



Kauno technologijos universitetas
Statybos ir architektūros fakultetas

**Lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo administracinės
bei prekybinės paskirties pastatuose galimybių studija**

Baigiamasis magistro projektas

Arnas Jasinskas
Projekto autorius

Lekt. Dr. Juozas Vaičiūnas
Vadovas

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas
Statybos ir architektūros fakultetas

Lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo administracinės bei prekybinės paskirties pastatuose galimybių studija

Baigiamasis magistro projektas

Darnūs ir energetiškai efektyvūs pastatai (6211EX006)

Arnas Jasinskas
Projekto autorius

Lekt. Dr. Juozas Vaičiūnas
Vadovas

Prof. Dr. Tadas Ždankus
Recenzentas

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas

Statybos ir architektūros fakultetas

Arnas Jasinskas

Lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo administracinės bei prekybinės paskirties pastatuose galimybių studija

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Arno Jasinsko, baigiamasis projektas tema „Lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo administracinės bei prekybinės paskirties pastatuose galimybių studija“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Arnas Jasinskas. Lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo administracinės bei prekybinės paskirties pastatuose galimybių studija. Magistro krypties studijų baigiamasis projektas vadovas lekt. dr. Juozas Vaičiūnas. Kauno technologijos universitetas, statybos ir architektūros fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Inžinerija, Statybos Inžinerija (E05)

Reikšminiai žodžiai: Geriamo vandens suvartojimas, lietaus vandens panaudojimas, lietaus vandens surinkimas.

Kaunas, 2020. 47 p.

Santrauka

Magistro baigiamajame darbe, analizuojamos lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo sistemos galimybės prekybinės bei administracinės paskirties pastatuose. Iš viso darbe nagrinėjami aštuoni pastatai: 4 administracinės bei 4 prekybinės paskirties.

Darbo tikslas – ištirti realų suvartojamo vandens kiekį skirtingos paskirties pastatuose, taip pat nustatyti kokią dalį suvartojamo vandens galimą būtų pakeisti lietaus vandeniu. Naudojantis realiais suvartojamo vandens kiekiais pastatuose pritaikyti lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo sistemą.

Suvartojamam vandens kiekiui pastate nustatyti buvo nurašomi įvadiniai pastatų skaitiklių parodymai, tai atliekama kiekvieną mėnesį. Gauti faktiniai suvartojamo vandens kiekiai palyginti su teoriniais kiekiais, apskaičiuotais pagal Lietuvoje galiojančias vandens vartojimo normas RSN 26-90. Ištirta, kad pasirinktuose objektuose suvartojamo vandens kiekis sudaro 33-36 %, projektinio suvartojamo vandens kiekio, jei pastatas yra maisto parduotuvė bei 80-114 % jei pastatas yra administracinės paskirties.

Naudojantis realiais pastate suvartojamo vandens kiekiais buvo modeliuojamos lietaus surinkimo ir panaudojimo sistemos. Apskaičiuotos pradinė investicijų dydis, eksploatacijos kaštai bei atsipirkimo laikotarpis. Nagrinėjamuose pastatuose pasiekti sistemos atsipirkimą pavyko tik dvejiems pastatams, kurių atsipirkimo laikotarpis pasiektas po 19 ir 49 metų.

Jasinskas Arnas. Feasibility Study of Rainwater Harvesting and Usage in Commercial and Office Buildings. Master's Final Degree Project supervisor lekt. dr. Juozas Vaičiūnas; Civil Engineering and Architecture Faculty, Kaunas University of Technology.

Study field and area: Engineering, Civil Engineering (E05)

Keywords: Water consumption, rainwater harvesting, water mass balance.

Kaunas, 2020. Number of pages 47.

Summary

Master's thesis analyzes rainwater harvesting system feasibilities in commercial and administrative purpose building. Investigation includes: 4 commercial and 4 administrative buildings.

The aim of thesis – to investigate the actual potable water consumption in the different purpose buildings also identify the amount of water we can replace by using rainwater. Using real non-potable water demand apply rainwater harvesting system for each building.

Water demand in the building was determined by collecting mains water meter data every month for whole year. Data was compared with theoretical consumption rates existing in Lithuania. It was found that in selected buildings actual water consumption met only 33-36 % of theoretical consumption rate if it is food store. For the administrative buildings actual water consumption was 80-114% of theoretical water consumption.

Based on actual water demand, rainwater harvesting system was adopt for every building. Calculated expected initial, operation and maintain costs to determine payback period. It was founded that only two buildings have payback period for rainwater harvesting system. In first case it is 19 yr. in the second 49 yr.

TURINYS

Lentelių sąrašas	7
Paveikslų sąrašas	8
Įvadas	9
1. Literatūros apžvalga.....	10
1.1. Lietaus surinkimo ir panaudojimo technologijos	10
1.2. Lietaus vandens surinkimo rezervuarai	12
1.3. Vandens suvartojimas pastate	13
1.4. Lietaus vandens kokybės gerinimas	15
1.5. Optimaliausios sistemos parinkimas.....	17
2. Tyrimo metodika	20
2.1. Faktinis vandens suvartojimas pastate	20
2.2. Teorinis suvartojamo vandens kiekio skaičiavimas	20
2.3. Negeriamo vandens suvartojimas pastate	20
2.4. Mėnesinių lietaus nuotekų nuo pastato stogo skaičiavimas.....	20
2.5. Lietaus vandens debitas nuo plokščio stogo	20
2.6. Sistemos komponentų pasirinkimas	21
2.7. Vandens masės balanso modeliavimas	21
2.8. Ekonominė analizė.....	21
3. Tyrimas	23
3.1. Tyrinėjamų pastatų aprašymas ir bendrieji duomenys	23
3.2. Vandens suvartojimas pastatuose	25
3.2.1. Teorinio vandens suvartojimo skaičiavimas	25
3.2.2. Faktinis vandens suvartojimas.....	28
3.3. Negeriamo vandens suvartojimas.....	30
3.4. Mėnesinis surenkamo lietaus vandens kiekis.....	31
3.5. Vandens balansas rezervuare.....	31
3.5.1. Vandens rezervuarai.....	32
3.5.2. Vandens siurbliai	33
3.5.3. Sistemos vamzdynas	33
3.5.4. Vandens filtracija.....	36
3.5.5. Lietaus vandens dezinfekcija.....	37
3.5.6. Sistemos priežiūra.....	38
3.6. Ekonominė analizė.....	38
3.6.1. Pradinės investicijos.....	38
3.6.2. Sistemos eksploatacijos išlaidos.....	39
3.6.1. Energijos išlaidos.....	39
4. Rezultatai	40
4.1. Hidrauliniai sistemos parametrai	40
4.2. Finansiniai sistemos parametrai	41
5. Išvados.....	44
6. Literatūros sąrašas	45

Lentelių sąrašas

1 pav. Savitakinė lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo sistema.	10
2 pav. Lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo sistema su požeminiu rezervuaru	11
3 pav. Lietaus surinkimo ir panaudojimo sistema panaudojant du rezervuarus	12
4 pav. Vandens rezervuaro schema	12
5 pav. Žmogaus suvartojamas vandens kiekis per dieną	14
6 pav. Vandens suvartojimo pasiskirstymas skirtinguose pastatuose	15
7 pav. Suvartojamo vandens pasiskirstymas skirtingos paskirties pastatuose	15
8 pav. Principinė lietaus vandens valymo ir dezinfekavimo schema	17
9 pav. Lietaus vandens laikymo rezervuaras	18
10 pav. Sistemos įrengimo ir priežiūros darbų kaštų sudedamosios dalys.	21
11 pav. Suvartojamo vandens palyginimas prekybos paskirties pastatuose.	29
12 pav. Suvartojamo vandens palyginimas administracinės paskirties pastatuose.	30
13 pav. Lietaus vandens sistema parduotuvėje nr. 1.	34
14 pav. Panaudojamo/surenkamo lietaus vandens pastate pasiskirstymas.	41
13 pav. Maisto ir pramoninių prekių parduotuvės finansiniai rodikliai.	42
14 pav. Administracinės paskirties pastato nr. 1 finansiniai rodikliai.	42
15 pav. Vidutinis investicijų pasiskirstymas per sistemos gyvavimo laikotarpį.	43
16 pav. Finansiniai lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo sistemos rodikliai.	43

Paveikslų sąrašas

1 lentelė. Bendrieji nagrinėjamų pastatų duomenys.....	24
2 lentelė. Teoriniai suvartojamo vandens debitai bei duomenys jiems apskaičiuoti.....	27
3 lentelė. Per mėnesį suvartoto vandens kiekis, metinė lentelė.	28
4 lentelė. Negeriamo vandens suvartojimas pastatuose.....	30
5 lentelė. Daugiamečiai iškrentančių kritulių kiekiai, mm	31
6 lentelė. Mėnesiniai surenkamų kritulių kiekiai, mm.	31
7 lentelė. Rinkoje vyraujančios plastikinių rezervuarų kainos.	32
8 lentelė. Pastatams pasirinkti siurbiai	33
10 lentelė. Apskaičiuotos negeriamo vandens vamzdyno įrengimo kainos.	36
11 lentelė. Pirminių filtravimo sistemų kainos iš gamintojų katalogų.	36
12 lentelė. Antrinio filtravimo sistemų kainos iš gamintojų katalogų.....	37
13 lentelė. Ultravioletinių spindulių dezinfekavimo sistemos.	37
14 lentelė. UV lempų kainos.....	38
15 lentelė. Pradinis investicijų dydis į sistemos įrenginius bei jų sumontavimą.	38
16 lentelė. Metinės išlaidos sistemos priežiūrai ir remontui.....	39
17 lentelė. Metinis vandens balansas rezervuaruose.	40
18 lentelė. Penkiasdešimties metų kaštų bei pajamų finansiniai rodikliai.....	41

Įvadas

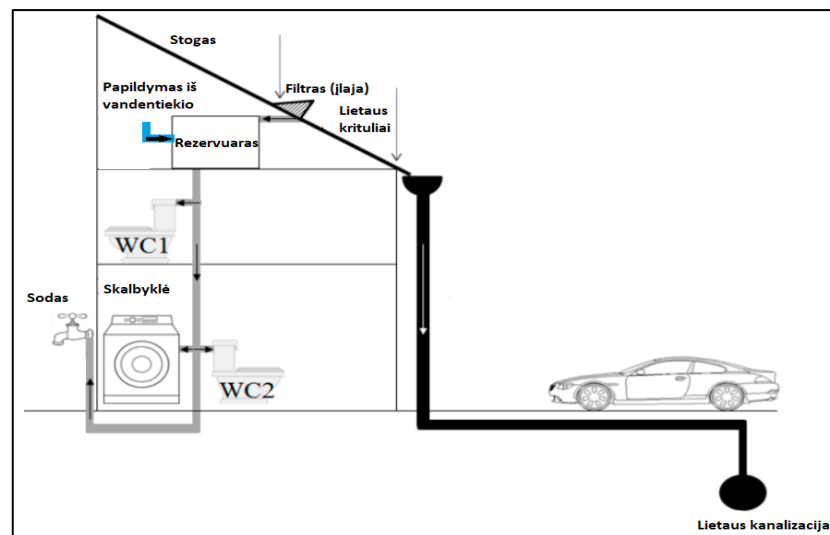
Lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo technologijos yra žinomos nuo gilios senovės. Jis buvo renkamas nuo įvairių paviršių į rezervuarus ir saugojamas ten tolimesniam naudojimui. Lietaus vanduo buvo labai vertinamas dėl savo grynumo ir minkštumo. Šis vanduo pasižymi beveik neutraliu pH, neturi savyje druskų, mineralinių medžiagų bei kitų natūralių ir žmogaus įtakotų priemaišų. Dažniausiai šis vanduo buvo naudojamas žemės ūkio reikmėms tenkinti [1]. Šiuolaikiniame pasaulyje dėl nuolatos augančio vandens poreikio lietaus vandens surinkimo technologijos vis dažniau yra naudojamos kaip racionalus ir tvarus būdas sumažinti geriamo vandens suvartojimą. Surinkus lietaus vandenį nuo stogų ar kitų paviršių ir tinkamai jį apdorojus galimas jo antrinis panaudojimas buitinėms reikmėms tenkinti: klozeto bakeliams nuleisti, drabužiams skalbti, grindims plauti ir t.t. Kiekvienas pastatas turi savitas vandens vartojimo tendencijas. Priklausomai nuo to kokios paskirties yra pastatas priklauso ir jame naudojamo vandens pobūdis. Administracinės paskirties pastatuose didžioji dalis vandens panaudojama sanitariniuose mazguose: tualetų bei pisuarų bakelių nuleidimui, bei rankų plovimui. Tuo tarpu restoranuose ir maisto prekių parduotuvėse vandens panaudojimo sričių yra daugiau, prisideda: maisto gamyba, indų plovimas bei patalpų higiena. Šiame darbe išanalizuoti suvartojamo vandens kiekiai skirtingos paskirties pastatuose, gauti rezultatai palyginti su teoriniais rezultatais, kurie apskaičiuoti remiantis Lietuvoje galiojančiomis vandens suvartojimo normomis „RSN 26-90“ [2]. Naudojantis literatūroje rastais jau atliktais tyrimais apskaičiuoti vandens kiekiai, kurie gali būti panaudoti pakeičiant jį į lietaus vandenį. Naudojantis visais turimais duomenimis bus modeliuojama lietaus surinkimo ir panaudojimo sistema, apskaičiuojami kasmetiniai sutaupomo geriamo vandens kiekiai. Kiekvienam pastatui atliekama ekonominė analizė įsivertinant pradinės investicijos dydį į sistemą, priežiūros remonto kaštus bei kasmetines energijos sąnaudas. Įvertintas sistemos atsipirkimo laikas bei sutaupomų pinigų suma atliekant 50-ies metų ciklo simuliaciją. Iš viso darbe bus nagrinėjami aštuoni pastatai: 3 maisto prekių parduotuvės, 3 administracinės paskirties, 1 pramoninių ir maisto prekių parduotuvė bei 1 administracinės paskirties su restoranu. Visi pastatai stovi Kauno ir Vilniaus miestuose, todėl modeliavimas bus atliekamas naudojantis daugiamečiais iškrentančių kritulių kiekiais šiuose miestuose.

1. Literatūros apžvalga

1.1. Lietaus surinkimo ir panaudojimo technologijos

Lietaus surinkimo sistemą sudaro keli pagrindiniai komponentai, pirmiausia tai paviršius nuo kurio surenkami krituliai, dažniausiai tai būna pastato stogas, tačiau galimi ir kiti variantai tokie kaip: pastato fasadas, automobilių stovėjimo aikštelė ir kt. Taip pat sistemą sudaro vandens talpykla, kurioje laikomas surinktas vanduo bei vamzdynas, kuriuo vanduo teka nuo sugavimo vietos iki talpos. Priklausomai nuo paskirties kam bus naudojamas lietaus vanduo, jis privalo būti išvalomas nuo nepageidaujamų teršalų.

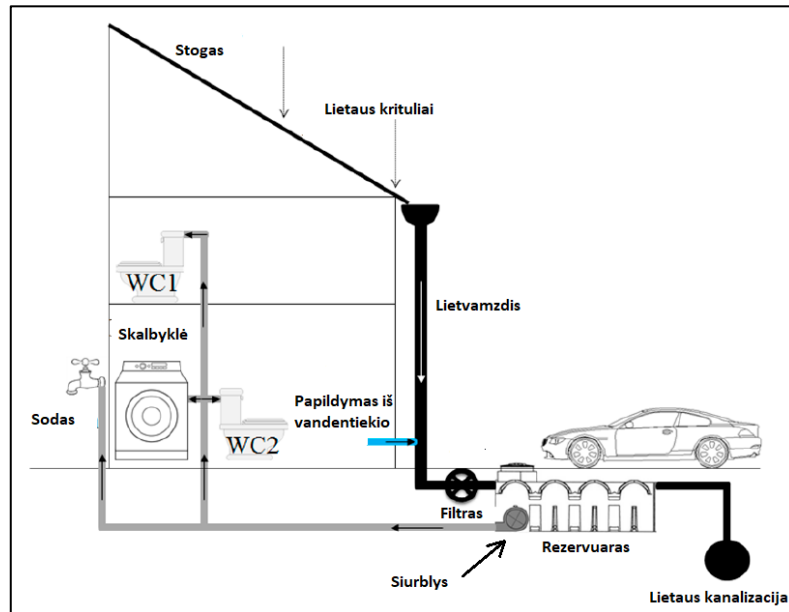
Lietaus surinkimo ir panaudojimo technologijos gali būti skirtingos, priklausomai nuo tipo, jos gali būti paremtos gravitacijos principu, kur vanduo laikomas viršutinėje pastato dalyje ir į žemiau esančius naudojimo prietaisus, keliauja savaime tekėdamas, žiūrėti į **1 pav.** Šios sistemos privalumas yra tas, kad patiriamos mažesnės sistemos eksploatacijos išlaidos, nes nėra elektros energiją naudojančių įrenginių [3].



1 pav. Savitakinė lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo sistema [3].

