



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

Eglė Juozapavičiūtė

**UAB „Utenos šilumos tinklai“ kogeneracinės biokuro jėgainės technologinio
vandens paruošimo sistema**

Bakalauro baigiamasis darbas

Darbo vadovas

lekt. dr. Inga Radžiūnienė

KAUNAS, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
APLINKOSAUGOS TECHNOLOGIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas Prof. dr. Linas
Kliučininkas

**UAB „Utenos šilumos tinklai“ kogeneracinės biokuro jėgainės technologinio
vandens paruošimo sistema**

Baigiamasis bakalauro projektas

Aplinkosaugos inžinerija (kodas 612H17001)

Vadovas

lekt. dr. Inga Radžiūnienė

Recenzentas

dokt. M. Tichonovas

Projektą atliko

Eglė Juozapavičiūtė

KAUNAS, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Cheminės technologijos

(Fakultetas)

Eglė Juozapavičiūtė

(Studento vardas, pavardė)

Aplinkosaugos inžinerija (kodas 612H17001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „UAB „Utenos šilumos tinklai“ kogeneracinės biokuro jėgainės technologinio vandens paruošimo sistema“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. ____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Eglės Juozapavičiūtės** baigiamasis projektas tema „*UAB „Utenos šilumos tinklai“ kogeneracinės biokuro jėgainės technologinio vandens paruošimo sistema*“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o 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)

Juozapavičiūtė E. (2015) *UAB „Utenos šilumos tinklai“ kogeneracinės biokuro jėgainės technologinio vandens paruošimo sistema*. Aplinkosaugos inžinerijos baigiamasis bakalauro darbas. Studijų programa (612H17001). Darbo vadovas dr. Inga Radžiūnienė, Kaunas: Kauno technologijos universitetas, cheminės technologijos fakultetas.

Kaunas, 2015. 51 psl.

SANTRAUKA

Šiuo metu vis daugiau dėmesio yra skiriama vandens kokybei ir kokybės gerinimui. Gamtinių šaltinių vandens kokybė yra labai įvairi. Kita vertus, labai smarkiai skiriasi ir vartotojų reikalavimai paruošto vandens kokybei. Šios dvi aplinkybės sąlygoja didelę vandens ruošimo technologinių schemų įvairovę. Gamtinis vanduo savo sudėtyje turi kalcio ir magnio jonų, kurie lemia vandens kietumą. Kietas vanduo sudaro nuosėdas ir nuoviras.

Todėl technologinio vandens paruošimas apima projektavimą, įrengimų gamybą, montavimą, paleidimą-derinimą, techninį aptarnavimą. Tokiems veiksniams pasiekti reikia atlikti naujų įrengimų įdiegimą ir esamų įrengimų renovaciją, našumo padidinimą, įrangos išplėtimą, vandens valymo procesų derinimo darbus, siekiant pagerinti vandens paruošimo sistemų ekonominius rodiklius ir sumažinti aplinkos taršą. Naudojant šiuos technologinio vandens paruošimo etapus siekiama užtikrinti reikiamus vandens kokybės rodiklius.

Bakalauro darbo tikslas yra, remiantis faktiniais duomenimis, parinkti technologinio vandens paruošimo sistemą ir atlikti technologinius įrenginių skaičiavimus.

Išanalizavus vandens gerinimo technologijas, parinkta tokia technologinė linija: pirminis vandens valymas mechaniniuose filtruose, vandens minkštinimas, atvirkštinė osmozė ir elektrodejonizacijos įrenginys. Atlikus įrenginių projektinius skaičiavimus, perengta technologinė schema, detalizuotas elektrodejonizacijos įrenginys.

Juozapavičiūtė E. (2015) *Preparation of technological water for JSC „Utenos šilumos tinklai“ biomass cogeneration power station*. Bachelor's Work in Environmental Engineering. Study Programme 612H17001 Supervisor Inga Radžiūnienė Kaunas: Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

Kaunas, 2015. 51 pages.

SUMMARY

Currently, more and more attention is paid to water quality and quality improvement. Natural sources of water quality are very diverse. On the other hand, consumer requirements for treated water quality vary greatly. These two factors caused a large diversity of technological water treatment schemes. Natural water contains calcium and magnesium ions, which leads to the water hardness. Hard water forms sediments and scum.

Therefore, process of the preparation of technological water includes design, equipment manufacture, installation and pre-commissioning, maintenance. These results are achieved by the installation of new equipment and renovation of existing facilities, improving productivity, extension of the equipment, adjustment of water treatment processes in order to improve economic indicators of water treatment systems, and to reduce environmental pollution. Using these steps for preparation of technological water the best water quality is achieved. Bachelor's work is based on actual data, selection of the process for water treatment system and technological calculations of the equipment.

After the analysis of existing water treatment technologies a technological line was chosen: water softening equipment, reverse osmosis and electrodeionization facility. After design calculations of the equipment, technological scheme and detailed scheme of electrodeionization unit were prepared,.

TURINYS

1. ĮŽANGA	13
2. TEORINĖ DALIS	14
2.1 Bendra informacija apie vandens kokybę	14
2.2 Technologinio vandens gerinimui naudojamos technologijos	15
2.2.1 Mechaninė filtracija	15
2.2.2 Minkštinimas	16
2.2.3 Ultrafiltracija	18
2.2.4 Atvirkštinė osmozė	19
2.2.5 Joniniai mainai.....	21
2.2.6 Garinimas	22
2.2.7 Skaidrinimas.....	23
2.2.8 Elektrodejonizacija	24
2.3 Kogeneracinės jėgainės pagrindinių įrenginių ir technologinių procesų aprašymas	26
2.4 Informacija apie įmonę	29
2.5 Apibendrinimas	30
3. METODOLOGINĖ DALIS	31
4. PROJEKTINĖ DALIS	35
4.1 Minkštinimo filtrų projektavimas	36
4.2 Atvirkštinės osmozės įrenginio projektavimas.....	39
4.3 Elektrodejonizacijos įrenginio projektavimas	42
5. EKONOMINĖ DALIS.....	45
DARNUSIS VYSTYMASIS.....	48
IŠVADOS	50
Literatūra.....	51

LENTELĖS

1 lentelė. Pirminiai vandens kokybės parametrai [7].....	27
2 lentelė. Standartiniai minkštinimo kolonų parametrai [2]	28
3 lentelė. "DOWEX MARATHON C" katijonito fizinės ir cheminės savybės [14]	30
4 lentelė. Rekomenduojamos minkštinimo sąlygos naudojant pasirinktą katijonitą [8]	30
5 lentelė. Pirminiai vandens kokybės parametrai [8].....	33
6 lentelė. Atvirkštinės osmozės membranų specifikacija [9]	36
7 lentelė. Atvirkštinės osmozės membranų veikimo sąlygos [9].....	37
8 lentelė. Vandens kokybės įvertinimas po atvirkštinės osmozės įrenginių [11]	39
9 lentelė. Vandens kokybės įvertinimas po elektrodejonizacijos įrenginių [12].....	40

PAVEIKSLAI

1 pav. Slėgio filtras [2].....	12
2 pav. Minkštinimo procese naudojamų reagentų talpyklos [2].....	13
3 pav. Minkštinimo technologinė schema [1]	15
4 pav. Ultrafiltracijos proceso įrenginys [1]	16
5 pav. Atvirkštinės osmozės įrenginys UAB „Utenos šilumos tinklai“[2].....	17
6 pav. Atvirkštinės osmozės technologinė schema [3]	18
7 pav. Joninių mainų įrenginys [4].....	19
8 pav. Elektrodejonizacijos įrenginio principinė schema.....	23
9 pav. Kuro tiekimo sistema [5].....	24
10 pav. Principinė elektrodejonizacijos proceso schema [7]	25
11 pav. Bendras RO ir EDI įrenginių vaizdas [2]	26
12 pav. Standartinių vamzdžių skersmenų grafikas [1]	27

1. ĮŽANGA

Vandens kokybei keliami vartotojų reikalavimai yra pagrindinis veiksnys, kuriuo vadovaujamasi sudarant atitinkamą vandens ruošimo technologinę schemą, o kartais jis yra lemiamas parenkant vandens šaltinį. Todėl tokio vandens paruošimo sistema yra aktuali ir šiandien. Naudojant įvairias vandens gerinimo technologijas, galima patenkinti griežtus aplinkosaugos, produktų kokybės ir ekonominius reikalavimus. Sprendimų įgyvendinimą apima projekto ir techninių žinių, įrangos ir vamzdinių suteikimą, parengimą ir paleidimą, priežiūrą ir aptarnavimą.

Kogeneracinės elektrinės technologija pagrįsta elektros energijos gamyba ir kartu gaminama šilumine energija. Svarbiausieji elektrinės įrenginiai — garo katilas, garo turbina, vandens paruošimo, dūmų valymo, kuro tiekimo įrengimai. Kogeneracinėje elektrinė naudojamas katilas su pasirinktos technologijos pakura gamina aukštų parametrų garą, yra galimybė deginti netinkamas perdirbti tačiau energetinę vertę turinčias atliekas. Gautas karštas garas suka turbinas, kurios generatorių pagalba gamina elektros energiją savoms reikmės ir didžiąją dalį tiekia į elektros tinklus.

Bakalauro darbo tikslas yra, remiantis faktiniais duomenimis, parinkti kogeneracinės biokuro jėgainės technologinio vandens paruošimo sistemą ir atlikti technologinius įrenginių skaičiavimus.

Uždaviniai:

1. Remiantis faktiniais duomenimis, parinkti technologinio vandens paruošimo sistemą;
2. Atlikti technologinius įrenginių skaičiavimus;
3. Suprojektuoti minkštinimo filtrus;
4. Suprojektuoti atvirkštinės osmozės sistemą;
5. Suprojektuoti elektrodejonizacijos sistemą;
6. Įvertinti sukurtą vandens paruošimo sistemą pagal darnaus vystymosi principus;
7. Parengti vandens gerinimo sistemos ekonominę apžvalgą.

2. TEORINĖ DALIS

2.1 Bendra informacija apie vandens kokybę

Nuo vandens kokybės priklauso žmogaus sveikata, sanitarinės – higieninės gyvenimo sąlygos, pramonės ir verslo įmonių produkcijos kokybė, energetinių sistemų eksploatavimo savikaina, technologinių procesų veiksmingumas ir kt. Kiekvienas vandens vartotojas reikalauja, kad jam būtų tiekiamas toks vanduo, kurio savybės geriausiai atitiktų jo interesus. Vandens kokybei keliami vartotojų reikalavimai yra pagrindinis veiksnys, kuriuo vadovaujamas sudarant atitinkamą vandens ruošimo technologinę schemą, o kartais jis yra lemiamas parenkant vandens šaltinį.

Vandens cheminė sudėtis labai priklauso nuo geografinės padėties. Viena iš priežasčių ta, kad vanduo teka per skirtingos cheminės sudėties žemės sluoksnius. Maža to, požeminio vandens kokybę veikia bakterijos ir biologiniai procesai. Požeminio vandens sudedamosios dalys yra kietosios dalelės, dujos ir ištirpusios druskos, kurios visos turi įtakos vandens savybėms. Skirtumai Lietuvoje gali būti dideli, pavyzdžiui, druskų kiekis vandenyje gali kisti nuo 250 iki 800 g druskų kubiniam vandens metrui. Taigi geriamajame vandenyje yra didesnis ar mažesnis kiekis įvairių ištirpusių druskų ir dujų.

Energetikos objektuose, ligoninėse, farmacijos ir elektronikos pramonėje naudojamame vanduo turi būti išvalomas iki tam tikrų parametrų (sumažinamas druskingumas, išvalomi kietųjų dalelių ir organinių medžiagų kiekiai). Vandens kokybei keliami reikalavimai priklauso nuo vandens panaudojimo srities. Tam tikruose procesuose naudojamas vanduo turi pasižymėti ypač mažu laidumu (mažu ištirpusių druskų kiekiu), dėl ko vanduo tampa elektros izoliatoriumi. Kad ir koks metodas naudojamas, apdoroto ir demineralizuoto vandens laidumas dažniausiai būna mažesnis nei 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Jeigu laidumas turi būti minimalus, tarkim, mažesnis nei 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, reikia parinkti technologinę schemą sudarytą iš kelių sekančių įrenginių.

