

LIETUVOS ŽEMĖS ŪKIO UNIVERSITETAS
VANDENS ŪKIO IR ŽEMĖTVARKOS FAKULTETAS
Hidrotechnikos katedra

RIMVYDAS LABUCKAS

VILNIAUS APSKRITIES HIDROMAZGŲ TECHNINĖ BŪKLĖ

Magistrantūros studijų baigiamasis darbas

Studijų sritis: Technologijos mokslai
Studijų kryptis: Aplinkos inžinerija
Studijų programa: Hidrotechnikos inžinerija

AKADEMIJA.2010

Magistrantūros baigiamojo darbo kvalifikacinė komisija:

Patvirtinta rektoriaus įsakymu 2010m. gegužės 7d. Nr. 117 - Kb.

Pirmininkas: Melioracijos įmonių asociacijos pirmininkas docentas, dr. Kazys Sivickis

Nariai:

1. Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakulteto prodekanas, Vandentvarkos katedros docentas dr. Antanas Dumbrauskas, LIETUVOS ŽEMĖS ŪKIO UNIVERSITETAS
2. Melioracijos katedros vedėjas docentas dr. Liudas Kinčius LIETUVOS ŽEMĖS ŪKIO UNIVERSITETAS
3. Statybinių konstrukcijų katedros vedėjas docentas dr. Feliksas Mikuckis LIETUVOS ŽEMĖS ŪKIO UNIVERSITETAS
4. Hidrotechnikos katedros vedėjas docentas dr. Algirdas Radzevičius LIETUVOS ŽEMĖS ŪKIO UNIVERSITETAS

Mokslinis vadovas doc. dr. Juozapas Vyčius

(parašas)

Recenzentas doc. dr. Renė Kustienė

(parašas)

Katedros vedėjas doc. dr. Algirdas Radzevičius

(parašas)

Oponentas lekt. doc. Raimondas Šadzevičius

(parašas)

SANTRAUKA

VILNIAUS APSKRITIES HIDROMAZGŲ TECHNINĖ BŪKLĖ

Vilniaus apskritį sudaro Šalčininkų, Širvintų, Švenčionių, Trakų, Ukmergės, Elektrėnų, Vilniaus rajonų savivaldybių teritorijos. Šalčininkų rajone yra trylika hidromazgų su žemių užtvankomis (Andriškių, Butrimonių, Šalčininkėlių, Šalčininkų II, Eisiškių HE, Jurgonių, Pabarės, Padvarionų, Panezdilės, Poškonų, Purvėnų), Širvintų rajone – dešimt (Bartkuškio, Gražėniškių, Juodės I, Juodės II, Juodės III, Juodės IV, Motiejūnų HE, Sabališkių, Vileikiškių, Širvintų), Švenčionių rajone – dvi (Karkaziškės, Pabradės), Trakų rajone – septynios (Aukštadvario HE, Bagdononių HE, Bražuolės I, Bražuolės II, Tiltų, Vievio, Vosyliukų), Ukmergės rajone – septynios (Antakalnio, Deltuvos, Dovydiškių, Kadrėnų, Taujėnų, Virkščių, Skripetiškių), Elektrėnų savivaldybės teritorijoje – viena (Elektrėnų) ir Vilniaus rajone – keturiolika (Grigiškės, Buivydiškių, Buivydiškių IV, Kiemelių, Keturiasdešimt totorių, Kryžiškių, Margių, Mūro, Rakonių, Riešės, Rokantiškių). Išvardintų žemių užtvankų tvenkinių plotai didesni kaip 5 ha. Užtvankos buvo pastatytos drėkinimo, hidroenergetikos, žuvininkystės, nuotėkio reguliavimo, rekreacijos ir kitoms reikmėms. Po Lietuvos nepriklausomybės atkūrimo, pasikeitus ekonominei sistemai, dalis užtvankų ir tvenkinių neteko savo tiesioginių funkcijų, o tuo pačiu ir tinkamos priežiūros. Todėl pablogėjo užtvankų techninė būklė.

Šiame baigiamajame darbe pateikti Ukmergės ir Širvintų rajono hidrotechnikos statinių elementų techninės būklės tyrimų duomenys ir išvados. Kitų Vilniaus apskrities rajonų (Šalčininkų, Švenčionių, Trakų, Vilniaus) hidromazgų natūriniai tyrimai nebuvo atliekami dėl per didelės darbų apimties ir kaštų. Duomenys apie šių rajonų hidromazgus pateikiami iš literatūros šaltinių, tvenkinių katalogų, kitų autorių darbų. Vykdyti natūriniai tyrimai buvo atlikti 2008–2010 m. pagal STR 1.12.03:2006 „Hidrotechnikos statinių techninės priežiūros taisyklės“ reikalavimus. Taikyti kartotiniai vizualiniai, instrumentiniai ir fotografavimo metodai. Ištirtos ir išsamiai išanalizuotos septynios Ukmergės rajono ir dešimt Širvintų rajono žemių užtvankų. Aptariami dažniausiai pasitaikantys gedimai, jų įtaka bendrai statinio techninei būklei. Nustatyti patikimiausi ir labiausiai pažeisti žemių užtvankų elementai.

Taip pat naudojantis DAM programa ieškota optimalaus sprendimo, kurios perteklinio vandens pralaidos Lietuvos gamtinėmis ir ūkinėmis sąlygomis tinkamiausios. Žinoma, tinkamiausia atitinkama vandens pralaida yra tik sąlyginai, nes užtvankos su įvairaus tipo pralaidomis yra naudojamos atsižvelgiant į konkrečius parametrus (tvenkiamos upės debitą, užtvankos aukštį, tvenkinio dydį, bangos aukštį ir kt.).

Pagrindiniai žodžiai: *žemių užtvanka, statinio būklė, defektyvumo balai.*

SUMMARY

TECHNICAL STATE OF HYDRAULIC STRUCTURES IN VILNIUS COUNTY

Vilnius county consists of Šalčininkai, Širvintos, Švenčionys, Trakai, Ukmergė, Elektrėnai, Vilnius municipalities. The following numbers of hydraulic structures with earth dams are in analyzed municipalities: Šalčininkai municipality – 13, Širvintos – 10, Švenčionys – 2, Trakai – 7, Ukmergė – 7, Elektrėnai – 1, Vilnius – 14.

Earth dams are relatively expensive hydraulic structures. Because of accumulated water head/energy and big water volume most of them are potentially dangerous objects for buildings and inhabitants located below.

According to statistical data in 2010, submitted by Hydrographic system service, there are 17 earth dams with various surplus water flow and other hydraulic engineering structures in Ukmergė and Širvintos regions. After Independence of Lithuania in 1990 a part of man-made ponds and their hydraulic structures became unused, as irrigation of agricultural lands became unprofitable. The technical state of earth dams declined faster because less financial means and care were allotted for the maintenance of dams. More attention for maintenance of hydraulic structures was paid after the failure of Šaukotas dam in 1997. Dams users inspected all their structures and offered to the Hydraulic department of Lithuanian University of Agriculture to carry out investigations of earths dams in which water seepage anomalies, slope lining deterioration, dams body deformations were observed.

All these dams were built for needs of irrigation, recreation, hydro-power, fishing industry, flow regulation. At the moment there are 4 hydropower plants in Širvintos and 3 hydropower plants in Ukmerge region. Most of other dams are being used for fishing industry or recreation purposes. Investigations were carried out in 2008–2010 according to the document 1.12.03.2006 “Hydraulic structures maintenance rules“. Visual, instrumental and photographic methods were applied for 17 earth dams investigation.

Preferences of spillway types of ground materials dams were analyzed for decision making, and for that is used multiple criteria decision analysis. There are several computer softwares for applying multiple criteria decision analysis, just like HYPSE and Decision analysis module (DAM), the last-mentioned is used in this study.

Keywords: *earth dam, state of structure, defect points, DAM.*

TURINYS

ĮVADAS	6.
1. LITERATŪROS APŽVALGA	8.
1.1. Hidromazgų raidos apžvalga	8.
1.2. Hidromazgų natūrinių tyrimų apžvalga.....	9.
1.3. Hidrotechnikos statinių betoninių ir gelžbetoninių elementų tyrimo metodika	11.
1.4. Betoninių/gelžbetoninių (B/G) hidrotechnikos statinių ar jų elementų stebėjimo pagrindiniai principai..	12.
1.5. Lietuvos hidrotechnikos statinių avarijų analizė	15.
1.6. Hidromazgų naudojimo ypatumai	19.
1.7. Statybos norminių dokumentų, reglamentuojančių žemių užtvankų statybą, analizė...20.	
1.8. Programinės įrangos DAM analizė	21.
2. TYRIMO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI	23.
3. TYRIMO METODIKA IR ORGANIZAVIMAS	24.
4. DARBO REZULTATAI	28.
4.1. Vilniaus apskrities hidromazgų techninės būklės tyrimai	28.
4.2. Tyrinėtų hidromazgų pagrindiniai duomenys ir rezultatai	30.
4.3. Perteklinių pralaidų palyginimas naudojant DAM programinę įrangą	47.
 IŠVADOS	 54.
LITERATŪROS SĄRAŠAS	55.

IVADAS

Lietuvoje įvairiu laiku ir įvairiais tikslais buvo statomos užtvankos, kurių svarbiausia paskirtis – sudaryti tvenkinį arba vandens saugyklą. Seniausi tvenkiniai buvo įrengiami gynybiniais tikslais (dabartinis Širvėnos ežeras prie Biržų, taip pat Trakų pilį supantis ežeras). Lietuvoje nuo 1964 metų tvenkinių su užtvankomis skaičius didėjo – 1971 metais buvo 389 tvenkiniai, didesni kaip 0,5 ha, 1974 – 440 tvenkinių. Didžiausia vandens saugykla Lietuvoje – Kauno marios. Jų plotas užima 63.5km^2 , tūris – 462 mln. m^3 vandens.

Vilniaus apskrities rajonuose hidromazgai su žemių užtvankomis pradėti statyti dar XXa. pirmoje pusėje, tačiau didžioji dauguma pastatyta 1970–1990 metais drėkinimo, rekreacijos, žuvininkystės, nuotėkio reguliavimo ir kitais tikslais. Vienuolikoje hidromazgų yra įrengtos hidroelektrinės. Šiuo metu Vilniaus apskrityje yra 54 žemių užtvankos (toliau ŽU), kurių tvenkinių arba vandens saugyklų plotai didesni nei 5 ha (Tvenkinių...,1998). Vilniaus apskritį sudaro Šalčininkų, Širvintų, Švenčionių, Trakų, Ukmergės, Elektrėnų, Vilniaus rajonų savivaldybių teritorijos. Šalčininkų rajone yra trylika hidromazgų su žemių užtvankomis (Andriškių, Butrimonių, Šalčininkėlių, Šalčininkų II, Eisiškių HE, Jurgonių, Pabarės, Padvarionų, Panezdilės, Poškonių, Purvėnų), Širvintų rajone –dešimt (Bartkuškio, Gražėniškių, Juodės I, Juodės II, Juodės III, Juodės IV, Motiejūnų HE, Sabališkių, Vileikiškių, Širvintų), Švenčionių rajone –dvi (Karkaziškės, Pabradės), Trakų rajone – septynios (Aukštadvario HE, Bagdononių HE, Bražuolės I, Bražuolės II, Tiltų, Vievio, Vosyliukų), Ukmergės rajone –septynios (Antakalnio, Deltuvos, Dovydiškių, Kadrėnų, Taujėnų, Virkščių, Skripetiškių), Elektrėnų savivaldybės teritorijoje –viena (Elektrėnų) ir Vilniaus rajone –keturiolika (Grigiškės, Buivydiškių, Buivydiškių IV, Kiemelių, Keturiasdešimt totorių, Kryžiškių, Margių, Mūro, Rakonių, Riešės, Rokantiškių). Baigiamajame darbe pateikti Ukmergės ir Širvintų rajonų hidromazgų natūrinių, daugumoje vizualinių, techninės būklės tyrimų duomenys, jų analizė ir išvados. Kitų Vilniaus apskrities rajonų (Šalčininkų, Švenčionių, Trakų, Vilniaus) hidromazgų natūriniai tyrimai nebuvo atliekami dėl per didelės darbų apimties ir kaštų; buvo pasitenkinta literatūroje ir LŽŪU Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakulteto katedrose turimų duomenų analize apie minėtų keturių rajonų hidromazgus.

Lietuvoje užtvankų ir jų hidromazgų būkle susirūpinta po to, kai 1997m. įvyko Šaukoto užtvankos ant Gomertos upės griūtis (Barokas, 1997). Užtvankų techninės būklės stebėjimui ir vertinimui buvo išleisti laikini reglamentuojantys dokumentai (Potencialiai...,1998). LŽŪU Hidrotechnikos ir Statybinių konstrukcijų katedrų darbuotojai nuo 1997 m. yra ištyrę daugiau kaip 200 užtvankų. Remiantis atliktais tyrimais, 1999m. sudaryta gruntinių medžiagų užtvankų techninės būklės vertinimo metodika (Damulevičius ir kt., 1999, 2001), o taip pat 2006 m. – Statybos techninis reglamentas STR 1.12.03:2006 „Hidrotechnikos statinių techninės priežiūros

taisyklės“ (Hidrotechnikos...,2007). Hidrotechnikos ir Statybinių konstrukcijų katedrų darbuotojų dėka yra aprašyti gelžbetoninių hidrotechnikos statinių ir jų elementų defektai ir pažeidimai, sukurtos kompiuterinės programos statinių techninės būklės vertinimui esant atitinkamiems statinio elemento defektams.

Hidrotechnikos statinių stebėjimai ir vertinimas yra svarbi priežiūros dalis, nes žinant statinio būklės duomenis galima tiksliau planuoti jo eksploataciją, efektyviau atlikti remonto ir rekonstrukcijos darbus, sudaryti techninius pasus (Гидротехнические...,1983; Малаханов, 1990) . Nustačius hidrotechnikos statinio būklę ir laiku atlikus reikalingus priežiūros ir remonto darbus galima išvengti gedimų ir avarių.

Baigiamajame darbe naudota DAM kompiuterinė programa užtvankų perteklinio vandens pralaidų racionaliausiam tipui parinkti Lietuvos hidrologinėmis sąlygomis. Ši programa – tai Tarptautinės atominės energijos agentūros (IAEA) laisvai platinamas programinis produktas, sukurtas 1999 m. ir vėliau nekartą tobulintas. DAM – Sprendimų Analizės Modulis (*Decision Analysis Module*). Ši programinė įranga įgalina sprendimų analitiką atlikti daugiakriterinę analizę.

Vistik sprendimo priėmimo procese DAM programa negali pakeisti sprendėjo, ji tik padeda rasti geriausią sprendimą; taupyti sprendimų priėmėjo laiką, greitai atlikdama standartines užduotis; įgyvendinti sprendimo analizės metodus, kurie negali būti atliekami įprastiniais rankiniais būdais; pateikti rezultatus grafikais, lentelėmis ar kita skaitmenine forma.

DAM programa buvo sukurta spręsti daugiakriterinės sprendimo analizės problemas. Naudojami porinių kriterijų palyginimo metodai. Ši programinė įranga specialiai sukurta dirbti su netikslia kriterijų reikšmių informacija, kai žinomos tik jų kaitos ribos. Įvesta netiksli informacija neduoda vienareikšmio optimalaus sprendinio. Kuo tikslesnė yra informacija apie kriterijų porų reikšmes, tuo trumpesnis potencialiai optimalių alternatyvų sąrašas.

Šiame darbe siekiama išsiaiškinti, kad užtvankos su šachtinio tipo pralaidomis Lietuvos sąlygomis tinkamiausios. Nagrinėjamos keturios alternatyvos, kurios apibūdinamos keturiais kriterijais. Tikslas – išsiaiškinti geriausią alternatyvą. Darbe nuosekliai parodomi sprendimo eigos etapai.

Magistratūros baigiamojo darbo tikslas – atlikti Vilniaus apskrities Ukmergės ir Širvintų rajonų hidromazgų natūrinius, daugumoje vizualinius kartotinius tyrimus, įvertinti jų techninę būklę, surinkti duomenys apie kitų keturių (Šalčininkų, Švenčionių, Trakų, Vilniaus) apskrities rajonų hidromazgus iš kitų autorių darbų ir esamų literatūros šaltinių, taip pat kaupti medžiagą hidrotechnikos statinių techninės būklės nustatymo metodikos tobulinimui.

Darbo apimtis: darbą sudaro įvadas, 4 skyriai, išvados, naudotos literatūros sąrašas. Darbo apimtis – 56 puslapiai, jame yra 44 paveikslai ir 12 lentelių, panaudota 27 literatūros šaltiniai.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

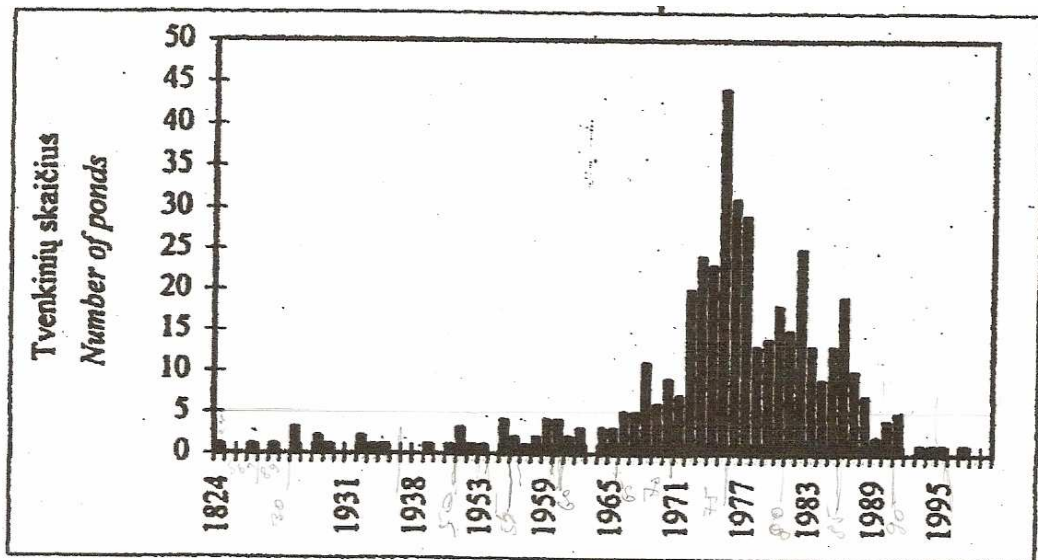
1.1. Hidromazgų raidos apžvalga

Manoma, kad dar iki XII a. Lietuviai pradėjo statyti vandens malūnus ir tam patvenkdavo upes nedidelėmis užtvankomis. Pirmų istorinių faktų apie Lietuvoje buvusius HTS – užtvankas skirtas hidrojęgainėms galima rasti jau XIV amžiuje kunigaikščių ir stambių žemvaldžių dovanojimo ar inventORIZACIJOS aktuose, kuriuose minimi tvenkiniai su vandens malūnais. Didieji Lietuvos kunigaikščiai bajorams bei dvasininkams dovanodavo ne tik žemes, bet ir tvenkinius su vandens malūnais. Yra žinoma, jog 1378m. vasario 17d. Jogaila dovanavo Vilniaus vyskupui žemes su kaimais, ežerais, tvenkiniais ir malūnais. Taip pat žinoma, kad Vytautas 1404 m. rugpjūčio 14 d. kryžiuočių ordinui leido užtvankinti Nevėžį, pastatyti malūną ir naudotis kairiuoju upės krantu. Be to, Vytautas Žemaitijos vyskupui 1421 m. birželio 22 d. užrašė žemių su tvenkiniais ir malūnais bei valstiečiais (Kustienė R., 1997).