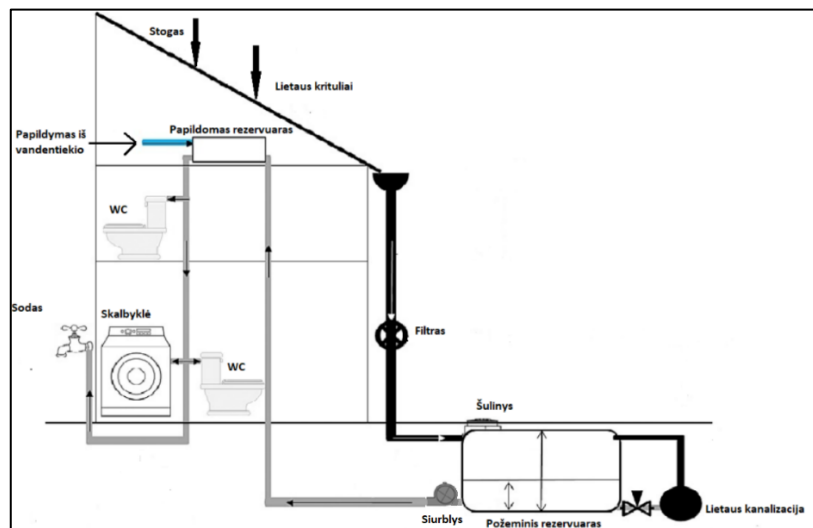
Taip pat yra sistema, kurioje lietaus vanduo yra nutekinamas į požeminius rezervuarus. Šiai sistemai reikalingi papildomi siurbliai, kurie galėtų pakelti vandenį iki reikalingo aukščio tolimesniam naudojimui. Ši sistema yra dažniau sutinkama praktikoje dėl savo teikiamų privalumų. Ši sistema leidžia pasirinkti tinkamą talpyklos dydį nesibaiminant, kad vanduo pernelyg apkraus pastato konstrukcijas. Vandens rezervuaras neužima naudojamo ploto bei negadina aplinkos vaizdo. Taip pat šis sprendimo būdas apsaugo rezervuarą nuo tiesioginių saulės spindulių, kurie šildo talpykloje esanti vandenį, kas gali įtakoti nepageidaujamų mikroorganizmų atsiradimą ir plitimą. Praktikoje aptinkama įvairių sistemų, tačiau jos susideda iš šių pagrindinių komponentų: požeminės talpyklos, vandens filtrų, vandens lygio kontrolės, siurblių ir t.t. Viena iš galimų sistemos variacijų pavaizduota 2 pav. Ši sistema reikalauja daugiau investicijų bei priežiūros, nes naudojami elektriniai prietaisai: siurbliai ir valdymo automatika. Rezervuaras yra tiesiogiai sujungiamas su prietaisais, kurie naudoja lietaus vandenį. Nukritus sistemoje slėgiui (vienam iš prietaisų pradėjus naudoti vandenį), valdymo

automatika įjungia siurblį, taip vanduo patiekiamas į reikiamus prietaisus. Rezervuaruose sumontuoti vandens lygio jutikliai, kurie neleidžia ištuštėti talpyklai. Pasiekus žemutinę ribą rezervuaras yra papildomas vandentiekio vandeniu.



2 pav. Lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo sistema su požeminiu rezervuaru [3].

Lietaus vandens panaudojimui pastate gali būti naudojama ir dviejų rezervuarų sistema žiūrėti į 3 pav. Šioje sistemoje darbą atlieka dvi vandens talpyklos, pirmoji yra naudojama vandens saugojimui, antroji talpykla yra naudojama vandens paskirstymui pastate. Ši talpykla dažniausiai aptinkama viršutinėje pastato dalyje, iš ten vanduo yra patiekiamas savitaka į žemiau esančius prietaisus. Viršutiniame rezervuare vandens lygiui pasiekus žemutinę ribą siurblių pagalba vanduo yra atitekinamas iš pirminės talpyklos. Esant lietaus vandens stygiui viršutinis rezervuaras užpildomas vandentiekio vandeniu [4]. Ši sistema pasižymi mažesnėmis energijos išlaidomis. SiurbLIAI naudojami vieną arba kelis kartus per dieną, kad pripildyt viršutinį vandens rezervuarą. SiurbLIAI dirba optimaliausiu režimu nepertraukiamai, kol nepasiekia reikalingo kiekio. Tuo tarpu tiesioginio tiekimo sistemose siurbLIAI įsijungia kaskart atsiradus vandens vartojimui pastate. Tai padidina energijos sąnaudas bei sumažina siurblio gyvavimo laiką [5].

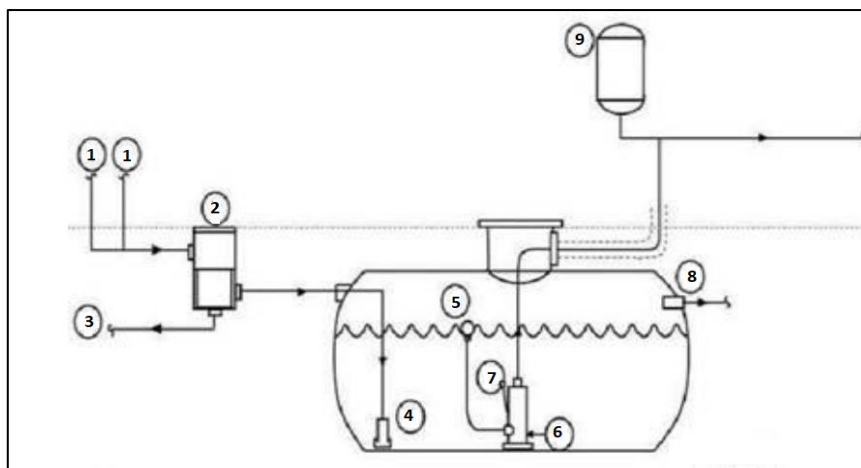


3 pav. Lietaus surinkimo ir panaudojimo sistema panaudojant du rezervuarus [4].

1.2. Lietaus vandens surinkimo rezervuarai

Vandens talpyklų rinkoje galime rasti įvairaus dydžio bei formų jos gali būti pagamintos iš skirtingų medžiagų, tačiau yra pagrindinės savybės, kurios turi būti numatytos kiekvienoje talpykloje, nepriklausomai kas jas pagamino.

- Talpyklos sandarumo reitingas – rezervuarai sukurti vandens laikymui privalo išlaikyti bent minimalų sandarumo lygį visą savo gyvavimo ciklo periodą. Didelėms sistemoms, kurios yra gaminamos vietoje nustatyti talpyklos sandarumo lygį ganėtinai sunku, todėl rekomenduojama rinktis gamintojo patikrintus gaminius.
- Vandens kokybės gerinimas – dažnai tarptautiniuose reikalavimuose skirtuose lietaus vandens talpykloms randami du pagrindiniai elementai skirti vandens kokybės gerinimui. Pirmasis - „ramusis vandens įleidimas“, šios sistemos pagalba vanduo į rezervuarą įleidžiamas apatinėje dalyje kryptimi į viršų. Šios sistemos pagalba teršalai, kurie guli rezervuaro dugne nėra, išjudinami. Antrasis - elementas, tai plūduriuojantis vandens paėmimas. Žarna, kuri skirta vandens išleidimui, pritvirtinama prie plūduro, kuris leidžia vandenį imti iš viršutinės talpyklos dalies, ši sistema apsaugo nuo teršalų paėmimo iš dugno.
- Siurblių tipai bei sumontavimo vieta – yra daugybė skirtingų variantų. Siurbliai gali būti panardinami rezervuare, statomi ant žemės bei pačiame vamzdyne.
- Rezervuaro priežiūra - lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo technologijos gali gyvuoti 20-50 metų. Per šį laikotarpį sistemai reikalingi priežiūros ir remonto darbai, todėl svarbu, kad būtų patogus priėjimas prie visų įrenginių [6].



4 pav. Vandens rezervuaro schema [6].

1) lietaus vandens surinkimas nuo stogo; 2) Filtras; 3) Nutekėjimas į lietaus kanalizaciją; 4) Vandens įleidimas į talpą; 5) Plūdė; 6) Panardinamas vandens siurblys; 7) Žemo vandens lygio matuoklis;

Rinkoje galima aptikti siūlomų talpyklų, kurios yra pagamintos iš skirtingų medžiagų. Tai vienas iš pagrindinių elementų įtakojančių galutinę rezervuaro kainą. Medžiagos iš kurių yra gaminami lietaus

vandens rezervuarai lemia rezervuaro ilgaamžiškumą, patvarumą bei įrengimo sudėtingumą. Žemiau išvardintos pagrindinės medžiagos iš kurių yra gaminami lietaus vandens rezervuarai:

Plastikas – iš šios medžiagos gaminami rezervuarai, kuriuose galima laikyti nuo 100 iki 45000 litrų lietaus vandens. Plastikiniai rezervuarai yra vienas populiariausių pasirinkimų lietaus vandens laikymui, dėl to, kad plastikas pasižymi ilgaamžiškumu ir tvirtumu. Talpyklos gaminamos iš polietileno (PE), polipropileno (PP) bei polivinilchlorido (PVC). Gali būti montuojamas ant žemės ir po ja [7].

Stiklo pluoštas – tai ganėtinai dažnas pasirinkimas lietaus vandens talpyklos gamybai. Dažniausiai šie rezervuarai naudojami po žeme. Galimas rezervuaro dydis iki 100 m³. Nors ir turintys ilgą gyvavimo amžių šie rezervuarai dažnai netampa pigiausiu sistemos variantu dėl ganėtinai brangaus įrengimo.

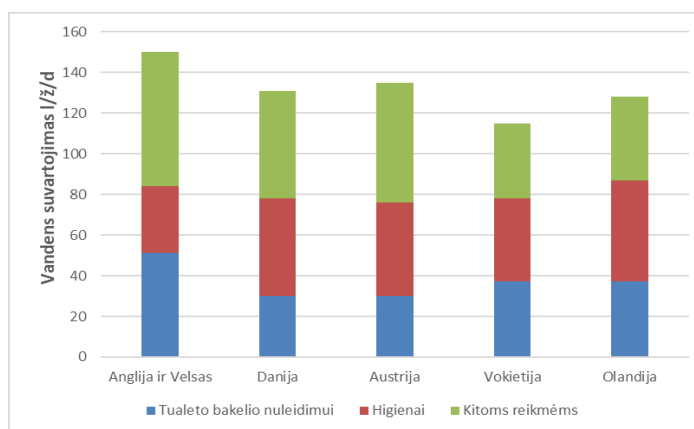
Plieninis Armuotas Polietilenas – tai ganėtinai nauja technologija, kuri pasižymi polietileno ilgaamžiškumu bei plieno tvirtumu. Šie rezervuarai atsparūs korozijai ir gali tarnauti iki 75 metų. [6]

Cinkuotas plienas – iš šios medžiagos pagamintos talpyklos vienas iš pigiausių variantų rinkoje. Rezervuarai statomi ant žemės. Kokybiškai pagamintas rezervuaras gali tarnauti ilgą laikotarpį. Svarbu nepažeisti metalo paviršiaus, kad rezervuaras nepradėtų rudyti. Tai ganėtinai draugiškas aplinkai sprendimas, nes atitarnavęs plienas gali būti perdirbamas.

Betonas – šie rezervuarai gaminami statybos aikštelėje. Pasižymi tvirtumu ir ilgaamžiškumu, tačiau yra ganėtinai pralaidūs vandeniui. Tarptautiniuose standartuose leidžiamas minimalus betoninio rezervuaro pralaidumai vandeniui, tuo tarpu kitiems rezervuaras joks pralaidumas neleidžiamas [8].

1.3. Vandens suvartojimas pastate

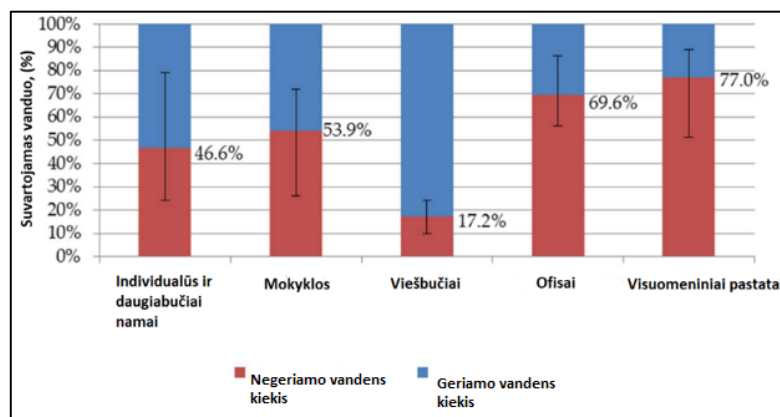
Geriamojo vandens vartojimą šalyje lemia labai daug aspektų: klimatas, demografija, kultūra, socio-ekonominė padėtis ir t.t. Dėl šių priežasčių suvartojamo vandens kiekis vienam žmogui gali būti labai skirtingas priklausomai nuo to kokioje šalyje ar mieste gyvenama. Atliktuose tyrimuose galime pastebėti, kad vandens suvartojimas Europos šalyse svyruoja 115 – 150 l/d/ž (litrai per dieną vienam žmogui). Tyrime buvo nagrinėjamos šios šalys: Olandija, Anglija-Velsas, Vokietija bei Austrija. Didžiausias vandens suvartojimas atitenka Anglijos –Velso gyventojams 150 l/d/ž. Tyrime atskleista, kad didžiausią įtaką tokiam dideliame suvartojimui daro nebuvimas individualios apskaitos dalyje namų. Užfiksuota, kad vandens suvartojimas vienam žmogui su individualia apskaita siekia 133 l/d/ž, tuo tarpu žmonėms, kurie neturi individualios apskaitos vienam vartotojui atitenka apie 154 l/d/ž. Taip pat buvo matuojami kiekiai vandens sunaudojami tualetų bakelių nuleidimams, asmeninei higienai bei kitoms reikmėms. Suvartojami kiekiai vandens vienam žmogui pateikti 5 pav. [9]. Matoma, kad vandens suvartojimas tualetu bakelių nuleidimui svyruoja nuo 30 iki 51 litro, tai sudaro 22-34 proc. bendro visos dienos suvartojimo.



5 pav. Žmogaus suvartojamas vandens kiekis per dieną [9].

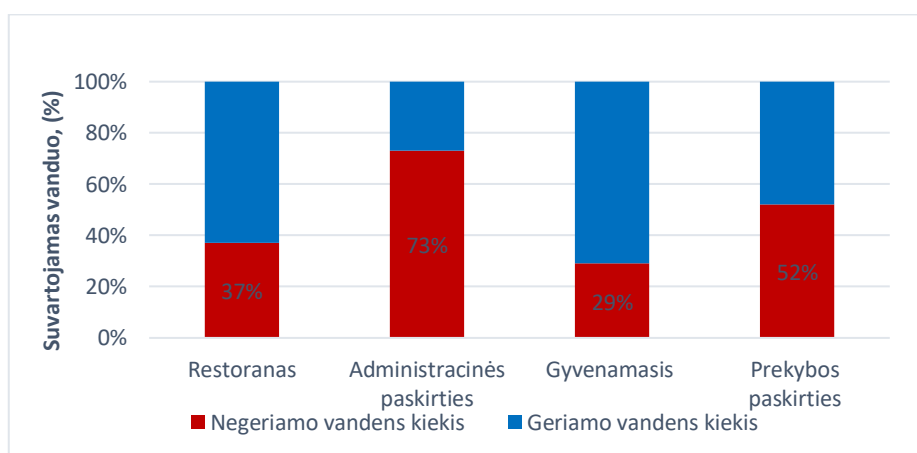
Lietuvoje, projektuojant vidaus vandentiekio sistemas, pastatuose naudojamos vandens vartojimo normos RSN 26-90. Šios normos buvo apskaičiuotos 1991 m. Suvartojamo vandens kiekis vienam žmogui priklauso nuo pastato paskirties bei naudojamų prietaisų. Didžiuosiuose Lietuvos miestuose suvartojamo vandens kiekis vienam žmogui turėtų svyruoti 230-300 l/d, tačiau atliktas tyrimas atskleidžia, kad 2009-2012 metų periode tikrasis suvartojimas buvo apie 106 l/d/ž., tai daugiau nei du kartus mažesnis skaičius nei yra nurodyta vandens vartojimo normose. Pasak autoriaus, didžiausia įtaką šiam skirtumui turi pakilusi vandens kaina bei atsiradusi individuali vandens apskaita [10]. Projektuojant pastato vidaus vandentiekio tinklus arba lietaus surinkimo sistemą labai svarbu žinoti kokie kiekiai vandens iš tikrųjų suvartojami pastato viduje. Jeigu atlikti teoriniai vandens debito skaičiavimai kelis kartus didesni nei faktinis suvartojimas investicijos į sistemą gali labai išaugti.

Lietaus vandens poreikis pastate yra vienas svarbiausių klausimų įrenginėjant lietaus surinkimo ir panaudojimo sistemą. Lietaus vanduo, gali būti panaudojamas tualetų bakelių nuleidimui, lauko laistymui, drabužių skalbimui, patalpų valymui ir t.t. Siekiant išsiaiškinti vandens poreikį skirtingos paskirties pastatuose, reikalingi tyrimai bei vandens suvartojimo analizės. Analizuojant jau atliktus tyrimus pastebėta, kad žemos kokybės vandens poreikis pastatuose yra labai skirtingas, jis gali sudaryti nuo 17 – 77 proc. bendro vandens suvartojimo. Tyrimuose siekiama išsiaiškinti kokią dalį vandens žmonės sunaudoja pastatuose negeriamo vandens tikslais. Atskleista, kad negeriamo vandens tikslais žmonės daugiausiai išnaudoja administracinės bei visuomeninės paskirties pastatuose 69,6 – 77 proc.[11]. Tai galima paaiškinti, nes šiuose pastatuose, žmonės nesimaudo bei nenaudojam vandens maisto ruošimui, dažniausiai vanduo naudojamas klozeto bakeliui nuleisti bei rankų apsiplovimui. Mažiausiai lietaus vandens gali būti panaudota viešbučiuose, vos 17,2 proc. Visi duomenys iš tyrimo pateikiami 6 paveikslėlyje [11].



6 pav. Vandens suvartojimo pasiskirstymas skirtinguose pastatuose [11].

Analogiškas tyrimas buvo atliktas Japonijoje, iš viso buvo analizuojama 1715 pastatų, iš kurių didžioji dalis gyvenamieji namai, taip pat buvo analizuoti restoranai, administracinės bei komercinės paskirties pastatai. Gauti rezultatai parodė, kad negeriamo vandens panaudojimas siekia 29 – 73 proc. bendro vandens sunaudojimo. Kaip ir pirmajame tyrime nurodyta didžiausia dalis vandens gali būti pakeista lietaus vandeniu administracinės paskirties pastatuose - 73 proc., prekybinės paskirties pastatuose buvo sunaudojama 52 proc., gyvenamuosiuose pastatuose 29 proc., o restoranuose iki 37 proc.[12]. Tyrimo duomenys pateikiami 7 pav.