2.2 Technologinio vandens gerinimui naudojamos technologijos

Vandens ruošimo technologines schemas (technologijas) galima klasifikuoti pagal įvairius požymius. Pagal ruošiamojo vandens tekėjimo pobūdį technologinės schemas gali būti beslėgės (savitakės) ir slėginės. Beslėgėse technologinėse schemose visuose ruošimo įrenginiuose vandens paviršius yra laisvas (kontaktuoja su atmosfera) ir jo aukštis (altitudė) kiekviename tolesniame technologiniame įrenginyje vis žemesnis [1]. Aukščių skirtumas parenkamas

taip, kad slėgio užtektų hidrauliniams pasipriešinimams įrenginiuose ir vamzdynuose tarp jų įveikti. Beslėgių technologinių schemų įrenginiuose tekančio vandens paviršius yra laisvas ir slėgį juose sudaro tiktai vandens svoris, todėl įrenginių konstrukcijos spaudžiamos gerokai mažiau negu slėginėse schemose. Įrenginių konstrukcijos gali būti gelžbetoninės ir ne tik cilindrinės, bet ir stačiakampės. Tai yra beslėgių technologinių schemų privalumas.

Vandens paruošimo technologijos:

- *Mechaninė filtracija*
- *Minkštinimas*
- *Ultrafiltracija*
- *Atvirkštinė osmozė*
- *Joniniai mainai*
- *Garinimas*
- *Skaidrinimas*
- *Elektrodejonizacija*

2.2.1 Mechaninė filtracija

Kai paviršiniai vandenys naudojami kaip šaltinis geriamo vandens tiekimui, reikia atlikti dalelių filtraciją, kad būtų pašalintos tokios smulkios dalelės kaip dumblas, molis, bakterijos ir pirmuonių cistos. Gruntinių vandenų galima ir nefiltruoti, tačiau jiems vis tiek taikomas filtracijos procesas, ypač norint pašalinti geležį ir manganą. Naudojama daug skirtingų filtrų, tačiau dažniausiai pasitaiko greiti smėliniai filtrai, slėgio filtrai arba nuolatinės srovės filtrai su dugniniais filtrais. Darbo metu koaguliavęs ir nusistovėjęs vanduo patenka į filtrą pro latakus filtro viršuje, o tada juda žemyn, palikdamas įkrovoje įstrigusias smulkias daleles. Vanduo, išleidžiamas filtro apačioje, paprastai būna papildomai chloruojamas ir išleidžiamas į saugyklą, iš kur patenka į paskirstymo sistemą. Kurį laiką naudojant filtrą, filtravimo greitis sumažėja, nes filtro įkrova užsipildo filtruojamais elementais. Tuomet filtras turi būti išplaunamas ir vėl paruošimas darbui. Plovimo metu skirtingų stadijų metu vanduo, oras tiekiamas į filtro apačią, ir susikaupusios filtruojamos medžiagos drenuojamas į kanalizaciją. Vėliau plovimo vanduo išteka į nuosėdų telkinį arba pašalinamas per komunalinių atliekų sistemą [2].

Greiti smėliniai filtrai – tai dažniausiai komunaliniuose vandens valymo įrenginiuose naudojamas filtrų tipas. Filtro pagrindas išguldomas ant betoninės talpos, kurios apačią sudaro drenažo sistema su pragręžtais purkštukais, kuri naudojama ir kaip giliojo drenažo sistema ir kaip fizinė filtro



1 pav. Slėgio filtras
[2]

pagrindo atrama. Pačią filtro įkrovą sudaro keletas smėlio sluoksnių, ant kurių uždedamas galutinis viršutinis smulkios antracito anglies sluoksnis.

Slėgio filtrai yra dažniausiai naudojami, valant pramoninių procesų vandenį, arba esant mažesniai komunaliniam vandentiekiiui, ypač, kai būtina pašalinti geležį ir manganą. Slėginis filtras, tai plastikinis arba metalinis filtras, kuriame yra vandens paskirstymo sistemos (filtro viršutinėje ir apatinėje dalyje), smėlio ar kitokia įkrova. Vanduo patenka į filtrą per viršutinę paskirstymo sistemą, filtruojasi per smėlio sluoksnius, susirenka apatinėje paskirstymo sistemoje ir išteka vamzdynais į sekančius įrenginius (1 pav).

Atviras filtras su išsiplaunančia įkrova yra pranašesnis, lyginant su įprastiniais atbulinio plovimo filtrais. Vienas iš privalumų – tai nepertraukiamas veikimas. Tai reiškia, kad filtro niekada nereikia stabdyti arba išjungti plovimui. Atvirame filtre su išsiplaunančia įkrova purviniausias smėlis pakeliamas oriniu vandens keltuviu plovimui ir grąžinamas į švarų filtro pagrindo galą. Plaunant smėlį, susidaro nedidelė plovimo vandens srovė.

2.2.2 Minkštinimas

Vandens minkštinimas, naudojant jonų mainų procesą, apima mineralų (daugiausiai kalcio ir magnio) pakeitimą natrio mineralais.

Kalcio ir magnio jonai vandenyje – tai ištirpę uolienos. Jos ištirpsta vandenyje, jam sruvenant uolos ir žemės sluoksniu ir tirpinant kalcio bei magnio nuosėdas. Ištirpusi uoliena galiausiai patenka į vandeningą požeminį sluoksnį, iš kurio pumpuojant vandenį į paviršių, vandenyje lieka ištirpusių kietų kalcio ir magnio mineralų, todėl vanduo vadinamas kietu.

Jonų mainų minkštiklis pakeičia kietus mineralus kalcį ir magnį natriu iš minkštiklio dervos. Natrio nėra toks nepageidaujamas, nes jis nenusėda ant paviršių.

2 pav. Minkštinimo procese naudojamų reagentų talpyklos [2]

Kalciui ir magniui reaguojant su dervos dalelėmis dervos talpykloje, jie išstumia natrio jonus keitimo vietose. Jonų mainų metu kartu su kalciumu ir magniumu pašalinami ir santykinai nedideli kitų stipriai įkrautų katijonų kiekiai (pvz. geležis ir manganas). Pakeisti natrio katijonai juda žemyn dervos „pagrindu“ pro minkštiklio nutekėjimą, taigi minkštiklis parūpina „minkštą“ vandenį.

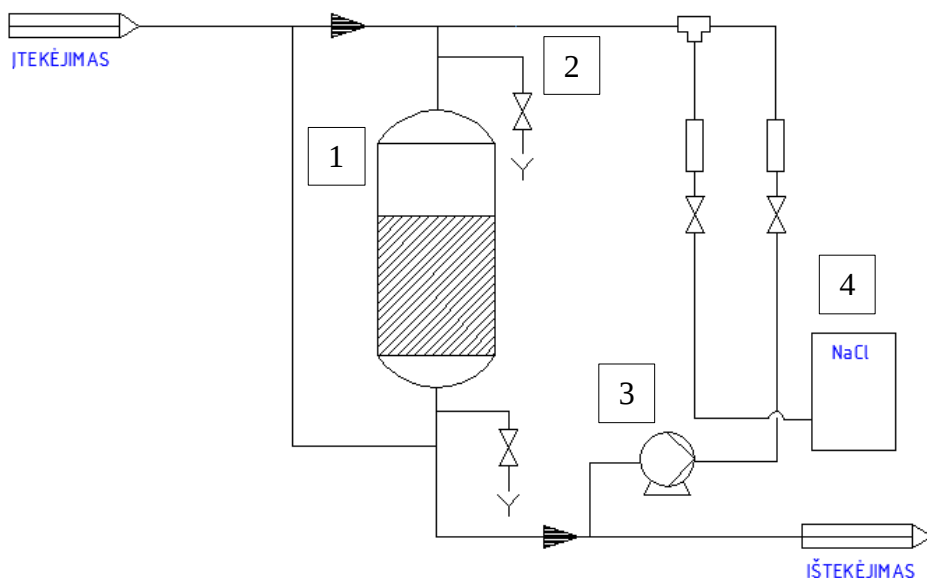
Galima visą dervos pakeitimo vietas užima kalcis ir magnis, todėl tolesni mainai nebevyksta (2 pav.) Laikoma, kad derva išsemta ir turi būti atkurta.

Naudojamos vandens minkštinimo priešpriešinės krypties technologijos, kuriose valomo vandens kietumas gali būti sumažinamas iki 0,005meq/l. Šios technologijos principu filtrų regeneracijai optimaliai naudojamas vanduo ir druska.

Vandens minkštinimas, naudojant jonų mainų procesą, apima mineralų (daugiausiai kalcio ir magnio) pakeitimą natrio jonais. [2] Kalcio ir magnio jonai vandenyje – tai ištirpę uolienos. Jos ištirpsta vandenyje, jam sruvenant uolos ir žemės sluoksniu ir tirpinant kalcio bei magnio nuosėdas. Jonų mainų minkštiklis pakeičia kietus mineralus kalcį ir magnį natriu iš minkštiklio dervos. Natrio nėra toks nepageidaujamas, nes jis nenusėda ant paviršių.

Kalciui ir magniui reaguojant su dervos dalelėmis dervos talpykloje, jie išstumia natrio jonus keitimo vietose. Jonų mainų metu kartu su kalciumu ir magniumu pašalinami ir santykinai nedideli kitų stipriai įkrautų katijonų kiekiai, tokių kaip geležis ir manganas. Minkštinimo metu įvyksta ištirpusių druskų cheminės sudėties kaita, nes kalcio ir magnio jonai pakeičiami natrio, kuriuo yra prisotinta derva. Kai filtravimo užpildo jonų mainų procesas pasiekia tam tikrą surinkimo laipsnį, pradedamas vandens filtro regeneracijos ciklas.

Priklausomai nuo minkštinimo filtro dydžio, regeneracijos/praplovimo ciklas gali trukti 1,5-3 valandas. Šiuolaikinės sintetinės dervos yra ypatingai patikimos ir ilgalaikės, jas galima naudoti esant labai greitam vandens srautui, todėl yra naudojamos didelės apkrovos sistemose. Vandens greitis vamzdyne turi būti nuo 8 iki 12 m/s ir sistemą turi sudaryti bent 2 filtrai, nes vienam sugedus ar jį regeneruojant, kiti filtrai turi patenkinti visą vandens poreikį. Vandens tiekimo į filtrus bei kolektoriaus vamzdžių skersmuo mm. Išeikvota katijonito derva yra regeneruojama leidžiant druskos tirpalą, kurį paruošia druskos ūkis (3 pav).



3 pav. Minkštinimo technologinė schema (1- minkštinimo kolona, 2- sklendė, 3- siurblys, 4- NaCl rezervuaras)

Po vandens minkštinimo – Ca^{2+} ir Mg^{2+} jonus pakeičiame Na^+ jonais: bendras kietumas $< 0,02$ mg-ekv/l.

2.2.3 Ultrafiltracija

Pastaraisiais metais ultrafiltracijos (arba UF) reikšmė, valant paviršinius vandenius, nuolat didėjo. Šio proceso metu nenaudojama daug cheminių priedų ir sunaudojama labai nedaug energijos. Tai filtravimo technologija, kurios dėka iš vandens arba kitų skysčių pašalinamos pakibusios arba ištirpusios dalelės. UF technologijos proceso metu yra gali būti sulaikomos alyvos dalelės, bakterijos ir pakibusios kietosios dalelės. UF praleidžia didžiąją dalį paviršiaus aktyviųjų medžiagų, rūgštinių ir šarminių junginių. UF porų dydis būna nuo 0,005 iki 0,1 mikronų. UF prasisunkiantis skystis yra skaidrus, UF sudėtyje nėra pakibusių dalelių (4 pav).



