiai prie užtvankos buvo užfiksuoti ir vėliau, ypač 7 val., kada generatoriaus režimu ėmė dirbti trys HAE hidroagregatai. Prie HAE reversinio kanalo tuo metu taip pat buvo užfiksuoti bangų pavidalo iki 3 cm aukščio vandens lygio svyravimai, o po to prasidėjo dvi valandas trukęs vandens kilimas (6 pav.). Tokie 1–3 cm amplitudės vandens lygio svyravimai prie reversinio kanalo būna kiekvieną kartą keičiantis hidroagregatų darbui. Vadinasi, šie bangų pavidalo impulsai persiduoda per visą marių ežerinę dalį apie 20 km ir kiek padidėjusia amplitude fiksuojami prie Kauno HE užtvankos.

Po 3 valandų darbo generatoriaus režimu du iš trijų hidroagregatų 10 val. ryto buvo išjungti, o trečiasis dirbo iki 11 val. Dėl jų darbo tvenkinio vanduo, pradėjęs kilti 7 val. ryto, kilo iki 12 valandos.

Taigi dar visą valandą užsitęsęs vandens lygio kilimas, sustabdžius agregatus, galėjo vykti tik natūralių veiksnių, t. y. upinės vandens prietakos, dėka. Prie Kauno HE tokia kilimo tendencija išsilaukė dar ilgiau – iki 13 val., kol lygis nusistovėjo ties 43,98 m atžyma.

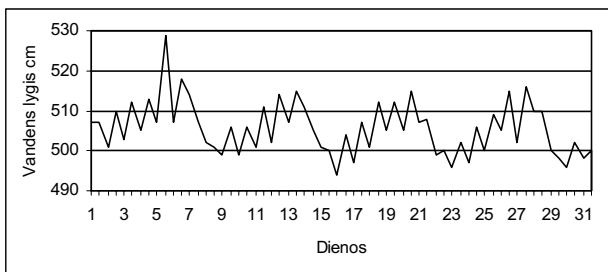
Galima daryti prielaidą, kad momentiniai HAE agregatų įjungimai arba išjungimai sukuria impulsus, per tvenkinio vandens storumę sklindančius kaip ilgaperiodinė banga, kuri trumpalaikiais lygio pokyčiais užfiksuojama ties Kauno HE užtvanka. Panašūs hidrodinaminiai efektai ir net kai kurie jų skaičiavimo metodai kitų autorių buvo nagrinėti ir anksčiau (Gelfand, 1981).

Kasvalandinis vandens lygio fiksavimas laikinai įrengtame Barevičių vandens matavimo poste (1 pav.), keičiantis HAE darbo režimui, neparodė kontrastingų vandens lygio pokyčių. Gali būti, kad už 2,5 km nuo reversinio kanalo esančios upinės tvenkinio dalies vandenį, susiurbtą į aukštutinį baseiną, Nemuno vandenys kompensuoja greičiau negu tolimesnės, t. y. ežeri-

nės dalies, vandens masę. Be to, tikėtina, kad HAE dirbant generatoriaus režimu, iš reversinio kanalo srūvanti vandens masė turi daugiau galimybių pasiskirstyti ežerinėje marių dalyje negu upinėje (1 pav.).

Deja, remiantis vien Barevičių posto duomenimis, be išlygų negalime priimti nuostatos, kad, tolstant nuo reversinio kanalo, marių upinėje dalyje, HAE dirbant, vandens lygio kaita vis silpnėja. Tokią nuostatą neigia ir už 16 km nuo reversinio kanalo esančios Darsūniškio vandens matavimo stoties duomenys.

Tyrimai parodė, kad upinėje Kauno marių dalyje prie Darsūniškio savaitės vandens lygio ciklas dažniausiai „telpa“ į 8–20 cm amplitudes, o paros – į 6–8 cm, nors būna ir didesnis (7 pav.). Paros svyravimo amplitudė šių ribų neviršijo trims HAE agregatams dirbant bet kuriuo režimu.