7 pav. Suvartojamo vandens pasiskirstymas skirtingos paskirties pastatuose [12].

Nagrinėtuose tyrimuose rastos suvartojamo vandens proporcijos tarp geriamo ir negeriamo vandens bus panaudotos skaičiavimuose.

1.4. Lietaus vandens kokybės gerinimas

Surenkamo lietaus vandens kokybę gali įtakoti daugybė skirtingų faktorių, pagrindiniai jų - stogo geometrija bei atmosferos užterštumas vietovėje. Įvairios dujos, kietosios dalelės ir kiti taršalai, paleisti į atmosferą automobilių, pramonės bei energetikos objektų lietaus metu yra nuplaunami. Stogo danga taip pat turi įtakos surinkto vandens kokybei, atliktuose tyrimuose matyti, kad keičiant stogo dangą galima sumažinti mikroorganizmų, sunkiųjų metalų bei kitų nepageidaujamų elementų kiekį vandenyje [13]. Priklausomai nuo paskirties kam bus naudojamas surinktas lietaus vanduo privalu ir tinkamai pasirinkti technologijas vandens kokybei gerinti. Jei lietaus vanduo bus naudojamas srityse, kuriose netaikomi higienos reikalavimai (lauko laistymas, tualetų bakelių

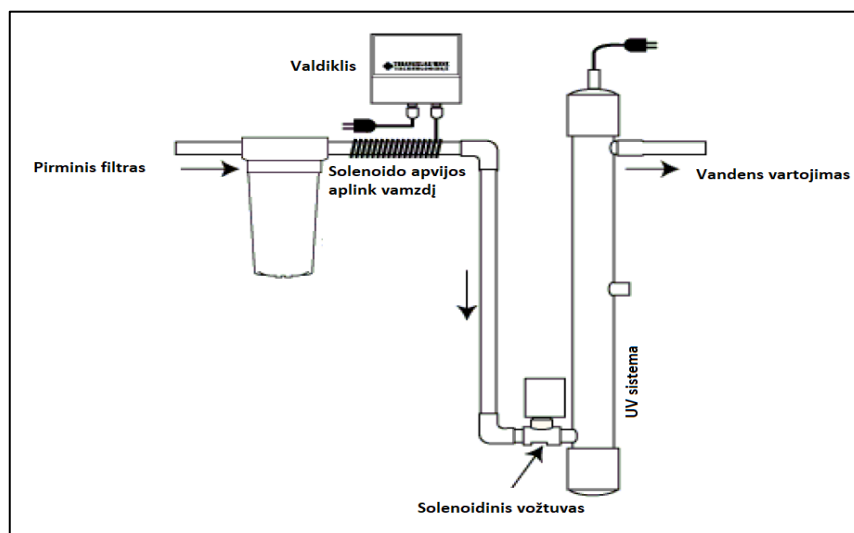
nuleidimas, grindų plovimas ir t.t.) investicijos į vandens kokybės gerinimą bus nedidelės. Norint pasiekti geriamo vandens kokybę, vandens filtravimo procesas taps kur kas sudėtingesnis ir brangesnis [14]. Pagrindiniai lietaus vandens kokybės gerinimo metodai:

Savaiminio apsiplovimo sistema – ši sistema neleidžia į rezervuarą patekti ant stogo esantiems taršalams tokiems kaip: medžių lapai, paukščių bei graužikų išmatos ir t.t. Pirminis lietaus vanduo yra nukreipiamas tiesiai į lietaus kanalizaciją apiplaudamas stogą nuo taršalų. Po apiplovimo vanduo pradamas tiekti į rezervuarus. Vandens kiekis reikalingas stogo apsiplovimui priklauso nuo: stogo nuolydžio, dangos paviršiaus grubumo, taršalų susidarymo bei lietaus intensyvumo vietovėje (ilgi bei neintensyvūs lietūs yra mažiau efektyvūs). [15] Literatūroje nėra pateikiamas tikslus atsakymas į klausimą koks kiekis vandens turi būti panaudotas pirminiam stogo apsiplovimui. Yaziz ir kt. Malaizijoje ištyrė, kad lietaus vanduo, kuris buvo surinktas po 0,3 mm iškritusio lietaus (30 litrų ant 100 m² stogo), savyje nebeturėjo fekalinių koliformų. [16]. Lietaus vandens kokybės tyrimuose Vokietijoje pirminiam stogo apsiplovimui tinkamiausias kiekis vandens nustatytas 1-2 mm, o Graikijoje nustatytas 0,11-0,13 mm kritulių kiekis [17]. Iš atliktų tyrimų pastebime, kad reikalingas kiekis vandens stogo apsiplovimui yra kintantis dydis, kuris priklauso nuo vietovėje vyraujančių liūčių trukmės bei dažnumo. Pagal atliktą literatūros šaltinių analizę rekomenduojamas minimalus 0,11 mm kritulių kiekis stogo apsiplovimui.

Dezinfekcija chloru – Dažniausiai aptinkamas ir lengviausiai prieinamas dezinfekcijos būdas yra vandens chloravimas. Chloras tai medžiaga, kuri neutralizuoja didžiąją dalį nepageidaujamų mikroorganizmų, taip pat šis dezinfekcijos būdas yra sąlyginai pigus lyginant su kitais metodais. Dezinfekcija privalo būti atlikta po to, kai vanduo jau yra ištekėjęs iš rezervuaro, kad nesudarytu nepageidaujamų junginių su organinėmis medžiagomis, kurios nusėdusios rezervuaro dugne. Chloro kiekis vandenyje turi būti 0,4 – 0,5 mg/l, tai gali būti pasiekta su chloro tabletėmis arba įterpiant chloro dujas į vandenį [18].

Lėtas filtravimas smėliu – tai biologinis valymo procesas, kurio metu iš vandens yra pašalinama didžioji dalis nepageidaujamų mikroorganizmų. Filtru konstrukciją sudaro keli sluoksniai smulkinto smėlio. Viršutinėje dalyje laikomi šiurkštesnio, o apatinėje lygesnio paviršiaus smėlis. Siekiant, kad filtras tarnautu ilgai, reikia papildomai apdoroti vandenį prieš jam patenkant į filtrą, tokiu būdu jis gali tarnauti savaites ar net mėnesius, kol reikės atnaujinti atidirbusį smėlį. Efektyviam šių filtrų naudojimui reikalingas nepertraukiamas vandens tekėjimas. Šie filtrai plačiai naudojami besivystančiose šalyse lietaus bei grunto vandens kokybei gerinti [19].

UV dezinfekcija – ultravioletinės šviesos spinduliavimas yra efektyvus būdas pašalinti didžiąją dalį nepageidaujamų bakterijų, virusų ir kitokių mikroorganizmų. UV dezinfekcijos sistemos reikalauja sąlyginai nedaug priežiūros. Nereikalingas papildomas apdirbimas chemikalais. Specialios kameros yra sukurtos taip, kad užtikrintų tinkama dozė ultravioletinės šviesos prie tam tikro vandens srauto. Tyrimuose nustatyta, kad ši sistema dirba efektyviausiai, kai vanduo yra skaidrus, be stambesnių dalelių. Jeigu vanduo patekęs į kamerą turi stambesnių dalelių gali būti patiriamas šešėlio efektas, kurio metu mikroorganizmai pasislėpę dalelėse nėra sunaikinami. Todėl lietaus vandens dezinfekciją privaloma naudoti kartu su kitomis filtravimo sistemomis.



8 pav. Principinė lietaus vandens valymo ir dezinfekavimo schema [6].

1.5. Optimaliausios sistemos parinkimas

Lietaus vandens surinkimas ir panaudojimas pastatuose kiekvienu atveju gali pareikalauti skirtingo sprendimo projektuojant sistemą. Pastatai gali stovėti skirtingose klimatinėse zonos, turėti skirtingo ploto stogus bei naudoti skirtingus kiekius vandens. Siekiant, kad įrengta sistema pasiteisintų ir atsipirktu per kuo trumpesnę laiko tarpą, privalu parinkti optimaliausią variantą.

Rezervuaro dydžio parinkimas yra labai svarbus projektuojant sistemą. Parinkus per mažą rezervuarą negalėsime išnaudoti viso nuo stogo surenkamo kritulių kiekio, prisipildžius talpyklai vanduo ims tekėti į lietaus nuotekų kanalizaciją. Taip pat parinkus per didelį rezervuarą išdidinsim pradines investicijas, kas gali prailginti atsipirkimo laikotarpį. Tyrimas atliktas Portugalijoje nagrinėjo skirtingus talpyklų dydžio parinkimo metodus, tyrime atskleista, kad skirtingi metodai veda prie skirtingų rezultatų. Išnagrinėta, kad tiksliausiai talpyklos dydį galima nustatyti atliekant simuliacijas su kasdieniniais kritulių kiekiais bei negeriamo vandens poreikiu. Tyrime atskleista, kad viešosios paskirties pastate, geriausias sistemos atsipirkimo laikas gaunamas tuomet, kai talpyklos efektyvumas 80 proc. Siekiant, kad efektyvumas būtų 100 proc. t.y. visas surinktas lietaus vanduo būtų panaudotas pastate, investicijos išauga net 40 proc. taip prailginant atsipirkimo laiką 5 metais [20].

Literatūroje apžvelgti trys pagrindiniai metodai talpyklos dydžiui parinkit. Pirmasis jų naudojant kasdienes iškrentančių kritulių kiekius bei suvartojamo vandens kiekį sudaryti vandens masės balanso lygtį (1). Šiuo metodu galime nusakyti, koks kiekis vandens bus prarastas dėl įvykusio persipylimo ilgo lietaus metu arba kokią dalis vandens panaudojama iš vandentiekio sausros metu [21].

$$V_t = Q_t + V_{t-1} - Y_t - O_t; \quad (1)$$

Čia:

V_t – Vandens kiekis rezervuare;

Q_t – Surenkamas lietaus vandens kiekis per dieną.

V_{t-1} – Praeitą dieną likęs talpykloje.

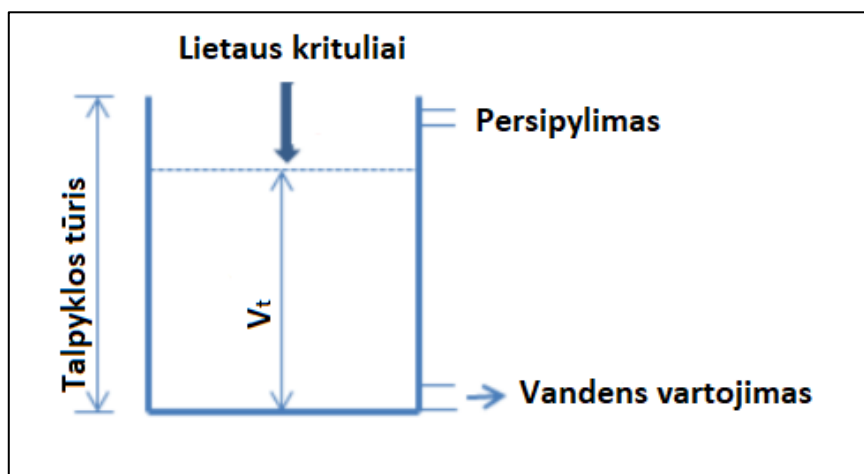
Y_t – Vienos dienos negeriamo vandens debitas.

N_t – Vandens praradimai stogo apsivalymui.

- Jei $V_{t-1} \leq 0$ $V_t = 0$;
- Jei $V_{t-1} \geq S$ $V_t = S$;
- Jei $0 \leq V_{t-1} \leq S$ $V_t = V_{t-1}$;

Čia:

S – rezervuaro tūris.



9 pav. Lietaus vandens laikymo rezervuaras.[21]

Antrasis metodas buvo atrastas Anglijos mokslininkų 2000 metais. Atrasta matematinė priklausomybė nustatant tinkamiausia rezervuaro dydį. Rezervuaro dydžiui nustatyti reikalingi duomenys:

A – stogo plotas;

R – vidutinis kritulių kiekis, mm;

D – lietaus vandens metinis poreiki, l;

Šie duomenys panaudojami, kad sužinoti sistemos veikimo efektyvumą, pagal autorių pateikiamas efektyvumo kreives. Rezervuaro dydis gali būti apskaičiuotas pagal (2) formulę.

$$S = XD_d \quad (2)$$

Čia:

X – dienų skaičius vandens poreikio tenkinimui iš rezervuaro;

D_d - vidutinis vandens poreikis per dieną.

Pasak tyrimą analizavusių mokslininkų, norint pasiekti geriausių rezultatų reikia naudoti 6 arba daugiau dienų [22].

Trečiasis metodas, tai metodas rekomenduotas tarptautinės aplinkosaugos agentūros (2008 metai). Tai ganėtinai paprastas metodas, kurio metu rezervuaro dydis parenkamas naudojant metinius surenkamų kritulių kiekius arba lietaus vandens poreikį, šį dydį įvertina sistemos naudotojas procentais (literatūroje rekomenduojama naudoti 0,05 proc. metinio kritulių kiekio). Rezervuaro dydis apskaičiuojamas naudojant (3) formulę:

$$S = PAC_fFR \quad (3)$$

Čia:

P – suvartojimo koeficientas;

C_f- vandens nubėgimo koeficientas;

F – filtravimo efektyvumas;

R – metinis kritulių kiekis arba metinis vandens poreikis (rinktis mažesni).

2. Tyrimo metodika

2.1. Faktinis vandens suvartojimas pastate

Bendram suvartotam vandens kiekiui nustatyti atliekamas mėnesinis pastato įvadinio skaitiklio parodymo nurašymas. Tiems pastatams, kurie turi daugiau nei vieną vandens įvadą, naudota visų skaitiklių parodymų suma. Dalis skaitiklių parodymų, surinkta naudojant pastato valdymo sistemas (building management system - BMS), surenkant nuotoliniu būdu nuskaitytų skaitiklių parodymus. Tiems pastatams, kurie šios funkcijos neturėjo, vandens skaitiklio parodymai buvo nurašomi tiesioginiu būdu. Vandens suvartojimo duomenys rinkti dvylika mėnesių, kad būtų galima palyginti vartojimo ypatumus skirtingais metų sezonais. Duomenys rinkti 2018-2019 metų periode pradedant ir baigiant duomenų rinkimą spalio mėnesį.

2.2. Teorinis suvartojamo vandens kiekio skaičiavimas

Vandentiekio sistemos skaičiavimai atliekami remiantis „Vandens vartojimo normomis RSN 26 – 90“ [23] ir STR 2.07.01:2003 „Vandentiekis ir nuotekų šalintuvas. pastato inžinerinės sistemos. lauko inžineriniai tinklai“ [24] 3 priede nurodytomis skaičiavimo metodikomis bei jose pateiktais vandens kiekiais.

2.3. Negeriamo vandens suvartojimas pastate

Tiksliam negeriamo vandens kiekiui nustatyti reikalinga įranga, kuri išmatuotų debitus vandens pratekančius, pro kiekvieną nagrinėjamą prietaisą pastate. Deja, tokio įrangos kiekio gauti nebuvo galimybės, todėl negeriamo vandens debitas apskaičiuotas pagal proporcijas, kurios rastos mokslinėje literatūroje žiūrėti 6-7 pav. Žemiau pateiktos skaičiavimams naudotos proporcijos tarp geriamo ir negeriamo vandens, procentai nurodo negeriamo vandens dalį pastatuose.

- Administracinės paskirties pastatams – 70 %;
- Prekybinės paskirties pastatuose – 52 %;
- Restoranuose – 37 %.

2.4. Mėnesinių lietaus nuotekų nuo pastato stogo skaičiavimas

Surenkami lietaus kritulių kiekiai buvo skaičiuojami naudojantis STR 2.07.01:2003 „Vandentiekis ir nuotekų šalintuvas. Pastato inžinerinės sistemos. Lauko inžineriniai tinklai“ [24] 9 priede pateiktomis metodikomis. Hidraulinis mėnesinis kritulių kiekis buvo pasirinktas pagal RSN 156-94 „Statybos klimatologija“ [25] pateiktus duomenis. Paviršinio nuotėkio koeficientas pastato stogui buvo pasirinktas 0,85 įsivertinant nuotakyno ištvainimo retmenį [24]. Paviršiaus nuotėkio koeficiento pataisai naudotos dvi reikšmės: 0,85 tuomet kai pastato stogas yra valomas nuo sniego bei 1 kada pastato stogas nėra valomas nuo sniego.

2.5. Lietaus vandens debitas nuo plokščio stogo

Siekiant įsivertinti, kokie kiekiai vandens surenkami iš pavienių liūčių, skaičiuojamas surenkamo lietaus vandens debitas. Kadangi visi nagrinėjami stogai yra plokšti, skaičiavimams naudotas kartą per vienerius metus pasikartojančio 20 min trukmės lietaus intensyvumas. Lietaus intensyvumo parametrai parinkti iš [24] STR 2.07.01:2003 10 priedo lentelės.

2.6. Sistemos komponentų pasirinkimas

Vandens rezervuaro dydis bus apskaičiuojamas pagal mokslinės literatūros apžvalgoje rastą metodiką, kuomet talpyklos dydis parenkamas toks, kad pilnas rezervuaras galėtų patenkinti pastato vandens poreikius 6 dienas, skaičiavimams naudojama (2) formulė [22]. Apskaičiuotas rezervuaro dydis apvalinamas iki artimiausio standartinio talpyklos dydžio. Negeriamo vandens poreikis vienai dienai apskaičiuotas padalinus metinį negeriamo vandens poreikį pastate iš darbo dienų skaičiaus.