4 pav. Ultrafiltracijos proceso įrenginys [1]

Prasisunkiantis per membranas skystis yra skaidrus ir jo sudėtyje nėra pakibusių dalelių. Ultrafiltracijos technologija naudojama kaip pratekamosios filtracijos separacija. Pratekamosios filtracijos separacijos metu srautas patenka į slėgio veikiamą membraną. Dalis įtekančio srauto prasiskverbia per membraną ir yra vadinama prasisunkusia dalimi. Susikongravusios medžiagos nuteka membranos paviršiumi į nuotekas ir vadinamos koncentratu. Pratekamosios filtracijos separacijai naudojamas stiprus srautas – taip padidinamas prasisunkusios dalies kiekis ir sumažinamas membranos užsiteršimas. „Užaklintos“ filtracijos metu visas paduodamas vanduo praeina pro membranos paviršių. Padidėjus slėgiui prieš ir po membranų, membranos turi būti plaunamos atvirkštine procesui tvarka. Technologinėje schemoje įrengus ir atvirkštinės osmozės sistemas, galima suderinama dvi membranines technologijas.

2.2.4 Atvirkštinė osmozė

Atvirkštinė osmozė - tai membraninis atskyrimo procesas, kurio metu vanduo aukšto slėgio druskos tirpale atskiriamas nuo ištirpusių druskų, naudojant pusiau pralaidžią membraną. Šis procesas yra priešingas natūraliam osmozės procesui, vykstančiam gamtoje. Atvirkštinės osmozės procese daugiausiai energijos yra sunaudojama tiekiamo vandens slėgio sukėlimui ir palaikymui. Druskingas vanduo pumpuojamas į uždarą indą, kur jis slegiamas į membraną. Daliai vandens praėjus pro membraną, likusiame tiekiamame vandenyje padidėja druskos kiekis (5 pav). Tuo pačiu metu dalis tiekiamo vandens pašalinama, šiam nepraėjus pro membraną. Drenuojamo vandens kiekis svyruoja nuo 15% - 70% pradinio srauto, o tai priklauso nuo įvadinio vandens. Didėjant vandens druskingumui mažėja paruošiamo vandens kiekis ir didėja drenuojamo.



5 pav. Atvirkštinės osmozės įrenginys UAB „Utenos šilumos tinklai“[2]

Prieš atvirkštinės osmozės membranas vandenyje turi nebūti kalcio ir magnio jonų, ištirpusios geležies jonų, mikroorganizmų, kietųjų dalelių, laisvojo chloro, kurie gali pakenkti membranoms.

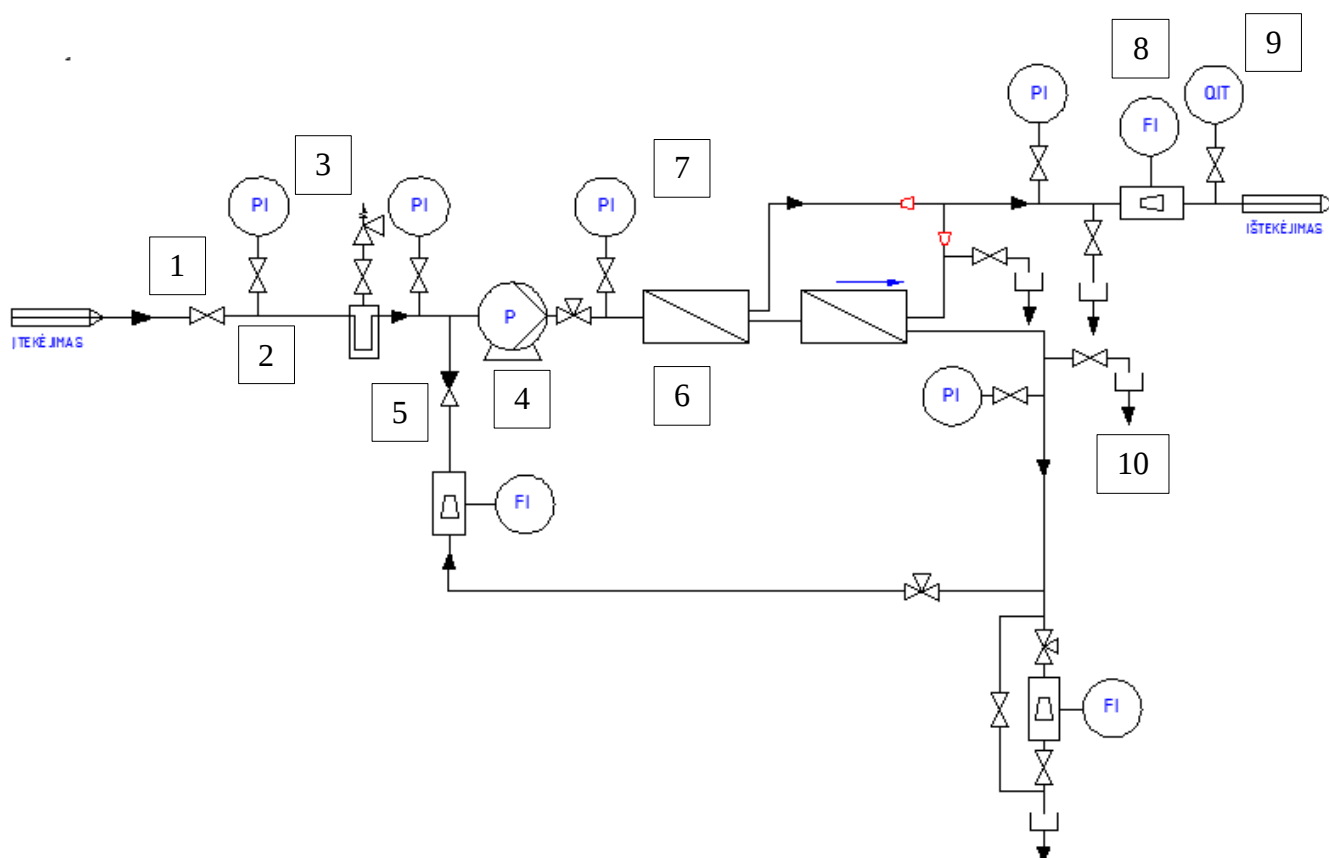
Aukšto slėgio siurblys sukelia slėgį reikalingą vandeniui prasisunkti per membranas. Slėgis būna nuo 7 iki 80 barų priklausomai nuo įvadinio druskingumo ir norimo pasiekti rezultato. Labai aukšti slėgiai ≥ 40 bar yra naudojami jūros vandeniui arba nuotekoms filtruoti.

Atvirkštinė osmozė yra atvirkščia natūraliam osmosiniam slėgiui. Osmozė, tai natūrali tirpalo tėkmė per pusiau laidžią membraną iš silpnesnės koncentracijos tirpalo pusės į stipresnę. Tai sukelia osmosinis slėgis, kuris priklauso nuo tirpalo tipo, ištirpusios medžiagos ir koncentracijos. Kai osmosinis slėgis abiejose pusėse susilygina susidaro osmosinis balansas ir tėkmė sustoja. Kai sukeliamas didesnis slėgis stipresnės koncentracijos tirpalo pusėje, susidaro atvirkščia tėkmė. Tada tirpalas teka iš stipresnės koncentracijos pusės į silpnesnę. Šis procesas ir pavadintas atvirkštine arba atbuline osmoze. Membraninio filtro efektyvumas: vanduo išvalomas nuo visų ištirpusių priemaišų 90-97 % efektyvumu. Vandens atgavimas 80%. Dalis koncentrato iš antros pakopos (m^3/h) grįžta į

pirmą pakopą, o dalis drenuojasi į kanalizaciją. Prieš atbulinės osmozės sistemą turi būti apsauginis filtras sulaikantis kietąsias daleles, kurių dydis virš 5 μm (6 pav).

Membranos agregatą sudaro slėginis indas ir membrana, leidžianti suslėgti tiekiamą vandenį. Membrana turi būti tokia, kad pajėgtų atlaikyti viso spaudimo nukritimą. Pusiau pralaidžios membranos yra trapios. Jų sugebėjimas praleisti švarų vandenį ir sulaikyti druskas skiriasi. Nei viena membrana nepasižymi idealiu sugebėjimu nepraleisti druskų, todėl nedidelis druskos kiekis vis tiek praeina pro membraną ir atsiranda gautame vandenyje.

Atbulinės osmozės sistemos veiks ilgai ir ekonomiškai, jei bus naudojamas tinkamas išankstinis valymas, stebėjimo sistema ir priežiūra.



6 pav. Atvirkštinės osmozės technologinė schema (1 – sklendė, 2 – manometras, 3 – filtras, 4 – siurblys, 5 – debitomatis, 6 – membrana, 7 – slėgio daviklis, 8 – laidumo matuoklis, 9 – laidumo daviklis, 10 – kanalizacija)

2.2.5 Joniniai mainai

Joniniais mainais vanduo yra *minkštinamas* arba *nudruskinamas*.

Vandens minkštinimas, naudojant jonų procesą, apima jonų (daugiausiai kalcio ir magnio) pakeitimą natrio jonais. Kalcio ir magnio jonai vandenyje – tai ištirpę uolienos. Jos ištirpsta vandenyje,

jam sruvenant uolienų ir žemės sluoksniu ir tirpinant kalcio bei magnio nuosėdas. Ištirpusi uoliena galiausiai patenka į vandeningą požeminį sluoksnį, iš kurio pumpuojant vandenį į paviršių, vandenyje lieka ištirpusių kietų kalcio ir magnio mineralų, todėl vanduo vadinamas kietu.



7 pav. Joninių mainų įrenginys
[4]

Jonų mainų minkštiklis pakeičia kietus mineralus (kalcį ir magnį) natriu, kuris yra minkštiklio derva. Natris nėra toks nepageidaujamas, nes jis nenusėda ant paviršių.

Kalciui ir magniui reaguojant su dervos dalelėmis dervos talpykloje, jie išstumia natrio jonus keitimo vietose. Jonų mainų metu kartu su kalciumu ir magniumu pašalinami ir santykinai nedideli kitų stipriai įkrautų katijonų kiekiai (pvz. geležis ir manganas).

Galima visą dervos jonų pakeitimo vietas užima kalcis ir magnis, todėl tolesni mainai nebevyksta. Laikoma, kad derva išsemta ir turi būti atkurta (7 pav). Joniniais mainais galima

pasiekti, kad valomo vandens kietumas po vieno etapo būtų mažesnis nei 0,005 meq/l. Ši technologija padeda taupyti vandenį ir sumažinti regenerantų sunaudojimą, perdirbant vertingus produktus.

Vandens nudurkinimas naudojant jonų mainų technologiją apima vandenyje ištirpusių druskų katijonų keitimą į vandenilio jonus (H^+) iš katijonitų dervos ir ištirpusių druskų anijonų keitimą į hidroksido (OH^-) jonus iš anijonitų dervų. Šie mainai galimi, nes mineralai yra joninės prigimties – tai yra, jie turi elektros įkrovą. Jonų mainų procesas paremtas tuo, kad vienodi krūviai stumia vienas kitą, o priešingi – traukia.

Visi teigiamai įkrauti jonai vadinami katijonais. Mainai vyksta, kai vanduo, kurio sudėtyje yra ištirpusių druskų, prateka pro jonų mainų dervą, esančią filtravimo rezervuare. Dervą – polistireno divinilo benzeną – sudaro milijonai mažyčių plastikinių dalelių, kuriose daug neigiamo krūvio pasikeitimų vietų, į kurias pritraukiami teigiami katijonai. Kai derva būna regeneruota, neigiamo krūvio pasikeitimo vietose būna teigiamo krūvio vandenilio katijonai. Procesu metu vandenyje esantys katijonai pakeičiami vandenilio jonais. Neigiamai įkrauti jonai vadinami anijonais.