7 pav. Vandens lygio kaita Kauno mariose ties Darsūniškiu 1999 m. rugpjūčio mėnesį (Lietuvos Hidrometeorologijos tarnybos duomenys)

Fig. 7. Water level changes in the Kauno Marios at the Darsūniškis gauging station in August 1999 (Lithuanian Hydrometeorological Service data)

Kaip matome 6 pav., trims hidroagregatams ėmus siurbti vandenį į aukštutinį baseiną, per pirmąją valandą ties Darsūniškiu vandens lygis pažemėjo tik vieną cm. Staigiai žemėti vandens lygis ėmė nuo 3 val., t. y. momento, kai du iš trijų hidroagregatų buvo išjungti. Nuo 4 val., vienam agregatui tebesiurbiant vandenį į aukštutinį baseiną, ties Darsūniškiu ima pirmą kartą kompensavimo procesas ir vanduo pakyla. Kilimas vyksta gerokai ilgiau negu žemėjimas: vandeniui pažemėti 8 cm čia užteko vienos valandos, o tiek pat centimetrų lygiui pakilti prireikė maždaug keturių.

Gali būti, kad vandens lygio kritimą ties Darsūniškiu lėmė srovės greičio padidėjimas marių upinėje dalyje aukščiau HAE. Išmatavus srovę 2,0 ir 2,5 km nuo reversinio kanalo, HAE dirbant siurblio režimu, jos greitis buvo 0,1–0,12 m/s. Vienam ir dviem hidroagregatams dirbant generatoriaus režimu, toje pat vietoje srovės nebuvo visai. Tokiais atvejais vandens lygio kompensavimas ties Darsūniš-

kiu tikriausiai vyksta tiek dėl prietakos Nemunu, tiek dėl srovinės patvankos ties HAE reversiniu kanalu.

Toks staigus vandens kilimo žemėjimas net už 16 km nuo reversinio kanalo vargu ar paaiškinamas vien paprasta Kauno marių vandens balanso sudedamųjų dalių kaita, nulemta HAE darbo. Tuo nepaaiškinami ir staigūs vandens lygio svyravimai prie Kauno HE užtvankos, kurių nepastebima prie reversinio kanalo. Bangų pavidalo hidrauliniai impulsai bei savi, į seisines bangas panašūs baseino vandens masės svyravimai buvo pastebėti ir kituose vandens objektuose (Ivojlav, 1982). Tam tikrą vaidmenį susidarant hidrauliniams impulsams gali turėti ir chaotiška srovės dinaminės ašies kaita (Zagradina, Levina, 1980) ties HAE reversinio kanalo žiotimis, kurią gali lemti asimetriška slėginių vamzdinių padėtis reversinio kanalo išilginės ašies atžvilgiu. Iš aštuonių projekte numatytų vamzdžių (Vodochranilišča..., 1989) pirmieji keturi dabar sumontuoti vienoje reversinio kanalo išilginės ašies pusėje, todėl reversiniame kanale srovė meandruoja. Situaciją apsunkina ties reversinio kanalo žiotimis likęs aukštas sudėtingo reljefo slenkstis.

Minėtų kaitos procesų pažinimas reikalauja tolesnių natūrinių ir modeliinių tyrimų. Šiandieną, turėdami tik kasvalandinius vandens lygio duomenis, apie banginę kai kurių hidrodinaminių fenomenų prigimtį galime tik pasamprotauti. Jų pažinimas svarbus tiek teoriniu požiūriu, tiek ir įvertinant hidroenergetinių objektų įtaką gamtinei aplinkai. Tenka pripažinti, kad didžiausio hidrodinaminės HAE darbo poveikio zonoje Kauno marių akvalinės aplinkos ekologinė kokybė yra aukštesnė negu už jos ribų.

IŠVADOS

1. Pradėjus dirbti Kruonio hidroakumuliacinei elektrinei, Kauno marių vandens lygio kaitos ypatumai per metus iš esmės nepasikeitė. Vandens balanso pajamose, užtikrinančiose vandens masės pasipildymą, toliau vyrauja gamtiniai veiksniai. Vidutinius lygio pažemėjimus gali lemti tiek gamtiniai (klimato), tiek ir antropogeniniai veiksniai, o didelius – tik antropogeniniai, t. y. Kauno HE darbas.