2.7. Vandens masės balanso modeliavimas

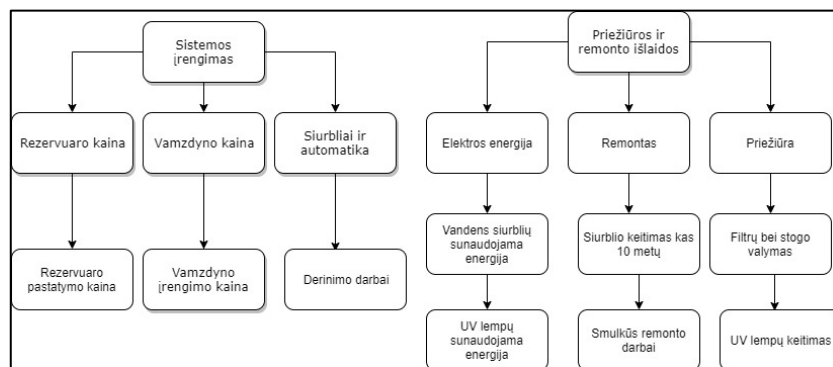
Norint nustatyti, koks kiekis vandens rezervuare yra skirtingomis dienomis atliekta vandens masės balanso talpoje simuliacija. Simuliacijai naudoti vidutiniai mėnesiniai daugiamečiai kritulių kiekiai parinkti iš statybinės klimatologijos. Suvartojamas faktinis vanduo buvo paskirstomas į lygias dalis kiekvienai pastato darbo dienai. Simuliacijos atliktos naudojant programinę įrangą: „RAINCYCLE“. Simuliuojant situacijas apskaičiuota:

- Į rezervuarus surenkamo vandens kiekis įsivertinus vandens praradimus filtravimo metu bei stogo apsiplovimo metu (stogo apsiplovimui naudota 15mm kritulių 100 m² stogo).
- Vandens kiekis, kuris prarandamas prisipildžius rezervuarui.
- Vandens kiekis, kuris papildomas iš buitinio vandentiekio esant nepakankamam kiekiui kritulių.

Vandens masės balanso lygtis yra nurodyta literatūros apžvalgoje, 1 formulėje.

2.8. Ekonominė analizė

Atliekamos ekonominės analizės tikslas įvertinti kokią naudą gauname naudodami lietaus surinkimo ir panaudojimo sistemą. Gaunama nauda tai iš vandentiekio sistemos nenuperkamas vanduo. Sistemos atsipirkimo laike įvertintos pradinės investicijos į sistemą, priežiūros ir remonto kaštai, bei sistemos sunaudojama energija. Pradinių investicijų bei eksploatacijos išlaidų schema pavaizduota pav. 10. Sistemos komponentų vertės parinktos naudojantis Lietuvos bei Europos įrangos tiekėjų kataloguose nurodytomis kainomis.



10 pav. Sistemos įrengimo ir priežiūros darbų kaštų sudedamosios dalys.

Skaičiuojant sistemos atsiperkamumą naudota, kad vanduo patiektas iš vandentiekio sistemos kainuoja 1,34 €/m², į kainą įeina geriamo vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo kaina (iš Kauno vandenų internetinio tinklalapio). Elektros energijos kaina naudota tyrime 0,15 €/kWh, pagal Lietuvos energijos skirstymo operatoriaus nurodytus tarifus. Sistema laikosi atsipirkusi, kuomet

nenupirkto vandens iš vandentiekio suma viršija pradinių investicijų bei priežiūros kaštų sumą. Sistemos atsiperkamumas apskaičiuojamas naudojantis lietaus sistemų modeliavimo įrankiu „RainCycle“, atlikta 50 metų periodo simuliacija.

3. Tyrimas

3.1. Tyrinėjamų pastatų aprašymas ir bendrieji duomenys

Tyrimė nagrinėjami septyni pastatai: keturi prekybinės ir keturi administracinės paskirties. Nagrinėjami pastatai stovi Kauno bei Vilniaus miesto teritorijoje. Informacija apie pastatus buvo rinkta naudojantis darbo ir techniniais projektais, apklausiant pastato personalą bei vizualiai apžiūrint patalpas. Jeigu pastatas sudarytas iš patalpų, kurios priskiriamos skirtingoms vartotojų grupėms, duomenys išskaidomi į tiek grupių, kiek yra skirtingos paskirties patalpų.

Maisto prekių parduotuvė nr.1 - nagrinėjamas pastatas yra vieno aukšto su antrasole. Bendras naudojamų patalpų plotas – 2404 m². Pastato stogo plotas – 2356 m², stogas plokščias padengtas polivinchorido danga. Pastate sumontuota: 6 klozetai, pisuaras, šalto vandens (toliau š.v.) čiaupas lauko laistymui bei 11 praustuvų su maišomuoju kranu. Pastate vienos pamainos metu dirba vidutiniškai dvidešimt žmonių. Parduotuvės darbo laikas 16 valandų. Parduotuvė dirba ištisus metus nepertraukiamai. Bendrieji duomenys apie pastatą pateikiami 1 lentelėje.

Maisto prekių parduotuvė nr.2 - antroji maisto prekių parduotuvė yra to pačio prekybos tinklo statinys, pastatytas pagal tokį patį projektą. Pastato išmatavimai, sumontuota įranga yra identiška. Dėl mažesnio pirkėjų srauto šioje parduotuvėje yra naudojama mažiau personalo. Vidutiniškai vienoje pamainoje būna 18 darbuotojų. Bendrieji duomenys apie pastatą pateikiami 1 lentelėje.

Maisto prekių parduotuvė nr.3 - Trečioji maisto prekių parduotuvė priklauso kitam prekybos tinklui. Pastatas vieno aukšto, bendras naudojamų patalpų plotas – 1650 m². Pastato stogo plotas – 1722 m², stogas plokščias padengtas bitumine danga. Pastate sumontuota 13 praustuvų su maišomuoju kranu bei 4 klozetai. Vienos pamainos metu parduotuvėje dirba 26-ių žmonių personalas. Parduotuvė dirba nepertraukiamai visus metus, po 16 valandų per dieną.

Maisto ir pramoninių prekių parduotuvė - šiame pastate yra įsikūrusi maisto prekių parduotuvė bei dvi pramoninių prekių parduotuvės. Maisto prekių parduotuvės patalpos sudaro apie 70 proc. pastato bendro ploto. Kitose patalpose yra prekiaujama drabužiais bei elektronika. Bendras patalpų plotas – 6980 m². Stogo plotas – 7400 m², stogas padengtas bitumine prilydoma danga. Iš viso pastate būna apie 95 darbuotojai iš kurių 50 dirba maisto prekių parduotuvėje, likusieji pramoninių prekių parduotuvėse. Pastate iš viso yra sumontuota: 21 klozetas, 34 maišomieji kranai bei 6 pisuarai. Visos pastate esančios parduotuvės dirba nepertraukiamai visą savaitę, po 16 valandų per dieną.

Administracinės paskirties pastatas nr.1 - Šis pastatas yra keturių aukštų, bendras patalpų plotas 8342 m³. Stogas plotas 2270 m². Pastate dirba apie 768-i žmonės. Dirbama penkių darbo dienų savaitę, kasdien išdirbant po 8-ias valandas. Pastate sumontuoti 64-i klozetai, 100- praustuvių su maišomuoju kranu bei 1-as šalto vandens čiaupas lauko laistymui. Visi surinkti duomenys apie pastatą pateikiami 6 lentelėje. Iš viso pastate yra 65 čiaupai, kurie gali būti pritaikyti negeriamo vandens panaudojimui.

Administracinės paskirties pastatas nr.2 - Šio pastato bendras naudojamas plotas yra 2378 m², stogo plotas 1750 m² padengtas bitumine prilydoma danga. Visose patalpose yra įkurti ofisai,

kuriuose vidutiniškai dirba apie 151-as žmogus. Dirbama 5-ias dienas per savaitę išdirbant po 9-ias valandas kasdien. Pastate yra dvi sanitarinės zonos, jose sumontuota: septyni klozetai, trys pisuarai ir aštuoni praustuvai su maišomuoju kranu bei vienas šalto vandens čiaupas vejos laistymui. Duomenys pateikiami 7 lentelėje.

Administracinės paskirties pastatas nr.3 - pastatas trijų aukštų, bendras naudojamas plotas 382 m², stogo plotas 201 m² padengtas bitumine prilydoma danga. Pastate dirba 33-jų žmonių personalas. Dirbama 5-ias dienas per savaitę, išdirbant po 8-ias valandas kasdien. Kiekviename aukšte yra sanitarinė patalpa, kurią sudaro dvi praustuvės su maišomuoju čiaupu bei du klozetai.

Administracinis pastatas su restoranu - tai septynių aukštų pastatas su rūsiu, kurio pirmajame aukšte yra įsikūręs restoranas. Pastato bendras patalpų plotas – 3709 m², stogo plotas 555 m². Administracinėse patalpose vidutiniškai dirba apie 300 žmonių, dirbama 5-ių darbo dienų savaitę po 9 valandas kasdien. Restorano patalpose darbas vyksta visą savaitę nepertraukiamai, išdirbant po 16 valandų kasdien. Pastate sumontuota 60 prietaisų, kurie naudoja vandenį: 29 klozetai, 30 praustuvių su maišomuoju kranu bei 1 š.v. čiaupas lauko laistymui. Restorane maistas gaminamas valgymui vietoje, salėje yra 55-ios sėdimos vietos klientams. Bendrieji duomenys apie pastatą pateikia 1 lentelėje.

1 lentelė. Bendrieji nagrinėjamų pastatų duomenys.

Bendrieji duomenys	Mato vnt.	Maisto prekių parduotuvė nr. 1	Maisto prekių parduotuvė nr. 2	Maisto prekių parduotuvė nr. 3	Masito prekių parduotuvė nr. 4	Pramoninių prekių parduotuvė	Bendras	Administracinis 1	Administracinis 2	Administracinis 3	Restoranas	Administracija	Bendras
Bendras patalpų plotas	m ²	2404	2404	1650	4886	2094	6980	8362	2378	382	370	3339	3709
Stogo plotas	m ²	2356	2356	1722	7400	7400	7400	2270	1750	201	555	555	555
Žmonių skaičius pastate*	Vnt.	20	15	26	50	45	95	768	100	33	12	300	312
Š.V. čiaupų skaičius pastate	Vnt.	19	19	17	42	19	61	165	19	12	11	49	60
K.V. čiaupų skaičius pastate	Vnt.	11	11	13	23	11	34	100	8	6	4	26	30
Vandenį naudojančių prietaisų skaičius	Vnt.	19	19	17	42	19	61	165	19	12	11	49	90
Negeriamo vandens čiaupų skaičius**	Vnt.	8	8	4	19	8	27	65	11	6	7	23	30
Darbo valandų skaičius	h	16	16	16	16	-	16	8	8	8	16	8	-

* Maisto parduotuvėje dirbančių žmonių skaičius vienos pamainos metu. Restoranams pateikalų skaičius apskaičiuojamas pagal RSN 26-90 pateiktą metodiką.

**Čiaupų skaičius, kurie panaudojami negeriamo vandens tikslais (klozetų bakeliai, lauko laistymo prietaisai bei valymui naudojamas vanduo).

3.2. Vandens suvartojimas pastatuose

3.2.1. Teorinio vandens suvartojimo skaičiavimas

Skaičiuojant projektinius suvartojamo vandens kiekius naudotasi STR 2.07.01:2003, pateiktomis formulėmis. Siekiant apskaičiuoti sekundinį debitą, visų pirmiausia reikia apskaičiuoti čiaupų veikimo tikimybę. Tai atlikta naudojant (4) formulę:

$$P_{Sum} = \frac{q_{h\ max}^{sum} \cdot U}{q_{pt}^{sum} \cdot N \cdot 3600}; \quad (4)$$

Čia:

$q_{h\ max}^{sum}$ – vieno vartotojo bendro vandens suvartojimo norma didžiausio vartojimo valandą (iš RSN 26-90 [2] 6 lentelės);

U – vartotojų skaičius pastate (jeigu skaičiuojamas restorano vandens suvartojimas, U vertė apskaičiuojama pagal RSN 26-90 pateiktą metodiką.)

q_{pt}^{sum} – būdingo čiaupo bendro vandens ėmimo sekundinis debitas (iš 3 priedo 3.2 lentelės [23])

N – pastate esančių čiaupų skaičių.

Skaičiuojant valandinį suvartotino vandens debitą turime apsiskaičiuoti vandens imtuvų panaudojimo tikimybę per valandą. Tai padaryta pagal (5) formulę:

$$P_h = \frac{3600 \cdot P \cdot q_{pt}}{q_{h\ pt}^{sum}}; \quad (5)$$

Čia:

$q_{h\ pt}^{sum}$ – būdingo čiaupo bendro vandens ėmimo valandinis debitas (iš 3 priedo 3.2 lentelės [2])

Jeigu pastate vandenį vartoja daugiau nei viena vartotojų grupė, bendra čiaupų veikimo tikimybė apskaičiuojama pagal (6) formulę:

$$P = \frac{\sum N_i \cdot P_i}{\sum N_i}; \quad (6)$$

Maksimalus sekundinis šalto ir karšto vandens debitas pastate apskaičiuotas naudojantis (7) formule:

$$q_{s\ max} = 5 \cdot q_{pt} \cdot \alpha, \quad l/s; \quad (7)$$

Čia:

α – šis koeficientas parenkamas iš STR 2.07.01:2003 3 priedo 3.3 lentelės [23]. Koeficiento parinkimui naudojama sekundinės tikimybės ir čiaupų skaičiaus sandauga NP.

Maksimalus valandinis šalto ir karšto vandens debitas apskaičiuojamas naudojantis (8) formule:

$$q_{h\ max} = 0,005 \cdot q_{h\ pt}^{sum} \cdot \alpha_h, \quad l/s \quad (8)$$

α – Koeficiento parinkimui naudojama valandinė tikimybė ir čiaupų skaičiaus sandauga NP.

Vidutinis valandos suminis debitas apskaičiuojamas pagal (9) formulę:

$$q_{vid\ h} = \frac{\sum q_{max\ i} \cdot U_i}{1000 \cdot T}, \quad m^3/h \quad (9)$$

Čia:

T- darbo valandų skaičius per vieną darbo dieną.

Vidutinis suvartojamas paros debitas apskaičiuojamas :

$$q_{vid\ paros} = \frac{\sum q_{max\ i} \cdot U_i}{1000}, \quad m^3/para \quad (10)$$

Vidutinis per mėnesį suvartojamo vandens kiekis apskaičiuojamas pagal (11) formulę:

$$q_{vid\ m\u0117nesio} = q_{vid\ paros} \cdot D, \quad m^3/para \quad (11)$$

Čia:

D – vidutinis darbo dienų sk. per mėnesį (parduotuvėms taikyta 30 darbo dienų (toliau d.d.), o administracinės paskirties pastatams 21 d.d.)

Visi teoriniai suvartojamo vandens kiekiai bei duomenys pagal kuriuos buvo skaičiuojama pateikiami 2 lentelėje.

2 lentelė. Teoriniai suvartojamo vandens debitai bei duomenys jiems apskaičiuoti.

<i>Objektas</i>	$Q_{max,l/d}$	$Q_{vid,l/d}$	$Q_{pt,l/s}$	$Q_{hpt,l/s}$	Q_h	D_{vnt}	$T_{,h}$	$U_{,vnt}$	$N_{s,vnt}$	$N_{k,vnt}$	$N_{,vnt}$	P_{sum}	NP	α	P_h	P_{hN}	α_h	$Q_{,l/s}$	$Q_{,m^3/h}$	$Q_{v,m^3/h}$	$Q_{v,m^3/d}$	$Q_{,m^3/mėn}$
Maisto parduotuvė nr 1	250	250	0.30	300	57	30	16	20	19	11	30	0.035	1.06	1.00	0.13	3.80	2.14	1.49	3.21	0.31	5.00	150
Maisto parduotuvė nr 2	250	250	0.30	300	57	30	16	15	19	11	30	0.026	0.79	0.86	0.10	2.85	1.78	1.28	2.67	0.23	3.75	113
Maisto parduotuvė nr 3	250	250	0.30	300	57	30	16	26	17	12	29	0.047	1.37	1.15	0.17	4.94	2.54	1.73	3.80	0.41	6.50	195
Maisto parduotuvė	250	250	0.30	300	57	30	16	50	42	23	65	0.041	2.64	1.69	0.15	9.50	3.98	2.54	5.97	0.78	12.50	375
Pramoninių prekių parduotuvė	16	12	0.14	60	4	30	16	45	19	11	30	0.012	0.36	0.58	0.10	3.00	1.84	0.41	0.55	0.03	0.54	16
Bendras suvartojimas	-	-	0.28	271	-	-	-	-	61	34	95	0.032	3.00	1.84	0.12	11.16	4.47	2.58	6.07	0.82	13.04	391
Administracinės paskirties nr.1	16	12	0.14	80	4	20	8	768	165	100	265	0.023	6.10	2.93	0.14	38.40	11.55	2.05	4.62	1.15	9.22	184
Administracinės paskirties nr.2	16	12	0.14	80	4	20	8	100	19	8	27	0.029	0.79	0.85	0.19	5.00	2.56	0.60	1.02	0.15	1.20	24
Administracinės paskirties nr.3	16	12	0.14	80	4	21	8	33	12	6	18	0.015	0.26	0.50	0.09	1.65	1.28	0.35	0.51	0.05	0.40	8.3
Restoranas	12	12	0.12	300	12	30	16	181*	11	4	15	0.335	5.03	2.56	0.48	7.24	3.30	1.53	4.95	0.14	2.17	65
Administracija	16	12	0.14	80	4	20	9	300	49	26	75	0.032	2.38	1.60	0.20	15.00	5.55	1.12	2.22	0.40	3.60	72
Bendras suvartojimas	-	-	0.13	229	-	-	8	-	60	30	90	0.082	7.41	3.34	0.16	14.71	5.46	2.11	6.26	0.54	5.77	137

* U vertė restorane yra per dieną pagaminamų patiekalų skaičius. Apskaičiuota pagal RSN 26-90 6 lentelėje pateiktą formulę.