Jonų mainų proceso metu šie jonai traukiami prie dervos dalelių ir pakeičiami OH^- jonu. Todėl pirmiausiai vanduo praeina pro filtrą su katijonų derva, o tada – pro filtrą su anijonų derva, taigi beveik visos druskos – katijonai ir anijonai – pakeičiamos vandenilio ir hidroksido jonais, kurie suteikia gryną vandenį – H_2O .

2.2.6 Garinimas

Kaitinamos vandens molekulės, įgijusios energijos, įveikdamos tarpusavio traukos jėgas, atitrūksta nuo vandens ir patenka į garų erdvę. Kai sočiųjų vandens garų slėgis susilygina su išoriniu slėgiu, vanduo pradeda virti. Hidratuoti ištirpusių medžiagų jonai ir molekulės kaitinant vandenį neigija tiek energijos, kad galėtų pereiti į garų erdvę, todėl, esant nedideliame slėgiui, į garus jų patenka palyginti nedaug. Distiliacinis vandens druskų šalinimas ir yra pagrįstas vandens išgarinimu kaitinant ir gauto garo kondensavimu.

Druskas šalinti distiliuojant vandenį rekomenduojama, kai vandens druskingumas yra didesnis kaip 10 g/l.

Vanduo distiliuojamas įvairių tipų garintuvais. Pagal vandens išgarinimo pobūdį garintuvai yra skirstomi į tūrinius (vanduo garuoja laisvajame vandens masės paviršiuje), vakuuminius (garinimas vyksta esant slėgiui, mažesniau už atmosferos), plėvelinius (garuojantis vanduo teka plėvelėmis) ir kt. Pagal kondensuojantis garui išsiskiriančios šilumos panaudojimo pobūdį distiliavimo įrenginiai skirstomi į vienalaipsnius, daugialaipsnius ir termokompresorius.

Siekiant geriau išnaudoti šilumą, naudojami daugialaipsniai distiliatoriai. Juose kiekvieno laipsnio, išskyrus paskutinįjį, antrinis garas naudojamas vandeniui kaitinti, jį ten ir kondensuojant. Didinant distiliatoriaus laipsnių skaičių, didėja ir distiliato išeiga.

2.2.7 Skaidrinimas

Drumzlės iš vandens šalinamos nusodintuvuose. Visų tipų nusodintuvuose jos nusėda veikiamos sunkio jėgos. Vandeniui nuskaidrinti naudojami įvairių konstrukcijų – *horizontalieji*, *vertikalieji*, *spinduliniai*, *plonasluoksniai* – nusodintuvai, kuriuose drumzlės nusėda tekančiame vandenyje. Kad jos galėtų nusėsti, vanduo turi tekėti mažu greičiu – vertikaliuosiuose nusodintuvuose kelių dešimtųjų mm/s, o kituose – kelių mm/s greičiu.

Drumzlių sėdimą tokiu mažu greičiu tekančiame vandenyje apytiksliai galima apibūdinti *laisvojo dalelių grimzdimo* stovinčiame vandenyje dėsniais. Sakoma, kad jos grimzta laisvai, kai dalelės judėjimui neturi įtakos greta grimztančių dalelių keliama vandens sūkuriai. Kai drumzlių tūrinė koncentracija yra ne didesnė kaip 1,0 %, laikoma, kad jos sėda laisvai.

Kaip drumzlės sėda, priklauso ir nuo jų formos, ypač nuo jos kitimo sėdant. Neištirpusios vandens priemaišos gali būti *standžios* (grūdinės) arba *išakijusios* (dribsninės). Grūdinės dalelės sėsdamos išlieka pirmąsias formas, o dribsninės sėsdamos sukimba, todėl savo formą keičia. Pastoviai

formą išlaiko nusodinamos nekrekintos vandens priemaišos. Krekintos drumzlės sėda keisdamos pavidalą.

Dalelės sėdimo greitis 10 °C temperatūros vandenyje vadinamas *dalelės hidrauliniu stambumu*. Jį nesunku nustatyti eksperimentiškai. Žinant dalelių hidraulinį stambumą, apskaičiuojamas jų ekvivalentinis skersmuo. Kai drumzlės kreka, jų didumas, taigi ir sėdimo greitis, nepastovus: kuo storesnį vandens sluoksnį turi įveikti sėdanti dalelė, tuo didesnė ji tampa.

Užuot nusodinamas, vanduo gali būti skaidrinamas nusodintuvuose, kuriuose yra kybančių dribsnių sluoksnis. Šiais įrenginiais skaidrinamas tik krekintas, su prasidėjusia dribsniodara vanduo. Jis yra košiamas iš apačios į viršų pro kybančių dribsnių sluoksnį. Šis sluoksnis sudaro hidrodinaminę pusiausvyrą: vandens masės, kurioje jis laikosi, kilimo greitis atitinka dribsnių sėdimo greitį. Esant didelei dribsnių koncentracijai vandenyje, kaip tai yra kybančių dribsnių sluoksnyje, jų sėdimo dėsniai skiriasi nuo laisvojo dalelių sėdimo dėsnių. Kietųjų dalelių sėdimas tokiomis sąlygomis vadinamas suvaržytu. Šis dėsnis pastebimas esant tūrinei drumzlių vandenyje koncentracijai, didesnei kaip 1 %. Suvaržyto sėdimo greitis visada yra mažesnis už laisvojo drumzlių sėdimo greitį ir jų hidraulinį stambumą. Sėdimo greitis šiuo atveju priklauso ne tik nuo drumzlių dydžio bei tankio, bet ir nuo jų koncentracijos. Pakitus vandens kilimo greičiui skaidrintuve, atitinkamai pakinta ir pakibusių dribsnių koncentracija – didėjant vandens greičiui, drumzlių koncentracija sluoksnyje mažėja, jo storis atitinkamai didėja. Kylančio srauto greičiui pasiekus sluoksnį sudarančių drumzlių laisvojo sėdimo greičio reikšmę, pakibusių dribsnių sluoksnis suyra (nuplaukia su srautu).

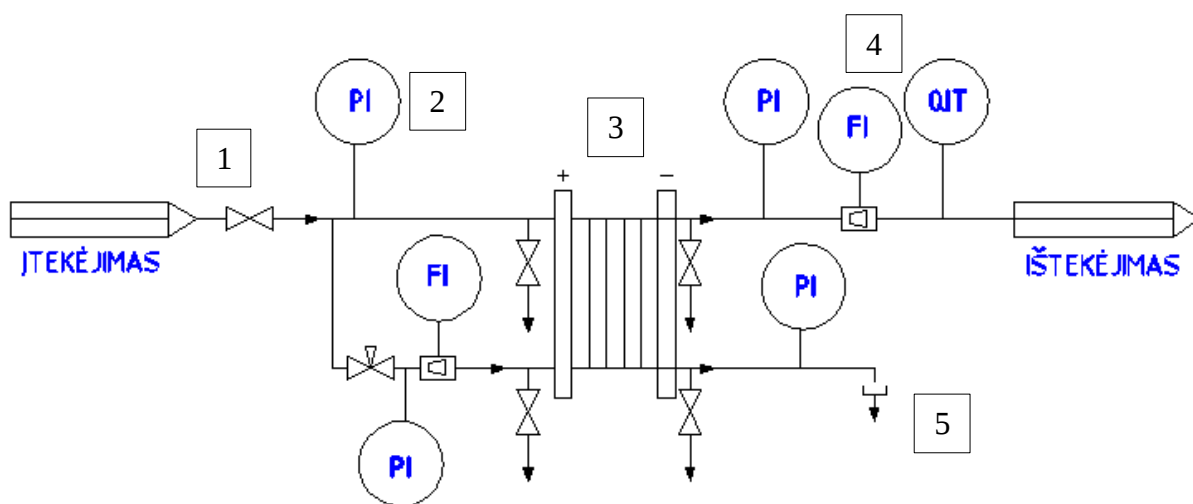
Košiamasis pro kybančių dribsnių sluoksnį, vanduo skaidrėja: neištirpusios priemaišų dalelės, paveiktos krekiklio ir praradusios stovumą, susiduria su kybančiais dribsniais ir prie jų prilimpa t.y. vyksta sąlytinis krekimas.

Vandeniui skaidrinti šiuo principu gali būti naudojamos centrifugos ir hidrociklonai. Dėl palyginti didelės kainos ir sudėtingos eksploatacijos, centrifugos kol kas nėra konkurencingos, lyginant su hidrociklonais. *Slėginiuose hidrociklonuose* vanduo tiekiamas į viršutinę hidrociklono dalį liestinės kryptimi, dėl to juo tenkantis vandens srautas sukasi. Sukimosi greitis yra toks, kad didesnio negu vanduo tankio priemaišos priverčiamos slinkti prie hidrociklono sienelių. Nuskaidrėjęs vanduo išleidžiamas pro viršutinę angą, o atskirtos priemaišos kūgiška dalimi leidžiasi ir išteka pro apatinę angą.

2.2.8 Elektrodejonizacija

Elektrodejonizacija – tai vandens gerinimo technologija, kuria yra atliekamas „gilus“ druskų pašalinimas [3]. Naudojami moduliai įkrauti joninių mainų maišyta įkrova, membranomis suskirstytais kanalais.

EDI įrenginį sudaro katijonų ir anijonų membranų paketas. Katijonų membrana yra laidus katijonams, bet sulaiko anijonus. Anijonų membrana yra laidus anijonams, bet sulaiko katijonus. Į EDI įrenginį turi būti tiekiamas tik demineralizuotas vanduo. Demineralizuotas vanduo skaidrinamas švaraus vandens skyriuje, kuris yra užpildytas mišrios įkrovos jonų mainų dervomis. Šalia kiekvieno skyriaus yra katijonų elektrodas ir anijonų elektrodas. Procesu metu iš anksto apdorotas vanduo susirenka lygiagrečiuose švaraus vandens ir koncentravimo skyriuose. Švaraus vandens skyrius pilnas mišrios įkrovos jonų mainų dervų. Čia su vandeniu nepageidaujamais katijonais ir anijonais vyksta jonų mainai [9]. Veikiami tarp katodo ir anodo esančio jėgos lauko, jonų mainų paveikti jonai perkeliama link atitinkamų elektrodų. Prieš pasiekdami elektrodus, jonai pro katijonų ar anijonų membraną pereina į koncentravimo skyrių, kur sureaguoja su priešingo krūvio jonais. Tada jonai išnešami kartu su koncentratu. Šis koncentratas yra geros kokybės, todėl dalinį srautą galima sukaupti ir grąžinti atgal, pavyzdžiui, į atvirkštinės osmozės įrenginio įvadą. Praeidamas pro mišrios įkrovos jonų mainų dervą, vanduo yra išgryninamas. Procesu pabaigoje lieka nepakankamai jonų, kurie gali pernešti elektros srovę. Mišrios įkrovos jonai yra nuolat regeneruojami, nes tarp katodo ir elektrodo tekanti nuolatinė srovė gryną vandenį (H_2O) suskaido į H^+ jonus ir OH^- jonus. Iš vandens pašalinamos ne tik neorganinės druskos, vandenyje sumažėja ir organinių medžiagų kiekis. (8 pav)



8 pav. Elektrodejonizacijos principinė schema: 1 – sklendė, 2– manometras, 3 – elektrodejonizacijos modulis, 4- laidumo daviklis, 5 – kanalizacija.