2. Didžiausios metinės 1990–1999 m. vandens lygio kaitos amplitudės buvo kovo mėnesiais ir siekė 4,41 m, o mažiausios – gegužės, spalio ir sausio mėnesiais ir buvo atitinkamai 0,66, 0,81 ir 0,74 m.

3. Paleidus Kruonio HAE, marių lygio kaitos amplitudė per savaitę šiek tiek sumažėjo. Be to, aukščiausias vandens lygis dažniausiai būna pirmadieniais, o žemiausias – savaitgaliais.

4. Iki šiol Kruonio HAE darbas sąlygojo kiek ryškesnį negu anksčiau paros ciklą. Dirbant tik Kauno HE, aukščiausias paros vandens lygis būdavo tarp

5 ir 10 val. ryto. Dabar tarp 6 ir 8 val. ryto stebimas pats žemiausias marių vandens lygis. Jo kilimo greitis ir reikšmė dažniausiai priklauso nuo to, kiek laiko ir kiek HAE agregatų dirba generatoriaus režimu.

5. Didžiausia užregistruota paros vandens lygio kaitos amplitudė prie Kruonio HAE siekia 31 cm, nors dažniausiai ji būna mažesnė ir 1999 m. sausio mėn. sudarė tik 12,5, birželio mėn. – 8,1, o rugsėjo mėn. – 12,9 cm.

6. Vandens matavimo postų, esančių iki 20 km nuo reversinio kanalo, duomenimis, vandens lygio kaitos savaitės ir paros ciklai ten gali būti net ryškesni negu prie HAE.

7. Hidroakumuliacinei elektrinei keičiant darbo režimą nuo siurblio prie generatoriaus arba atvirkščiai, taip pat dirbant keliems hidroagregatams generatoriaus režimu, generuojami impulsai, kurie kartkartėmis ežerinėje marių dalyje prie Kauno HE ir upinėje dalyje prie Darsūniškio sukelia kelių centimetrų vandens lygio paaukštėjimus.

Gauta
2001 01 28
Parengta
2001 04 08

Literatūra

- Avdejev G. N., Sacharova G. A. (1979). Kaišiadorskaja gidroakumulirujuščiaja elektrostancija. *Gidrotechničeskoje strojitelstvo*. 4: 2–6.
- Gelfaand R. E. (1981). Rasčioty neustanovivševosia dviženija vody v vodochraniliščach. *Izvestija VNIIG*. 151: 8–12.
- Ivojlov A. A. (1982). Vlijanije sobstvennyh kolebanij židkosti na pulsaciju davlenija v napornych vodovodach. *Izvestija VNIIG*. 154: 13–17.
- Kruonio HAE darbo įtaka Kauno marių ir aukštutinio baseino gamtos kompleksams veikiant 2–4 hidroagregatams*. (1999). Mokslininkų sąjungos instituto ataskaita. Vilnius.
- Kruonio HAE didybė ir vargai*. (1999). Sud. A. Kusta. Vilnius: Margi raštai
- Lasinskas M., Burneikis J. (1960). *Lietuvos TSR upių kadastras*. II dalis. Vilnius.
- Mankevičius M. (1981). Kauno hidroelektrinė. *Kauno marios*. Vilnius: Mokslas. 7–12.
- Vodochranilišča i vodo-ograditelnyje sooruženija GAES, TES i AES*. (1989). Red. T. P. Docenko. Moskva: Energoatomizdat.
- Zagradina E. A., Levina S. M. (1980). Gidravličeskyje issliedovanija verchnevo basseina Leningradskoj GAES. *Izvestija VNIIG*. 138: 113–120.
- Žaromskis R. (1986). Vlijanije dinamiki urovnia Kaunaskovo vodochranilišča na pereformirovanije beregov. Tez. Dokladov XI respublikanskoj gidrometeorologičeskoj konferencii. *Problemy i puti racionalnovo ispolzovanija prirodných resursov i ochrana prirody*. Vilnius. 71.