Geltona spalva pažymėti duomenys 2 lentelėje yra panaudoti iš vandens vartojimo normų RSN 26-90 [2]. Vertės parinktos pagal kiekvieno pastato patalpų paskirtį. Jeigu pastate yra kelių skirtingos paskirties patalpų šios vertės yra apskaičiuojamos panaudojant (6) formulę bendrai čiaupų panaudojimo tikimybei apskaičiuoti. Rausva spalva pažymėti duomenys apie pastatą, kurie buvo surinkti: vizualiai apžiūrint, apklausiant personalą, nagrinėjant darbo bei techninius projektus. Žalsva spalva pažymėta apskaičiuoti vandens suvartojimai bei vartojimo tikimybės. Mėlyna spalva pažymėtos α koeficientai jie panaudoti iš STR 2.07.01:2003 [23].

3.2.2. Faktinis vandens suvartojimas

Mėnesiniai pastatų išmatuoti suvartojamo vandens kiekiai pateikti 3 lentelėje. Fiksuojant suvartojamo vandens kiekius pastebėta tendencija, kad daugiausiai vandens šiuose pastatuose yra suvartojama rudens sezonu, ypač rugsėjį. Administracinės paskirties pastatuose mažiausias suvartojimas užfiksuotas gruodžio ir birželio mėnesiais, tai galėjo įtakoti švenčių metu sumažėjusių darbo dienų skaičius bei didelė atostogaujančių žmonių dalis. Prekybinės paskirties pastatuose mažiausiai vandens suvartota buvo kovo mėnesį.

3 lentelė. Per mėnesį suvartoto vandens kiekis, metinė lentelė.

<i>Mėnesis</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Viso
Maisto parduotuvė nr 1	47	47	41	48	46	70	65	57	55	48	47	41	612
Maisto parduotuvė nr 2	45	32	37	38	34	34	30	33	40	38	47	39	447
Maisto parduotuvė nr 3	54	58	53	68	66	68	57	68	73	76	68	60	769
Maisto ir pramoninių prekių parduotuvė	234	252	188	343	335	350	460	363	529	483	368	311	4216
Administracinės paskirties nr.1	158	145	134	148	165	171	173	153	178	141	148	131	1845
Administracinės paskirties nr.2	27	29	24	27	25	24	27	28	33	29	32	23	328
Administracinės paskirties nr.3	11	9	8	10	9	9	11	8	10	11	10	8	114
Administracinės paskirties su restoranu	151	142	174	140	153	128	136	157	165	179	175	160	1860
Tik administracinės	125	118	141	116	137	123	114	128	129	140	134	121	1526
Tik restoranas	26	24	33	24	16	5	22	29	36	39	41	39	334

* Lentelėje suvartotas vandens kiekis pateiktas m³.

Turint faktinius pastatuose suvartojamo vandens kiekius buvo skaičiuojamos faktinės suvartojamo vandens normos kiekviename pastate. Suvartojamo vandens norma vienam žmogui esančiam pastate buvo skaičiuojama pagal (12) formulę.

$$q_{vid\ realus} = \frac{Q_{met.}}{D_{met} \cdot U} \cdot 1000, \quad l/d/ž; \quad (12)$$

Čia:

Q_{met} – per metus suvartotas vandens kiekis pastate, m³;

D_{met} – darbo dienų skaičius per metus (administracinės paskirties pastatams 252 d.d. prekybinės paskirties 360 d.d.);

$q_{vid\ realus}$ – realus suvartojamo vandens kiekis tenkantis vienam žmogui per dieną, l/d/ž.

- Maisto prekių parduotuvė nr. 1 – 85 l/d/ž;
- Maisto prekių parduotuvė nr. 2 – 83 l/d/ž;
- Maisto prekių parduotuvė nr. 3 – 89 l/d/ž;
- Maisto ir pramoninių prekių parduotuvė – 123 l/d/ž;
- Administracinės paskirties nr. 1 – 9,5 l/d/ž.

- Administracinės paskirties nr. 2 – 13 l/d/ž;
- Administracinės paskirties nr. 3 – 13,7 l/d/ž;
- Administracinės paskirties su restoranu – 25 l/d/ž.

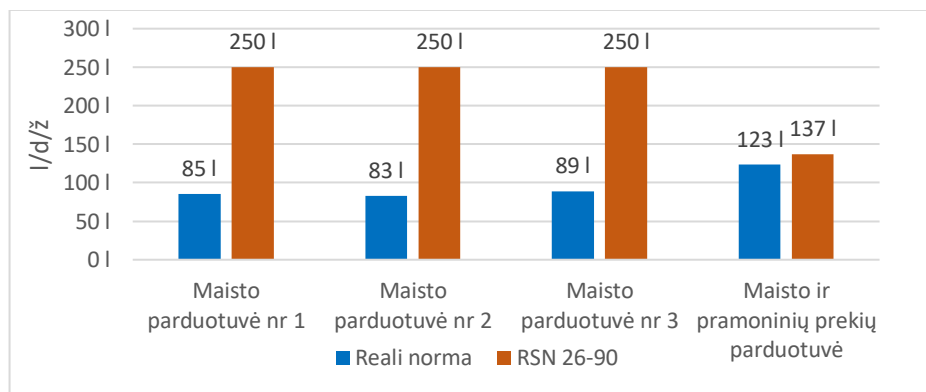
Skirtumai tarp faktinio ir teorinio vandens suvartojimo (iš RSN 26-90) pateikiami 11-12 pav. Lentelėse nagrinėjamas vienam žmogui per diena tenkantis vandens kiekis. Pastatuose, kuriuose yra patalpos su skirtingomis vartotojų grupėmis, teorinį suvartojamo vandens kiekį vienam žmogui išskaičiuojame. Teorinė suvartojamo vandens norma, vienam pastate esančiam žmogui, maisto ir pramoninių prekių parduotuvėje buvo skaičiuojama pagal (13) formulę:

$$q_{vid} = \frac{\sum q_{vid\ i} \cdot U_i}{U_i}, \quad l/d/ž; \quad (13)$$

$$q_{vid\ M+P} = \frac{\sum q_{vid\ i} \cdot U_i}{U_i} = \frac{(250 \cdot 50) + (12 \cdot 45)}{95} = 137\ l/d/ž;$$

Čia:

q_{vid} – per dieną suvartojamo vandens norma konkrečios vartotojų grupės.



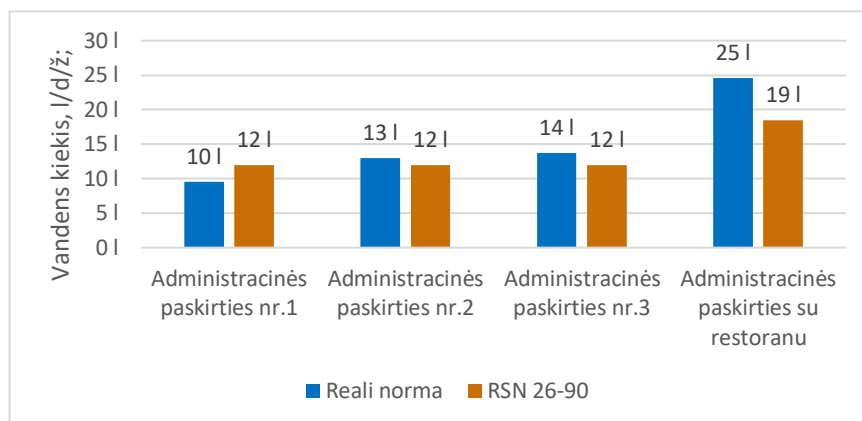
11 pav. Suvartojamo vandens palyginimas prekybos paskirties pastatuose.

Faktinis suvartojamo vandens kiekis maisto prekių parduotuvėse tenkantis vienam žmogui sudarė 33 – 36 proc. vidutinio vandens kiekio nurodyto RSN 26-90. Pastate, kuriame įsikūrusi maisto prekių parduotuvė bei pramoninių prekių parduotuvė gauname, kad faktinis suvartojimas sudaro beveik 90 proc. teorinio suvartojimo. Tai galėjo įtakoti, ganėtina maža suvartojamo vandens norma tenkanti vienam žmogui dirbančiam pramoninių prekių parduotuvėje – vidutiniškai 12 l/d žiūrėti į 2 lentelę (q_{vid} , l/d).

Norint sužinoti, kokia vidutinė teorinė vandens suvartojimo norma administracinės paskirties pastate su restoranu atliekami papildomi skaičiavimai. Kadangi restorano patalpoms vidutinis suvartojamo vandens kiekis nurodytas vienam patiekalui, o ne žmogui, pirmiausia apskaičiuota vienam restorane dirbančiam žmogui tenkantis vandens kiekis per dieną. Žinant, kad vidutiniškai restorane dirba apie dvylika žmonių, kurie per dieną sunaudoja apytiksliai 2,17 m³ vandens (žiūrėti 8 lentelę), gauname, kad vienam žmogui suvartojamo vandens dalis yra apie 181 litras. Pagal vartojimo normas RSN 26-90 [2] matomi, kad administracijoje dirbančiam žmogui duodama 12 l/d norma. Bendrai viso pastato

teorinei normai apskaičiuoti buvo naudojama (9) formulė. Teorinio ir faktinio suvartojimo duomenų palyginimas administracinės paskirties pastatams pateikiamas 12 pav.

$$q_{vid\ A+R} = \frac{\sum q_{vid\ i} \cdot U_i}{U_i} = \frac{(181 \cdot 12) + (12 \cdot 300)}{312} = 18,5 \text{ l/d/ž};$$



12pav. Suvartojamo vandens palyginimas administracinės paskirties pastatuose.

Administracinės paskirties pastatuose pastebėtas kur kas mažesnis atotrūkis tarp teorinio ir faktinio vandens suvartojimo tenkančio vienam žmogui. Nagrinėtuose pastatuose, kuriuose visos patalpos yra administracinės paskirties, gauta, kad faktinis suvartojamo vandens kiekis vienam žmogui svyruoja nuo 9,5 iki 13,7 l/d/ž, kuomet RSN 26-90 vartojimo normose nurodytas 12 l/d/ž. Galima teigti, kad administracinės paskirties pastatuose teorinis ir faktinis vandens suvartojimas yra panašus. Administracinės paskirties pastate su restoranu gauta, kad faktinis suvartojimas tenkantis vienam žmogui, yra 26 proc. didesnis nei teorinis suvartojimas. Suvartojamo vandens kiekio padidėjimas restoranuose gali būti dėl pasikeitusio žmonių gyvenimo būdo bei gerėjančio pragyvenimo lygio (nuo 1991 iki 2019), vis daugiau žmonių gali sau leisti išeiti pavalgyti į restoraną, kas teoriškai gali lemti padidėjusius sunaudojamo vandens kiekius šios paskirties pastatuose.

3.3. Negeriamo vandens suvartojimas

Negeriamo vandens dalis apskaičiuojama proporcingai visam faktiniam suvartotam vandens kiekiui pastate, pagal pasaulyje atliktų mokslinių tyrimų rezultatus. Procentinės suvartojamo negeriamo vandens dalys pateikiamos tyrimo metodikoje. Negeriamo vandens poreikis pateikiamas 4 lentelėje.

4 lentelė. Negeriamo vandens suvartojimas pastatuose

Pastato pavadinimas	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Metinis
Maisto parduotuvė nr 1	24	24	21	25	24	36	34	30	29	25	24	21	318
Maisto parduotuvė nr 2	23	17	19	20	18	18	16	17	21	20	24	20	232
Maisto parduotuvė nr 3	28	30	28	35	34	35	30	35	38	40	35	31	400
Maisto ir pramoninių prekių parduotuvė	122	131	98	178	174	182	239	189	275	251	191	162	2192
Administracinės paskirties nr.1	111	102	94	104	116	120	121	107	125	99	104	105	1305
Administracinės paskirties nr.2	19	20	17	16	19	21	19	20	23	20	22	16	232
Administracinės paskirties nr.3	8	6	6	7	6	6	8	6	7	8	7	6	80
Administracinės paskirties su restoranu	96	43	52	43	50	45	41	47	47	50	49	44	513

3.4. Mėnesinis surenkamo lietaus vandens kiekis

Kiekvienam pastatui apskaičiuotas individualus teorinis surenkamų kritulių kiekis nuo pastato stogo per mėnesį. Priklausomai nuo nagrinėjamo pastato lokacijos buvo parenkami daugiamečiai kritulių kiekiai vyraujantys vietovėje (žiūrėti į 5 lentelę) [24]. Naudotos koeficientų vertės nurodytos skaičiavimo metodikoje.

5 lentelė. Daugiamečiai iškrentančių kritulių kiekiai, mm. [18]

Meteorologijos stotis	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Metinis
Vilnius, CAMS	40	30	38	46	55	79	79	71	64	54	54	54	664
Kaunas, Noreikiškės	39	31	35	42	55	69	80	78	56	45	53	47	630

Surenkamam lietaus kiekiui apskaičiuoti buvo naudojama metodika pateikta STR 2.07.01:2003 [23].

$$W_{mėn.} = 10 \cdot H \cdot Y \cdot F \cdot k, \text{ m}^3/\text{mėnesį}; \quad (5)$$

- Čia: $W_{mėn.}$ - mėnesinis lietaus nuotekų kiekis, $\text{m}^3/\text{mėnesį}$;
 H - hidraulinis daugiametis metinių kritulių kiekis, mm (5 lentelė);
 Ψ - paviršiaus nuotėkio koeficientas (0,85);
 F - stogo plotas, ha;
 K - paviršiaus nuotėkio koeficiento pataisa, įvertinant sniego išvežimą (kadangi sniegas nėra išvežamas nuo stogų, koef.=1)

Apskaičiuoti mėnesiniai teoriniai surenkamo lietaus vandens kiekiai nuo pastato stogo pateikiami 6 lentelėje. Visi pastatai buvo skaičiuojami pagal Kauno meteorologijos stoties daugiamečius kritulių parodymus išskyrus administracinis pastatas nr.2. Šiam objektui buvo naudojamos Vilniaus mieste užfiksuotos vertės.

6 lentelė. Mėnesiniai surenkamų kritulių kiekiai, mm.

Pastatas	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Metinis
Maisto parduotuvė nr 1	78	62	70	84	110	138	160	156	112	90	106	94	1262
Maisto parduotuvė nr 2	78	62	70	84	110	138	160	156	112	90	106	94	1262
Maisto parduotuvė nr 3	67	53	60	72	95	119	138	134	96	77	91	81	1085
Maisto ir pramoninių prekių parduotuvė	289	229	259	311	407	511	592	577	414	333	392	348	4662
Administracinės paskirties nr.1	89	70	79	95	125	157	182	177	127	102	120	107	1430
Administracinės paskirties nr.2	70	53	67	81	96	138	138	124	112	95	95	95	1162
Administracinės paskirties nr.3	8	6	7	8	11	14	16	16	11	9	11	9	127
Administracinės paskirties su restoranu	22	17	19	23	31	38	44	43	31	25	29	26	350

3.5. Vandens balansas rezervuare

Nevisas vanduo, kuris nuteka nuo pastato stogo, gali būti panaudotas pastate. Dalis vandens prarandama filtravimo metu (~10 proc.) bei stogo apsplovimo metu (15 litrų 100 m² stogo). Taip pat vandens prarandama kuomet liūtis metu prisipildžius rezervuarui perteklinis vanduo yra nukreipiamas į lietaus kanalizaciją arba kuomet dėl lietaus nebuvimo rezervuaras privalo būti papildomas iš vandentiekio tinklų. Siekiant išsiaiškinti, kokie kiekiai vandens gali būti surinkti panaudojimui, atliekame vandens kiekio rezervuare simuliacijas. Simuliacijų metu imituojamas lietaus vandens rinkimas bei negeriamo vandens vartojimas. Simuliacijos metu gautas surenkamo ir

panaudojamo vandens kiekis pateikiamas rezultatuose. Siekiant kuo tiksliau įsivertinti vandens balansą reikalingi kasdieniai kritulių bei suvartojamo vandens kiekiai. Deja, tokių duomenų gauti nebuvo galimybės, todėl naudotos vidutinės mėnesinės vertės. Skaičiavimam naudoti rezervuarų dydžiai nurodyti 3.5.1.

3.5.1. Vandens rezervuarai

Apskaičiuoti lietaus vandens rezervuarų dydžiai kiekvienam objektui:

- Maisto prekių parduotuvė nr. 1 $S = XD_d = 6 \cdot 0.88 = 5.3 \text{ m}^3$;
- Maisto prekių parduotuvė nr. 2 $S = XD_d = 6 \cdot 0.64 = 3,9 \text{ m}^3$;
- Maisto prekių parduotuvė nr. 3 $S = XD_d = 6 \cdot 1,11 = 6,7 \text{ m}^3$;
- Maisto bei pramoninių prekių parduotuvė $S = XD_d = 6 \cdot 6,08 = 36,5 \text{ m}^3$;
- Administracinės paskirties nr. 1 $S = XD_d = 6 \cdot 5,17 = 31,1 \text{ m}^3$;
- Administracinės paskirties nr. 2 $S = XD_d = 6 \cdot 0.92 = 5.5 \text{ m}^3$;
- Administracinės paskirties nr. 3 $S = XD_d = 6 \cdot 0.32 = 1,9 \text{ m}^3$;
- Administracinės paskirties su restoranu $S = XD_d = 6 \cdot 1.66 = 9,9 \text{ m}^3$;

Priklausomai nuo objekte suvartojamo negeriamo vandens kiekio, gauti talpyklos dydžiai kiekvienam iš objektų. Gauti optimaliausi dydžiai, kurie bus suapvalinami iki artimiausios standartinio talpyklos dydžio reikšmės. Matoma, kad nagrinėjamuose pastatuose talpyklų dydžiai yra nuo 2 iki 36 m³ talpos. Atliktoje literatūros apžvalgoje pastebėta, kad tokio dydžio talpykloms racionaliausia naudoti požeminius plastikinius vandens laikymo rezervuarus. Atlikta rinkoje vyraujančių kainų analizė, duomenys pateikiami 7 lentelėje.