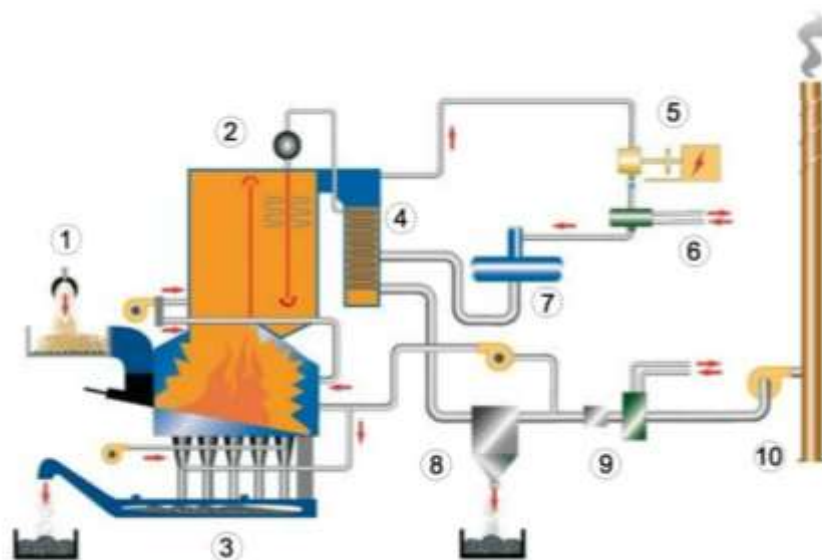
2.3 Kogeneracinės jėgainės pagrindinių įrenginių ir technologinių procesų aprašymas

Kogeneracinės jėgainės technologija pagrįsta elektros energijos gamyba, naudingai panaudojant atliekinį gamybos produktą – šilumą [4].

Kogeneracinę jėgainę sudaro šie pagrindiniai įrenginiai ir sistemos:

- kuro tiekimo ir sandėliavimo sistema - svarstyklės, kuro iškrovimo patalpa, kuro bunkeris, kuro tiekimo įrenginiai, kuro tiektuvai, vandens įpurškimo įtaisai, automatizacijos įrenginiai;
- garo katilo agregatas - ardyninė pakura, garo katilas, garo perkaitintuvas ir garo katilo ekonomaizeris;
- dūmų kondensacinis ekonomaizeris sudarytas iš kondensacinio ekonomaizerio, skruberio ir kondensato valymo įrangos, skirtas dūmų šilumai utilizuoti, taip padidinant jėgainės naudingo veikimo koeficientą;
- garo turbina – tolydinio veikimo šiluminis variklis su sukamuoju darbo ratu, vandens garo potencinę energiją paverčiantis mechaniniu darbu. Įrenginį sudaro garo kamera, kreipračiai ir darbo rato mentės;
- generatorius – įrenginys mechaninę (sukimo) energiją paverčiantis elektros energija;
- vandens paruošimo sistema, sudaryta iš mechaninių filtrų ir vandens minkštinimo bei atvirkštinės osmozės ir elektrodejonizacijos įrenginių.
- aušinimo sistemą sudaro atidirbusio (pirminio) garo aušinimo įranga, termofikacinio vandens pašildymo (garo-vandens šilumokaičiai) ir aušintuvių sistema;
- dūmų valymo sistema sudaryta iš selektyvinio nekatalitinio valymo (SNKV) sistemos, pusiau sauso dūmų valymo įrenginių (reaktoriaus), rankovinio filtro.

Kogeneracinės jėgainės veikimo principinė schema pateikta 9 paveiksle.



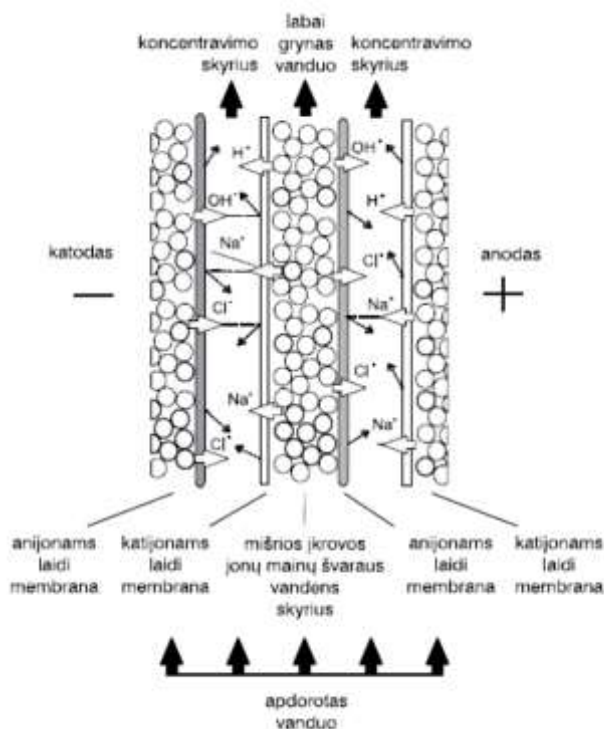
9 pav. 1. Kuro tiekimo sistema, 2. Garo katilo agregatas, 3. Dugno pelenų (šlako) tvarkymo sistema. 4. Garo katilo ekonomizaizeris, 5. Garo turbina su generatoriumi, 6. Garo-vandens šilumokaičiai, 7. Deaeratorius, 8. Dūmų valymo įrenginiai, 9. Kondensacinis ekonomizaizeris, 10. Dūmtraukis [6]

Lietuvoje centralizuoto šilumos tiekimo sektoriuje yra tikslinga naudoti atsinaujinančius energijos išteklius – biokurą. Kaip matyti, pagal „Nacionalinę energetikos strategiją“ atliktos nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos apžvalgos, biokuro naudojimas šilumos ir/ar elektros energijos gamybai yra valstybės skatinama veikla. Dėl nuolat brangstančių iškastinio kuro rūšių, sisteminis perėjimas prie atsinaujinančių energijos išteklių tampa ekonomiškai patrauklus. ES tikslai yra sumažinti CO₂ išmetimus, mažinti susidarančių atliekų kiekius, padidinti atsinaujinančių išteklių dalį, biokuro naudojimą bei energijos išgavimą iš atliekų.

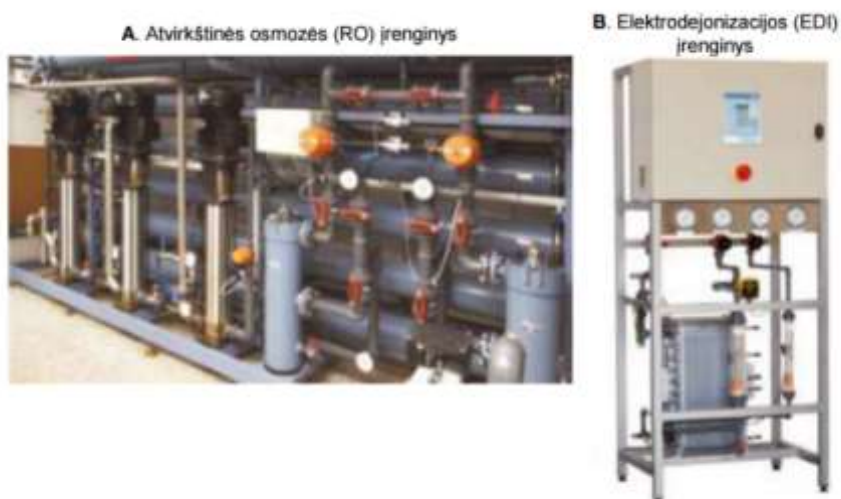
Kogeneracinės jėgainės technologinio ciklo užtikrinimui naudojamas iš Utenos miesto centralizuoto vandentiekio tinklų paimtas ir atitinkamai paruoštas (demineralizuotas) vanduo. Technologiškai paruoštas vanduo naudojamas katilo, dūmų valymo sistemos ir aušinimo sistemos funkcionavimui užtikrinti. Iš vandentiekio paimtas vanduo pirmiausiai mechaniškai filtruojamas pro mechaninius filtrus, o juos praėjęs - patenka į vandens minkštinimo įrenginį. Vandens demineralizavimas (nudurkinamas) atliekamas atvirkštinės osmozės (RO) ir elektrodejonizacijos įrenginiuose.

Atvirkštinės osmozės (arba RO) įrenginių pagrindinis elementas yra pusiau pralaidi membrana, per kurią išspaudžiamas demineralizuojamas vanduo [5]. Pusiau laidži membrana sulaiko 98-99 proc. vandenyje esančių druskų ir 70-99 proc. natūralių organinių medžiagų. Aukšto techninio lygio procesams skirtas vandens galutinė kokybė pasiekama paruoštą vandenį toliau filtruojant per elektrodejonizacijos įrenginį (EDI). Šiame įrenginyje dalinai paruoštas vanduo išgryninamas

praleidžiant pro mišrios įkrovos rezervuarą, kuriame yra sumaišytos katijonitinės ir anijonitinės dervos. Pratekėdamas pro jonitus, vanduo pakaitomis sutinka katijonitus ir anijonitus, palaipsniui netekdamas katijonų ir anijonų. Iš vandens pašalinamos ne tik neorganinės druskos, bet vandenyje sumažinamas ir organinių medžiagų kiekis. Principinė elektrodejonizacijos proceso schema pateikiama 10 paveiksle.



10 pav. Principinė elektrodejonizacijos proceso schema [7]



11 pav. Bendras RO ir EDI įrenginių vaizdas [2]

Elektrodejonizacija turi nemažai privalumų: nereikia agresyvių regeneravimo cheminių medžiagų; EDI įrenginiai užima mažiau vietos nei įprastiniai įrenginiai; reikalauja tik minimalios

priežiūros; optimali vandens kokybė ir 0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$ siekiantis laidumas (labai grynas vanduo), bakterijų kiekis sumažėja daugiau kaip 99 proc. ir kt. Bendras RO ir EDI įrenginių vaizdas pateikiamas 11 paveiksle.

2.4 Informacija apie įmonę

UAB „Utenos šilumos tinklai“ gamina ir tiekia šilumos energiją Utenos miesto gyventojams, pramonės įmonėms bei įstaigoms. Pagrindinė bendrovės veikla garo ir karšto vandens gamyba bei tiekimas yra licencijuota. Bendrovėje dirba 96 darbuotojai. 2003 m. bendrovės pajamos už šilumos energiją siekė 15,94 mln. Lt, (2002 m. – 15,89 mln. Lt).

Šilumos energijos vartotojai naudoja pagamintą garą, karštą vandenį ir šildymo sezono metu šildo patalpas. Gamybinius pajėgumus sudaro Utenos RK, devynios dujinės katilinės pas vartotojus, garo ir termofikacinio vandens vamzdynai.[6]

Utenos rajone šilumos gamybai naudojamas mazutas ir gamtines dujos, tačiau 2002 m. įdiegtas mediena kūrenamas katilas, kuris, tikimasi atpigins šilumos gamybos sąnaudas. Nuo 1999 m. pradėti keisti šilumos mazgai daugiabučiuose namuose, statomi vandens pašildymo įrengimai.

Pagal „COWI Baltik“ parengtą investicinį projektą Utenoje panaikintos karšto vandens ruošimo boilerinės ir karšto vandens ruošimas perkeltas į namus, įrengiant automatizuotus šilumos mazgus. Rajoninėje katilinėje sumontuoti trys nauji vandens šildymo katilai po 14 MW, medienos kuru kūrenamas garo katilas. Atliekamos šilumos tinklų renovacijos, keičiant vamzdynus pramoniniu būdu izoliuotais nekanaliniais vamzdžiais. Visos investicijos skirtos šilumos energijos gamybos ir tiekimo modernizavimui, tokiu būdu siekiant mažinti savikainą. Pabrėžtina, jog kartu mažėjo ir šilumos energijos tarifai: per 2003 m. 5% ir 2004 m. 4%.

UAB „Utenos šilumos tinklai“ plėtrą riboja ne gamybiniai pajėgumai, o pagamintos šilumos energijos suvartojimas. Utenos miestas, kuriam centralizuotai tiekama šiluma, nesiplečia - nestato daugiabučių namų. Paskutiniųjų metų investicijos panaudotos ne gamybos plėtimui, o jos efektyvumo didinimui: nuostolių mažinimui, ekonomiškesnio vietinio kieto kuro (medienos) panaudojimo įgyvendinimui.