Yra žinoma, kad XIX a. viduryje Vilniaus apskrityje buvo 715, o Kauno – 426 malūnai. Seniausios statytos užtvankos išliko Vilkėnuose (1847 m., Šilutės raj.) ir Pasvalyje (1895 m.). Iš kitų senesnių užtvankų išliko Švobiškio (Pakruojo r., 1919 m.), Raudondvario (Radviliškio r., 1920m.), Vosyliukų (Trakų r., 1920m.), Pabradės (Švenčionių r., 1929 m.), Antanavo HE (Marijampolės r., 1933m.), Grigiškių (dabar Vilniaus r., 1933 m.).

1926 m. šalyje buvo 616 hidrojęgainių, o 1939 m. – 640 hidrojęgainių. Antrojo pasaulinio karo metu dalis mažųjų HE buvo sugriauta. 1948 m. veikė tik pusė jų, tai yra 335. Kraštą elektrifikuojant ir tam naudojant šiluminės elektrines, vandens jėgainių skaičius sparčiai mažėjo. Pagal 1958 metų statistinius duomenis Lietuvoje tuo metu veikė 100 hidroelektrinių, o 1984 m. jų tebuvo likę tik 12 (Jablonskis ir kt., 1996). Šiame laikotarpyje, 1955 m. buvo pradėta Kauno hidroelektrinės (HE) statyba, ji baigta 1959 metais.

Taigi Lietuvoje įvairiu laiku ir įvairiais tikslais buvo statomos užtvankos, kurių svarbiausia paskirtis – sudaryti tvenkinį arba vandens saugyklą. Seniausi tvenkiniai buvo įrengiami gynybiniais tikslais (dabartinis Širvėnos ežeras prie Biržų, taip pat Trakų pilį supantis ežeras). 1965 – 1990 metais tvenkiniai buvo sudaromi drėkinimo, rekreacijos, žuvininkystės, antierozijos, nuotėkio reguliavimo tikslais. Vos ne kiekvieno kolūkio ar tarnybinio ūkio vadovas stengėsi turėti tvenkinį su reprezentacine pirtimi. Lietuvoje nuo 1964 metų tvenkinių su užtvankomis skaičius didėjo – 1971 metais buvo 389 tvenkiniai, didesni kaip 0,5 ha, 1974 – 440 tvenkinių. Didžiausia vandens saugykla Lietuvoje – Kauno marios. Jų plotas užima 63.5km², tūris – 462 mln. m³ vandens (Jablonskis ir kt., 1996). Pateikta (1.1 pav.) užtvankų statybos Lietuvoje dinamika (Povilaitis, 2000).



1.1 pav. Užtvankų statybos Lietuvoje dinamika (Povilaitis, 2000)

1967 metais Lietuvoje atlikta visų buvusių HTS inventorizacija. Surašyti visi veikiantys HTS: HE, vandens malūnai, lentpjūvės, vilnų karšyklos ir didesnių tvenkinių užtvankos. Taip pat buvo rinktos žinios apie HTS, kurie jau nebenaudoja vandens jėgos ir jau kelis dešimtmečius sunykę. Lietuvoje 1967 10 01 metų duomenimis buvo veikiantys ar neišgriuvę 259 HTS bei 159 apgriuvę ar visai sugriuvę pastaraisiais dešimtmečiais iki juos surašant. Duomenys pateikti upių baseinai. 58% hidroenerginių naudojo vandens jėgą, 20% – elektrą, 22% – neveikė, nors ir buvo nesugriuvę. Jų techninė būklė buvo: 36% – gera, 24% – patenkinama, 18% – bloga ir 22% – avarinė. Taigi HTS sunykimo statistika tokia: 1958 – 1960 m. veikė 320, 1967 m. jų sumažėjo iki 160. (Vertelka, 1977).

Yra sudaryti du tvenkinių katalogai. Pirmajame pateikti buvusio Respublikinio vandens ūkio instituto suprojektuoti tvenkiniai, kurių 1982 metais buvo 310, antrajame – didesnių kaip 5ha. Pastarasis tvenkinių katalogas buvo sudarytas – Respublikinės tvenkinių valdybos 1988 metais. Tokių tvenkinių su didesnėmis ar mažesnėmis užtvankomis buvo apie 434 (Jablonskis ir kt., 1996).

Naujausiais duomenimis šiuo metu Lietuvoje yra 1132 tvenkiniai, didesni nei 0,5 ha. Jie užima 23,8 tūkst. ha plotą. Didesnę dalį (700) sudaro tvenkiniai, kurių plotas yra nuo 0,5 – 5,0 ha. 432 tvenkiniai yra didesni nei 5,0 ha (Povilaitis, 2000).

1.2. Hidromazgų natūrinių tyrimų apžvalga

Natūrinių tyrimų pradžią galima įvardinti 1953 metus, kai tuometinės LŽŪA Hidroįrengimų (dabar LŽŪU Hidrotechnikos) katedros darbuotojai natūroje tyrinėjo užtvankas ir vertino jų būklę. 1955 metais Lietuvos hidrotechnikos ir melioracijos mokslinio tyrimo instituto mokslinis

darbuotojas K.Dabužinskas apgynė disertaciją mažųjų Lietuvos hidroelektrinių priežiūros pagerinimo klausimais (Dabužinskas, 1955).

1957 m. V. Kudirka aprašė užtvankų iš vietinių statybinių medžiagų tyrinėjimą, jis analizavo medines, akmenų (sumestų), akmenų – mūro (surištų cemento ar kalkių skiediniu), karčių ir žabų bei mišrias, kurių statybai panaudota visos ar dalis anksčiau minėtųjų medžiagų (Kudirka, 1957).

1959–1960 m. tuometiniame Kauno politechnikos institute Hidrotechnikos katedroje vadovaujant doc. A.Vaidakavičiui buvo tiriamos galimos pasekmės, staiga sugriuvus Kauno HE užtvankai. Tais pačiais metais N.Ždankus ir N.Alekna atliko geofiltracijos per Kauno HE žemių užtvanką laboratorinius ir natūrinius tyrimus. Vėliau 1959–1978 m. šie mokslininkai kelis kartus tyrė ir apžiūrėjo povandeninę užtvankos dalį. K.Bakšys ir K.Dabužinskas 1960–1962 m. tyrė Kauno HE betoninių statinių filtracinius reiškinius (Baškys et al, 1963).

Nuo 1975 m. LŽŪA doc. B Ruplio iniciatyva ir jam vadovaujant pradėti mažesnių gruntinių užtvankų natūriniai geofiltracijos tyrimai. Iki 1988 m. buvo ištirtos 35 žemių užtvankos/hidromazgai, atlikti jų būklės stebėjimai, pateikti pasiūlymai blogesnės techninės būklės užtvankų remonto ir rekonstrukcijos projektams sudaryti (Damulevičius ir kt., 1999).

Naujas užtvankų ir jų hidromazgų tyrimų intensyvėjimas prasidėjo 1997 m. po Šaukoto užtvankos ant Gomertos upės griūties (Barokas, 1997). Užtvankų techninės būklės stebėjimui ir vertinimui buvo išleisti laikini reglamentuojantys dokumentai (Potencialiai..., 1998).

1999 metais sudaryta gruntinių užtvankų techninės būklės vertinimo metodika (Vyčius ir kt., 1999), o 2000 metais – Statybos techninis reglamentas STR 1.12.03:2000 “Potencialiai pavojingų hidrotechnikos statinių techninės būklės įvertinimas (Potencialiai..., 2000).

Hidrotechnikos statinių betono ir gelžbetonio konstrukcijų irimo, jų techninės būklės įvertinimo problemas nuo 1997 m. sprendė LŽŪU Statybinių konstrukcijų katedros mokslininkų grupė. Jie aprašė gelžbetoninių HTS ir jų elementų defektus ir pažeidimus, sukūrė kompiuterines programas techninės būklės vertinimui esant elementų defektams naudojimo sąlygomis.

2001 m. Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakulteto dėstytojų grupė vadovaujant prof. Č.Ramonui atliko detalius Kauno HE grunto ir betono užtvankų geofiltracijos tyrimus, kurie būtini hidroelektrinės techninės būklės įvertinimui (Ramonas ir kt., 2001). Dabar veikiančiame STR “Potencialiai pavojingų hidrotechnikos statinių techninės būklės įvertinimas” šio darbo autoriaus nuomone per mažas dėmesys skiriamas instrumentiniams tyrimams. Trūksta gelžbetoninių elementų išsamesnių tyrimų. Tai trukdo tiksliau nustatyti žemių užtvankos ar kito HTS (hidromazgo) techninę būklę.

HTS techninės būklės stebėjimai ir vertinimas yra neatsiejama sudėtinė jų priežiūros dalis, nes žinant statinio būklės duomenis galima tiksliau planuoti jų priežiūros darbus, efektyviau atlikti remonto ir rekonstrukcijos darbus, sudaryti techninius pasus. HTS techninę būklę svarbu

žinoti, keičiantis šalyje nuosavybės santykiams (privatizavimo ar draudimo atvejais), planuojant ŽU renatūralizavimą. Nustačius hidrotechnikos statinio būklę galima numatyti, o daugeliu atvejų ir išvengti gedimų bei avarių.

HTS techninė būklė yra tamptai susijusi su statinio saugumu, patikimumu, socialiniais ekonominiais rodikliais, tiesiogiai priklauso nuo statinio vietovės sąlygų, statinio projektavimo, statybos bei priežiūros kokybės. Lietuvai esant Tarybų Sąjungos sudėtyje hidrotechninės statybos darbai kai kada buvo atliekami nesąžiningai ir dažnai ne pagal projektus bei statybos normas bei taisykles. Dėl to, ir dėl eilės kitų priežasčių, daugelio HTS techninė būklė yra prasta. Be to, daugeliu atveju yra sunku objektyviai įvertinti tokių statinių techninę būklę, patikimumą ir saugumą. Pastaruoju metu HTS techninės būklės įvertinimo problema tampa ypač aktuali: sumažėjo HTS statybos, projektavimo darbai, taip pat sumažėjo praktikuojančių specialistų, kurie galėtų be papildomo pasiruošimo kvalifikuotai įvertinti jų būklę. Todėl labai svarbu yra parengti aiškią normatyvinę – reglamentinę medžiagą, skleisti žinias bei idėjas populiarioje mokslinėje literatūroje, sudaryti HTS techninės būklės vertintojų organizacinę struktūrą, jų rengimo ar kvalifikavimo sistemą.

Lietuvoje HTS techninės būklės vertinimo metodikos, jų patikimumo ir saugumo teorijos yra tik pradinio vystymosi etape. Šioms metodikoms ir teorijoms tobulinti reikalinga gausi natūrinių stebėjimų praktika, duomenys taip pat nemažos išlaidos.

Lietuvoje HTS techninė būklė iki 1995 m. buvo nuolat kontroliuojama tik didžiausiuose hidrotechnikos statiniuose – Kruonio HAE ir Kauno HE. Tam naudojamos standartinės statiniuose sumontuotos priemonės – pjezometrai, aukštutinio bei žemutinio bjefų vandens lygio jutikliai, šuliniai ir gręžiniai, gruntiniai, giluminiai ir sieniniai reperiai. Sudaromos geofiltracinio ar filtracinio slėgio epiūros ir depresijos kreivės, nustatomi ir stebimi siūlių bei įtrūkimų matmenys, betoninių statinių ir žemių užtvankų deformacijos, stebima išorinė užtvankų, jos elementų ir mazgų, krantinių ir kitų konstrukcijų būklė. Pagal iš anksto patvirtintas metodikas periodiškai vertinama hidromazgo statinių techninė būklė.

Mažesnėse užtvankose ar kitose HTS dažniausiai techninės būklės kontrolės priemonių įrengta mažiau arba jų visai nėra, daugumos tokių statinių techninė būklė kontroliuojama vizualinių apžiūrų metodais.

1.3. Hidrotechnikos statinių betoninių ir gelžbetoninių elementų tyrimo metodika

HTS naudojami sudėtingomis sąlygomis. Juos veikia atmosfera, vandens aplinka, ledas ir ižas, žema ir aukšta temperatūra, atmosferiniai krituliai, vėjas ir audros, saulės radiacija ir kt. Šiuo metu nemaža dalis šalies HTS naudojami jau 30–40 metų ir net daugiau. Daugelyje jų

prasidėjo paviršinė ir vidinė korozijos, atsirado plyšiai, pastebimi atskirų dalių nuosėdžiai. Savalaikis šių defektų nepašalinimas gali padaryti didelę materialinę bei ekologinę žalą.

HTS gelžbetoniniai (g/b) elementai yra sudėtingos konstrukcijos, kurių techninės būklės vizualiai įvertinti negalima. Turi būti atliekami natūriniai tyrimai ir apskaičiuojamos konstrukcijų laikomosios galios, įvertinant konstrukcijų elementų defektus. Šiam tikslui, LŽŪU Statybinių konstrukcijų katedroje yra paruoštos atraminių sienų, pertekliaus vandens pralaidų (PVP), nuvedimo vamzdžių, žemutinio bjefo konstrukcijų skaičiavimo kompiuterinės programos.

Defektai ir pažeidimai pagreitina konstrukcijų ir statinių susidėvėjimą, todėl naudojant HTS didžiausias dėmesys turi būti skiriamas naujai atsiradusiems defektams ir pažeidimams užfiksuoti ir įvertinti jų rizikos laipsnį.

Defektai – tai konstrukcijų (ar statybinių medžiagų) kokybės rodiklių parametrų nuokrypiai nuo normų ar projekto reikalavimų. Defektai atsiranda dėl tyrinėtojų, projektuotojų, statybininkų, klaidų ir gamtinių veiksnių, ypač stichinių nelaimių.

Defektai pagal pavojingumo laipsnį gali būti: – kritiniai, vis labiau ryškėjantys ir tiesiogiai mažinantys konstrukcijų laikomąją galią; – pavojingi, nesudarantys avarinių situacijų, bet silpninantys konstrukcijas arba bloginantys statinio eksploatacijos rodiklius; – mažai pavojingi, neturintys įtakos konstrukcijos stiprumui, bet menkinantys konstrukcijų ir statinių naudojimo rodiklius. Kritinius ir pavojingus defektus būtina nedelsiant šalinti (Melioracijos...,1999).

Pavojingiausi monolitinių ir surenkamų konstrukcijų defektai yra nepakankamas arba neteisingas armavimas, per žema betono klasė arba markė, nekokybiškas ar per plonas armatūros apsauginis betono sluoksnis.

1.4. Betoninių/gelžbetoninių hidrotechnikos statinių ar jų elementų stebėjimo pagrindiniai principai

- ✓ Organizuojant ir atliekant betoninių/gelžbetoninių (B/G) hidrotechnikos statinių stebėjimus, didžiausias dėmesys turi būti skiriamas vandens slėgį atlaikančioms konstrukcijoms, taip pat konstrukcijoms, esančioms kintamo vandens lygio zonoje bei veikiamoms tėkmės.
- ✓ B/G konstrukcijų būklę reikia nustatyti pagal deformacines siūles: apžiūros tos vietos, prie kurių galima prieiti, atskiros dalys markiruojamos. Be to, vietoje žymimas ir markiruojamas vidinis drenažas, paviršinio vandens surinkimo latakai, matavimo aparatūros išdėstymas, jų būklė ir kt.;
- ✓ B/G konstrukcijų apžiūros vietose nustatomi ir fiksuojami visi pažeidimai ar nepageidautini reiškiniai (defektai): įtrūkimai, vykstančių deformacijų pasekmės,

vandens filtracijos židiniai ir pan. Didesni defektai (turintys įtakos statinio patikimumui), nufotografuojami. Nuotraukos pridedamos prie kontrolinių lapų;

- ✓ Statinio atskirų dalių sudarytose schemose sutartiniais žymėjimais, atitinkamais numeriais, pažymimi – nubraižomi konstrukciniai elementai, kontrolinių matavimų prietaisai, o taip pat pažeidimai ir nepageidaujami reiškiniai. Vandenį praleidžiančios drenos, siūlės, įtrūkimai, vandens išsiveržimo vietos fiksuojamos nurodant jo intensyvumą ir apibūdinamos, pavyzdžiui taip: – drėgna dėmė – betonas jį liečiant drėgnas; – šlapia dėmė – ranka suvilgoma vandeniu; – paviršius daug kur šlapias – tekėjimo nėra, bet paviršiuje daug vandens lašų; menkas tekėjimas – lašėjimas, vidutinės vandens srovelės; – intensyvus tekėjimas – ištisas vandens tekėjimas betonu; – pratekėjimai – atskiros iš betono besiveržiančios vandens srovės; – vandens nuotekos – tai betono irimo požymiai – mechaninės sufozijos produktai išnešami į paviršių.
- ✓ Kiekvienas stambesnis pažeidimas ar defektas aprašomas kontroliniuose lapuose arba žurnale.
- ✓ B/G konstrukcijų apžiūra vykdoma atitinkami pagal jų numeraciją, pradedant nuo labiausiai nutolusių statinio apžiūros elementų. Fiksuojami naujai atsiradę pažeidimai, rezultatai lyginami su esamais. Įvertinamas naujo pažeidimo ar nepageidaujamo vyksmo galimybė. Numatomi defektų pašalinimai.
- ✓ Apžiūra atliekama ne rečiau vieną kartą metuose pagal sudarytas vietines instrukcijas. B/G paviršiaus tvirtumo tikrinimas atliekamas naudojant tam skirtas specialias priemones (Kaškarovo plaktukus, kirstukus ir pan.).
- ✓ Atliekant įrašus stebėjimų žurnale nurodomos pažeidimų ar nepageidaujamų vyksmų charakteristikos, pavyzdžiui: – deformacinės siūlės – vandens sunkimosi dydis, paviršiaus pažeidimai, vandens nutekėjimo žymės, betono tankumo būklė, plyšių ir siūlių dydžiai; – dėmės; – drėgnumo dydis; – pratakos – vandens srauto intensyvumas; – išgraužos – jų gylis, armatūros „nuogumas“, dydis, filtracijos suintensyvėjimo požymiai; – vietiniai B/G pažeidimai – betono ištrupėjimai, armatūros pasirodymas, bendra esamo defekto charakteristika; – apnašos ir vandens prasisunkimas – drėgstamo paviršiaus plotas, storis, spalva, vandens sunkimasis – drėgnumas arba sausumas, apimtis, intensyvumas.