7 lentelė. Rinkoje vyraujančios plastikinių rezervuarų kainos.

Tūris (m ³)	Kaina (€)	Tūris (m ³)	Kaina (€)	Tūris (m ³)	Kaina (€)
2	610	11	4446	26	8513
4	1575	14	5167	29	9500
5	2001	16	5959	31	10200
7	2450	19	6668	34	11500
10	3100	21	7721	36	12636

Pagal rezervuaro gamintojų nurodymus, sumontavimo kaina gali svyruoti nuo 30 iki 50 proc. viso rezervuaro kainos, darbe naudota 30 proc. dydis.

3.5.2. Vandens siurbliai

Vandens siurbliai Norint parinkti tinkamą siurblių visų pirmiausia reikia išsiaiškinti, kokiais tikslais vanduo naudojamas pastate, tuomet galima apskaičiuoti reikalingą vandens debitą bei slėgį reikalingą vandentiekio sistemoje. Norint apskaičiuoti vandens debitą naudota analogiškus skaičiavimus pagal (3) ir (6) formules. Šiuo atveju N – negeriamo vandens čiaupų skaičius, o_{qt} - 0,1 l/s, iš vandens vartojimo normų RSN 26-90 [2]. Kadangi nagrinėjamuose pastatuose vanduo panaudojamas tik klozetų bakelių nuleidimui ir vandens čiaupui patalpų valymui, pakankamas slėgis sistemoje 1,5 bar.

8 lentelė. Pastatams pasirinkti siurbliai

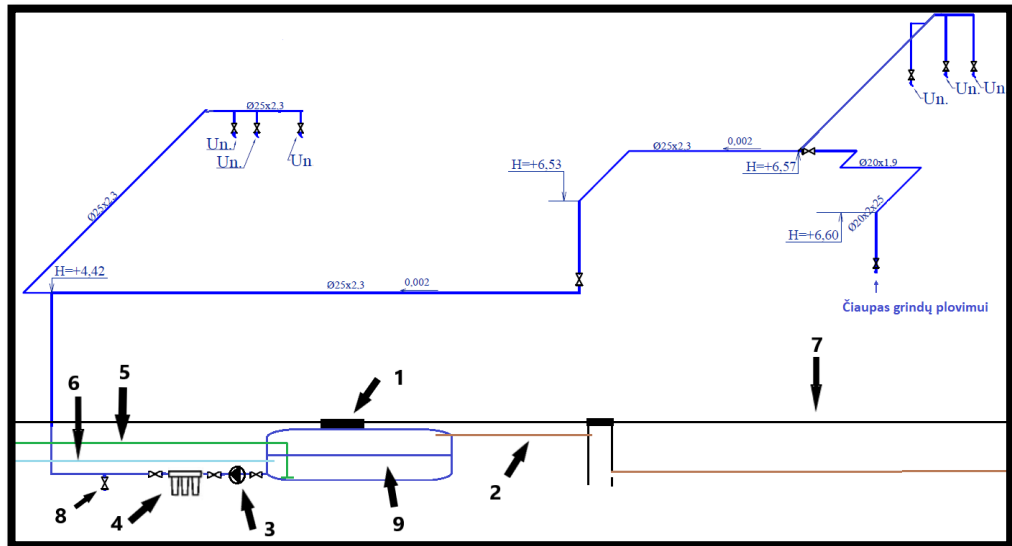
Pastatas	Sekundinis negeriamo vandens debitas (l/s)	Vandens stulpo aukštis (m)	Siurblio galingumas	Kaina (€)
Maisto parduotuvė nr 1	1.03	0,8 kW	Grundfos SBA 3-35 A	300
Maisto parduotuvė nr 2	0.80	0,8 kW	Grundfos SBA 3-35 A	300
Maisto parduotuvė nr 3	1.13	0,8 kW	Grundfos SBA 3-35 A	300
Maisto ir pramoninių prekių parduotuvė	1,85	1,5 kW	Grundfos SP 14-6	1040
Administracinės paskirties nr.1	1.84	1,5 kW	Grundfos SP 14-6	1040
Administracinės paskirties nr.2	0.51	0,8 kW	Grundfos SBA 3-35 A	300
Administracinės paskirties nr.3	0.29	0,8 kW	Grundfos SBA 3-35 A	300
Administracinės paskirties su restoranu	1.97	1,5 kW	Grundfos SP 14-6	1040

Apklausus įmones, kurios montuoja siurblius vandentiekio sistemoje, gauta, kad Grundfos SBA tipo siurblio sumontavimas gali kainuoti nuo 100 €, o Grundfos SP nuo 250 €. Šios kainų vertės taikytos tyrime.

3.5.3. Sistemos vamzdynas

Kadangi nagrinėjami pastatai turi įrengtas lietaus nuvedimo sistemas, vamzdynų ilgiai skaičiuojami tik vidaus vandentiekio sistemai. Lietaus vandens rezervuarai jungiami prie senos lietaus nuvedimo sistemos, rezervuarus numatoma statyti šalia esamų lietaus vandens šulinių. Taip sutaupoma kaštų įrenginėjant papildomus vamzdynus lauke. Rezervuaro pajungimui sunaudoti vamzdžiai ir kitos fasoninės dalys yra įtraukiamos į bendrą vamzdyno įrengimo kainą. Negeriamo vandens vidaus vandentiekio vamzdynas privalo būti apsaugotas nuo kondensato susidarymo naudojant izoliacines medžiagas. Taip pat privaloma apsaugoti sistemą nuo užšalimo įgilinant arba izoliuojant lauke esančius elementus. Žemiausioje vamzdyno vietoje turi būti numatytas čiaupas sistemos drenavimui, kad būtų galima atlikti remonto darbus. Sistemoje reikalingas vamzdyno ilgis apskaičiuojamas pagal turimus pastato brėžinius. Neturint brėžinių skaičiuojamas apytikslis vamzdyno ilgis vizualiai įsivertinus atstumus pastatuose. Išlaidos fasoninėms vamzdyno dalims, pagal gamintojo nurodymus siekia apie 10 proc. vamzdyno kainos priklausomai nuo įrengimo situacijos. Atlikus rinkoje vyraujančių darbų kainų analizę nustatyta, kad vamzdyno įrengimas sudaro 30-40 proc. vamzdyno kainos, žinoma tai priklauso nuo įrengimo sudėtingumo bei naudotos įrangos.

Maisto parduotuvė nr.1 – Iš rezervuaro į pastatą tiesiamas polipropileno vamzdis, vamzdis nuo rezervuaro iki pastato privalo būti įgilintas žemiau įšalo (~150 cm). Magistralinis negeriamo vandens vamzdyno diametras 32x3 mm, ilgis apie 16 m. Naudojamos dvi atšakos į dvi sanitarines patalpas. Atšakoms naudojamas 25x2,3 mm diametro bei 20x1,9 mm polipropileno vamzdynas. Grafinis sistemos vamzdyno išsidėstymas parodytas 11 paveikslėlyje.



13 pav. Lietaus vandens sistema parduotuvėje nr.1.

1. rezervuaro liukas aptarnavimui; 2. perspylimo vamzdis; 3. vandens siurblys; 4. vandens filtravimas ir dezinfekcija; 5. lietaus vandens tiekimas; 6. vandentiekio vandens tiekimas; 7. žemės paviršius; 8. sistemos nudrenavimo vožtuvas; 9. lietaus vandens talpykla.

Maisto parduotuvė nr.2 – kaip ir buvo minėta ankščiau tyrime, maisto parduotuvė nr.1 ir nr.2 yra identiški statiniai, su lygiai taip pat išsidėsčiusiais vidaus inžineriniais tinklais bei patalpų išplanavimu. Nors ir šiame pastate sunaudojama mažiau negeriamo vandens, tačiau kiekis nėra tiek didesnis, kad reikėtų mažinti vamzdyno diametrą, todėl vidaus negeriamo vandens vamzdyno diametras lieka toks pats. Sutrumpėja magistralinis vamzdynas, kadangi šioje parduotuvėje lietaus vandens šulinys sumontuotas arčiau tos dalies pastato, kurioje yra sanitarinės patalpos.

Maisto parduotuvė nr.3 – vidaus negeriamo vandens tinklai montuojami naudojant polipropileno vamzdyną. Pastate yra tik vienas sanitarinis mazgas, kuriame sumontuoti keturi negeriamo vandens čiaupai, vertikalus aukštis nuo čiaupo iki vandens paėmimo taško iš čiaupo apie 6 m. apskaičiuotas vamzdyno horizontalus ilgis 48 m. iš viso reikalinga 54 m. polipropileno vamzdyno. Įvertinus vandens debitą bei vandens greitį vamzdyne, naudojamas 32x2,9 mm magistralinis polipropileno vamzdis, nuo kurio nuvedamos atšakos iki vandens ėmimo čiaupų, atšakoms reikalingas 20x1,9 mm diametro vamzdis, kurio ilgis apie 14 m.

Maisto ir pramoninių prekių parduotuvė – Nagrinėjant šį pastatą pastebėta, kad yra aštuonios sanitarinės patalpos, kuriose yra negeriamo vandens poreikis. Šiame pastate vanduo naudojamas: grindų plovimui, klozetų bei pisuarų bakelių nuleidimui bei lauko laistymui. Vamzdyną sudarė magistralinis vamzdis nuo kurio tiesiamos atšakos iki kiekvienos sanitarinės patalpos. Turint vandens debitus bei norimą vandens greitį vamzdžiuose apskaičiuota, kad magistralinis vamzdynas sudarytas iš 50x4,5 mm diametro polipropileno vamzdžio, šių vamzdžių numatoma apie 40 m. Nuo magistralinio vamzdyno tiesiamos aštuonios atšakos, joms reikalinga: 280 m 32x2,9 mm, 150 m 25x3,5 mm bei 150 m 20x1,9 mm.

Administracinis pastatas nr. 1 – Kadangi šiame pastate vanduo vartojamas tik sanitarinėse patalpose (klozetų bei pisuarų bakelių nuleidimui) lietaus vandens vamzdynas bus analogiško ilgio, kaip ir šalto buitinio vandens vamzdynas. Vamzdyno ilgis parinktas iš turimo darbo projekto, vamzdinių diametrai parinkti pagal vandens debitą bei vandens greitį vamzdyje,

Administracinis pastatas nr. 2 –Pastate iš viso yra trys sanitarinės patalpos, kuriose naudojamas lietaus vanduo. Tai pat numatomas negeriamo vandens čiaupas lauko laistymui. Nuo rezervuaro iki pastato sanitarinių mazgų išvedžiojamas vamzdynas iš polipropileno, pasiekti visus norimus taškus reikės apie 25 m 25x2,5 mm bei 19 m 20x2,25 mm vamzdžių.

Administracinis pastatas nr. 3 – Šis pastatas iš viso yra keturių aukštų, pirmajame įrengtos techninės patalpos. Sanitariniai mazgai išsidėstę vienas virš kito antrame, trečiame bei ketvirtame aukšte. Horizontalaus vamzdžio poreikis vidaus vandentiekio vamzdynui yra apie 15 m įsivertinus, kad rezervuaras sumontuojamas 6 m. atstumu nuo pastato. Vertikalus vamzdžio poreikis apie 17 m. (atstumas nuo siurblio iki aukščiausio čiaupo). Turint vandens debitą bei norimą vandens greitį vamzdyje (iki 1,5 m/s) apskaičiuotas skirtingų atšakų diametras.

Administracinis pastatas su restoranu – Tai septynių aukštų pastatas, sanitarinės patalpos, kuriose naudojamas negeriamas vanduo išsidėsčiusios viena virš kitos kiekviename aukšte. Negeriamam vandeniui patiekti naudojamas vienas stovas su atšakomis į kiekvieną aukšto sanitarinį mazgą. Kadangi vanduo tiekiamas į sanitarinius mazgus, kuriuose jau yra išvedžioti vamzdynai, vamzdžių ilgiai analogiški, o vamzdžio diametrą parinksime pagal norimą vandens greitį bei debitą.

Negeriamo vandens sistemai įrengti reikalingų vamzdžių ilgiai pateikiami 9 lentelėje.

9 lentelė. Polipropileno (PN10) vamzdžių ilgiai pastatuose, m.

Vamzdžio diametras	20x1.9 mm, (m)	25x2.3 mm, (m)	32x3.0 mm, (m)	40x3.7 mm, (m)	50x4.6 mm, m	Viso, (m)
Maisto parduotuvė nr 1	10	36	16	-	-	62
Maisto parduotuvė nr 2	10	33	11	-	-	54
Maisto parduotuvė nr 3	14	-	40	-	-	74
Maisto ir pramoninių prekių parduotuvė	42	150	280	-	40	512
Administracinės paskirties nr.1	-	16	150	10	70	246
Administracinės paskirties nr.2	19	25	-	-	-	44
Administracinės paskirties nr.3	10	22	-	-	-	32
Administracinės paskirties su restoranu	101	52	30	-	40	223

Žinant reikalingo vamzdžio ilgį galima apskaičiuoti preliminarią sistemos įrengimo kainą. Atlikus rinkoje vyraujančių kainų analizę priimta, kad PPR PN10 vamzdžio bėginio metro kaina yra: 20x19mm – 0,71 €, 25x2,3 mm -1,02 €, 32x3,0 mm – 1,45 €, 40x3,7 mm – 2.33 € bei 50x4,6 mm – 3,8 €. Pagal gamintojo nurodymus, priklausomai nuo įrengimo sudėtingumo fasoninės dalys gali sudaryti iki 50 proc. vamzdžio kainos, ši proporcija taikoma ir šiame darbe. Taip pat reikia įsivertinti vamzdžio padengimą izoliacija nuo rasojimo. Šiame darbe laikomasi, kad vamzdžių padengimas izoliacine medžiaga (darbai su medžiagomis) kainuos 50 proc. vamzdžio sumos. Polipropileno vamzdžiai yra vieni pigiausių variantų šalto vandens sistemai įrengti. Nors medžiagos kainuoja mažai, pats vamzdžio įrengimas reikalauja kruopštaus darbo, už kurį reikia susimokėti. Įrengimo darbų kaina gali labai kisti, priklausomai nuo situacijos sudėtingumo. Atlikus rinkos analizę rasta, kad vidaus vandentiekio įrengimo darbai kainuoja nuo 5-10 € už pilnai įrengtą bėginį metrą

vamzdyno. Tyrime naudojama, kad pilna įrengto metro kaina - 10 €. Siekiant patikslinti šį rodiklį reikia kiekvieną pastatą nagrinėti atskirai su montavimo darbus atliekančiais specialistais, šiuo atveju parenkama apytikslė kaina.

10 lentelė. Apskaičiuotos negeriamo vandens vamzdyno įrengimo kainos, €.

Kaina	Medžiagos	Įrengimas	Viso:
Maisto parduotuvė nr 1	220	620	840
Maisto parduotuvė nr 2	203	540	743
Maisto parduotuvė nr 3	212	740	952
Maisto ir pramoninių prekių parduotuvė	1413	5120	6533
Administracinės paskirties nr.1	561	2460	3021
Administracinės paskirties nr.2	193	440	534
Administracinės paskirties nr.3	72	320	391
Administracinės paskirties su restoranu	403	2230	2634

Pasak gamintojų, plastikinio vamzdyno gyvavimo laikas viršija 50 metų. Todėl vamzdyno keitimas nebus įtraukiamas į sistemos gyvavimo ciklo kaštus.

3.5.4. Vandens filtracija

Vandens filtraciją galima skirstyti į du etapus, pirminį, kuriuo metu vanduo yra pravalomas prieš patekimą į vandens rezervuarą. Šios filtracijos metu sugaunami stambiausių gabaritų teršalai, tokie, kaip medžių lapai. Šios filtracijos metu prarandama iki 10 proc. vandens, kuris yra nukreipiamas į lietaus kanalizaciją. Filto specifikacijos parenkamos pagal pastato stogo plotą, nuo kurio bus renkamas lietaus vanduo. Sistemose naudojami filtrai pateikiami 11 lentelėje.

11 lentelė. Pirminių filtravimo sistemų kainos iš gamintojų katalogų.

Pastatas	Stogo plotas (m ²)	Pirminis filtras	Kiekis	Kaina (€)
Maisto parduotuvė nr 1	2356	Wisly Vortex Fine WFF 150	5	2250
Maisto parduotuvė nr 2	2356	Wisly Vortex Fine WFF 150	5	2250
Maisto parduotuvė nr 3	1722	Optimax industrial filter	1	1500
Maisto ir pramoninių prekių parduotuvė	7400	Optimax XXL	1	7200
Administracinės paskirties nr.1	2270	Wisly Vortex Fine WFF 150	5	2250
Administracinės paskirties nr.2	1750	Optimax industrial filter	1	1500
Administracinės paskirties nr.3	201	Wisly Vortex Fine WFF 100	1	350
Administracinės paskirties su restoranu	555	Wisly Vortex Fine WFF 150	1	450

Antrinio filtravimo metu siekiama vandenį išvalyti nuo kur kas mažesnių teršalų. Smulkių dalelių filtrai naudojami išvalyti vandeniui, kuris iškeliauja iš rezervuaro į vidaus vandentiekio tinklą. Svarbu, kad smulkių dalelių filtrai būtų sumontuoti prieš ultravioletinių spindulių dezinfekcijos kasetę, taip užtikrinant, kad visi mikroorganizmai yra sunaikinami vandens dezinfekavimo metu. Norint, kad šie filtrai veiktų efektyviai reikia užtikrinti reikalingą slėgį sistemoje, priklausomai nuo gaminio tipo reikalingas atitinkamas slėgis sistemoje. Tyrime naudotas minimalus slėgis 1,8 bar.

12 lentelė. Antrinio filtravimo sistemų kainos iš gamintojų katalogų.