Esamoms problemoms spręsti nagrinėjamos keturios bendrovės investicijų kryptys: 1) medienos pakuros įrengimas esamam garo katilui, pramoninio; 2) pramoninio garotiekio rekonstrukcija; 3) elektros energijos gamyba; bei 4) šilumos tiekimo tinklo (trasų) atnaujinimas. Parengtas šilumos ūkio specialus planas, kuris reglamentuoja esamų vartotojų atsijungimą bei naujų vartotojų šilumos

energijos tiekimo būdo pasirinkimą. Visgi UAB „Utenos šilumos tinklai“ siekia išlaikyti esamą vartotojų lygį, pagal galimybes ieško naujų vartotojų.

Į UAB „Utenos šilumos tinklai“ atitekančio vandens kokybės parametrai. (1 lentelė)

1 lentelė. Pirminiai vandens kokybės parametrai [8]

Analitė	Reikšmė	Matavimo vienetai
Cl⁻	5.2	mg/l
F⁻	0.22	mg/l
SO₄²⁻	10.6	mg/l
HCO₃⁻	365	mg/l
NO₃⁻	1.73	mg/l
K⁺	2.2	mg/l
NH₄⁺	0.038	mg/l
SiO₂	16.1 mg SiO ₂ /l	
Bendras kietumas	6.1 mgekv/l	
Laidumas	550 μS/cm	
pH	7.4	
Šarmingumas	6.1 mgekv/l	

Sunkiųjų metalų analizė atlikta atominės absorbcijos spektrometrija, naudojant grafitinę krosnį (ISO 15586:2003).

2.5 Apibendrinimas

Technologinio vandens paruošimo sistema bus sudaryta iš šių dalių:

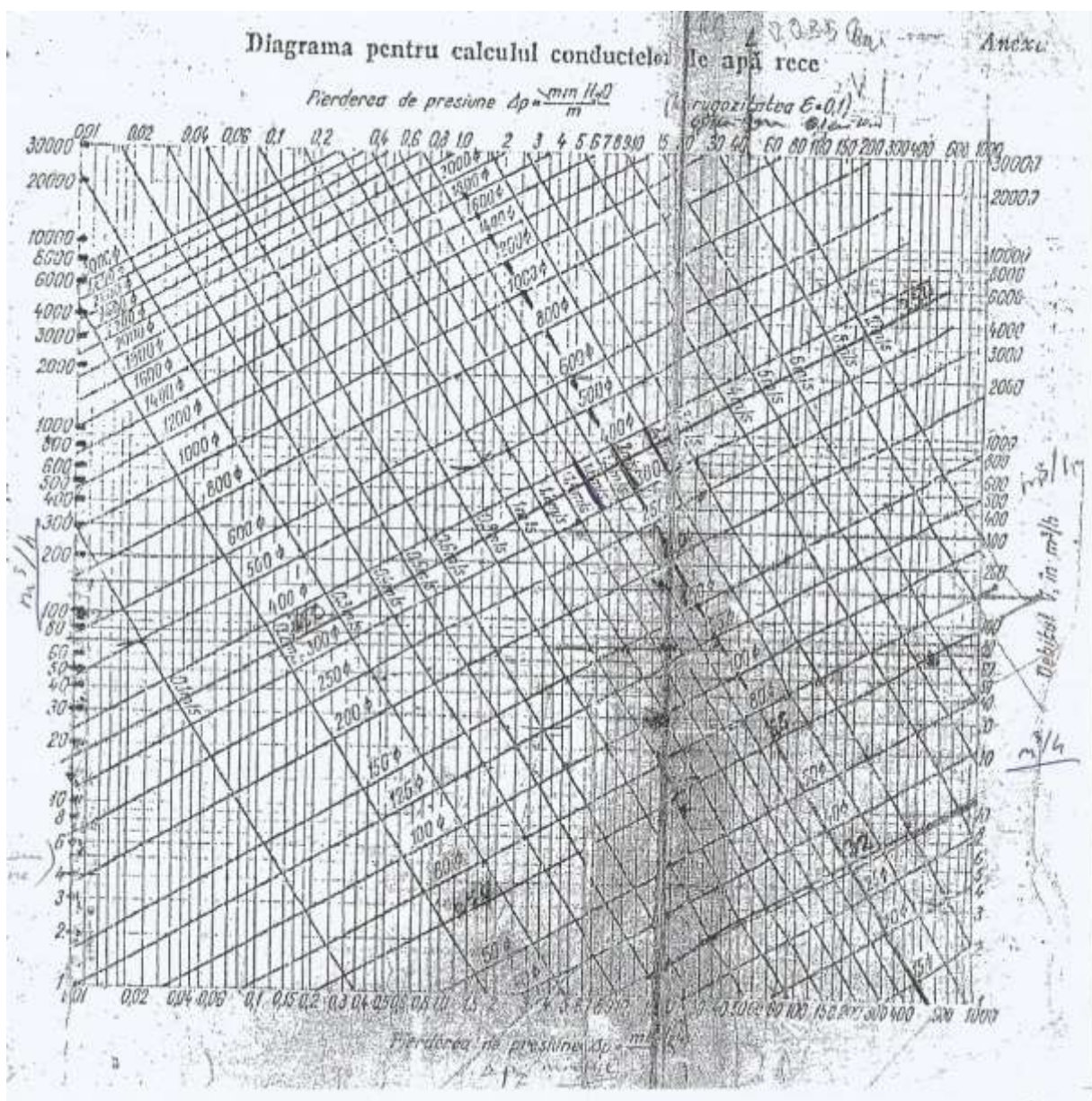
- Vandens minkštinimo filtrai;
- Atbulinė osmozė;
- Elektrodejonizacija.

Buvo pasirinkti šie vandens valymo būdai dėl išvalymo efektyvumo. Atvirkštinė osmozė - jos druskų išvalymo efektyvumas yra 95 – 97 %. Elektrodejonizacija yra naudojama gilesniam nudruskinimui (efektyvumas 99% ir didesnis), tačiau į elektrodejonizaciją patenkantis vanduo turi būti pakankamai švarus.

3. METODOLOGINĖ DALIS

Kaip buvo minėta aukščiau, jėgainės technologiniam procesui užtikrinti vanduo bus imamas iš Utenos miesto centralizuoto vandentiekio tinklo. Iš vandentiekio paimtas vanduo pirmiausiai pateks į vandens minkštinimo įrenginį. Vandens demineralizavimas (nudurkinamas) bus atliekamas atvirkštinės osmozės (RO) ir elektrodejonizacijos įrenginiuose.

Tokios sistemos vamzdžių skersmenys yra parenkami pagal esančią vamzdžių skersmenų diagramą (12 pav)



12 pav. Vamzdžių skersmenų parinkimo grafikas

Parametrai parenkami pagal vandens tekėjimo greitį, kuris yra ribose tarp 1,5 m/s ir 2,5 m/s bei vandens tekėjimo debitą. [7]. Tolesni minkštinimo, atvirkštinės osmozės bei elektrodejonizacijos įrenginių skaičiavimai bus atliekami pagal “Arionex LT” skaičiavimo metodiką.

Projektuojant minkštinimo filtrus svarbu atsižvelgti į švaraus vandens debitą, ištekantį iš nurodytos sistemos. Reikalingas tokio vandens debitas yra 18 m³/h. Minkštinimo proceso greitis yra nuo 8 m/s iki 40 m/s. Santykinai vandens kietumas iš vandentiekio yra nuo 4 mgekv/l iki 6 mgekv/l. Minkštinimo kolonos parametrai parenkami pagal „Wave cyber“ standartinius duomenis (2 lentelė)

2 lentelė. Standartiniai minkštinimo kolonų parametrai

Kolonos matmenys (coliais)	Kolonos diametras, mm	Kolonos aukštis, mm	Kolonos plotas, m²
16"	450	680	0,13
18"	500	780	1,6
21"	550	950	0,22
24"	650	1060	0,29
30"	800	1100	0,46
36"	950	1260	0,66
42"	1100	1570	0,88

Tokio modelio minkštinimo filtruose vandenyje ištirpę kalcio ir magnio jonai sulaikomi katijonitine derva užpildytoje kolonoje. Derva regeneruojama sočiu valgomosios druskos (NaCl) tirpalu. Filtrai taip pat pašalina iš vandens nedidelius kiekius ištirpusios geležies.

Šio tipo filtras užtikrina nepertraukiamą vandens tiekimą. Dirbant vienai filtravimo kolonai, kita kolona regeneruojasi ir laukia, kada pirma kolona išnaudos savo resursą. Resursui pasibaigus, ji automatiškai pradeda dirbti, o darbą baigusi kolona pradeda regeneruotis.

Filtrą sudaro:

- dvi filtravimo kolonos su katijonitine derva;
- valdymo vožtuvas;
- druskos tirpalo talpa.

Minkštinimo procesas susideda iš stadijų: pirmiausia vyksta „purenimas“. Šio proceso greitis siekia nuo 7 m/s iki 12 m/s, jo trukmė – 10min.

Nominalus vandens tekėjimo greitis į minkštinimo rezervuarą yra 10 m/h. Rezervuaro tūris parenkamas pagal filtracijos kolonos skersmenį. Pirmiausia, parenkamas pirmosios minkštinimo kolonos plotas pagal skersmenį:

$$A = \pi r^2, \quad \text{čia:}$$

A- minkštinimo kolonos plotas, m²;

r – minkštinimo kolonos skersmuo, m

Tuomet vandens minkštinimo rezervuaro tūris bus apskaičiuojamas:

$$V = \frac{t_2 \cdot v}{t_1}, \quad \text{čia } V - \text{rezervuaro tūris, m}^3;$$

v- pratekėjusio vandens debitas, m³/h;

t₁, t₂ – vidutiniškas minkštinimo laikas (imamas nuo 8 - 12min) ir laikas per 1 val.

Iš minkštinimo kolonos ištekęs vanduo regeneracijai gali būti tiekiamas lėtu arba greitu plovimu. Lėtas plovimas vadinamas toks, kurio tekėjimo greitis yra nuo 2 m/s iki 7 m/s, jis trunka apie 30 min. Greituoju plovimu vandens tekėjimo greitis siekia nuo 8 m/s iki 40 m/s ir trunka nuo 10 min iki 15min.

Minkštinimo filtrai projektuojami taip, kad minkštinimo greitis būtų nuo 5 iki 40 m/s. Reikalingas švaraus vandens debitas yra 18 m³/h, tačiau reikia įvertinti vandens nuostolius atvirkštinėje osmozėje ir elektrodejonizacijos metu, kurie atitinkamai sudaro 20 ir 10 %.

$$Q_{\text{minkš.}} = Q \cdot 1,2 \cdot 1,1$$

čia: $Q_{\text{minkš.}}$ – minkštinamo vandens debitas, m³/h,

Q – reikalingas vandens debitas, m³/h.

Minkštinimo procesui pasirenkame kompanijos “DOW” “DOWEX™ MARATHON™ C” katijonitą. Tai yra didelės talpos, gelio tipo mainų derva specialiai sukurta siekiant suteikti aukštą pralaidumą ir ekonomišką veikimą vandens minkštinimo sistemose. 3 lentelėje pateikiamos šio katijonito fizinės ir cheminės savybės.

3 lentelė. "DOWEX MARATHON C" katijonito fizinės ir cheminės savybės [8]

Savybė	Reikšmė	Matavimo vienetai
Katijonito tipas	Gelis	
Matrica	Stirenas – DVB (divinilbenzenas)	
Vandens kiekis	42-48	%
Dalelių dydis	585 ± 50	µm
Iš viso išbrinkimas (Na⁺ → H⁺)	8	%
Dalelių tankis	1,28	g/ml

Toliau pateikiamos (4 lentelė) rekomenduojamos minkštinimo sąlygos.

4 lentelė. Rekomenduojamos minkštinimo sąlygos naudojant pasirinktą katijonitą [8]

Sąlygos	Reikšmė	Matavimo vienetai
Maksimali darbinė temperatūra	120	°C
	250	° F
pH intervalas	0 – 14	
Katijonito sluoksnio aukštis	800	mm
Vandens tekėjimo greitis minkštinimo metu	5 – 60	m/s
Vandens tekėjimo greitis regeneracijos metu	1 – 20	m/s
Regeneruojamojo skysčio kiekis	2 – 5 katijonito tūriai	
Regeneracijai naudojamas tirpalas	1 – 8 % H ₂ SO ₄ , 4 – 8 % HCl, 8 – 12 % NaCl	%

Parenkant parametrus atvirkštinės osmozės įrenginiams taip pat taikoma “Arionex LT” skaičiavimo metodika.