LŽŪU Statybinių konstrukcijų katedros mokslininkai G/B konstrukcijų vertinimui naudoja Z. Kamaičio pasiūlytą metodiką (Šadzevičius, 2002). Pagal šią metodiką siūloma kintant vandens lygiui naudoti HTS šlaitų tvirtinimą gelžbetoninėmis plokštėmis ir jų būklę vertinti trimis būdais:

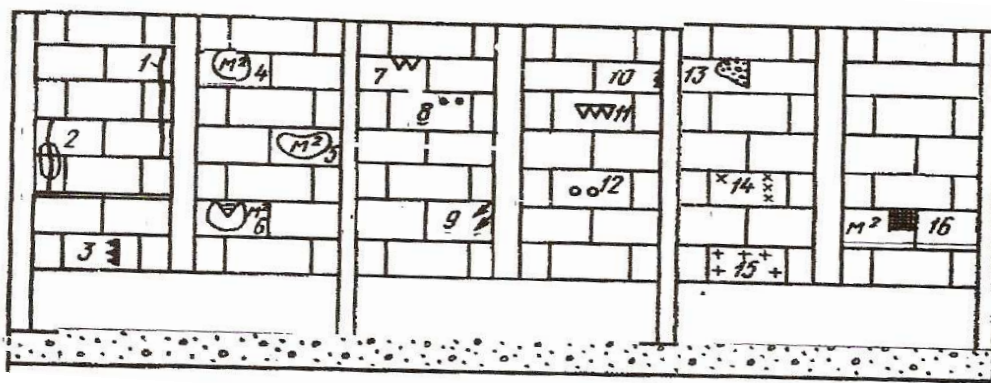
- o natūriniais ar laboratoriniais plokščių bandymais;

- o analitiniais (matematinis plokštės modeliavimas, analizė šiuolaikiniais konstrukcijų skaičiavimo metodais taikant ribinių būvių metodą, tikimybinis metodus);
- o rangų sistema – būklę vertinti balais.

Plokščių būklės tyrimų eigoje siūloma:

- išstudijuoti objekto techninę dokumentaciją;
- natūrinių stebėjimų (apžiūrų) metu detaliai apžiūrėti objektą, užfiksuoti pastebėtus defektus, pažeidas bei gedimus; pažymėti defektų kiekybinius ir kokybinius rodiklius, aprašyti galimas atsiradimo priežastis;
- išmatuoti konstrukcijų geometrinius bei fizinių ir mechaninių savybių parametrus;
- plokščių būklę įvertinti analitiniais skaičiavimo metodais ar rangų sistema;
- palyginti plokščių būklę įvertintą skirtingais metodais;
- pateikti bendrą visos sistemos (hidrotechnikos statinio) būklės įvertinimą;
- pateikti rekomendacijas dėl tolesnės statinio eksploatacijos, remonto ar rekonstrukcijos.

Natūrinių tyrimų metu reikia nustatyti plokščių betono svarbiausių fizinių ir mechaninių charakteristikų (betono stiprio gniuždant, tūrio masės ir vandens įgeriamumo) faktinius dydžius, konstrukcijų defektus ir pažeidas fiksuojant pagal literatūroje (Šadzevičius R., 2002) pateiktą schemą (1.2 pav.).



1.2 pav. Plokščių būdingiausių defektų schematinis žymėjimas (Šadzevičius, 2002):

plyšiai: 1 – plyšiai; 2 – praleidžiantys vandenį; 3 – plyšiai su baltomis apnašomis;

filtracija: 4 – šlapios dėmės; 5 – lašelinė filtracija; 6 – srovelinė filtracija; korozija: 7 – šlapios dėmės su rudomis apnašomis; 11 – sausos dėmės su baltomis apnašomis; 10 – mastikų ištekėjimas per siūles; 14 – paplautas pagrindas po konstrukcija; 15 – išgraužos; 16 – pažeistas apsauginis sluoksnis, apnuoginta armatūra, suardyta plokštė

Natūrinių stebėjimų metu Statybinių konstrukcijų katedros darbuotojai naudoja šiuos konstrukcijų diagnostikos metodus: vizualusis – preliminarinė plokštės apžiūra: nustatomos labiausiai pažeistos jos vietos, pažeidų tipas, plotas bei gylis, konstrukcijos nufotografuojamos; instrumentinis – lauko – šiuo metodu pagrindinė tiriamoji charakteristika betono stipris gniuždant nustatomas K.Kaškarovo bei Šmito (Schmidt E.) sistemos prietaisais, tai neardantys

struktūros metodai; laboratoriniai bandymai – faktinis betono stipris nustatomas struktūrą ardančiais metodais pagal Lietuvos standartus naudojant kernus ir nestandartinius betono bandinius, bandymams naudojami hidraulinis presas MC – 1000 bei svirtinė bandymo mašina P–5; rezultatai apdorojami kompiuteriu.

Gelžbetoninių šlaitų tvirtinimo plokščių defektai ir pažeidos, jų atsiradimo priežastys bei konstrukcijos būklė vertinama pagal STR.1.12.03:2006 (Hidrotechnikos...,2006).

1.5. Lietuvos hidrotechnikos statinių avarijų analizė

Užtvankos yra gana specifinis įrenginys, jų gedimai atsiranda palaipsniui, todėl būklei nustatyti reikalingi nuolatiniai natūriniai – vizualiniai tyrimai. Dažnai sovietmečiu statant žemių užtvankas darbai buvo atliekami nepakankamai kokybiškai, turinčios paklausą statybinės medžiagos (cementas, armatūra) būdavo panaudojamos ne pagal paskirtį, neretai darbų kokybė nukentėdavo dėl perdavimo naudoti skubos. Lietuvos hidrogeologinės sąlygos yra gana sudėtingos, nes ledynmečiu suformuota grunto sluoksnių struktūra gana įvairi. Dėl to, hidrogeologiniu požiūriu žemių užtvankų statybos vietos dažnai būdavo nepakankamai kruopščiai ištirtos, tai turėjo įtakos užtvankų kokybei ir patikimumui.

Užtvankos yra palyginti brangūs statiniai, be to, jų avarijų pasekmės dažnai būna labai skaudžios, padaro didelių nuostolių. Tai įtikinamai parodė Šaukoto užtvankos ant Gomertos upelio avarija, kurios padaryta žala ekspertų nuomone siekia milijoną litų ir tik atsitiktinai išvengta žmonių aukų (Barokas,1997). Po šios žemių užtvankos avarijos Šiaulių apskrities ir į ją įeinančių rajonų melioracijos tarnybos iš esmės pakeitė požiūrį į žemės užtvankas ir tvenkinius, esančius jų teritorijoje. Pirmiausia suregistravo tvenkinius ir užtvankas, nustatė jų esamus defektus ir atliko pirmaeilius priežiūros darbus (Damulevičius ir kt., 1999).

Literatūroje aptikta duomenų apie HE avarijas, kurios susidarė dėl netinkamo jų eksploatavimo ar dėl ekstremalių hidrometeorologinių situacijų (Jablonskis ir kt., 1996).

Rakiškio HE ant Virvytės upės užtvanka buvo išgriauta dėl to, kad pavasario potvynio metu HE nakčiai buvo palikta be priežiūros. Ties PVP susigrūdo ledai, pakilo vandens lygis ir besiliedamas per užtvankos keterą išgriovė ją (Dabužinskas, 1958).

1958 m. įvyko Baltosios Ančios HE avarija. Nušliaužė žemių užtvankos žemutinis šlaitas. Avarijos tyrimo komisija nustatė, kad avarija įvyko dėl to, kad užtvankos priemolio ekranas buvo daug plonesnis nei numatytas projekte ir su šiukšlių priemaiša, taip pat netinkamai buvo pastatyta užtvankos drenažo prizmė (Grigelis, 1993).

1953m. tuometiniame Skaudvilės r. (dabar Jurbarko r.) buvo pastatyta 80kW hidroelektrinė ant Šaltuonos upės, HE praleidžiamas debitas $Q=2,4\text{m}^3/\text{s}$, tvenkinio plotas 22,0 ha. Tvenkinyje buvo galima reguliuoti tik paros nuotėkį. Hidromazge buvo įrengtas betoninis slenkstis su

plokščiu metaliniu skydu ir dvi dugninės angos potvyniams praleisti. 1961m. HE buvo uždaryta. Hidromazgas su tvenkiniu buvo perduotas rajono žvejų – medžiotojų draugijai. Naujiems šeimininkams buvo reikalingas tik tvenkinys, į kurį jie prileido karpių. Tačiau didžiausia problema jiems buvo potvynių praleidinėjimas ir skydų kilnojimo mechanizmų prižiūrėjimas. Jie rado išeitį – skydai, esančiam ant slenksčio, nupjovė 0,50m viršutinės dalies. Pažemėjo tvenkinio vandens lygis 0,50m bei sumažėjo jo plotas. 1980m. gruodžio viduryje iškrito daug kritulių, vanduo pradėjo lietis per uždorius, nuplovė slenkstį, kuris kartu su uždoriais, tiltu ir užslenkste nugriuvo į išplautą duobę. Kartu nugriuvo ir dešinioji kranto betoninė atraminė sienutė. Duobė buvo išplauta labai gili, taip pat buvo paplautas ir pastatas, todėl jis pasviro (Grigelis, 1994) (1.3 pav.). Dabar hidroelektrinės vietoje nėra nei užtvankos nei tvenkinio. Pastatytas naujas tiltas pervažiuoti upę.



1.3 pav. Šaltuonos HE avarija (nuotrauka paimta iš Hidrotechnikos katedros archyvų)

Baltosios Ančios HE pastatyta 1955m. prie Baltosios Ančios upės Lazdijų rajone. Žemių užtvanka suformuota iš smėlio su priemolio ekranu, jos drenažas – akmenų prizmė su atvirkštiniu filtru. 1957 m. vasarą žemutiniame šlaite pasirodė geofiltracinis vanduo, dėl šios priežasties vienu metru buvo pažemintas vandens lygis tvenkinyje, o pažliugusi vieta užversta akmenimis. 1958 vasario mėn. komisijai atvykus apžiūrėti statinio ir apklausti personalą, užtvanka buvo apsnigta. Apžiūrint skydų pakėlimo mechanizmus ir ŽU, gedimų ar įtartinų požymių nepastebėta. Komisijai esant HE pastate užgeso šviesa ir pasigirdo pokštelėjimas. Visi esantys pastate pro langą pamatė žemutinio šlaito griūties momentą: pažemėjo tvenkinio vandens lygis, užtvankos aukštutinis šlaitas su puse keteros nušliaužė. Besiverždamas vanduo paplovė apie 40 m. ruožą. Komisijos nuomone avarijos priežastis buvo ta, kad priemolio ekranas supiltas daug plonesnis negu buvo numatytas projekte, be to, su šiukšlių priemaiša. Taigi, vandeniui

laisvai filtruojantis pro ekraną ir neveikiant drenažui, išsivystė statinis slėgimas į žemutinį ŽU šlaitą, jį nustūmė, o prisotintas vandeniu smėlis, nutekėjo, sudarydamas sąlygas vandeniui iš tvenkinio ištekti (Grigelis, 1994).

1997 m . balandžio mėn. 7 d. ryte įvyko Šaukoto tvenkinio užtvankos griūtis (Radviliškio rajone). Komisijos nariai apžiūrėjo griūties vietą ir nustatė, kad:

- pralaužta ir išplauta užtvankos dalis apie 30 m. viršaus pločio ties šachtine vandens pralaida visu užtvankos aukščiu;
- tvenkinio vanduo išbėgęs visas, jo liko tik mažuose tvenkinio dugno įdubimuose bei grioviuose;
- apie PVP pratekėjimo dalies, energijos ramavimo šulinio bei užtvankos žemutinio bjefo tvirtinimų būklę spręsti nebuvo galima, nes jie buvo po nuolaužomis bei grunto nuogriuvomis ir apžiūros metu nesimatė;
- g/b šachta nepataisomai nugrimzdusi apie 1,5 – 2,0 m. ir pasvirusi į kairiojo užtvankos šono pusę;
- dalis viršutinio užtvankos šlaito tvirtinimo plokščių kairėje pusėje kybo ore virš išplautos užtvankos properšos, prilaikomos sudūrimų siūlėse įdėtos armatūros strypų, sukeldamos pavojų atitrūkti ir nukristi žemyn;
- paplauta Gomertos upelyje žemiau užtvankos pralaida, padaryta materialinių nuostolių kitoms žinyboms, vietiniams gyventojams (Grigelis, 1994) (4,5pav.).



1.4 pav. Šaukoto ŽU po avarijos (nuotrauka paimta iš Hidrotechnikos katedros archyvų)



1.5 pav. Po Šaukoto ŽU avarijos išplautas žemiau esantis kelias ir pralaida (nuotrauka paimta iš Hidrotechnikos katedros archyvų)

Tyrimų komisija išsiaiškino Šaukoto užtvankos griūties priežastis ir pateikė šias išvadas:

Nuo užtvankos pastatymo nuolat intensyvėjo vandens filtracija per žemių užtvanką su nežymiais sufozijos požymiais žemutiniame bjeфе (dėl to buvo remontuojamas drenažas, užpilamos atsirandančios smegduobės), tačiau sufozijos poveikio sumažinti nepavyko. Liudininkų parodymais Šaukoto užtvankos griūtis prasidėjo nuo šachtos pasvirimo į kairę pusę. Pasvirusi šachta atitrūko nuo pralaidos, kuri atitrūkimo momentu sujudino gretimą gruntą, atvėrė angą į pralaidą, dėl ko prasidėjo užtvankos viršutinio šlaito siurbimas, kuris greitai plėtėsi į užtvankos masę ir sudarė sąlygas viršutinės užtvankos dalies griūčiai. Dėl didelių vandens tekėjimo greičių buvo išplautas šachtos pado gruntas, todėl g/b šachta nusėdo gilyn apie 1,5 – 2,0 m. (Grigelis, 1994).

Mokslininkų nustatyta, kad pagrindinės ŽU gedimų priežastys yra (Damulevičius ir kt., 1999):

- tyrinėtojų – projektuotojų padarytos klaidos (neteisingai įvertinamos geologinės, hidrogeologinės, klimatinės sąlygos, nukrypimai nuo normatyvinių reikalavimų ir pan.);
- statybininkų aplaidumas, jų darbo defektai (nukrypimai nuo projektų, neprojektinių statybinių medžiagų naudojimas, neteisinga darbų technologija, darbų skubotumas ir t.t.);
- bloga statinių priežiūra (blogas statinio darbo režimas, nesavalaikiai profilaktiniai bei remonto darbai)
- statinių (jų medžiagų) fizinis susidėvėjimas.

Išanalizavus Hidrotechnikos katedros dėstytojų surinktą medžiagą apie žemių užtvankų gedimus nustatyta, kad:

- 1) 29% nuo bendro gedimų skaičiaus sudaro užtvankų žemutinio šlaito papėdės geofiltracijos reiškinių bei užtvankų drenažo veikimo sutrikimai;
- 2) 27% sudaro užtvankų aukštutinio šlaito tvirtinimo defektai;
- 3) 14% gedimų aptikta žemutinio bjefo ištekėjimo dalyje;
- 4) 13% sudaro vandens pertekliaus pralaidų defektai;
- 5) 8% sudaro eksploatacijos tiltelio gedimai;
- 6) 6% žemutinio šlaito deformacijos;
- 7) 3% visų gedimų įvyksta dėl kitų priežasčių (biologiniai pažeidimai, visiškai neprižiūrimos užtvankos ir pan.).

Siekiant tiksliau nustatyti užtvankų ar kito hidrotechnikos statinio techninę būklę, reikėtų sukurti tikslesnę bei detalesnę jų vertinimo metodiką. Tai ypač aktualu siekiant įvertinti HTS susidėvėjimą bei remonto darbų eiliškumą.

1.6. Hidromazgų naudojimo ypatumai

HTS nuolat veikia atmosfera, vandens aplinka, ledas, ižas, oro temperatūra, atmosferiniai krituliai, vėjas, saulės radiacija ir kt. Daugumos HTS šalyje amžius viršija 30–40 metų. Daugelyje jų jau prasidėjo paviršinė ir vidinė korozija, atsirado plyšiai, pastebimi atskirų elementų nuosėdžiai. HTS gelžbetoniniai, betoniniai ir kiti elementai yra sudėtingos konstrukcijos, kurių būklę vizualiai įvertinti yra labai sudėtinga. Norint tiksliai ir objektyviai įvertinti konstrukcijų būklę, reikalingi detalūs stebėjimo ir tyrimo duomenys.