Pastatas	Stogo plotas (m ²)	Pirminis filtras	Kaina (€)
Maisto parduotuvė nr 1	62	Rainflo 12 GPM filtration System	400
Maisto parduotuvė nr 2	48	10 Triple action filtration system	400
Maisto parduotuvė nr 3	68	20 Triple action filtration system	400
Maisto ir pramoninių prekių parduotuvė	111	RainFlo Industrial Bag Filter	1200
Administracinės paskirties nr.1	110	RainFlo Industrial Bag Filter	1200
Administracinės paskirties nr.2	31	20 Triple action filtration system	240
Administracinės paskirties nr.3	17	10 Triple action filtration system	180
Administracinės paskirties su restoranu	118	RainFlo Industrial Bag Filter	1200

Pirminių ir antrinių filtravimo sistemų sumontavimo kaštais laikoma 15 proc. visos filtravimo sistemos kainos. Pasak gamintojų, filtrų pagamintų iš plastiko, cinko ar nerūdijančio plieno gyvavimo laikas siekia net iki 50 metų, todėl nagrinėjant sistemos atsiperkamumą filtravimo sistemos keitimo kaštai neįtraukti.

3.5.5. Lietaus vandens dezinfekcija

Vandens dezinfekcijai naudotos pažangiausias technologijas – ultravioletinių (toliau UV) spindulių dezinfekcija. Siekiant sužinoti kokio galingumo sistemos reikalingos atlikta siūlomų produktų analizę. Pagrindinis kriterijus, kuris nusako, kokio galingumo sistemos reikės, tai pratekančio vandens debitas. Ši sistema veikia automatiškai, tad vienintelės išlaidos susijusios su priežiūra yra kasmetinis lempos pakeitimas, pasak gamintojų vidutinis sistemos tarnavimo laikas yra apie 15 metų. Sistemos parduodamos kartu su valdymo bloku, kuris kontroliuoja, kad lempos būtų įjungtos vandens vartojimo metu bei išjungtos, kai vanduo nėra naudojamas. Taip pat indikuojama klaida susijusi su perdegusia lempa sistemoje. Žemiau pateikiamos UV vandens dezinfekavimo sistemos naudotos kiekvienam iš pastatų.

13 lentelė. Ultravioletinių spindulių dezinfekavimo sistemos.

Pastatas	Sekundinis negeriamo vandens debitas (l/min)	UV lempos galingumas (W)	Sistemos pavadinimas	Kaina (€)
Maisto parduotuvė nr 1	62	80	UVG SLT80	750
Maisto parduotuvė nr 2	48	40	UVG SLT40	500
Maisto parduotuvė nr 3	68	80	UVG SLT80	400
Maisto ir pramoninių prekių parduotuvė	111	80	UVG SLT80	750
Administracinės paskirties nr.1	110	80	UVG SLT80	750
Administracinės paskirties nr.2	31	30	UVG SLT30	400
Administracinės paskirties nr.3	17	30	UVG SLT30	400
Administracinės paskirties su restoranu	118	80	UVG SLT80	750

UV dezinfekavimo sistemos įrengimas yra ganėtinai paprastas, reikalingas įrengimo prijungimas prie vandentiekio sistemos, tokį darbą pasak gamintojo galima atlikti savomis jėgomis arba su santechniko pagalba, taip pat reikalingas elektros įvadas (kištukinis lizdas), tad gali prireikti ir elektriko paslaugų. Vidutiniškai tokios sistemos pajungimas gali atsieiti apie 100 €. Priklausomai nuo vandens vartojimo, reikalingas UV lempų keitimas, pagal gamintojo nurodymus lempą reikia keisti ne rečiau kaip kartą per metus. Esant dideliame vandens suvartojimui sistemos valdiklis gali pranešti apie poreikį keisti lempa anksčiau laiko, tuomet lempos keičiamos pagal poreikį.

14 lentelė. UV lempų kainos.

<i>Lempų pavadinimai ir specifikacijos</i>	Kaina (€)
<i>UV Lamp 11030 4 Pins 30 Watt - 515mm</i>	50
<i>UV Lamp 11040 4 Pins 40 Watt - 843mm</i>	70
<i>UV Lamp 11080 4 Pins 80 Watt - 843 mm</i>	100

Kasmetinės energijos sąnaudos gaunamos sudauginant lempų darbo laiką ir galingumą, gautos vertės pridamos prie bendrų sistemos energijos išlaidų.

3.5.6. Sistemos priežiūra

Siekiant, kad sistema tarnautų tinkamai, reikalingi reguliarūs aptarnavimai. Aptarnavimų metu yra vizualiai apžiūrimi visi sistemos mazgai, tikrinama ar bėgant laikui neatsirado nesandarių vietų. Esant poreikiui yra išvalomi vandens filtrai ir lietaus nubėgimo įlajos. Šių darbų numatoma kaina rinkoje 100-200 €/met.(apsilankant pastate 2 kartus į metus), priklausomai nuo pastato bendro vidaus ploto. Darbe taikyta, kad pastatams, kurių bendras vidaus plotas yra mažesnis negu 2500 m² nuolatiniam aptarnavimui skiriama 100 €, didesnę plotą turintiems pastatams taikomas 200 €/met. mokestis. Taip pat gamintojai siūlo nusimatyti pinigų smulkiam remontui. Tyrime naudojama, kad smulkiam remontui skiriama 1 proc. pradinių investicijų per metus.

3.6. Ekonominė analizė

Šiame skyriuje analizuojami ekonominiai rodikliai kiekvienai sistemai ir pastatui individualiai. Pagal pateiktas komponentų bei jų įrengimo kainas apskaičiuota per kokį laiką naudojama sistema gali atsipirkti. Sistemos gaunama finansinė nauda, tai iš miesto vandentiekio tinklo nenupirkta vanduo. Visa tai atliksime naudodami lietaus sistemų modeliavimo įrankį „RainCycle“.

3.6.1. Pradinės investicijos

Siekiant išsiaiškinti, koks sistemos atsipirkimo laikas pirmiausia reikia išsiaiškinti, kokią sumą pinigų reikės investuoti į sistemos įrenginių įsigijimą bei sumontavimą. Naudojantis vidutinėmis kainomis vyraujančiomis rinkoje apskaičiuota pradinių investicijų dydis kiekvienai iš sistemų. Duomenys pateikiami 15 lentelėje.

15 lentelė. Pradinis investicijų dydis į sistemos įrenginius bei jų sumontavimą, €.

Pastato pavadinimas	Siurblys	Rezervuaras	Vamzdynas	Pirminis filtravimas	Antrinis filtravimas	Dezinfekcija	Viso
Maisto parduotuvė nr 1	450	2600	840	2588	460	850	7788
Maisto parduotuvė nr 2	450	2048	743	2588	460	600	6888
Maisto parduotuvė nr 3	450	3120	952	1725	460	500	7207
Maisto ir pramoninių prekių parduotuvė	1290	16427	6533	8280	1380	850	34760
Administracinės paskirties nr.1	1290	13260	3021	2588	1380	850	22389
Administracinės paskirties nr.2	450	2600	534	1725	276	500	6085
Administracinės paskirties nr.3	450	793	391	403	207	500	2744
Administracinės paskirties su restoranu	1290	4030	2634	518	1380	850	10702

Lentelėje matoma, kad investicijos į sistemą gali būti labai skirtingos. Nagrinėjamuose pastatuose jos svyruoja nuo 2,6 tūkst. eurų iki 34,7 tūkst. eurų. Mažiausias investicijų poreikis užfiksuotas antrajame administracinės paskirties pastate. Šiame pastate sunaudojama mažiausiai lietaus vandens, todėl ir

sistemos komponentai yra mažesnių galingumų ir debitų, tai atsispindi ir pradinėse investicijose. Daugiausiai investicijų reikalauja maisto ir pramoninių prekių parduotuvė, ši parduotuvė turi didžiausią stogo paviršių bei sunaudoja daugiausiai vandens. Siekiant aprūpinti vandenių šiam pastatui reikės didžiausio tūrio rezervuaro bei galingiausio siurblio vandeniui paskirstyti. Kaštų lentelėje galima matyti, kad didžioji dalis investicijų, tai rezervuaro įsigijimo ir pastatymo kaina priklausomai nuo pastato, šios investicijos sudaro 30-61 proc. visų investicijų į sistemą. Toliau investicijos pasiskirsto individualiai pagal pastato specifiką. Pastatams, kurie turi didelį stogo plotą, nemažai investicijų atitenka pirminiam vandens filtravimu, jis reikalingas, kad vanduo būtų išvalytas nuo lapų ir kitų stambesnių gabaritų teršalų.

3.6.2. Sistemos eksploatacijos išlaidos

Norint, kad sistema tinkamai veiktų privaloma ją tinkamai prižiūrėti bei esant reikalui remontuoti. Labai svarbu numatyti šias išlaidas prieš įrenginėjant lietaus surinkimo sistemas, nes tai gali būti lemiamas veiksnys darantis įtaką sistemos atsipirkimui [26]. Sistemos eksploataavimo metu numatomi šie priežiūros remonto darbai:

- Dezinfekavimo sistemos keitimas – kas penkiolika metų;
- Siurblio keitimas – kas dešimt metų;
- UV lempų keitimas – kas metus;
- Nuolatinė sistemos priežiūra – kas mėnesį;
- Smulkus remontas – pagal poreikį;

Sudaroma bendra eksploatacijos kaštų lentelė, joje pateikiamos sumos priežiūros/remonto darbams per metus. Siurblio keitimo kaštai paskirstomi tolygiai kiekvieniems metams.

16 lentelė. Metinės išlaidos sistemos priežiūrai ir remontui, €.

Pastato pavadinimas	Dezinfekavimo sistemos keitimas	Siurblio keitimas	UV lempų keitimas	Nuolatinė priežiūra	Smulkus remontas	Viso
Maisto parduotuvė nr. 1	57	45	150	100	78	430
Maisto parduotuvė nr. 2	40	45	90	100	69	344
Maisto parduotuvė nr. 3	33	45	150	100	72	400
Maisto ir pramoninių prekių parduotuvė	57	129	150	200	348	883
Administracinės paskirties nr. 1	57	129	150	200	223	759
Administracinės paskirties nr. 2	33	45	70	100	61	309
Administracinės paskirties nr. 3	33	45	70	100	27	276
Administracinės paskirties su restoranu	57	129	150	100	107	543

3.6.1. Energijos išlaidos

Nagrinėjamoje sistemoje energiją eikvoja tik du elementai, tai vandens siurblys ir UV spindulių dezinfekcinė sistema. Vandens siurblio sunaudojamai energijai apskaičiuoti „RainCycle“ įrankis atlieka kasdienio vartojimo simuliacijas. Žinant siurblio galingumą ir efektyvumą įrankis nustato, koks kiekis energijos bus sunaudojamas per metus. UV dezinfekavimo sistemos sunaudojama energija nustatoma pagal naudojamą įrenginio galingumą bei prognozuojamą veikimo laiką, atsižvelgiant į suvartojamo vandens kiekį kasdien.

4. Rezultatai

Naudojantis visais apskaičiuotais sistemos parametrais bei įrengimo ir eksploatacijos kaštais atliekama sistemos 50-ies metų gyvavimo analizė kiekvienam iš pastatų. Modeliavimas atliktas naudojantis „RainCycle“ programiniu paketu. Apskaičiuoti hidrauliniai bei finansiniai sistemos rodikliai bei teorinis sistemos atsipirkimo laikas. Pateikiamos išvados apie sistemos pritaikymo galimumą pastate.

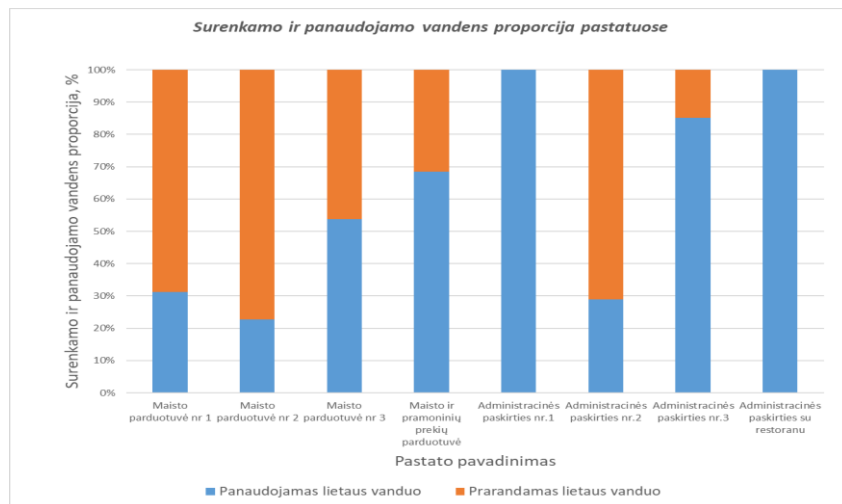
4.1. Hidrauliniai sistemos parametrai

Atliekant kasdienes lietaus bei suvartojamo negeriamo vandens imitaciją, gaunamas hidraulinis vandens balansas rezervuare per metus. Jame matome, kokia dalis vandens buvo prarasta, įvykus rezervuaro persipylimui bei galime matyti, kokią dalį vandens teko panaudoti papildant rezervuarą iš miesto vandentiekio tinklą. Rezultatai pateikiami 17 lentelėje.

17 lentelė. Metinis vandens balansas rezervuaruose.

Pastato pavadinimas	Surenkamas vanduo, (m ³)	Panaudojamas vanduo, (m ³)	Prarandamas vanduo, (m ³)	Papildymas iš vandentiekio, (m ³)	Poreikis (m ³)
Maisto parduotuvė nr 1	1019	318	701	0	318
Maisto parduotuvė nr 2	1019	232	787	0	232
Maisto parduotuvė nr 3	745	400	345	0	400
Maisto ir pramoninių prekių parduotuvė	3202	2192	1010	13	2192
Administracinės paskirties nr.1	982	982	0	323	1305
Administracinės paskirties nr.2	803	232	571	0	232
Administracinės paskirties nr.3	87	74	13	13	80
Administracinės paskirties su restoranu	240	513	0	393	513

Kadangi lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo pastatuose modeliavimas vyko naudojant vidutines mėnesines kritulių kiekio reikšmes, modeliavimo įrankis lietų matė, kaip nuolatinį ir stabilų procesą. Dėl šios priežasties, rezultatuose negeriamo vandens poreikis didžiąja dalimi yra patenkinamas lietaus vandeniu 75 – 100 proc. Realiomis sąlygomis, lietus yra ganėtinai nestabilus procesas, tad siekiant tikslesnio vandens balanso apskaičiavimo reikalingi kasdieniniai lietaus kritulių kiekiai bei suvartojamo vandens kiekiai. Nagrinėjamosiose maisto prekių parduotuvės surenkamo lietaus vandens buvo gerokai daugiau nei jo galima panaudoti vidaus reikmėms, išnaudota 23-53 proc. viso surenkamo lietaus vandens. Administracinės paskirties pastate nr, 1 bei administracinės paskirties pastate su restoranu, prognozuojama, kad visas lietaus vanduo panaudotas pastate. Šiuose pastatuose suvartojamo negeriamo vandens kiekis, viršija surenkamo nuo stogo lietaus kiekį, tai yra dėl sąlyginai mažo stogo ploto. Per metus rezervuarai vidutiniškai papildomi 323-393 m³ vandens iš vandentiekio tinklą. Visų pastatų hidrauliniai metiniai duomenys pateikiami 14 paveikslėlyje.



14 pav. Panaudojamo/surenkamo lietaus vandens pastate pasiskirstymas.

4.2. Finansiniai sistemos parametrai

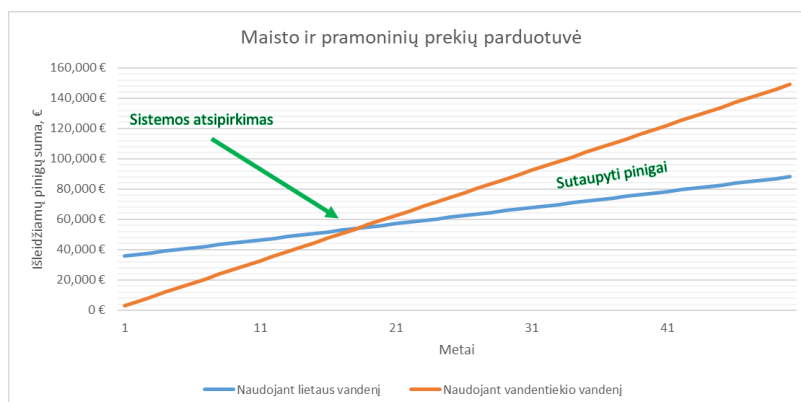
Skaičiuojant finansinius sistemos rodiklius pasirinkta imituoti penkiasdešimties metų periodą, nes po šio periodo reikalingas kapitalinis sistemos remontas. Finansinė nauda apskaičiuota pagal teorinį vandens kiekį, kuris nebus nuperkamas iš vandentiekio tinklų. Sistema laikoma atsipirkusi, kuomet visi kaštai susiję su lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo sistema taps mažesni nei teorinis nupirkto vandens kiekis iš vandentiekio. Gauti rezultatai pateikiami 18 lentelėje.

18 lentelė. Penkiasdešimties metų kaštų bei pajamų finansiniai rodikliai.