Žaromskis R. (1996). Kauno marios – natūralių ir antropogeninių procesų sąveikos arena. *Geografijos metraštis*. 29: 105–119.

Rimas Žaromskis

WATER LEVEL DYNAMICS IN THE KAUNO MARIOS RESERVOIR AFTER LAUNCHING THE KRUONIS HYDROELECTRIC PUMPED STORAGE POWER PLANT

S u m m a r y

There are numerous ponds dug at the hydropower plants in the world, but ponds (reservoirs) regulated by a hydroelectric plant (HP) or hydroelectric pumped storage power plant (HPSP) are rather rare.

The paper analyses regularities in water level fluctuations in the Kauno Marios reservoir under conditions when Kaunas HP and Kruonis HPSP are operated at 110 and 1600 MW capacity. The first 200 MW unit of Kruonis HPSP was launched in 1992, whereas in 1999 the fourth unit was put into operation. The river-dammed lake Kauno Marios playing a role of the lower pond for the Kruonis HPSP covers the area of 63.5 km² and makes up 462 million m³ in volume. The upper pond of the HPSP, 303 ha in area and 40.7 million m³ in volume, is an artificial reservoir formed 105 m up from Kauno Marios. One hydro-engineering unit operating as a pump at 220 MW power provides 180 m³/s debit, as a generator working at 200 MW makes 226 m³/s debit. Average natural debit of the Nemunas River at the HPSP site is about 274 m³/s.

Water level data registered each hour to 1 cm accuracy in 1990–1992 for the Kaunas HP and in 1992–1999 for the Kruonis HPSP have been used for analysis. Moreover, in 1999 the water level was measured in the river part of Kauno Marios at a 2.5 km distance from the reverse canal and 16 km from the HPSP at the Darsūniškis gauging station. It should be noted that in 1992–1999 one or two HPSP units were in operation most often; three units operating were an exception. Such was the case in September 1999, when experimental observations were performed at different distances from the HAPP reverse canal.

The analysis showed that after the Kruonis HPSP started operating the seasonal water level fluctuations in the Kauno Marios did not change. Replenishment of water balance in the Kauno Marios lake was caused by natural factors. Medium-size drops in water level can be caused by both natural (climatic) and anthropogenic factors, while large ones are usually due to the Kaunas HP operation only. Annual fluctuations in the Kauno Marios water level were of cyclic character determined by seasonal climate changes, while weekly and diurnal oscillations were caused by both power plants. After the Kruonis HPSP started operating, the diurnal cycle became more distinct, while the weekly cycle smoothed a bit.

The 1990–1999 maximum amplitudes of water level fluctuations were observed in March and reached 4.41 m,

while minimum amplitudes were in May, October and January (0.66, 0.81 and 0.74 m, respectively). Weekly fluctuations usually do not exceed 20 cm, although in rare cases they can be higher. The highest diurnal fluctuation values are observed when the HPSP operation is most intensive. Therefore, in autumn and winter diurnal 12–13 cm water level amplitudes are observed, while in summer they make only 8–9 cm. The highest diurnal and weekly changes are registered in the cases when water rise and drop tendencies coincide with similar seasonal cycle tendencies.

The analysis showed that before 1992, when only the Kaunas HP was in operation, the lowest Kauno Marios water level in the weekly cycle used to be on Fridays and the maximum level on Sundays. After the start of the HPSP operation, the lowest level is on Sundays, when

the surplus electric power is produced and water is pumped up to the upper pond of the plant. On Mondays the plant units are switched to the generating regime, and the water level in Kauno Marios is rapidly rising.

It was found that when three units of the Kruonis HPSP were operating in a pump regime and then changed into generating regime, changes in water level at the reverse canal were smaller than at the Kaunas HP located at a 20 km distance from the canal or at the Darsūniškis station situated in a river part of Kauno Marios 16 km from the HPSP. Moreover, 1–3 cm water level fluctuations with long-wave features were registered in those sites. They could be related to the HPSP operation regime changes or fluctuations of the dynamic axis of a water stream flowing from the reverse canal into Kauno Marios.