Pagal Lietuvoje galiojančius teisės aktus HTS statinių priežiūrai (Hidrotechninė...,2000; Hidrotechnikos...,2001) būtinos privalomos apžiūros: eilinės, planinės, neeilinės. Eilinė apžiūra atliekama prieš ir po didesnių potvynių, bet ne rečiau kaip du kartus per metus, ją atlieka savininkas. Planinė – HTS, kurių patvankos aukštis iki 10 m – vieną kartą per 5 metus ir HTS virš 10 m vieną kartą per 3 metus. Neeilinė atliekama atsiradus konstrukcijų defektams, dėl kurių gali įvykti statinio avarija, bet ne rečiau nei kartą per 10 metų. Taip pat naudojantis literatūroje pateikta tyrimo metodika, išskirti pagrindiniai ir antraeiliai žemių užtvankų (ŽU) elementai. Jei būtų laikomasi šių nuostatų HTS būklė būtų stebima sistemingai ir artėjantys pavojai anksčiau pastebimi. Šias apžiūras turi atlikti fiziniai ar juridiniai asmenys, kuriems priklauso statiniai.

Pagal statybos techninį reglamentą STR 1.12.03;2006 nuolatinės apžiūras turi atlikti HTS savininkai, planinės – HTS savininkai, dalyvaujant Aplinkos ministerijos regionų aplinkos apsaugos departamentų atstovui, neeilinės – HTS savininkai ir Aplinkos ministerijos regionų aplinkos apsaugos departamentų sudaryta speciali HTS būklės vertinimo komisija.

1.7. Statybos norminių dokumentų, reglamentuojančių žemių užtvankų statybą, analizė

Šiuo metu statant žemių užtvankas naudojamosi STR 2.05.17:2005 „Gruntinių medžiagų užtvankos“ statybos techniniu reglamentu (Gruntinės...,2006). Šis statybos techninis reglamentas nustato gruntinių medžiagų užtvankų projektavimo, statybos, rekonstravimo, remonto ir naudojimo bendruosius reikalavimus. Šie reikalavimai taikomi žemių supiltinėms ir suplautinėms, žemių ir akmenų, akmenų ir žemių bei akmenų supiltinėms užtvankoms, statomoms hidroenergetikos, vandens transporto, melioracijos, žuvininkystės, teritorijų apsaugos nuo apšėmimo, taip pat kitokiose, tarp jų – mišrios paskirties, hidromazguose. Reglamento reikalavimai taikomi įvairios paskirties bei įvairių tipų gruntinėms užtvankoms, jei jų aukštis $\geq 3,0$ m. Projektuojant, statant, rekonstruojant, remontuojant ir naudojant gruntinių medžiagų užtvankas taip pat laikomasi Lietuvos Respublikos teritorijų planavimo, kelių, elektros energetikos, statybos, vandens, aplinkos apsaugos, saugomų teritorijų, planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo įstatymų reikalavimų. Dabar galiojantys užtvankų projektavimo, statybos ir naudojimo teisiniai dokumentai paruošti sovietmečiu galiojusių ir ES atitinkamų tęsinių dokumentų pagrindu atsižvelgiant į Lietuvos gamtines ir ūkines sąlygas. Nors sovietmečiu galioję teisiniai aktai pakankamai nuosekliai apibrėžė užtvankų projektavimo, statybos, rekonstravimo, remonto procedūras, tačiau nedažnai jų buvo nuosekliai laikomasi. Todėl dažnai net pradiniam užtvankų naudojimui laikotarpyje išaiškėdavo jų įvairūs defektai. Tai be abejo būdinga ir Vilniaus apskrities hidromazgams.

Pagrindiniai veiksniai, lemiantys gruntinių medžiagų užtvankų statybos vietą yra topografiniai, inžineriniai geologiniai (geotechniniai), hidrologiniai, hidrotechniniai ir aplinkosauginiai statybos vietos rodikliai.

Nuo topografinių sąlygų priklauso užtvankos ilgis ir jos masyvo tūris. Bendru atveju užtvanka statoma siauriausioje upės slėnio vietoje, statmenai slėnio šlaitų horizontalėms, – tai laiduoja mažiausią užtvankos masyvo tūrį. Ši sąlyga Vilniaus apskrities užtvankų statybos vietose daugumoje išlaikyta.

Svarbiausi inžineriniai geologiniai (geotechniniai) veiksniai yra grunto stiprumo rodikliai, sluoksnių išsidėstymas ir laidumas vandeniui. Geresnė statybos vieta yra esant stipriam, vandeniui nelaidžiam gruntui tiek užtvankos pagrinde, tiek slėnio krantuose. Ši sąlyga Vilniaus apskrities užtvankų statybos vietose, kaip ir kitur Lietuvoje, neretai buvo pažeidžiama. Užtvankų statybos vietos neretai buvo parenkamos pildant ūkinių organizacijų vadovų norus. Dažnai statybos vietų geologiniai tyrimai nebūdavo pakankamai išsamūs dėl jų brangumo, o kai kurios užtvankos buvo pastatytos ūkiniu būdu bet išsamaus techninio projekto.

Hidrologiniai veiksniai lemia tvenkinio pripildymą, vandens naudojimą ir pertekliaus (poplūdžių, potvynių) vandens debitus, nuo kurių priklauso PVP tipas, vieta ir kitos charakteristikos. Šie veiksniai nagrinėjamosse užtvankose, mano nuomone, yra labiau paisomi.

Hidrotechniniai rodikliai susiję su hidromazgo paskirtimi, jo sudėtinėmis dalimis (užtvanka, HE jėgaine, žuvų pralaida, PVP), komponavimo specifika. Hidromazge PVP turi būti taip įkomponuota, kad nebūtų paplauta užtvanka bei žemutinio bjefo krantai ir kad susikaukę išplovimo produktai nepablogintų hidromazgo naudojimo, kad būtų galimybės praleisti statybos metu upės vandens debitus, ledus, nešmenis ir kitas plūdmenas bei žuvis. Hidrotechniniai tyrinėtų užtvankų rodikliai daugumoje išlaikyti, išskyrus, kad žuvų praleidimo statinių nepastatyta nė viename tyrinėtame hidromazge.

Aplinkosauginiai reikalavimai išdėstyti aplinkosaugos teisės aktuose ir normatyviniuose dokumentuose, skirtuose inžinerinei veiklai. Užtvankomis suformuoti tvenkiniai uolių gamtosaugininkų ir ypač žaliųjų yra dažnai kritikuojami, kartais naudojant nevisai logiškus argumentus.

Po Lietuvos nepriklausomybės atkūrimo, pasikeitus ekonominei sistemai, dalis užtvankų ir tvenkinių neteko savo tiesioginių funkcijų, o tuo pačiu ir tinkamos priežiūros. Todėl pablogėjo užtvankų techninė būklė.

1.8. Programinės įrangos DAM analizė

Šiame skyrelyje aprašyta, kaip naudojantis DAM programa ieškota optimalaus sprendimo, kurios perteklinio vandens pralaidos Lietuvos gamtinėmis ir ūkinėmis sąlygomis yra tinkamiausios. Daugiakriterinės analizės (*Decision Analysis Module DAM*) bazė – dvimatė duomenų matrica, kurioje pateikiamos visos galimos alternatyvos (projektai) ir visi galimi kriterijai, pagal kuriuos vertinamos alternatyvos (projektai). Kriterijai įprastai matuojami įvairiais matais, tačiau jie turi kuo tiksliau atspindėti kriterijaus esmę. Vienu svarbiausiu DAM aspektu yra svorių sistema, parodanti santykinę kriterijų svarbą. Svorių sistema išreiškia subjektyvųjį požiūrį, kuriuo dažnai neįmanoma išreikšti objektyvia informacija. Per svorių sistemą į sprendimus įvedami ir politiniai pasirinkimo prioritetai.

Daugiakriterinė analizė yra objektyvusis įrankis, parodantis nagrinėjamų alternatyvų stipriąsias ir silpnąsias puses, aiškiai pateikiantis geriausius sprendimus

Daugiakriterinės analizės metodai, kurie dažnai sudaro sprendimų paramos sistemos (SPS) pagrindą, nėra naujiena nei mokslinė nei praktinė. Jie plačiai taikomi daugelyje technikos šakų, pvz., statyboje, ypač uždaviniams susijusiems su aplinkos apsauga spręsti. SPS sudaro matematiniai metodai, kurie sistemos vartotojui pateikiami patogioje programinėje aplinkoje.

Daugiakriterinės analizės skaičiavimų apimtis yra didžiulė, įprastais būdais beveik neįmanoma juos realizuoti. Tad be jokios abejonės būtina turėti programinę įrangą jiems paspartinti. DAM – tai Tarptautinės atominės energijos agentūros (IAEA) laisvai platinamas programinis produktas, sukurtas 1998m. ir vėliau tobulintas. Programinis paketas Window's aplinkoje yra DAM sprendimų analizės modulis (*Decision Analysis Module*). Ši programinė įranga įgalina sprendimų analitiką (*decision analyst*) nagrinėti daugiakriterines sprendimų problemas. Ji yra universali, tinka bet kokiems sprendimams modeliuoti. Tačiau DAM sprendimo priėmimo procese nepakeičia sprendimo analitiko, ji padeda analitikui:

- atskleisti sprendimo problemų vaizdą, rasti geriausią sprendimą iš skirtingų pozicijų;
- atlikti standartines, tačiau laikui imlias užduotis greitai ir efektyviai;
- įgyvendinti sprendimo analizės metodus, kurie negali būti atliekami įprastais rankiniais būdais;
- pateikti rezultatus grafikais, lentelėmis ar kita skaitmenine forma.

DAM buvo sukurtas spręsti daugiakriterines nagrinėjamo objekto problemas, jos pagrindinis modelis apima:

- sprendimo alternatyvų baigtinį skaičių;
- kriterijų, atitinkantį alternatyvas, baigtinį skaičių;
- įverčių lentelę su visomis alternatyvomis ir visais kriterijais;
- kompromisus (*trade-offs*) tarp dviejų kriterijų.

DAM nereikalauja tikslių santykių (*rate*) tarp kriterijų poros reikšmių. Ši programinė įranga net specialiai sukurta dirbti su netikslia informacija apie santykius, žinant tik jų kitimo ribas. Įvesta netiksli informacija priveda prie nevienareikšmio optimalaus sprendinio. Kuo tikslesnė informacija apie kriterijų santykius, tuo trumpesnis potencialiai optimalių alternatyvų sąrašas.

DAM sprendimų analizę pagrindžia keliais skirtingais optimalumo principais:

- potencialiai optimalios alternatyvos;
- nepasiteisinančios (atmestos) alternatyvos (*not performed*);
- pasiteisinančios alternatyvos (*outperformed*);
- Pareto dominavimo (*Pareto dominance*) testas.

Pagrindinis DAM principas: daugiakriterinėje analizėje nėra vienintelės koncepcijos, atitinkančios optimalią alternatyvą. Pasiteisinančio su kompromisu ir potencialaus optimalumo koncepcija yra grindžiama ta pačia prielaida: alternatyvos bendrosios savybės yra matuojamos jos reikšmių išsverta suma visiems kriterijams, kuri vadinama alternatyvos surinktais taškais (*aggregate score of alternative*).

Vienas iš pagrindinių DAM minusų – visi kriterijai privalo turėti vienodas dimensijas. Naudojantis DAM programa ieškota optimalaus sprendimo, kurios perteklinio vandens pralaidos

Lietuvos gamtinėmis ir ūkinėmis sąlygomis tinkamiausios. Žinoma, tinkamiausia atitinkama vandens pralaida yra tik sąlyginai, nes užtvankos su įvairaus tipo pralaidomis yra naudojamos atsižvelgiant į konkrečius parametrus (tvenkiamos upės debitą, užtvankos aukštį, gruntų charakteristikos, tvenkinio dydis ir kt.).

2. TYRIMO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI

Hidrotechnikos statinių būklės stebėjimai ir vertinimas yra neatsiejama sudėtinė jų priežiūros dalis, nes nustatius hidrotechnikos statinio būklės duomenis galima tiksliau planuoti jų priežiūrą, efektyviau atlikti remonto ir rekonstrukcijos darbus, sudaryti techninius pasus. Hidrotechnikos statinių būklę svarbu žinoti, keičiantis šalyje nuosavybės santykiams (privatizavimo ar draudimo atvejais), planuojant jų renatūralizavimą. Nustačius HTS būklę galima numatyti, o daugeliu atvejų ir išvengti gedimų ir avarių. Taigi, nagrinėjama tema yra aktuali tiek teoriniu tiek ir praktiniais požiūriais.

Lietuvoje hidromazgų priežiūra turi būti atliekama pagal galiojančią Organizacinę tvarkomąją statybos techninį reglamentą: STR 1.12.03:2006 „Hidrotechnikos statinių techninės priežiūros taisyklės“ (Hidrotechnikos...,2007). Šį dokumentą pagrindinai sukūrė LŽŪU Hidrotechnikos ir Statybinių konstrukcijų katedrų darbuotojai.

Darbo tikslas – įvertinti Vilniaus apskrities hidromazgų techninę būklę ir surinkti duomenis apie kitų keturių (Šalčininkų, Švenčionių, Trakų, Vilniaus) apskrities rajonų hidromazgus iš kitų autorių darbų ir esamų literatūros šaltinių.

Užsibrėžtam tikslui atlikti reikia išspręsti šiuos **uždavinius**:

- 1) Atlikti literatūros apie Lietuvos hidrotechnikos statinių techninės būklės stebėjimus, vertinimus ir tyrimų apžvalgą.
- 2) Atlikti Ukmergės ir Širvintų rajonų žemių užtvankų techninės būklės natūrinius tyrimus ir įvertinti konstrukcijas defektyvumo balais.
- 3) Išsiaiškinti, ar užtvankos su šachtinio tipo pralaidomis Lietuvos sąlygomis yra tinkamiausios vadovaujantis DAM (*Decision Analysis Module*) programa.

3. TYRIMO METODIKA IR ORGANIZAVIMAS

Natūroje tyrinėti hidromazgai, tai yra žemių užtvankos su visais tipiniais jų priklausiniais, yra Vilniaus apskrityje, Ukmergės ir Širvintų rajonuose. Magistrantūros baigiamasis darbas buvo pradėtas nuo pat magistrantūros studijų pradžios. Studijų metu stengtasi domėtis tais dalykais, kurie tiesiogiai susiję su mano pasirinkta tema. Nuolat konsultuojamasi ir tariamasi su darbo vadovu ir kitais dėstytojais.

Pradžioje teko atlikti Ukmergės, Širvintų ir kitų Vilniaus apskrities rajonų ŽU kameralinius tyrimus: išaiškintas užtvankų skaičius, jų išsidėstymas, susipažinta su turimais hidromazgų projektais, nustatyta, kuriuose objektuose vykdyti kapitalinių remontų darbai. ŽU techninei būklei nustatyti buvo naudojamas STR 1.12.03:2006 „Hidrotechnikos statinių techninės priežiūros taisyklės“ (Hidrotechnikos...,2007). Visi ŽU elementai su jame esančiomis betoninėmis, gelžbetoninėmis ir metalinėmis konstrukcijomis buvo vertinami defektyvumo dešimties balų sistema: 0 balų – ideali būklė, 10 balų – avarinė elemento būklė. Tyrimų metu buvo taikomi vizualiniai – instrumentiniai stebėjimai, fiksuojant atskirų ŽU elementų deformacijų rūšis specialiuose kontroliniuose lapuose, fotografuojant, atliekant reglamente nurodytus matavimus. Tų hidrotechnikos elementų, kurių negalima pamatyti (t.y. šie elementai yra po žeme ar kt.), techninės būklės vertinimas buvo atliktas pagal šalutinius požymius (geofiltracinio vandens spalvą, drumstumą ir pan.). Šiame darbe didelis dėmesys buvo kreipiamas g/b elementų tyrimo metodikai.

Žemių užtvankų elementai su esančiomis betoninėmis, gelžbetoninėmis ir metalinėmis konstrukcijomis buvo vertinami defektyvumo (rizikos) dešimties balų sistema: 0 – 2 gera būklė, 2.1 – 4 vidutinė būklė, 4.1 – 6 patenkinama būklė, 6.1 – 8 bloga būklė, 8.1 – 10 avarinė būklė. Tyrimų metu buvo taikomi vizualiniai – instrumentiniai stebėjimai, atsižvelgiant į atskirų elementų deformacijas (Hidrotechninė...,2000; The Norwegian...,1996). Be abejo, buvo laikomasi reglamente STR 1.12.03:2006 „Hidrotechnikos statinių techninės priežiūros taisyklės“ numatytų reikalavimų. HTS elementai, kurių nebuvo galima apžiūrėti (t.y. elementai, esantys požeminėje dalyje arba sunkiai prieinami – nematomi), jų techninės būklės įvertinimas buvo atliktas pagal šalutinius požymius (geofiltracinio vandens spalvą, drumstumą ir kt.) (Ruplys, 1988).

Hidromazgas susideda iš įvairių elementų (ŽU masyvas, PVP, ketera, drenažas, uždoriai, taurai, taureliai, užslenkstė, risberma, galinis tvirtinimas ir kt.).

Žemių užtvankos patikimumas nustatomas tuomet, kai yra įvertinti visi užtvankos elementai. Techninės būklės įvertinimo metodiką sudaro laipsniška kiekvieno elemento diagnostikos analizė. Pagal elementų svarbumą žemių užtvankų patikimumui ir stiprumui jie išskiriami į:

pagrindinius ir kitus. Pagal STR 1.12.03:2006 pagrindiniams elementams priklauso: ŽU ketera; aukštutinis šlaitas, jo bermos ir tvirtinimas; ŽU papėdė; drenažas (vidinis vamzdinis drenažas ir jo šuliniai, paviršinis antšlaitinis, vidinis prizminis, drenažo griovys); PVP įtekėjimo dalis(šachtinis antgalis, sifonas, kaušas, slenkstis); PVP pratekėjimo dalis; PVP ištekėjimo dalis; uždoriai; uždorių valdymo (pakėlimo, nuleidimo) mechanizmai; užslenkstė su joje esančiais tėkmės ramintuvais.

Prie kitų elementų priskiriami: paviršinio vandens surinkimo latakai/grioveliai; tarnybinis (remonto, priežiūros) tiltelis; taurai, taureliai; risberma; galinis tvirtinimas; nutekėjimo kanalas.