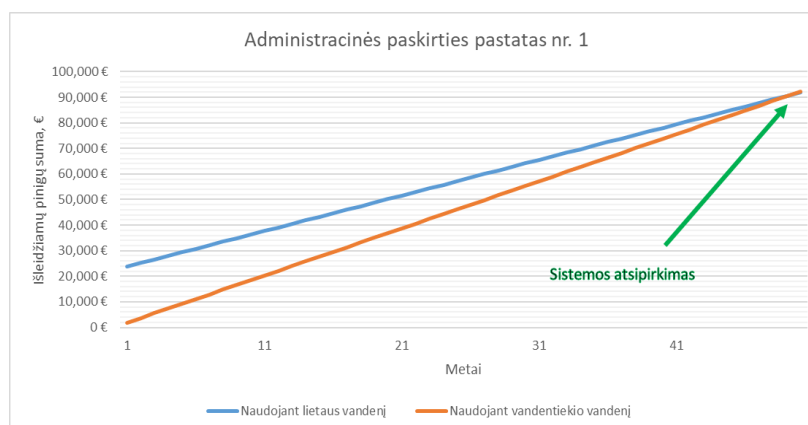
Parduotuvės pavadinimas	Pradinė investicija ir eksploatacijos kaštai	Išleista el. energijai	Išleista vandens papildymui	Viso naudojant lietaus vandenį	Naudojant vandenį tik iš vandentiekio	Prarasta/sutaupyta pinigų
Maisto parduotuvė nr 1	€ 30,938	€ 1,407	€ 0	€ 32,345	€ 21,336	-€ 11,009
Maisto parduotuvė nr 2	€ 24,088	€ 1,050	€ 0	€ 25,138	€ 15,811	-€ 9,327
Maisto parduotuvė nr 3	€ 27,207	€ 1,545	€ 0	€ 28,752	€ 26,885	-€ 1,867
Maisto ir pramoninių prekių parduotuvė	€ 78,910	€ 8,263	€ 860	€ 88,033	€ 148,982	€ 60,949
Administracinės paskirties nr.1	€ 60,021	€ 5,617	€ 26,460	€ 92,098	€ 92,266	€ 168
Administracinės paskirties nr.2	€ 39,115	€ 1,066	€ 0	€ 40,181	€ 16,455	-€ 23,726
Administracinės paskirties nr.3	€ 18,457	€ 469	€ 711	€ 19,637	€ 5,698	-€ 13,939
Administracinės paskirties su restoranu	€ 37,852	€ 2,855	€ 26,352	€ 67,059	€ 42,441	-€ 24,618

Lentelėje pateikiamos išlaidos, kurios patiriamos per penkiasdešimties metų laikotarpį, naudojant lietaus surinkimo sistemą arba tik perkant vandenį iš vandentiekio tinklų. Žiūrėdami į rezultatus matome, kad tik dvi iš nagrinėtų aštuonių sistemų po penkiasdešimties metų tapo atsipirkusiomis. Maisto ir pramoninių prekių parduotuvė bei administracinės paskirties pastatas nr.1. Atliekant penkiasdešimties metų simuliaciją, maisto ir pramoninių prekių parduotuvė turėtų sutaupyti beveik 62 tūkst. €, numatomas sistemos atsipirkimo laikas po 19 metų. Administracinės paskirties pastate nr.1 išleista suma lietaus vandens surinkimo sistemai arba vandens naudojimui iš vandentiekio tinklo yra labai panaši, numatomas sistemos atsipirkimas po 49 metų iš viso sutaupant 168 €. Pastate

sunaudojamas ganėtinai didelis, kiekis vandens, tačiau per mažas stogo plotas neleido pasiekti trumpesnio atsipirkimo laiko, per penkiasdešimties metų laikotarpį, rezervuaro papildymui iš vandentiekio tinklo būtų išleidžiama net 26 tūkst. €. Abiejų sistemų finansiniai rodikliai pateikiami 13-14 paveikslėliuose.

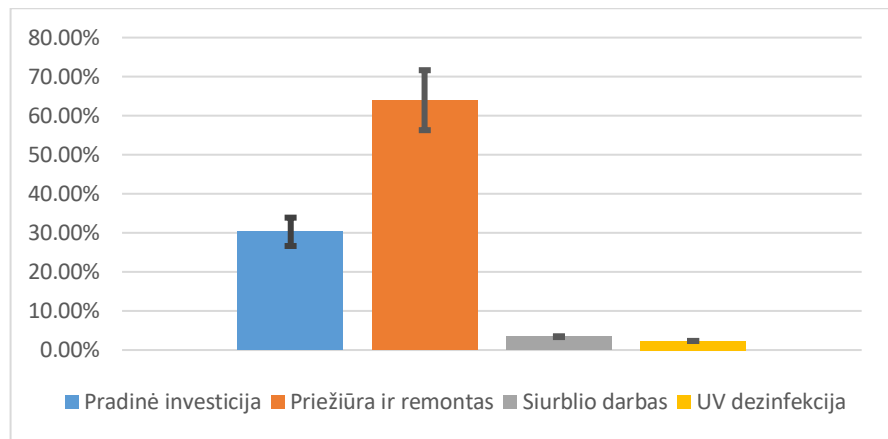


13 pav. Maisto ir pramoninių prekių parduotuvės finansiniai rodikliai.



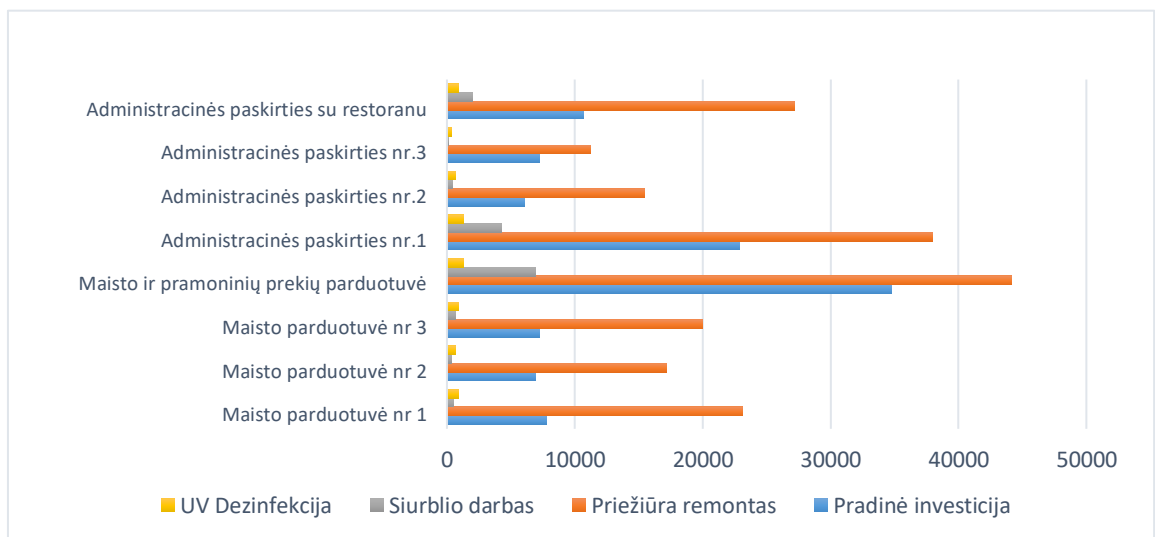
14 pav. Administracinės paskirties pastato nr.1 finansiniai rodikliai.

Atliktoje 50-ies metų periodo simuliacijoje apskaičiuojamas kaštų pasiskirstymas per visą laikotarpį. Šiose sistemose didžioji dalis išlaidų atiteko eksploatacijos kaštams, priklausomai nuo objekto eksploatacijai sunaudota 51-72 proc. visų investicijų sumos. Tuo tarpu pradinės investicijos į sistemą per gyvavimo ciklo laikotarpį sudarė 24-40 proc. visų investicijų į sistemą. Nustatyti energijos kiekiai reikalingi palaikyti sistemą per visą gyvavimo ciklą, išlaidos elektros energijai apmokėti sistemose sudarė mažiausią dalį visų kaštų, siurblių bei UV dezinfekcijos įrenginio sunaudojamai elektros energijai buvo skiriama 2,5 - 9,5 proc. visų kaštų susijusių su sistemos įrengimu ir palaikymu. Bendrasis investicijų bei išlaidų pasiskirstymas matomas 15 paveikslėlyje.



15 pav. Vidutinis investicijų pasiskirstymas per sistemos gyvavimo laikotarpį.

Žvelgiant į kiekvieno pastato kaštų pasiskirstymą individualiai, galime pastebėti, kad visose sistemos didžiausia dalis investicijų tenka sistemos priežiūrai bei remontui priklausomai nuo sistemos dydžio per visą gyvavimo ciklą gali būti skiriama nuo 11250 € – 44150 €. Pradinės investicijos sistemos įrengimui siekė 6085 € – 34760 €. Finansiniai lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo sistemos rodikliai, kiekvienam pastatui pateikiami 16 paveikslėlyje.



16 pav. Finansiniai lietaus vandens surinkimo ir panaudojimo sistemos rodikliai.

5. Išvados

1. Atliekant suvartojamo vandens matavimus nustatytas vandens poreikis prekybinės bei administracinės paskirties pastatuose. Gautos reikšmės palygintos su projektinėmis suvartojamo vandens normomis iš RSN 26-90. Pastebėta, kad prekybinės paskirties pastatuose suvartotas vanduo sudaro 33-36 %, projekcinio vandens kiekio kuomet patalpos naudojamos maisto prekių pardavimui bei 90 % kuomet patalpos naudojamos maisto ir pramoninių prekių pardavimui. Administracinės paskirties pastatuose suvartojamas vanduo sudaro 80 – 114 %, projekcinio vandens kiekio, kuomet pastatas turi bendras patalpas su restoranu suvartojamo vandens kiekis sudaro – 133 % projekcinio vandens kiekio.
2. Naudojantis atliktų tyrimų rezultatais nustatyti vandens kiekiai, kurie gali būti pakeisti naudojant lietaus vandenį skirtinguose pastatuose. Prekybos paskirties pastatuose lietaus vandeniu gali būti pakeičiama 53 %, administracinės paskirties pastatuose 70 %, o restoranuose 34 % viso suvartojamo vandens kiekio.
3. Naudojantis pastatų duomenimis bei realiais suvartojamo vandens kiekiais juose, buvo pritaikyta lietaus surinkimo sistema kiekvienam pastatui. Apskaičiuoti hidrauliniai bei finansiniai sistemų rodikliai. Gauta, kad tik dvejuose iš aštuonių nagrinėjamų pastatų gali būti pasiekiamas sistemos atsipirkimas. Maisto ir pramoninių prekių parduotuvėje numatomas atsipirkimas po 19 metų, sutaupant beveik 61 tūkst. eurų per 50–ies metų periodą. Administracinės paskirties pastate nr.1 atsipirkimas numatomas po 49 metų, per penkiasdešimties metų laikotarpį sutaupant apie 168 eurus.
4. Apskaičiuotas investicijų pasiskirstymas per 50-ies metų laikotarpį. Tyrimas atskleidė, kad per visą sistemos gyvavimo laikotarpį remontui bei priežiūros darbams skiriama 51 – 72 %, tuo tarpu pradinių investicijų dydis siekia 24 – 40 %, visų su sistemos įrengimu ir palaikymu susijusių kaštų. Finansai skiriami elektros energijai sudarė mažiausią dalį visų investicijų 3 – 10 %.

6. Literatūros sąrašas

1. ABDULLA, A. Fayez and A. W. AL-SHAREEF. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. *Desalination* [interaktyvus]. 2009, 243, 195-207 [žiūrėta 2019-09-15]. Prieiga per: doi:10.1016/j.desal.2008.05.013.
2. RSN 26-90. Vandens vartojimo normos. Lietuvos respublikos statybos ir urbanistikos ministerija ir Lietuvos respublikos aplinkos apsaugos departamentas. Vilnius, 1991 m. birželio 24 d. Nr. 79/76.
3. MELVOLLE-SHREEVE, Peter, Sarah WARD and David BULTER. Rainwater Harvesting Typologies for UK Houses: A Multi Criteria Analysis of System Configuration. *Water* [interaktyvus]. 2016, 8, 129 [žiūrėta 2019-09-21]. Prieiga per: doi:10.3390/w8040129.
4. CAMPISANO, Alberto et. al. Urban rainwater harvesting systems: Research implementation and future perspectives. *Water Research* [interaktyvus]. 2017, 115, 195-209 [žiūrėta 2019-10-07]. Prieiga per: doi:10.1016/j.watres.2017.02.056.
5. VIEIRA, Abel S., Cara D. BEAL, Enedir GHISI and Rodney A. Steward. Energy intensity of rainwater harvesting system: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [interaktyvus]. 2014, 34, 225-242 [žiūrėta 2019-10-17]. Prieiga per: doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.012.
6. Xavier V. A Preliminary project plan for a rainwater harvesting system for the stade olimpique de sousse, Medicités – urban sustainable development strategies [interaktyvus]. 2017-07-07. Prieiga per internetą: <http://www.medcities.org/documents/20344/195310/bcn-sousse.pdf/d5a37775-4e71-477e-bd49-55a8713d4a7e>
7. RAINWATER TANKS: Huge savings on underground rainwater tanks [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2019-12-04]. Prieiga per: <https://rainwatertanksdirect.com.au/underground-tanks/>
8. WATER TANKS: Plastic, steel, fiberglass and concrete tanks – the difference explained [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-12-04]. Prieiga per: <https://www.bushmantanks.com.au/blog/plastic-steel-fiberglass-and-concrete-tanks-the-difference-explained/>
9. Environment Agency, International comparisons of domestic per capita consumption [interaktyvus]. 2008.12.10. Prieiga per: <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140328161547/http://cdn.environment-agency.gov.uk/geho0809bqtd-e-e.pdf>
10. SIRTAUTAS, Darius. Lietuvos geriamojo vandens suvartojimo ir jo pokyčių įvertinimas didžiuosiuose miestuose: Magistro baigiamasis darbas [interaktyvus]. Aleksandro Stulginskio Universitetas, Akademija, 2014 [žiūrėta 2019-11-06]. Prieiga per:
11. TESTON, Andrea et. al. Rainwater Harvesting in Buildings in Brazil: A Literature Review. *Water* [interaktyvus]. 2018, 10, 471 [žiūrėta 2019-11-11]. Prieiga per:doi:10.3390/w10040471.

12. JINYOUNG, Kim and Hiroaki FURUMAI. Assessment of rainwater Availability by Building Type and Water Use Through GIS-based Scenario Analysis. *Water Resour Manage* [interaktyvus]. 2012, 26, 1499-1511 [žiūrėta 2019-11-14]. Prieiga per: doi.10.1007/s11269-011-9969-9.
13. YOUNG LEE, Ju, Gippeum BAK and Han Mooyoung. Quality of roof-harvested rainwater – Comparison of different roofing materials. *Environmental Pollution* [interaktyvus]. 2012, 162, 422-429 [žiūrėta 2019-10-23]. Prieiga per: doi:10.1016/j.envpol.2011.12.005.
14. LI, Zhe, Fergal BOYLE and Anthony REYNOLDS. Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland. *Desalination* [interaktyvus]. 2010, 260, 1-8 [žiūrėta 2019-10-31]. Prieiga per: doi;10.1016/j.desal.2010.05.035.
15. Malcolm S. P., et al. Water treatment in rainwater harvesting systems for potable use. Operations and education [interaktyvus] 2008. Prieiga per: <http://www.wrapdc.org/wp-content/uploads/2015/09/Rainwater-Harvesting-for-Potable-Water-Use-WRAP.pdf>
16. LEONG, J. Y. C., et.al. Prospects of hybrid rainwater-greywater decentralized system for water recycling and reuse: A review. *Journal of Cleaner Production* [interaktyvus]. 2017, 142, 3014-3027 [žiūrėta 2019-11-06]. Prieiga per: doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.167.
17. B. KUS, J. Kandasamy, S.Vigneswaran, H. K. Shon, Analysis of first flush to improve the water quality in rainwater tanks: *Water Sci Technol* [interaktyvus]. (2010) 61 (2): 421-428. Prieiga per: <https://doi.org/10.2166/wst.2010.823>
18. HELMREICH, B. and H. HORN. Opportunities in rainwater harvesting. *Desalination* [interaktyvus]. 2009, 248, 118-124 [žiūrėta 2019-11-03]. Prieiga per: doi;10.1016/j.desal.2008.05.046.
19. SITI N. B. R. et al. Threatment of rainwater quality using sand filter: International Conference on Environment 2008 [interaktyvus]. Prieiga per: <https://core.ac.uk/download/pdf/12007240.pdf>
20. SANTOS, C. and F. TAVEIRA-PINTO. Analysis of different criteria to size rainwater storage tanks using detailed methods. *Resources, Conservation and Recycling* [interaktyvus]. 2013, 71, 1-6 [žiūrėta 2019-11-04]. Prieiga per: doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.11.004.
21. MATHUR, Mrinali. Modelling Rainwater-Harvesting System Reliability Based on Historical Precipitation Data for Portland: Civil and Environmental Engineering Master's Project Reports [interaktyvus]. Portland State University, 2014 [žiūrėta 2019-11-29]. Prieiga per: https://pdxscholar.library.pdx.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=cengin_gradp rojects&fbclid=IwAR2Rq2JzBmQf3-hxiOyiUUGATy8-Sje6Ly8575obrYgEBexfColIKXgl61o
22. WARD, S., F. A. MEMON and D. BUTLER. Rainwater harvesting: model-based design evaluation. *Water Science & Technology* [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2019-11-15]. Prieiga per: doi:10.2166/wst.2010.783.
23. STR 2.07.01:2003 „Vandentiekis ir nuotekų šalintuvas. Pastato inžinerinės sistemos. Lauko inžineriniai tinklai.“, [interaktyvus]. 2003-07-21, Nr. 390, Vilnius, [žiūrėta 2019-09-13].

24. RSN 156 – 94. Statybinė klimatologija. Valstybės žinios, 2002-10-04, Nr. 96 – 4230.
25. ROEBUCK, R. M., C. OLTEAN-DUMBRAVA and S. TAIT. Whole life cost performance of domestic rainwater harvesting systems in the United Kingdom. Water and Environment [interaktyvus]. 2011, 25, 355-365 [žiūrėta 2019-12-05]. ISSN 1747-6585. Prieiga per: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1747-6593.2010.00230.x?fbclid=IwAR2wy82pEK9wtd7R-AILxXwZX3pmlldgMEpSjazmb3bLabHz9oN02Eh6l9A>