Daugiausia gėlinimui reikalingos energijos skirta tiekiamo vandens slėgimui.[8] Druskingas vanduo pumpuojamas į uždarytą indą, kur jis slegiamas į membraną. Daliai vandens praėjus pro membraną, likusiame tiekiamame vandenyje padidėja druskos kiekis. Tuo pačiu metu dalis tiekiamo vandens pašalinama, šiam nepraėjus pro membraną. Pašalinamo vandens kiekis šioje druskingoje srovėje būna nuo 15 % iki 70 % visos tiekiamos srovės, priklausomai nuo joje esančio druskos kiekio.

Tuomet membranų skaičius atvirkštinės osmozės sistemoje randamas:

$$N_{membr} = \frac{Q}{S_{membr} \cdot Q_{membr}}$$

čia: Q - reikalingas vandens debitas, m³/h.

S_m – membranos paviršiaus plotas, m².

Žinant, kad išvalyto vandens kiekis turi būti 18 m³/h, membranos atvirkštinei osmozei sujungiamos nuosekliu principu. Vandens atgavimas siekia 80 %. Likusi dalis 20 % drenuojasi į kanalizaciją. Kadangi vandens atgavimas sąlyginai didelis, naudosime dviejų pakopų sistemą. Trys pirmoje pakopoje ir trys antroje. Iš viso dvi tokios sistemos sujungtos lygiagrečiai. Tokiu būdu bus pasiekimas didesnis vandens išvalymo efektyvumas. Prieš atvirkštinės osmozės sistemą yra įrengiamas kietų dalelių filtras, jis sulaiko didesnes kietas daleles iki 5 μm.

Norint apskaičiuoti atvirkštinės osmozės įrenginio korpusų skaičių, reikia įvertinti apskaičiuotų membranų skaičių:

$$N_{korp} = \frac{N_{membr}}{A_t}$$

čia: N_{membr} - membranų skaičius, vnt.

A_t – skaičius, įvertinantis kiek membranų telpa viename korpuse (<8)

Elektrodejonizacija turi nemažai privalumų: nereikia agresyvių regeneravimo cheminių medžiagų; EDI įrenginiai užima mažiau vietos nei įprastiniai įrenginiai; reikalauja tik minimalios priežiūros; optimali vandens kokybė ir 0,055 $\mu\text{S/cm}$ siekiantis laidumas (labai grynus vanduo), bakterijų kiekis sumažėja daugiau kaip 99 proc. ir kt.

Reikalingas modulių skaičius apskaičiuojamas pagal formulę:

$$N_e = \frac{q}{\eta}.$$

Čia su vandenyje nepageidaujamais katijonais ir anijonais vyksta jonų mainai. Veikiami tarp katodo ir anodo esančio jėgos lauko, jonų mainų paveikti jonai perkeliama link atitinkamų elektrodų.

Reikalingos dvi elektrodejonizacijos sistemos, kad vienai sugedus, kita galėtų užtikrinti vandens poreikį. Vandens tiekimo į elektrodejonizacijos įrenginį vamzdžių skersmuo parenkamas pagal standartinių vamzdžių skersmenų grafiką.

4. PROJEK TINĖ DALIS

Technologinio vandens paruošimo sistema bus sudaryta iš šių dalių:

- Vandens minkštinimo filtrai;
- Atbulinė osmozė;
- Elektrodejonizacijos įrenginys.

Elektrodejonizacija turi nemažai privalumų: nereikia agresyvių regeneravimo cheminių medžiagų; EDI įrenginiai užima mažiau vietos nei įprastiniai įrenginiai; reikalauja tik minimalios priežiūros; optimali vandens kokybė ir 0,055 $\mu\text{S/cm}$ siekiantis laidumas (labai grynas vanduo), bakterijų kiekis sumažėja daugiau kaip 99 proc. ir kt.

Iš vandentiekio paimtas vanduo pirmiausiai mechaniskai filtruojamas pro mechaninius filtrus, o juos praėjęs - patenka į vandens minkštinimo įrenginį. Vandens demineralizavimas (nudurkinamas) atliekamas atvirkštinės osmozės (RO) ir elektrodejonizacijos įrenginiuose.

Atvirkštinės osmozės (arba RO) įrenginių pagrindinis elementas yra pusiau pralaidi membrana, per kurią išspaudžiamas demineralizuojamas vanduo. Pusiau laidži membrana sulaiko 98-99 proc. vandenyje esančių druskų ir 70-99 proc. natūralių organinių medžiagų. Aukšto techninio lygio procesams skirtą vandens galutinė kokybė pasiekama paruoštą vandenį toliau filtruojant per elektrodejonizacijos įrenginį. Šiame įrenginyje dalinai paruoštas vanduo išgryninamas praleidžiant pro mišrios iškrovos rezervuarą, kuriame yra sumaišytos katijonitinės ir anijonitinės dervos.

Kadangi į “Utenos šilumos tinklus” atitekančio vanduo yra pakankamai švarus, jame nėra daug kietųjų dalelių, tai mechaninių filtrų šiai sistemai įdiegti neprireiks.

Į UAB “Utenos šilumos tinklus” atitekančio vandens kokybės parametrai. (5 lentelė)

5 lentelė. Pirminiai vandens kokybės parametrai [8]

Analitė	Reikšmė	Matavimo vienetai
Cl^-	5.2	mg/l
F^-	0.22	mg/l
SO_4^{2-}	10.6	mg/l
HCO_3^-	365	mg/l
NO_3^-	1.73	mg/l
K^+	2.2	mg/l
Ca^{2+}	41	mg/l
Mg^{2+}	7	mg/l
NH_4^+	0.038	mg/l
SiO_2	16.1 mg SiO_2 /l	
Bendras kietumas	6.1 mgekv/l	
Laidumas	550 $\mu\text{S}/\text{cm}$	
pH	7.4	
Šarmingumas	6.1	mgekv/l

4.1 Minkštinimo filtrų projektavimas

Minkštinimo procesas susideda iš dviejų stadijų: pirmojoje vyksta “purenimas”. Šio proceso greitis siekia nuo 7 m/s iki 12 m/s, jo trukmė – 10 min. Nominalus vandens tekėjimo greitis į minkštinimo rezervuarą yra 10 m/h. Rezervuaro tūris parenkamas pagal filtracijos kolonos skersmenį.

Pirmiausia, parenkamas pirmosios minkštinimo kolonos plotas pagal skersmenį. Vidutiniškas minkštinimo laikas (imamas nuo 8 - 12min).

Iš minkštinimo kolonos ištekėjęs vanduo regeneracijai gali būti tiekiamas lėtu arba greitu plovimu. Lėtas plovimas vadinamas toks, kurio tekėjimo greitis yra nuo 2 m/s iki 7 m/s, jis trunka apie 30 min. Greituoju plovimu vandens tekėjimo greitis siekia nuo 5 m/s iki 40 m/s ir trunka nuo 10 min iki 15min.

Kalcio ir magnio jonų koncentracijoms vandenyje paversti iš mg/l į mekv/l, tad padalinama iš jų molinės ekvivalento masės:

$$Mg^{2+} = \frac{7}{12} = 0,58mekv/l$$

Čia: molinė masė $M(Mg^{2+}) = 24 \text{ g/mol}$;

$$Ca^{2+} = \frac{41}{20} = 2,05mekv/l$$

Čia: molinė masė $M(Ca^{2+}) = 40 \text{ g/mol}$;

Minkštinimo filtrai projektuojami taip, kad minkštinimo greitis būtų nuo 5 iki 40 m/s. Reikalingas švaraus vandens debitas yra $18 \text{ m}^3/\text{h}$, tačiau reikia įvertinti vandens nuostolius atvirkštinėje osmozėje ir elektrodejonizacijos metu, kurie atitinkamai sudaro 20 ir 10 %.

$$Q_{\min kš.} = Q \cdot 1,2 \cdot 1,1$$

čia: $Q_{\min kš.}$ – minkštinamo vandens debitas, m^3/h ,

Q – reikalingas vandens debitas, m^3/h .

$$Q_{\min kš.} = 18 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 23,78 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Reikalingi bent du minkštinimo filtrai, nes vienam minkštinimo filtrui regeneruojantis, reikalingą vandens srautą turi užtikrinti likę veikiantys filtrai.

Tuomet pagal esančius standartinių filtrų skersmenų duomenis, pasirenkamas filtras. Pagal apskaičiuotus duomenis pasirenkamas filtras, kurio skersmuo yra 650mm (6,5m), aukštis 1060mm, o minkštinimo kolonos plotas apskaičiuojamas:

$$S_{\min kšt} = \pi \cdot \left(\frac{d}{2} \right)^2$$

čia: d – minkštinimo kolonos skersmuo, m

$$S_{\text{minkšt}} = \pi \cdot \left(\frac{650}{100 \cdot 2} \right)^2 = 3 \text{ m}^2$$

Skerspjuvio plotas pagal 1 lentelę randamas, jog yra lygus $0,3 \text{ m}^2$. Tuomet apskaičiuojame minkštinimo kolonos debitą, pagal minkštinimo plotą kolonoje:

$$Q = a \cdot S_{\text{minkšt}}$$

čia: $S_{\text{minkšt}}$ – minkštinimo kolonos plotas, m^2 .

$$Q = a \cdot S_{\text{minkšt}} = 3 \cdot 5 = 15 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Kadangi apskaičiuotos reikšmės, minkštinimo kolonų debitai atitinkamai $Q_{\text{minkšt}}$ ir Q yra panašios, vadinasi pasirinktas minkštinimo filtras yra tinkamas, nes minkštinimo greitis gali kisti nuo 5 iki 40 m/s .

Pastarųjų debitų santykio $Q_{\text{minkšt}}:Q$ reikšmė yra 1,9, apvalinama iki didesnės reikšmės ir gaunama, kad todėl turės veikti 2 minkštinimo filtrai, o tai reiškia, kad išviso turės būti trys minkštinimo kolonos, nes vienam minkštinimo filtrui regeneruojantis, reikalingą vandens srautą turi užtikrinti likę veikiantys filtrai.

Minkštinimo procesui pasirinktas kompanijos “DOW” “DOWEX™ MARATHON™ C” katjonitas, taigi pagal 2 lentelę matome, kad jis turi užpildyti ($d_{\text{kat.}}$) 800 mm minkštinimo kolonos.

Katjonito kiekis minkštinimo kolonoje apskaičiuojamas pagal formulę:

$$V_{\text{kat}} = S_{\text{minkšt}} \cdot d_{\text{kat}}$$

Čia: d_{kat} minkštinimo kolonas katjonito užpildymo aukštis, m

$$V_{\text{kat}} = S_{\text{minkšt}} \cdot \frac{800}{1000} = 0,29 \cdot 0,8 = 0,23 \text{ m}^3$$

Regeneracijos talpos dydis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$V_{\text{talp}} = V_{\text{kat}} \cdot w$$

Čia: w katjonito gamintojų rekomenduojamas regeneracijos greitis iš 2 lentelės. ($5\text{--}60 \text{ m/s}$)

$$V_{\text{reg}} = 0,23 \cdot 56 = 13 \text{ m}^3$$

Apskaičiuojame katijonito regeneracijos talpos dydį, tai reiškia, jo talpos dydis atitinkamai turės būti 13 m³. Vandens tiekimo į minkštinimo vamzdžių skersmenys parenkamos pagal esančią standartinių vamzdžių skersmenų lentelę, kai debitas yra 23,78 m³/h, tuomet vamzdžių diametras yra 65 mm.