Detalūs žemių užtvankos ir jos elementų defektyvumo balų aprašymai pateikti kiekvieno užtvankos elemento (viso jų yra 17) būklės vertinimo lentelėse (Hidrotechnikos...,2007). Vertinimo balo dydis pasirinktas atsižvelgiant į kiekvieno elemento būklę. Vertinant žemių užtvankos elementus balais vadovautasi šiais kriterijais:

- atitinka normų ir projekto reikalavimus arba yra nežymių nuokrypių – 0...2,0 defektyvumo balai (būklė gera);
- elemento defektai nedaro įtakos jo stiprinimui ir normaliam funkcionavimui – 2.1... 4,0 balai (vidutinė – darbinė būklė), defektus galima pašalinti pagerinus statinio priežiūros darbus;
- elemento defektai turi nežymią įtaką jo stiprumui, patikimumui ir ilgaamžiškumui 4.1...6,0 balai (patenkinama būklė), defektus galima pašalinti einamojo remonto metu;
- defektai žymiai sumažina elemento stiprumą, patikimumą – 6.1...8,0 balai (nepatenkinama – bloga būklė), defektus galima pašalinti kapitalinio remonto metu;
- dideli elemento defektai, dėl to neįmanomas tolesnės visos žemių užtvankos komplekso naudojimas, gresia viso statinio griūtis – 8.1...10,0 defektyvumo balų (labai bloga būklė); reikia skubiai žeminti vandens lygį tvenkinyje arba tvenkinį visai ištuštinti ir atlikti blogos būklės elementų kapitalinio remonto darbus.

Jeigu nors vienas žemių užtvankos elementas iš pagrindinių hidromazgo patikimumą lemiančių elementų grupės įvertintas 8.1...10,0 defektingumo balu, tokiu pat defektingumo balu vertinama visa užtvanka ir keliamas klausimas dėl užtvankos tvenkinio vandens lygio pažeminimo arba tvenkinio ištuštinimo. Norint vėl naudoti hidromazgą, reikia atlikti atitinkamus remonto darbus.

Elemento būklei nustatyti atliekami reikalingi natūriniai stebėjimai bei tyrimai ir, jų rezultatus palyginus su lentelėse pateiktais defektyvumo balų aprašymais, nustatomais nagrinėjamo elemento būklės balais (B_i).

Bendras ŽU būklės defektyvumo balas (B_u) nustatytas pagal formulę:

$$B_u = \frac{B_1 + B_2 + \dots B_n}{m}, \quad (1)$$

Čia: $B_1, B_2, \dots, B_n$ – atskirų ŽU elementų vertinimo balai;

m – vertinamų ŽU elementų skaičius.

Pagal (1) formulę apskaičiuotas balas apvalinamas vienos dešimtosios tikslumu.

2008 – 2010 m. ištirta ir įvertinta 17 ŽU Ukmergės ir Širvintų rajonuose, kurių tyrimai kai kuriuose objektuose buvo pakartoti net po kelis kartus, tačiau žymesnių pakitimų nebuvo rasta. Tačiau daugelio ŽU būklė prastėja, o ypač tų užtvankų, kurios yra apleistos ir nėra savininko, pasirūpinančio šiuo, palyginti, brangiu turtu.

Naudojantis DAM ieškota optimalaus sprendimo, kurios vandens perteklinės pralaidos tinkamiausios Lietuvos sąlygomis. Aišku geriausia ji yra tik sąlyginai, nes skirtingos perteklinės pralaidos yra naudojamos atsižvelgiant į konkrečius parametrus (debitą, užtvankos aukštį ir kt.).

Nagrinėtos 4 alternatyvos:

- 1) Nulinė alternatyva. Nebuvo jokios perteklinės pralaidos. Ekonominiu požiūriu ši alternatyva gera, nes pertekliniai pralaidai nebus skiriama lėšų.
- 2) Pirma alternatyva. Užtvanką statant bus naudojamos slenkstinės perteklinės pralaidos.
- 3) Antra alternatyva. Užtvanką statant bus naudojamos sifoninės tipo pralaidos.
- 4) Trečia alternatyva. Užtvanką statant bus naudojamos šachtinės perteklinės pralaidos.

Šios alternatyvos nagrinėtos pagal keturius kriterijus:

- 1) Pralaidos statybos kaina, kuri vertinama dešimties balų sistema;
- 2) Medžiagos atsparumas bangų išplovimui. Vertinama 10 balų sistema;
- 3) HTS statinio naudojimo ilgaamžiškumas, nustatomas dešimties balų sistema;
- 4) HTS statinio įrengimo sudėtingumas, nustatomas dešimties balų sistema.

Visi kriterijai turi būti maksimizuojami arba minimizuojami:

- 1) kaina – minimizuojama;
- 2) atsparumas bangų išplovimui – maksimizuojamas;
- 3) naudojimo ilgaamžiškumas – maksimizuojamas;
- 4) įrengimo sudėtingumas – minimizuojamas.

Baziniu kriterijumi įvairaus tipo pralaidomis pasirinkta kaina.

Programine įranga DAM buvo išrinkta tinkamiausia alternatyva naudojant 4 konkurencijos (*competition*) metodus:

- Pareto dominavimo (*Pareto dominance*) testą;
- pasiteisinamumo testą su pagrindiniu kriterijumi (*Test Outperformance with Basic Criterion*);

- pasiteisinimo testą su kompromisais (*Test Outperformance with Trade-offs*);
- „kas bus jei“ (*What if analysis*).

DAM programa suteikia galimybę grafiškai palyginti:

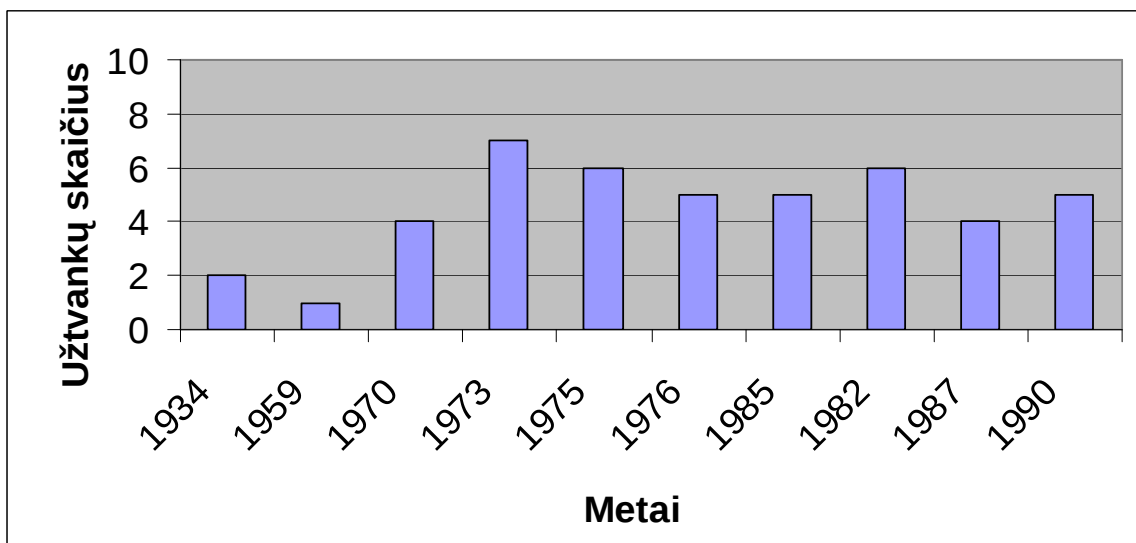
- pasirinktos vienos alternatyvos kriterijus;
- dvi alternatyvas pagal visus kriterijus;
- visas alternatyvas pagal vieną pasirinktą kriterijų.

Išvadų formavimas. Naudojantis atliktų tyrimų rezultatais buvo suformuluotos išvados.

4. DARBO REZULTATAI

4.1. Vilniaus apskrities hidromazgų techninės būklės tyrimai

Vilniaus apskrityje yra 54 ŽU, kurių tvenkinių arba vandens saugyklų plotai didesni nei 5 ha. Didžioji dauguma pastatyta 1970–1990 metais drėkinimo, rekreacijos, žuvininkystės, nuotėkio reguliavimo ir kitais tikslais. Vienuolikoje hidromazgų yra įrengtos hidroelektrinės. Užtvankos ant Vilniaus apskrities upių, tvenkinių intensyviai buvo statomos jau pokariu. Tarp 1970 – 1990 m., užtvankas masiškai statė kaimo vietovių ūkinės organizacijos: kolūkiai, valstybiniai ūkiai, žvejų ir medžiotojų draugijos, drėkinimo, rekreacijos, žuvininkystės, erozijos prevencijos bei potvynių kontrolės reikmėms.



4.1 pav. užtvankų statybos Vilniaus apskrityje dinamika

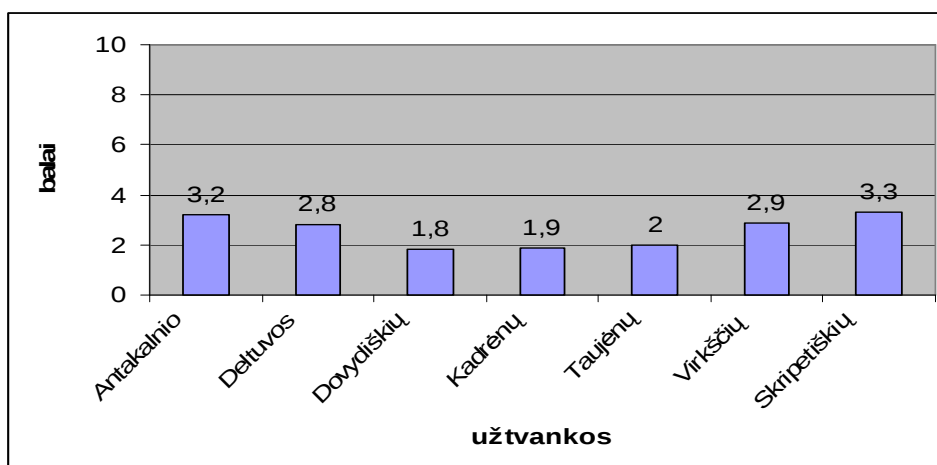
Sovietmečiu užtvankos buvo bent minimaliai prižiūrimos ir jų techninė būklė nekėlė didesnių problemų. Atgavus Lietuvos nepriklausomybę dalis užtvankų neteko juos prižiūrinčių šeimininkų ir šių statinių būklė ėmė sparčiai blogėti. Užtvankų priežiūrai buvo skiriama vis mažiau lėšų ir dėmesio. Dėl to užtvankų būklė prastėja Vilniaus apskrityje (Šalčininkų, Širvintų, Švenčionių, Trakų, Ukmergės, Vilniaus rajonuose).

2002–2009 m. tyrinėta 260 užtvankų, kurios išanalizuotos Hidrotechnikos ir Statybinių konstrukcijų katedros darbuotojų pagal galiojantį statybos techninį reglamentą ir nustatyta dažniausiai pasitaikančios pažeidos, gedimai ir jų atsiradimo priežastys: įvairaus intensyvumo filtracijos vandens prasisunkimas žemutinio bjefo (ŽB) šlaite ir papėdėje; užtvankų šlaitų nuošliaužos ir deformacijos; perteklinio vandens pralaidos (PVP) šachtos didesni įtrūkimai, deformacijos; šlaito tvirtinimo plokščių paplovimas, deformacijos ir jungimo siūlių elementų išjudinimas.

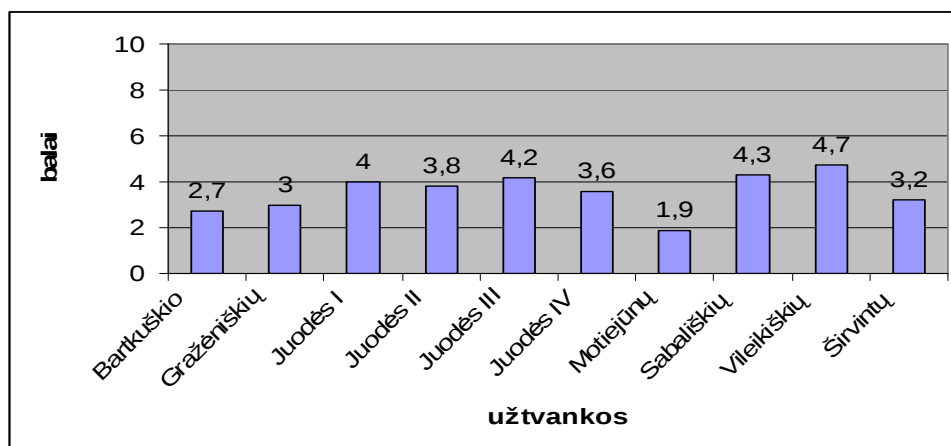
Remiantis Hidrotechnikos ir Statybinių konstrukcijų katedros darbuotojų tyrimais, galima teigti, jog panašios pažeidos, gedimai ir jų atsiradimo priežastys būdingos ir Vilniaus apskrities rajonų žemių užtvankoms.

Ukmergės ir Širvintų rajonuose iš 17 tyrinėtų užtvankų, 7 – priklauso Ukmergės rajono savivaldybei (melioracijos skyriui), 3 – Širvintų r. savivaldybei (melioracijos skyriui), 2 – Širvintų r. žemės ūkio bendrijoms, o likusios – privatiems asmenims. Dauguma užtvankų pastatyta su šachtinio tipo pertekliaus vandens pralaidomis (PVP).

Pagal LŽŪU Hidrotechnikos ir Statybinių konstrukcijų katedrų tirtų užtvankų duomenis Lietuvoje yra 20% ŽU geros būklės, 66% – vidutinės ir patenkinamos būklės, 4% – blogos būklės, 10% – labai blogos būklės. Vilniaus apskrities Ukmergės ir Širvintų rajonuose ŽU būklė yra vidutinė ir patenkinama, blogos ir labai blogos būklės užtvankų nerasta (4.2 ir 4.3 pav.).



4.2 pav. Ukmergės rajono tyrinėtų ŽU būklės vertinimas



4.3 pav. Širvintų rajono tyrinėtų ŽU būklės vertinimas

Pagal užtvankų tyrimų duomenis nustatyti būdingiausi užtvankų defektai. Ukmergės ir Širvintų rajonuose ŽU defektai yra šie: 1) pertekliaus vandens pralaidos sienelių įtrūkimai, pakrypimai, deformacijos; 2) vandens surinkimo latakai užaugę žole, samanomis, krūmais; 3)

filtracinio vandens prasisunkimai žemutiniame bjefo šlaite ir papėdėje; 4) šlaitų nuošliaužos, deformacijos, išgraužos; 5) prasta būklė aukštutiniame ir žemutiniame šlaituose (auga žolės, krūmai, maži medeliai). Ištirta septynios Ukmergės ir dešimt Širvintų rajonų žemių užtvankų.

ŽU elementai, kurie buvo įvertinti defektyvumo balais, patikimiausi buvo šie: pratekėjimo dalis, ketera, PVP įtekėjimo dalis, o pažeidžiami: taurai, taureliai, tarnybiniai tilteliai, grotos, uždoriai.

Atlikus ŽU lauko tyrimus ir apskaičiavus žemių užtvankų defektyvumo balus pagal norminių dokumentų reikalavimus (Hidrotechnikos..., 2007) galima teigti, kad žemių užtvankų būklė Ukmergės ir Širvintų rajonuose nėra gera. Taigi statiniai nėra tinkamai naudojami ir tinkamai prižiūrimi. Labai svarbu tinkama hidrotechnikos statinio priežiūra, kuri užtikrina gerą statinio techninę būklę bėgant metams.

Tirtos ŽU, jų pastatymo ir stebėjimų datos bei pagrindiniai parametrai pateikti 4.1 ir 4.2 lentelėse.

4.1 lentelė. Ukmergės rajono tvenkinių duomenys

ŽU pavadinimas	Pastatymo metai	Tvenkinio plotas ha	Debitas Q_{vid} m^3/s	Tyrimo datos
1	2	3	4	5
Antakalnio II	1982	26,9	0,06	2008 10 08; 2010 03 04
Deltuvos	–	25,1	–	2009 04 15; 2010 03 04
Dovydiškių	1987	28,2	1,20	2008 10 08; 2010 03 04
Kadrėnų	1982	92,8	1,63	2009 04 16; 2009 11 12
Skriptiškių	–	6,2	–	2009 04 15; 2010 03 04
Taujėnų	1985	8,9	0,59	2009 04 18; 2009 10 08
Virkščių	1975	9,6	0,67	2009 04 16

4.2 lentelė. Širvintų rajono tvenkinių duomenys

ŽU pavadinimas	Pastatymo metai	Tvenkinio plotas ha	Debitas Q_{vid} m^3/s	Tyrimo datos
1	2	3	4	5
Bartkuškio	1986	60,6	1,74	2009 04 15; 2010 03 04
Gražėniškių	–	7,1	–	2009 03 28
Juodės I	1973	16,1	0,007	2009 03 28
Juodės II	1973	11,8	0,010	2009 10 15
Juodės III	1973	10,7	0,018	2009 10 15;

				2010 02 06
Juodės IV	1973	14,4	0,019	2009 10 15
Motiejūnų HE	1959	86,9	3,500	2009 04 16; 2010 02 06
Sabališkių	1976	5,5	0,180	2009 06 18; 2010 02 18
Vileikiškių	–	10,4	–	2009 06 18; 2010 02 18
Širvintų	1972	51,9	3,85	2009 04 18; 2010 02 06

4.2. Tyrinėtų hidromazgų pagrindiniai duomenys ir rezultatai

Šiame poskyryje pateikti pagrindiniai tirtų hidromazgų ŽU techninės būklės tyrimo duomenys ir rezultatai. Žemiau esančiose lentelėse pateikti duomenys ŽU tirtų antrą, aprašyti esminiai skirtumai, pasikeitimai (4.3–4.12 lentelės).

Antakalnio II ŽU (4.4 ir 4.5 pav.) aplankyta du kartus, pirmą kartą – 2008 10 08, antrą kartą 2010 03 04. Pastebimi nedideli įtrūkimai taurų paviršiuose ir vietomis matosi armatūra. Žemutiniame bjeje nuo g/b plokščių nuvalytos samanos bei žolės, iškirsti medžiai ir krūmai.

4.3 lentelė. Antakalnio II užtvankos vizualinių stebėjimų duomenų lentelė

Statinio konstrukcija (elementai)	Defektų aprašymas	Vertinimo balas
Ketera	Keteros viršuje praveistas žvyrkelis; išlaužti keletas kelio sargšulių	3
AB Šlaitas	Auga keli krūmai, plokštės nuslinkusios žemyn, paveiktos deformacijų, ypač tai pastebėta kairiajame krante, dešiniojo kranto tvirtinimo būklė gera	4,0
ŽB Šlaitas	Būklė prasta, plokštės paveiktos deformacijų, tarp jų auga krūmai, daugiametės žolės; po plokštėmis išplautas gruntas	3,5
Drenažas	Neveikia, nes užmirkusi ŽB papėdė	5,1
PVP Šachta	Šachtos sienelėse pastebimi vandens išsisunkimai kartu su kalkėmis, taip pat aptrupėjęs betonas	6,0
Uždoriai	Nesimato	–
Pakėlimo mechanizmai	Metalinis sraigtas, paveiktas korozijos	3,5
Pratekėjimo dalis	Greitvietės dirbtinio šiurkštumo elementai apaugę smulkiais dumbliais. Vandeniui pratekėti trukdo šakos	3,0
Užslenkstė	Tvarkinga, keliose vietose nežymiai plaunamos kalkės iš g/b sienučių	3
PVS latakai	–	–
Grotos	Visos detalės sveikos, šiek tiek pasidengusios rūdimis.	2,0
Tarnybos tiltelis	Gana geros būklės	1,5
Taurai, taureliai	Nutrupėjęs betonas, vietomis matosi armatūra.	2,8

Risberma	Kairiajame risbermos krašte (vandenyje) primesta pagalių, šiukšlių. Tvirtinimo plokščių būklė prasta, siūlėse auga žolės	4,1
Galinis tvirtinimas	Tvirtintas akmenimis, jų likę jau nedaug. Estetinis vaizdas – normalus	4
Nutekėjimo kanalas	Matosi bebrų veiklos požymių.	3
Bendras balas		3,2(vidutinė)



4.4 pav. Antakalnio II ŽU aukšutinio bjefo vaizdas



4.5 pav. Antakalnio II ŽU žemutinis bjefas

Bartkuškio HE tyrimai atlikti: 2009 04 15 ir 2010 03 04. Palyginus stebėjimų rezultatus nustatyta, kad hidromazgo techninė būklė nepakito. Hidromazgo vaizdai pateikti 4.6, 4.7 paveiksluose.

4.4 lentelė. Bartkuškio užtvankos vizualinių stebėjimų duomenų lentelė

Statinio konstrukcija (elementai)	Defektų aprašymas	Vertinimo balas
Ketera	Tai 3 m. pločio žvyrkelis, paviršiuje pastebimi nelygumai, kelio dalis į AB nuslinkusi	3,5
AB Šlaitas	Tvirtintas plokštėmis, jų paviršius apiręs, kai kur auga žolės, pavieniai krūmai	2,4
ŽB Šlaitas	ŽB būklė prasta, plokštės paveiktos deformacijų, tarp jų auga krūmai, daugiametės žolės. Po plokštėmis išplautas gruntas	3,5
Drenažas	Veikia vidinis vamzdinis drenažas, ištekantis vanduo skaidrus	1,0
PVP Šachta	Šachtos sienelėse pastebimi vandens išsisunkimai kartu su kalkėmis, taip pat aprūpėjęs betonas	2,5
Uždoriai	Nesimato	–
Pakėlimo mechanizmai	Nėra	–
Pratekėjimo dalis	Stačiakampio pastovaus skerspjūvio, sienutėse pastebimi vandens įsiveržimai kartu su kalkėmis bei rūdimis	4,5
Užslenkstė	Nuo tvirtinimo plokščių nuvalytos žolės, iškirsti krūmai, kairiajame krante plokščių būklė patenkinama, dešiniame – jų paviršius smarkiai apiręs	2,8
PVS latakai	–	–
Grotos	Grotų strypai aplankstyti, kai kur jų visai nėra, nuo grotų nusitrynę dažai	4,5
Tarnybos tiltelis	Vietomis ištrupėję plyšiai, matosi armatūra, koroduoja turėklai	3,0
Taurai, taureliai	Tauro (taurelio) sienelių paviršius lygus, nėra jokių įtrūkimų, plyšių, apnašų, antsluoksnių, nutrupėjimų, išėmų, paviršius yra lygus	1,5
Risberma	Tvirtinimo plokštės veikiamos deformacijų, siūlėse, netoli vandens paviršiaus auga žolės	2,5
Galinis tvirtinimas	Tvirtinta akmenimis, tačiau vanduo daugelį jų nunešę į dugną, tačiau pavojaus nekelia	2,5
Nutekėjimo kanalas	Užaugęs mažais medeliais	2,0
Bendras balas		2,7(vidutinė)



4.6 pav. Bartkuškio ŽU tvirtinimo plokštės neišsikraipę, išplovimo taip pat nesimato



4.7 pav. Bartkuškio ŽU žemutinio bjefo būklė yra gera. Šlaitas šienaujamas, prižiūrimas, nepažeistas skersinis nuolydis, nėra išplovimų

Deltuvos tvenkinio (4.8, 4.9 pav.) tyrimai atlikti: 2009 04 15 ir 2010 03 04. Pastebėta, kad neigiamų pasikeitimų nėra. Ši užtvanka, prižiūrima, remontuoti taurai, tarnybos tiltelis, ŽB šlaitai.

4.5 lentelė. Deltuvos užtvankos vizualinių stebėjimų duomenų lentelė

Statinio konstrukcija (elementai)	Defektų aprašymas	Vertinimo balas
Ketera	Pravestas normalios būklės žvyrkelis 3metrų pločio.	3
AB Šlaitas	Tvirtintas plokštėmis, jų paviršius apiręs, kai kur auga žolės, pavieniai krūmai.	2,1
ŽB Šlaitas	Betono korozija, plyšiai, betono ištrupėjimas.	3,5
Drenažas	Veikia, tačiau kartu su drenažo vandeniu išteka skystis, turintis nemalonų kvapą	2
PVP Šachta	Apsamanojusios sienos 0,2–0,3mm. Matosi baltos dėmės.	2,8

Uždoriai	Nėra	–
Pakėlimo mechanizmai	Nėra	–
Pratekėjimo dalis	Pastebimos baltos ir rudos spalvos dėmės, nežymus betono ištrupėjimai	3
Užslenkstė	Užslenkstės sienutėse veržiasi filtracinis vanduo kartu su rūdimis, mėtosi šakos, kurios neleidžia vandeniui laisvai tekėti	3,8
PVS latakai	–	–
Grotos	Paviršiai padengti rūdimis, tačiau gilios korozijos nėra.	2
Tarnybos tiltelis	Gelžbetoninių plokščių nutrupėjęs apsauginis sluoksnis.	2,5
Taurai,taureliai	Nutrupėjęs apsauginis sluoksnis, matosi armatūra, vandens filtracija per betoną.	4
Risberma	Tvirtinimo plokščių paviršius aptrupėjęs, tačiau iškirsti medžiai ir krūmai	2,4
Galinis tvirtinimas	Tvirtinta akmenimis, tačiau daugelį jų nunešti vandens	2,7
Nutekėjimo kanalas	Nutekėjimo kanalas normaliai funkcionuoja, nevyksta pastebimi pokyčiai, estetiškas vaizdas - geras	2
Bendras balas		2,8 vidutinė



4.8 pav. Deltuvos ŽU aukštutinio bjefo vaizdas



4.9 pav. Deltuvos ŽU aukštutinio bjefo tvirtinimas g/b plokštėmis

Juodės III ŽU (4.10 ir 4.11 pav.) aplankyta du kartus, pirmą kartą – 2009 10 15, antrą – 2010 02 06. Aukštutinis šlaitas neprižiūrimas, auga krūmai, plokštės paveiktos deformacijų, tarnybinis tiltelis prastos būklės.

4.6 lentelė. Juodės III ŽU vizualinių stebėjimų duomenų lentelė

Statinio konstrukcija (elementai)	Defektų aprašymas	Vertinimo balas
Ketera	Tai 3m pločio žvyro kelias, paviršiuje pastebimi nelygumai, kelio dalis šiek tiek nuslinkusi į AB	3,9
AB Šlaitas	Biokorozijos pažeistas AB šlaito tvirtinimo plokščių apsauginis sluoksnis, siūlėse auga žolės	4
ŽB Šlaitas	Žemutinis šlaitas šiek tiek užmirkęs, risbermos tvirtinimo plokštė šlapia	4,2
Drenažas	Drenažas neveikia, nes ŽB papėdė yra permirkusi	5,3
PVP Šachta	Šachtos sienelėse atrupėjęs betono paviršius, vietomis auga samanės	2,5
Uždoriai	–	–
Pakėlimo mechanizmai	Stipriai paveikti korozijos, neveikiantys	5,4
Pratekėjimo dalis	Sienelėse pastebimi vandens išsiveržimai kartu su kalkėmis bei rūdimis	4,4
Užslenkstė	Betoninėse sienutėse pastebimi vandens su baltom apnašom (kalkėm) išsiveržimai	3,9
PVS latakai	–	–
Grotos	Grotų strypai aplankstyti, kai kur jų visai nėra, nuo grotų nusitrynę dažai	4,5
Tarnybos tiltelis	Turėklų dažai stipriai paveikti korozijos, paviršiuje – atrupėjęs betonas, tiltelis saugus	4,0
Taurai, taureliai	–	–
Risberma	Dešiniajame risbermos krašte (vandenyje) primesta pagalių, šiukšlių. Pastebimi betono įtrūkimai, rudos ir baltos spalvos dėmės	4,6
Galinis	Tvirtintas akmenimis, 0,3 m. ,	4,0

tvirtinimas		
Nutekėjimo kanalas	Apaugę medžiais, krūmais estetiškas vaizdas – normalus	4,0
Bendras balas		4,2(patenkinama)



4.10 pav. Juodės III ŽU grotos, pakėlimo mechanizmai, tiltelio turėklai paveikti korozijos



4.11 pav. . Juodės III ŽU atraminė sienelė pasvirusi, matosi įtrūkimai, auga daugiametės žolės

Kadrėnų HE (4.12, 4.13 ir 4.14 pav.) aplankyta du kartus, pirmą kartą – 2009 04 16 , antrą kartą – 2009 11 12. Pasikeitimų, galinčių turėti įtakos statinio patikimumui, nepastebėta.

4.7 lentelė. Kadrėnų HE vizualinių stebėjimų duomenų lentelė

Statinio konstrukcija (elementai)	Defektų aprašymas	Vertinimo balas
Ketera	Per keterą eina žvyro dangos kelias. Ketera yra lygi jokių didesnių įdubimų ar pažeidimų nėra, tik kelios mažos duobės atsiradusios dėl mašinų eismo per keterą	2,4
AB Šlaitas	Šlaitas nesenai nušienautas, šlaito papėdėje auga	4,0

	krūmokšniai. AB g/b plokščių pažaidos, siūlės suardytos, priaugusios žolių, kai kur iškilnoti siūlių elementai, matosi betono erozijos požymiai	
ŽB Šlaitas	Žemutinio šlaito būklė patenkinama. Šlaitas nešienaujamas, pažeistas skersinis nuolydis, yra nedidelių išplovimų.	2,5
Drenažas	Drenažo šuliniai neuždaryti matosi primesta šiukšlių, kai kurie pilni vandens. Drenažas išvestas į ramto sienelę veikia neblogai	5
PVP Šachta	–	–
Uždoriai	Detaliai apžiūrai neprieinami, išoriškai tvarkingi	1,5
Pakėlimo mechanizmai	–	–
Pratekėjimo dalis	Greitvietės dirbtinio šiurkštumo elementai apaugę smulkiais dumbliais	2,3
Užslenkstė	Tvarkinga, tačiau keliose vietose pastebimi vandens išsiveržimai, plaunamos kalkės	2,0
PVS latakai	Švarūs, nėra priaugusių žolių	1
Grotos	Būklė tvarkinga, vietomis matosi korozijos požymių	1,5
Tarnybos tiltelis	Tiltelis tvarkingas, turėklai nudažyti, nėra aptrupėjusių betono paviršių	1,2
Taurai, taureliai	Būklė gera	0,5
Risberma	Tvirtinta g/b plokštė, plyšiuose auga pavienės žolės	1,5
Galinis tvirtinimas	Tvirtinta akmenų luitais, estetinis vaizdas –geras	1,0
Nutekėjimo kanalas	Teka skaidrus vanduo, apie 300 m ruožas prižiūrimas	1,0
Bendras balas		1,9 (gera)



4.12 pav. Kadrėnų ŽU aukštutinis bjefas



4.13 pav. Kadrėnų ŽU esanti hidroelektrinė



4.14 pav. Kadrėnų ŽU esantys drenažo šuliniai be dangčių

Motiejūnų HE aplankyta du kartus, pirmą kartą – 2009 04 16 , antrą kartą – 2010 02 06. Šiuo metu po žiemos yra tvarkoma hidroelektrinės aplinka (4.15, 4.16 ir 4.17 pav).

4.8 lentelė. Motiejūnų HE užtvankos vizualinių stebėjimų duomenų lentelė

Statinio konstrukcija (elementai)	Defektų aprašymas	Vertinimo balas
Ketera	Pėsčiųjų takelis, turėklų dažai nenusitrynę, nėra įtrūkimų	1,5
AB Šlaitas	Gelžbetoninių plokščių paviršiuose yra įtrūkimų iki 10mm.	2,2
ŽB Šlaitas	Gera prižiūrimas, nušienautas, ganomi gyvuliai	1,8
Drenažas	Veikia, nes ŽB papėdė nėra užmirkusi	2,0
PVP Šachta	–	–
Uždoriai	Uždorių apkalo ir tvirtinimo elementų paviršius aprūdijęs (iki 20% bendro paviršiaus ploto), rūdys išplitusios iki 10% metalo storio; pastebimi	2,5

	apkalo išlinkiai tarp tvirtinimo elementų; suvirinimo siūlės pažeistos iki 10%; per nesandarumus trykšta vandens čiurkšlės.	
Pakėlimo mechanizmai	Prižiūrimi, nudažyti, rūdžių nesimato, išėstų duobelių nėra.	2,0
Pratekėjimo dalis	Išoriškai tvarkinga, sienose matosi rudos ir baltos spalvos dėmės, plaunamos kalkės iš betono.	2,3
Užslenkstė	Slenkstis tėkmės energijai raminti, būklė gera	1,5
PVS latakai	–	–
Grotos	Paviršius koroduoja, tačiau kitų išorinių defektų nėra.	2,3
Tarnybos tiltelis	Turėklai nudažyti, g/b plokštės geros būklės	1,8
Taurai, taureliai	Nėra	–
Risberma	Tvirtinta g/b plokštėmis, plyšiuose auga pavienės žolės	1,8
Galinis tvirtinimas	Galinis tvirtinimas suformuotas iš akmenų, jų likę gana nedaug. Estetinis vaizdas – normalus	3,2
Nutekėjimo kanalas	Krantai apaugę krūmais, medžiais	2
Bendras balas		1,9 (gera)



4.15 pav. Motiejūnų hidromazgo ant Širvintos upės atremontuotas HE pastatas.



4.16 pav. Motiejūnų hidromazgo užslenkstės sienelėse pastebimi vandens su rūdim išsiveržimai, kurios žemutinis šlaitas tvarkingas



4.17 pav. Motiejūnų hidromazgo žemutinio bjefo atraminėse sienose betono korozijos požymiai, nedideli plyšiai su rūdimis

Vileikiškių tvenkinyje (4.18 ir 4.19 pav.) tyrimai atlikti: 2009 06 18 ir 2010 02 18. Keteros tiltelio turėklai paveikti korozijos.

4.9 lentelė. Vileikiškių hidromazgo vizualinių stebėjimų duomenų lentelė

Statinio konstrukcija (elementai)	Defektų aprašymas	Vertinimo balas
Ketera	Ketera tvarkinga; jos plotis ir aukštis atitinka projektinius dydžius; nėra įlinkių, plyšių, duobių; neauga medžiai, krūmai; nepažeistas keteros skersinis nuolydis.	2,8
AB Šlaitas	Šlaito tvirtinimo g/b plokščių siūlės priaugusios žolių, yra įtrukimų iki 5mm plokščių paviršiuose	4,5
ŽB Šlaitas	Šlaitas apleistas: nenušienautas, auga krūmai, pavieniai medžiai iki 10% viso šlaito ploto, bermoje pažeistas skersinis nuolydis iki 10%, yra nedidelių išplovimų iki 5 cm gylio dėl lietaus ar polaidžio vandens. Matyti kurmių urvai (nuo 1 iki 5% šlaito ploto).	4,8
Drenažas	–	–
Slenkstinė	Slenksčio antikorozinė apsauga pažeista, atskiruose plotuose matosi rudys (armatūros strypų paviršiuje, išilginių plyšių ruožuose)	4,7
Uždoriai	Yra du uždoriai, išlūžę iš savo tvirtinimo vietų, būklė patenkinama	5
Pakėlimo mechanizmai	Dažai nusitrynę, paviršiai aprūdiję, išėstos korozijos duobelės	4,5
Pratekėjimo dalis	Primėtyta šiukšlių, šakų, sunku vandeniui pratekėti	5,7
Užslenkstė	Tvirtinta plokštėmis, jų būklė patenkinama, vandens ramino sienutė suskilunėjusi	4,2
PVS latakai	Vandens surinkimo latakai užaugę žole, samanomis, krūmais, mėtos šiukšlės	6,6
Tarnybinis tiltelis	Tiltelis nėra saugus, g/b plokštės suskilusios, matosi armatūra, trūksta turėklų	7
Taurai, taureliai	Būklė patenkinama	4,2

Risberma	–	3,5
Galinis tvirtinimas	Tvirtintas g/b, reikalingas remontas	4,4
Nutekėjimas kanalas	Krantai apaugę medžiais, krūmais	4,2
Bendras balas		4,7 (patenkinama)



4.18 pav. Vileikiškio Žu betono perdengimo paviršiuje yra plyšių ir ištrupėjimų, gilesnių kaip 40mm.



4.19 pav. Vileikiškio ŽU paviršinio vandens surinkimo latakai užaugę žolėmis, mėtosi šiukšlės

Taujėnų HE aplankyta 2009 04 18, antrą kartą – 2009 10 08. Sulyginus rezultatus pastebėta, kad hidromazgo techninė būklė stabili. Hidromazgo vaizdai pateikti 4.20, 4.21, 4.22 paveiksluose.

4.10 lentelė. Taujėnų HE uztvankos vizualinių stebėjimų duomenų lentelė

Statinio konstrukcija (elementai)	Defektų aprašymas	Vertinimo balas
Ketera	Tvarkinga; jos plotis ir aukštis atitinka projektinius dydžius; nėra plyšių, duobių, neauga medžiai, krūmai.	1,0
AB Šlaitas	Šlaito tvirtinimo plokščių g/b siūlės priaugusios žolių, vietomis matomi įtrūkimai.	2,5
ŽB Šlaitas	Normaliai prižiūrimas nušienautas, matosi, kad	1,5

	ganomi gyvuliai.	
Drenažas	Drenažas veikia gerai	0,5
Slenkstis	Slenksčio betono paviršiuje matomų defektų ir pažeidimų nėra. Slenksčio antikorozinė apsauga nepažeista	2,0
Uždoriai	Uždoriai paveikti korozijos nedažyti. Galimos pervežimo ar montavimo klaidos	5,5
Pakėlimo mechanizmai	–	–
Pratekėjimo dalis	Greitvietės dirbtinio šiurkštumo elementai apaugę dumbliais	2,5
Užslenkstė	Nežymiai plaunamos kalkės	2,0
PVS latakai	–	–
Grotos	–	–
Tarnybos tiltelis	Tvarkingas, prižiūrimas	1,5
Taurai, taureliai	–	–
Risberma	Tvirtinta g/b plokštėmis, kurios yra tvarkingos	2,0
Galinis tvirtinimas	Geros būklės	1,5
Nutekėjimo kanalas	Normalios būklės, apaugęs krumeliais.	2,0
Bendras balas		2,0 (gera)



4.20 pav. Taujėnų ŽU slenkstinė vandens perteklinė pralaida



4.21 pav. Taujėnų ŽU ramto sienutė įtrūkus, pastebimos rudos spalvos dėmės



4.22 pav. Taujėnų ŽU uždoriai paveikti korozijos

Sabališkių ŽU (4.23 ir 4.24 pav.) pirmą kartą buvo aplankytos 2009 06 18, antrą kartą – 2010 02 18. ŽU bendra būklė mažai pakitusi (pastebimas risbermos tvirtinimo plokščių didesnis susidėvėjimas).

4.11 lentelė. Sabališkių užtvankos vizualinių stebėjimų duomenų lentelė

Statinio konstrukcija (elementai)	Defektų aprašymas	Vertinimo balas
Ketera	Ketera nėra tvarkinga; matyti duobės; auga medžiai, krūmai; nepažeistas keteros skersinis nuolydis.	5,5
AB Šlaitas	Šlaite auga pavieniai krūmai, daugiametės žolės, plokštės paveiktos deformacijų	5,1
ŽB Šlaitas	Žemutinis šlaitas nėra prižiūrimas: nešienaujamas, nėra šlaito filtracinių ir kitokių deformacijos požymių. Matyti kurmių urvai (iki 1% viso šlaito ploto).	3,5
Drenažas	–	–
PVP Šachta	Šachtos sienelėse pastebimi vandens išsisunkimai kartu su kalkėmis bei rūdimis	3,8
Uždoriai	–	–
Pakėlimo mechanizmai	Metalinis sraigtas stipriai paveiktas korozijos	4,7
Pratekėjimo dalis	Yra 2 vamzdžiai, kairiojo būklė gera, o dešiniojo – prasta, matosi jo armatūra, paviršius stipriai apiręs, visa sienutė šlapia (iš keteros papėdės per sienutę sunkiasi vanduo)	7,1
Užslenkstė	Tvirtinimo plokščių paviršius stipriai apiręs, kairiajame krante plokščių būklė patenkinama, dešiniame – bloga	4,5
PVS latakai	–	–
Grotos	Grotų strypai aplankstyti, kai kur jų visai nėra, nuo grotų nusitrynę dažai	4,8
Tarnybos tiltelis	Tiltelio paviršiuje truputį aptrupėjęs betonas. Nusitrynę metalinių tiltelių paviršiaus dažai, turėklai saugūs	3,5

Taurai, taureliai	–	–
Risberma	Tvirtinimo plokščių paviršius aptrupėjęs, tačiau iškirsti medžiai ir krūmai	3,0
Galinis tvirtinimas	Tvirtinta akmenimis, tačiau jų matosi nedaug	4,5
Nutekėjimo kanalas	Krantai apaugę medžiais ir krūmais	3,5
Bendras balas		4,3 (patenkinama)



4.23 pav. Sabališkių tvenkinio aukštutinis bjefas



4.24 pav. Sabališkių tvenkinio tarnybinio tiltelio būklė patenkinama, pastebima plokščių įtrūkimai, nutrupėjimai, vietomis matosi armatūra

Širvintų HE tyrimai atlikti: 2009 04 18 ir 2010 02 06. Nutekėjimo kanale formuojasi didesnės išgraužos, kurios keičia kanalo šlaitų viršutinės dalies kontūrus, kanalo dugno atskirose vietose matyti seklumos, kuriose auga vandens augalai ir kaupiasi sąnašos (4.25 ir 4.26 pav.).

4.12 lentelė. Širvintų HE užtvankos vizualinių stebėjimų duomenų lentelė

Statinio konstrukcija (elementai)	Defektų aprašymas	Vertinimo balas
Ketera	Pėsčiųjų takelis, turėklų dažai apsitrynę, tiltelio paviršiuje aptrupėjęs betonai	1,5
AB šlaitas	Auga pavieniai krūmai, tvirtintas g/b plokštėmis,	2,5

	jų siūlėse auga žolės, paviršius aptrupėjęs	
ŽB šlaitas	Pastebimos krantų nuošliaužos, deformacijos (ypač tvirtinimo plokštės), auga krūmai, netgi medžiai	7,0
Drenažas	–	–
PVP šachta	–	–
Uždoriai	Paviršius paveiktas korozijos, pro sandarinimo siūles teka vanduo	4
Pakėlimo mechanizmai	–	–
Pratekėjimo dalis	Nėra tvarkinga, matosi rudos ir baltos spalvos dėmės, mėtosi įvairios šiukšlės	3,5
Užslenkstė	Betoninėse sienutėse pastebimi vandens su baltom apnašom (kalkėm) išsiveržimai	5,0
PVS latakai	–	–
Grotos	Strypai paveikti korozijos	3,0
Tarnybos tiltelis	Turėklų dažai apsitrynę, paveikti korozijos, stipriai nutrupėjęs betonas, matosi armatūra	3,8
Taurai, taureliai	–	–
Risberma	Tvirtinta g/b plokštėmis, jų siūlėse auga žolės, samanų, plokštės susiskaldžiusios	3,0
Galinis tvirtinimas	Šlaitai yra tvirtinti ir akmenimis ir g/b plokštėmis	2,5
Nutekėjimo kanalas	Krantai apaugę medžiais, krūmais, estetinis vaizdas – normalus	2,5
Bendras balas		3,2 (vidutinė)



4.25 pav. Širvintų HE žemutinis bježas nėra prižiūrimas, betoninėse sienutėse pastebimi vandens su baltom apnašom (kalkėm) išsiveržimai



4.26 pav. Širvintų HE tarnybinio tiltelio paviršius stipriai aptrupėjęs, matosi korozijos požymiai, gana gilūs įtrūkimai

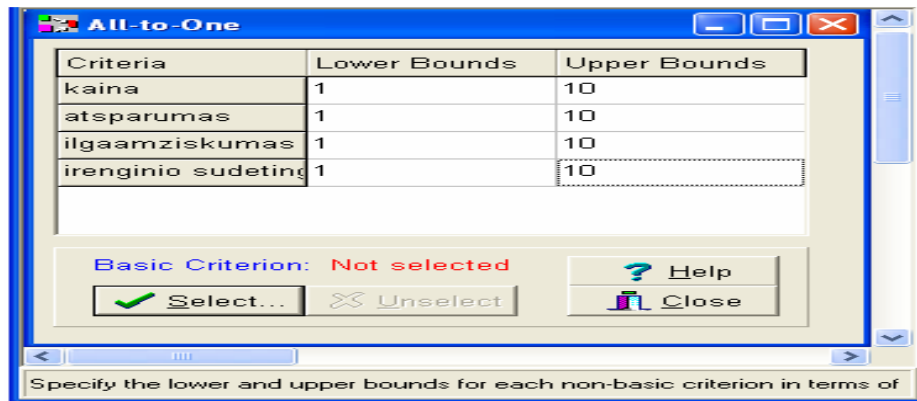
4.3. Žemių užtvankų perteklinių pralaidų palyginimas naudojant DAM programinę įrangą

Naudojantis DAM programa yra palygintos kelios perteklinės pralaidos. Alternatyvos ir kriterijai surašyti į DAM programos pagrindinę lentelę – duomenų matricą (4.27 pav.).

	kaina	atsparumas	ilgaamziskum	irenginio sude
o alternatyva	1	1	1	1
slenkstines	5	8	5	8
sifonines	2	4	2	10
sachtines	10	10	10	6

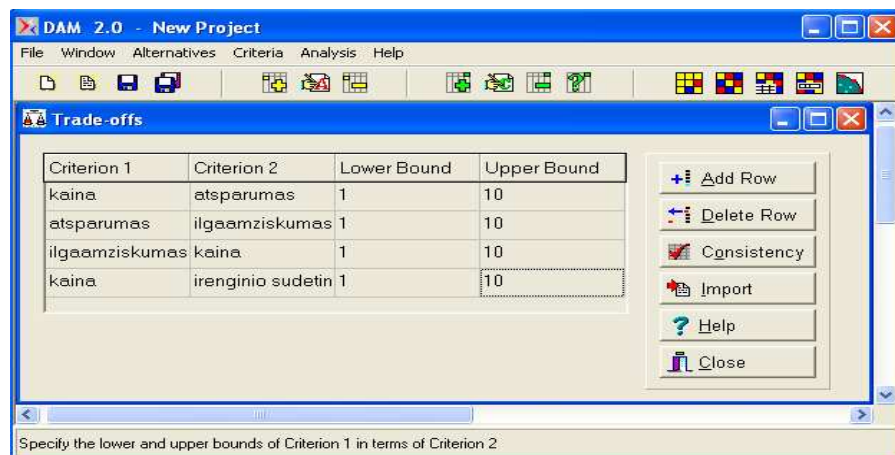
4.27 pav. Duomenų matrica

Toliau yra nustatomos visų kriterijų viršutinės ir apatinės ribos (4.28 pav.).



4.28 pav. Viršutinių ir apatinių kriterijų ribų nustatymas

Baziniu kriterijumi įvairaus tipo pralaidoms pasirenkama kaina. DAM programoje norint nustatyti kompromisus (*trade-offs*), reikia nurodyti viršutinės ir apatinės ribas tarp dviejų pasirinktų kriterijų (4.29 pav.).



4.29 pav. Ribų tarp pasirinktų kriterijų nustatymas

Čia galima nurodyti visas galimas kriterijų poras ir pasirinkto kriterijaus viršutinę ir apatinę ribas. Duotu atveju pasirenkamos 4 kriterijų poros.

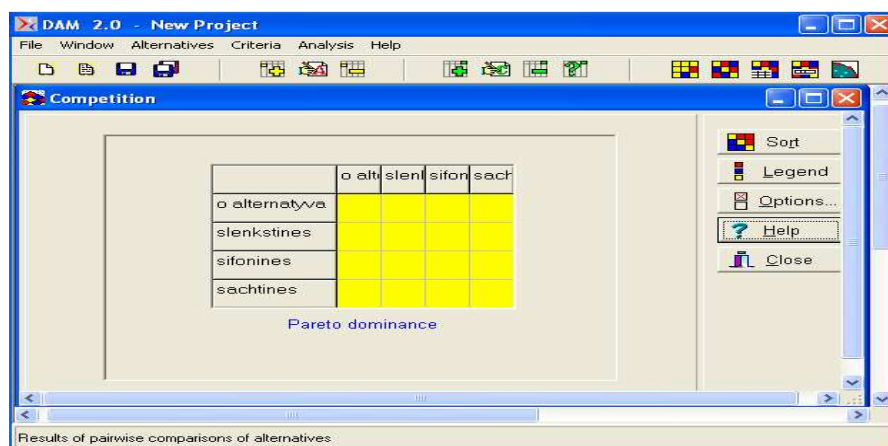
Programine įranga DAM galima išrinkti tinkamiausią alternatyvą naudojant 4 konkurencijos (*competition*) metodus:

- Pareto dominavimo (*Pareto dominance*) testą;
- pasiteisinamumo testą su pagrindiniu kriterijumi (*Test Outperformance with Basic Criterion*);
- pasiteisinamumo testą su kompromisais (*Test Outperformance with Trade-offs*);
- „kas bus jei“ (*What if analysis*).

Taip pat galima atlikti potencialiai optimalios alternatyvos testą (*Test Potential Optimality*) ir grafiškai pavaizduoti alternatyvų ir kriterijų duomenis (*Profiles*).

Pirmiausia atliekamas Pareto dominavimo testas (4.30 pav.). Pagal jį turi būti išpildytos dvi sąlygos:

- 1) alternatyva negali būti blogesnė už kitą pagal visus kriterijus;
- 2) alternatyva privalo būti žymiai geresnė už kitą bent pagal vieną kriterijų.



4.30 pav. Pareto dominavimo testas

Pareto dominavimo teste geltona spalva, tarp visų eilučių ir stulpelių, rodo, kad nei viena alternatyva nėra aiškiai geresnė už kitas t.y. nei viena alternatyva nedominuoja pagal nurodytus kriterijus. Paspaudę klavišą “*Legend*” gaunamas trijų spalvų paaiškinimas. Geltona paaiškinta aukščiau, o jeigu būtų raudona spalva tai reikštų, kad alternatyva eilutėje nėra blogesnė nei alternatyva stulpelyje pagal bet kurį kriterijų ir griežtai geresnė mažiausiai pagal vieną kriterijų. Mėlyna spalva reiškia, kad alternatyva eilutėje nėra geresnė nei alternatyva stulpelyje pagal bet kurį kriterijų ir griežtai blogesnė mažiausiai pagal vieną kriterijų.

Toliau atliekamas pasiteisinamumo testas su pagrindiniu kriterijumi. Kai pagrindinis kriterijus pasirenkama pralaidos tipų kaina gaunama (4.31 pav.):

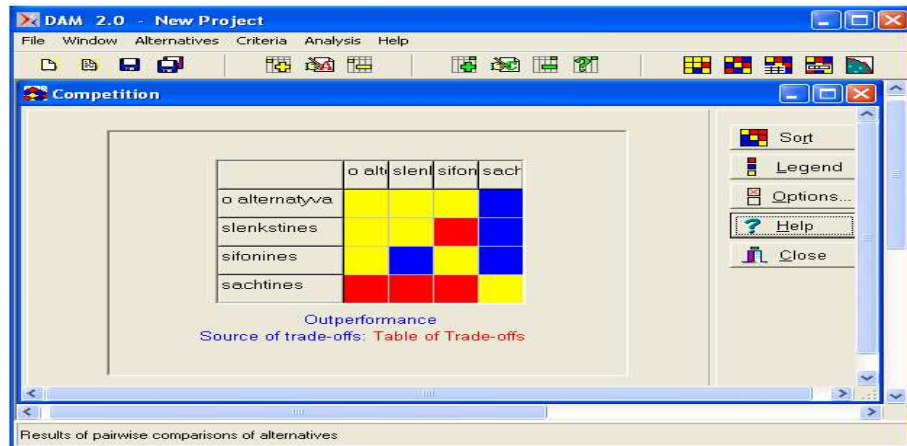


4.31 pav. Alternatyvų palyginimas

Iš 4.31 paveikslo matosi, kad visuose stulpeliuose geltona spalva, o tai reiškia, kad nei viena alternatyva nėra aiškiai geresnė už kitas t.y. nei viena alternatyva nedominuoja prieš kitas pagal nurodytus kriterijus.

Toliau atliekamas pasiteisinamumo testas su kompromisais (*Test Outperformance with Trade-offs*). Kad galima būtų atlikti šį testą reikia nurodyti viršutines ir apatines ribas tarp dviejų pasirinktų kriterijų. Jos nurodytos 4.29 pav.

Nustačius ribas galima atlikti testą(4.32 pav.).



4.32 pav. Pasiteisinamumo testas su kompromisais

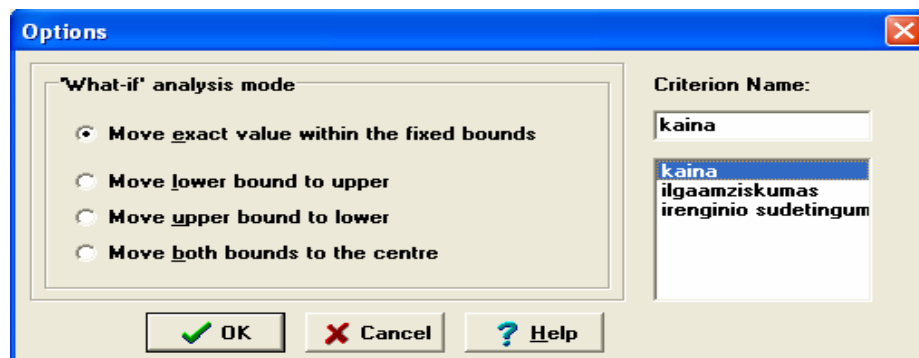
Iš šio testo paaiškėja, kad 3 alternatyva (šachtinės pralaidos), pagal nustatytas kriterijų ribas yra geresnė už kitas 3 alternatyvas.

Toliau galima atlikti „Kas bus jei“ (*“What-if“ Analysis*). Šios analizės dėka galima keisti pasirinktą kriterijų nustatytose ribose ir stebėti kaip keičiasi alternatyvų priimtinumas.

Kad atlikti šią analizę reikia:

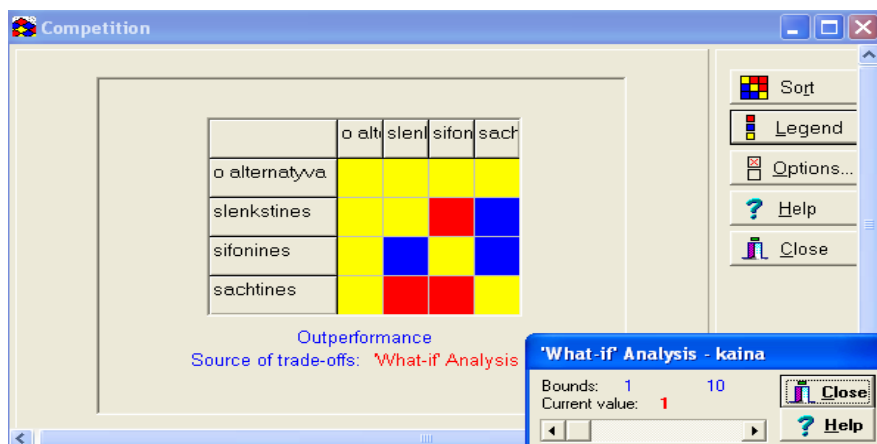
- 1) nustatyti pagrindinį kriterijų visi prieš vieną (*All to one*) skiltyje;
- 2) užėti ant *“What-if“* analizės lango. Čia galima pasirinkti vieną iš 4 *“What-if“* analizės režimų:
 - paslinkti tikslią vertę nustatytų ribų viduje;
 - paslinkti žemutinę ribą iki viršutinės;
 - paslinkti viršutinę ribą iki žemutinės;
 - paslinkti viršutinę ir apatinę ribas prie centro.

Iš likusių kriterijų sąrašo pasirenkama vienas iš jų, kurio balai bus keičiami (4.33 pav.).



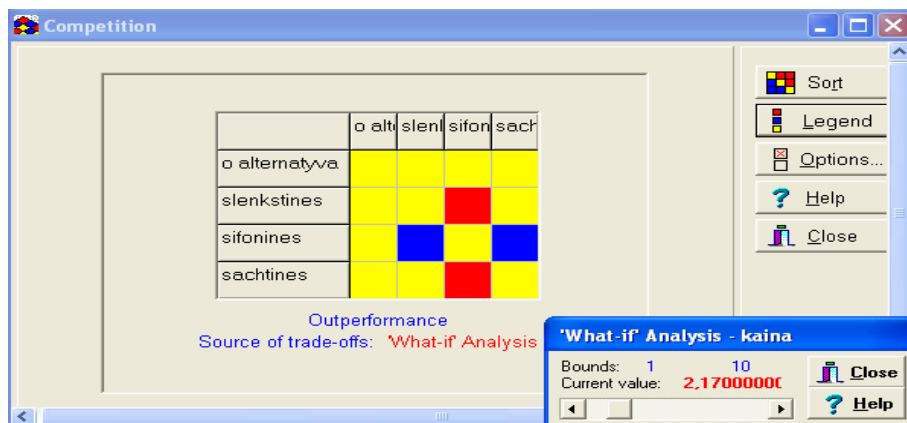
4.33 pav. *“What-if“* analizės režimų langas

Duotu atveju pagrindiniu kriterijumi pasirenkamas – medžiagos atsparumas išplovimui. Nagrinėjamas kriterijus – pralaidos kaina. Pasirenkamas režimas – „paslinkti tikslią vertę nustatytų ribų viduje“. Paspaudus „OK“ gaunama (4.34 pav.):



4.34 pav. „What-if“ analizės rezultatų langas

Iš 4.34 paveikslo matosi, kad kriterijaus (kainos) balui 1 geriausia yra 3 alternatyva (šachtinės tipo pralaidos). Galima keisti kriterijaus vertę t.y. esamas kriterijus – kaina, jis minimizuotas. Galima patikrinti kaip keisis alternatyvų priimtumas didinant medžiagos kainą (4.35 pav.).

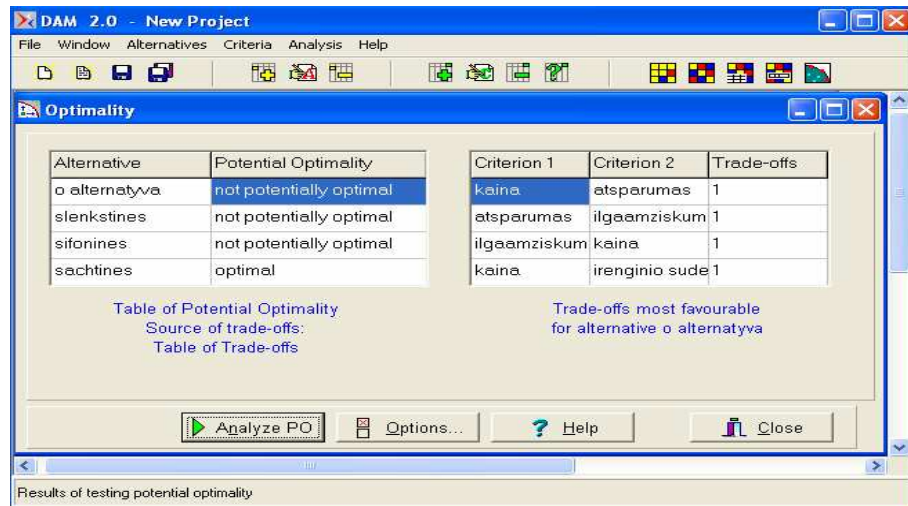


4.35 pav. „What-if“ analizės rezultatų langas

Padidinus kainą iki 2,17 balo geriausiomis tampa dvi alternatyvos (1 – slenkstinės ir 3 – šachtinės), jos yra lygiavertės.

Su DAM programa galima atlikti potencialiai optimalios alternatyvos testą (*Test Potential Optimality*). Šiuo testu nustatoma optimaliausia alternatyva pagal nurodytų kriterijų ribas.

Kriterijų poros ir jų ribos nustatomos kompromisų (*Trade-offs*) lange. Duotam atvejui jos nurodytos 4. 32 pav. Potencialiai optimalios alternatyvos testas atrodo taip (4.36 pav.):



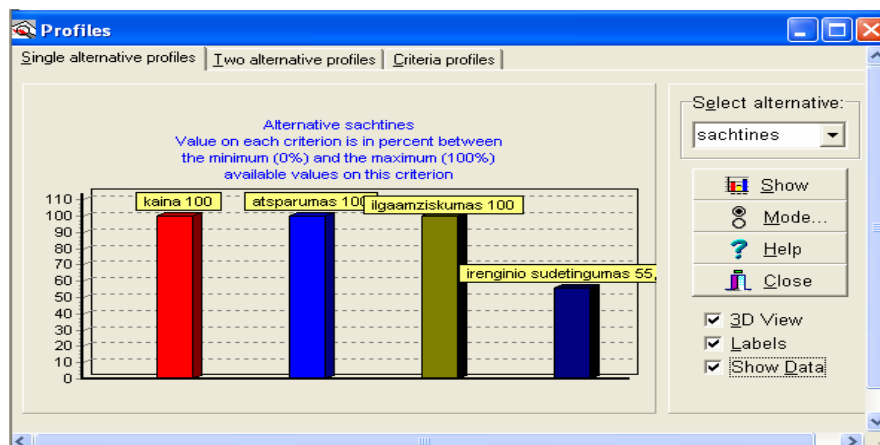
4.36 pav. Potencialiai optimalios alternatyvos testas

Kairėje esanti lentelė rodo kurios alternatyvos yra potencialiai optimalios, kurios ne ir viena optimaliausia. Duotu atveju optimaliausia alternatyva 3 (šachtinės tipo pralaidos), kitos potencialiai neoptimalios. Dešinėje pusėje esanti lentelė rodo kompromisus kurie yra palankiausi (nurodytų ribų viduje) alternatyvai, nurodytai kairėje pusėje. Taip galima sužinoti visoms alternatyvoms palankiausius kompromisus, nurodytus “Trade-Offs” lange.

DAM programa suteikia grafiškai palyginti:

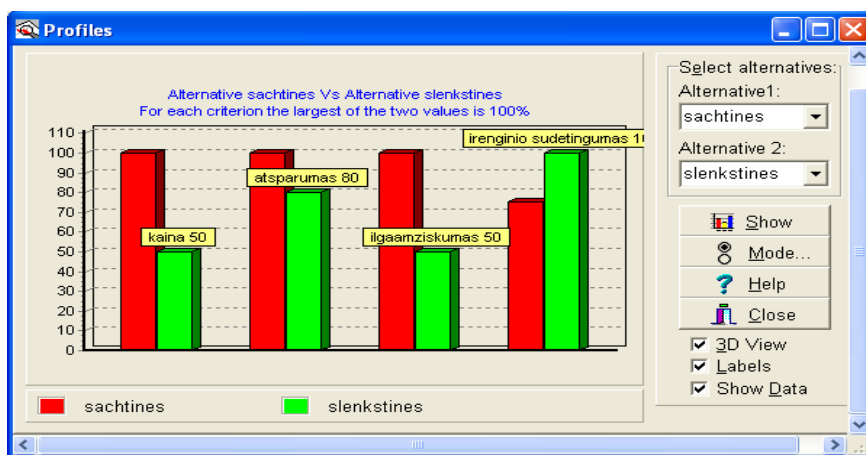
- pasirinktos vienos alternatyvos kriterijus;
- dvi alternatyvas pagal visus kriterijus;
- visas alternatyvas pagal vieną, pasirinktą, kriterijų.

Palyginimui pasirinkus 3-ią alternatyvą (šachtinės tipo pralaidos) matoma šios alternatyvos kriterijų išsidėstymas procentine išraiška (4.37 pav.):



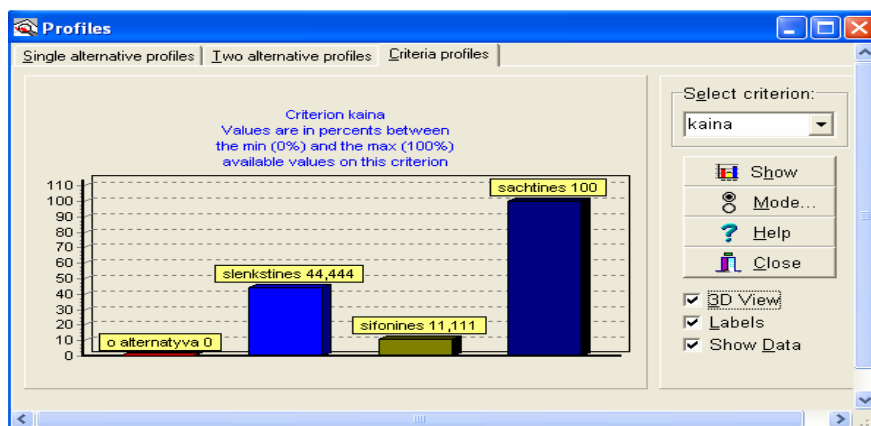
4.37 pav. Trečios alternatyvos kriterijų palyginimas

Dviejų alternatyvų (šachtinės ir slenkstinės tipo pralaidų) palyginimas procentine išraiška matomas 4.38 paveiksle.



4.38 pav. Dviejų alternatyvų (šachtinės ir slenkstinės tipo pralaidų) kriterijų palyginimas

Visas alternatyvos palyginamos pagal vieną kriterijų – kainą (4.39 pav.):



4.39 pav. Visų alternatyvų palyginimas pagal vieną kriterijų

Atlikus daugiakartinę analizę programine įranga DAM paaiškėjo, kad nustatčius kriterijus (kaina, atsparumas išplovimui, naudojimo ilgaamžiškumas, įrengimo sudėtingumas) skirtingoms įvairaus tipo pralaidoms ir jiems suteikus tokius vertinimo balus, kurie paminėti aukščiau gauta:

- trys iš keturių naudojamų konkurencijos metodų parodė, kad ŽU su šachtinio tipo pralaidomis Lietuvoje tinkamiausios;
- atlikus „Pareto dominavimo“ testą gauta, kad nei vienas iš lyginamųjų įvairaus tipo pralaidų nėra geresnė ar blogesnė už kitus pagal naudotus kriterijus.

IŠVADOS

- 1) Remiantis natūrinių tyrimų rezultatais, ištyrus 17 žemių užtvankų būklę nustatyta, kad 13 ŽU yra įrengtos šachtinio tipo perteklinės pralaidos, o tai sudaro 76% visų tirtų objektų.
- 2) Tyrimo metu nustatyta, kad iš 17 tirtų žemių užtvankų 4 – geros būklės, 10 – vidutinės būklės, 3 – patenkinamos būklės. Blogiausios būklės hts elementai yra taurai, taureliai, grotos, uždoriai, o geriausios būklės yra keteros, PVP įtekėjimo dalys, pratekėjimo dalys.
- 3) Atlikus daugiakartinę analizę su kompiuterine DAM programa paaiškėjo, kad Lietuvos gamtinėmis ir ūkinėmis sąlygomis ŽU su šachtinio tipo vandens pralaidomis yra tinkamiausios. Tačiau šis sprendimas yra tik sąlyginis/rekomendacinis ir kiekvienu konkrečiu atveju reikalinga kruopščiai išnagrinėti visus nagrinėjamos statybos vietos parametrus.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. БАКШИС К., ДАБУЖИНСКАС К. Филтрационные исследования гидросооружений Каунасской ГЭС. Гидротехническое строительство. 1963, 3; p.7–10.
2. BAROKAS R. Šaukoto užtvankos griūtis. Žemėtvarka ir melioracija. 1997, Nr.2. p.23–25.
3. ДАБУЖИНСКАС К. Пути рационализации эксплуатации гидросооружений малых ГЭС Литовской ССР. Автореферат дисертации. Каунас, 1955.
4. DABUŽINSKAS K. Mažųjų Lietuvos hidroelektrinių eksploatacijos pagerinimo klausimai. Energetika, 1958.
5. DAMULEVIČIUS V., RIMKUS Z., VAIŠNORAS A., VYČIUS J. Lietuvos hidrotechnikos statinių techninė būklė. Statyba ir architektūra. 1999, Nr. 9. p.61 – 64.
6. DAMULEVIČIUS V., RIMKUS Z., VYČIUS J. Investigation of the technical state of hydraulic structures in Lithuania. Water management engineering, 2001, 15 (37), p. 81–89.
7. Гидротехнические сооружения: справочник проектировщика. Москва: Стройиздат, 1983.
8. GRIGELIS E. Šaltuonos hidroelektrinės pražudymas. Žemėtvarka ir melioracija. ISSN 0236–4735.Nr. 1, p.54–55.
9. Gruntinių medžiagų užtvankos. Statybos techninis reglamentas STR 2.05.17:2005. Valstybės žinios, 2006, Nr. 19–664.
10. Hidrotechnikos statinių poveikiai ir apkrovos. Statybos techninis reglamentas STR 2.05.15:2004. Valstybės žinios, 2004, Nr. 130–4681.
11. Hidrotechnikos statinių techninės priežiūros taisyklės. Statybos techninis reglamentas 1.12..03.2006. Valstybės žinios, 2007, Nr.1–28.
12. Hidrotechninė statyba. Metodiniai patarimai. Sudarė Č. RAMONAS. Akademija: LŽŪU leidybinis centras, 2000.
13. Hidrotechnikos statinių projektavimas. Metodiniai patarimai. Sudarė Z. RIMKUS. Akademija: LŽŪU leidybinis centras, 2001.
14. JABLONSKIS J., PUNYS P., ŠAVELSKAS V., TAUTVYDAS A. Lietuvos mažosios hidroenergetikos žinynas. Lietuvos energetikos institutas, 1996..
15. KUDIRKA V. Lietuvos TSR pastatytų užtvankų iš vietinių statybinių medžiagų tyrinėjimo klausimai. LŽUA mokslo darbai, III t., 1957.
16. KUSTIENĖ R., POŠKA A. Mažoji hidroenergetika. Kaunas, Ūkininko patarėjas, 1997.

17. Lietuvos Respublikos upių ir tvenkinių klasifikatorius. Valstybinės žinios, 2001, Nr. 107–3888.
18. МАЛАХАНОВ Б. Б. Техническая диагностика грунтовых плотин. Москва: Энергоиздат, 1990.
19. The Norwegian regulations for planning, construction and operation of dams. Norway Oslo: Norwegian University Press, 1996.
20. Potencialiai pavojingų hidrotechnikos statinių techninės būklės įvertinimas. Organizacinis tvarkomosios statybos reglamentas STR 1.12.03:2000. Valstybės žinios, 2000, Nr.2.
21. POVILAITIS A. Kaimo kraštovaizdžio kaita ir savitumo požymiai. Akademija, 2000.
22. RAMONAS Č., DAMULEVIČIUS V., JUODIS J., RAMUKEVIČIUS D., RIMKUS Z., RUPLYS B., ŠADZEVIČIUS R., VAITIEKŪNAS A., VAIŠVILA A., ŽDANKUS N. Kauno HE žemių ir betono užtvankų filtracijos kompleksinis įvertinimas. Autorinio mokslinio darbo ataskaita. I ir II dalys. Kaunas, Akademija, 2001.
23. RUPLYS, B. Hidrotechniniai statiniai. Vilnius; Mokslas, 1988.
24. Tvenkinių katalogas. Aplinkos apsaugos ministerija, Hidrografinio tinklo tarnyba. Kaunas, 1998.
25. ŠADZEVIČIUS R., 2002. Tvenkinių hidromazgų šlaitų tvirtinimo gelžbetoninėmis plokštėmis techninės būklės vertinimas. LŽŪU ir Lietuvos vandens ūkio instituto mokslo darbai. Vandens ūkio inžinerija. 20 (42), 88–93.
26. VERTELKA B.. Technikos paminklai ateičiai. Mokslas ir technika. 2, 1977, p. 45–46.
27. VYČIUS J., RIMKUS Z., DAMULEVIČIUS V. Žemių užtvankų ir pylimų būklė, jos kitimas ir vertinimo sistema. Užtvankų ir pylimų būklė, jos kitimas ir vertinimo sistema. MTD ataskaita, 1999.

Tyrimų rezultatai, paskelbti mokslinėse konferencijose:

LABUCKAS R. Vilniaus apskrities hidromazgų techninė būklė. Iš: *Jaunasis mokslininkas 2010: studentų mokslinė konferencija*. – LŽŪU. Akademija, 2010.

Tyrimų rezultatai paskelbti leidiniuose:

LABUCKAS R. Vilniaus apskrities žemių užtvankų techninės būklės tyrimas. Iš: *Studentų mokslo darbai*. – 2010.