4.2 Atvirkštinės osmozės įrenginio projektavimas

Pašalinamo vandens kiekis šioje druskingoje srovėje būna nuo 15 % iki 70 % visos tiekiamos srovės, priklausomai nuo joje esančio druskos kiekio.

Žinant, kad išvalyto vandens kiekis turi būti 18 m³/h, membranos atvirkštinei osmozei sujungiamos nuosekliu principu. Vandens atgavimas siekia 80 %. Likusi dalis 20 % drenuojasi į kanalizaciją.

Reikalingas švaraus vandens debitas yra 18 m³/h, tačiau reikia įvertinti vandens nuostolius atvirkštinėje osmozėje ir elektrodejonizacijos metu, kurie atitinkamai sudaro 20 ir 10 %.

$$Q_{atv.} = Q \cdot 1,2 \cdot 1,1$$

čia: Q_{atv} – vandens debitas, m³/h,

Q – reikalingas vandens debitas, m³/h.

$$Q_{min.kš.} = 18 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 23,78 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Kadangi vandens atgavimas sąlyginai didelis, naudosime dviejų pakopų sistemą. Prieš atvirkštinės osmozės sistemą yra įrengiamas kietų dalelių filtras, jis sulaiko didesnes kietas daleles iki 5 µm. Trys pirmoje pakopoje ir trys antroje. Iš viso dvi tokios atvirkštinės osmozės sistemos sujungtos lygiagrečiai. Tokiu būdu bus pasiekimas didesnis vandens išvalymo efektyvumas.

Atvirkštinės osmozės membranas naudosime iš įmonės „DOW“ „FILMTEC“ „BW30-440i“.

Šio produkto specifikacija pateikta 6 lentelėje.

6 lentelė. Atvirkštinės osmozės membranų specifikacija [9]

Pavadinimas	Matavimo vienetai	Reikšmė
BW30-440i		
Išvalyto vandens debitas	m ³ /h	1,8
Minimalus druskų atmetimas	%	99
Aktyvaus paviršiaus plotas	m ²	41
Stabilus druskų atmetimas	%	99,5

6 lentelėje pateikti duomenys yra tokiais standartinėmis sąlygomis: 2,000 ppm NaCl, slėgis 15.5 bar, temperatūra 25°C, pH lygus 8 ir srauto atgavimas siekia 15%.

Atvirkštinės osmozės membranų veikimo sąlygos nurodytos 7 lentelėje.

7 lentelė. Atvirkštinės osmozės membranų veikimo sąlygos [9]

Pavadinimas	Matavimo vienetai	Reikšmė
Nuolatinio veikimo pH		2-11
Trumpalaikio veikimo pH		1-13
Maksimalus slėgis	bar	41
Minimalaus slėgio nukritimas	bar	1
Maksimali temperatūra	°C	45
Maksimalus vandens debitas	m ³ /h	19

Pasirenkame, kad standartinis vandens tekėjimo debitas Q_{membr} per atvirkštinės osmozės membraną yra lygus 0,048 m³/h. Tuomet membranų skaičius randamas:

$$N_{membr} = \frac{Q}{S_{membr} \cdot Q_{membr}}$$

čia: Q - reikalingas vandens debitas, m³/h.

S_m – membranos paviršiaus plotas, m².

$$N_m = \frac{Q}{S_{membr} \cdot Q_{membr}} = \frac{23,78}{41 \cdot 0,048} = 12 \text{ membranų}$$

Norint apskaičiuoti atvirkštinės osmozės įrenginio korpusų skaičių, reikia įvertinti apskaičiuotų membranų skaičių:

$$N_{korp} = \frac{N_{membr}}{A_t}$$

čia: N_{membr} - membranų skaičius, vnt.

A_t – skaičius, įvertinantis kiek membranų telpa viename korpuse (<8)

$$N_{korp} = \frac{N_{membr}}{A_t} = \frac{12}{3} = 4 \text{ korpusai}$$

Vadinasi, apskaičiavus membranų skaičių, korpusai išdėstomi nuosekliai, vienas po kito. Kaip jau buvo minėta, atvirkštinės osmozės efektyvumas yra 80 %. Likę 20 % vandens drenuojasi į kanalizaciją.

Vandens tiekimo į atvirkštinę osmozę vamzdžių skersmuo parenkamas pagal esančią standartinių vamzdžio skersmenų grafiką. Į atvirkštinės osmozės įrenginį iš minkštinimo kolonų, vanduo atiteka 18 m³/h debitu. Įvertinus, kad 20% vandens tiekimą į kanalizaciją, o ten, dalis vandens teka į nuotekas, o kita dalis vėl grįžta atgal į osmozės koloną pakartotiniam nudruskinimui. Tuomet vamzdžių diametras yra 65 mm, recirkuliacijos vamzdžio diametras yra 32 mm. Cirkuliacija vyksta 2,5 m³/h debitu, o į nuotekas atitinkamai 1,75 m³/h. Vadinasi iš viso:

$$Q_{nuot} = Q_{kan} + Q_{recirk}$$

Čia: Q_{kan} - vandens debitas, kuris patenka į kanalizaciją, m³/h.

Q_{recirk} cirkuliuojančio vandens debitas, m³/h.

$$Q_{nuot} = Q_{kan} + Q_{recirk} = 2.5 + 1.75 = 4.25 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Taigi, iš atvirkštinės osmozės įrenginio vanduo išteka:

$$Q_{ist} = Q_{it} - Q_{nuot} = 18 - 4,25 = 13,75 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Po atvirkštinės osmozės įrenginio ištekančio vandens kokybės parametrai nurodyti 8 lentelėje.

8 lentelė. Vandens kokybės įvertinimas UAB „Utenos šilumos tinkluose“ po atvirkštinės osmozės įrenginių [10]

Analitė	Reikšmė	Matavimo vienetai
Cl ⁻	0	mg/l
F ⁻	0	mg/l
SO ₄ ²⁻	0	mg/l
HCO ₃ ⁻	1,62	mg/l
NO ₃ ⁻	0,34	mg/l
K ⁺	0,13	mg/l
NH ₄ ⁺	0	mg/l
SiO ₂	0 mg SiO ₂ /l	
Bendras kietumas	2,71 mgekv/l	
pH	6,39	
Laidumas	4,0 μS/cm	

Skaiciavimams atlikti buvo naudojama kompiuterinė programa „ROSA“ (Atvirkštinės osmozės sistemos analizė). Po atvirkštinės osmozės vandens druskingumas sumažėja iki ~4,0 μS/cm.

4.3 Elektrodejonizacijos įrenginio projektavimas

Į elektrodejonizacijos koloną vanduo atiteka 13,75 m³/h debitu. Elektrodejonizacijos įrenginio parametrai apskaičiuojami pagal „DOW“ sukurtą programinę įrangą „XEDI“ (elektrodejonizacijos sistemos analizė).

Elektrodejonizacijos modulių ilgis 605 mm. Pagal „DOW“ metodikos nurodytus standartus pagal atitekantį vandens debitą, randame, kad elektrodejonizacijos įrenginio diametras 320 mm, našumas η yra nuo 1,5 iki 3 m³/h, efektyvumas siekia intervale – 90 – 95 %. Elektrodejonizacijos procesas stebimas manometrais bei laidumo matuokliais. Ant kiekvieno įeinančio ir išeinančio srauto įrengiama po manometrą ir stebimi įeinančių ir išeinančių srautų slėgio skirtumai. Naudojami moduliai įkrauti joninių mainų maišyta įkrova, membranomis suskirstytais kanalais.

Reikalingas modulių skaičius apskaičiuojamas pagal formulę:

$$N_e = \frac{q}{\eta} = \frac{18}{1,5} = 12 \text{ vnt.}$$

Čia su vandenyje nepageidaujamais katijonais ir anijonais vyksta jonų mainai. Veikiami tarp katodo ir anodo esančio jėgos lauko, jonų mainų paveikti jonai perkeliama link atitinkamų elektrodų.

Reikalingos dvi elektrodejonizacijos sistemos, kad vienai sugedus, kita galėtų užtikrinti vandens poreikį. Vandens tiekimo į elektrodejonizacijos įrenginį vamzdžių skersmuo parenkamas pagal esančią standartinių vamzdžių skersmenų grafiką.

Iš elektrodejonizacijos įrenginio vanduo išteka 2 m³/h debitu. Vadinasi, pagal standartinę vamzdžių skersmenų diagramą, esant 2 m/s vandens tekėjimo greičiui, vamzdžių skersmenys parenkami 25 mm. Po elektrodejonizacijos laidumas sumažėja iki 0.06 μS/cm. 9 lentelėje pateikiami vandens kokybės duomenys po elektrodejonizacijos įrenginio.

9 lentelė. Vandens kokybės įvertinimas po elektrodejonizacijos įrenginio

Analitė	Reikšmė	Matavimo vienetai	Išvalymo efektyvumas
Cl ⁻	0.004	mg/l	99.9 %
F ⁻	0	mg/l	100 %
SO ₄ ²⁻	0.002	mg/l	99.93 %
HCO ₃ ⁻	0.013	mg/l	99.98 %
NO ₃ ⁻	0.003	mg/l	99.81 %
K ⁺	0.001	mg/l	99.95 %
NH ₄ ⁺	0	mg/l	100 %
SiO ₂	3.2 mg SiO ₂ /l		80.1 %
Laidumas	0.06 μS/cm		
pH	5.5		
Šarmingumas	0.001 mgekv/l		

Mišrios įkrovos jonai yra nuolat regeneruojami, nes tarp katodo ir elektrodo tekanti nuolatinė srovė. Iš vandens pašalinamos ne tik neorganinės druskos, bet vandenyje sumažinamas ir organinių medžiagų kiekis.

EKONOMINĖ DALIS

Ekonomikoje yra tiriama kaip objektyviai paskirstyti ir valdyti ribotus išteklius, siekiant maksimaliai patenkinti visuomenės materialius poreikius. Kadangi technologinę sistemą sudarys minkštinimo filtrai, atvirkštinės osmozės įrenginys bei elektrodejonizacijos įrenginys, reikia apskaičiuoti kiek pagal naudotą metodiką projektavimo procese kainuos įrenginiai bei jų sudedamosios dalys.

Remiantis „Wave cyber“ įmonės kuriamomis technologijomis, pasirinkto minkštinimo filtro, kurio diametras 650mm, o aukštis 1060 mm, pasirinktas filtras kainuos 105,9 Eur. Kadangi technologinė linija sudaryta iš 3 tokių minkštinimo kolonų, tai iš viso filtrams bus išleista 317,7 Eur.

Pagal įmonės „DOW“ sukurtą atvirkštinės osmozės įrenginių technologiją, pasirinkta šio įrenginio kolonos vertė yra 700 Eur. Tokia kaina parenkama tik kolonai, tačiau viso įrenginio kaina bus žymiai brangesnė priklausomai nuo tokių sudedamųjų kaip elektrinės dalys, manometrai, srautų matuokliai ir kt.

Elektrodejonizacijos įrenginio vertė siekia iki keliolikos tūkstančių eurų priklausomai nuo sistemoje esančių modulių skaičiaus.

Savikaina apskaičiuojama naudojantis formule:

$$S = I/Q; \text{Eur}/\text{m}^3$$

čia: I – būtinųjų sąnaudų, Eur;

Q – įrenginio našumas, m^3/metus .

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + M;$$

čia: I_1 – išlaidos medžiagoms, Eur;

I_2 – išlaidos elektros energijai, Eur;

I_3 – išlaidos darbuotojų atlyginimams, Eur;

I_4 – išlaidos nusidėvėjimui, Eur;

I_5 – kitos išlaidos, Eur; Mokestis už gamtos išteklius, Eur.

$$I_1 = I_{1a} + I_{1b}$$

$$I_{1a} = P * K$$

kur: P – naudojamos medžiagos kaina, Eur/t;

K - medžiagų kiekis.

$$K = d * Q$$

čia: d – naudojamos medžiagos (reagento, koagulianto ir kt.) kiekis, reikalingas

produkcijos vienetui pagaminti;

Q - įrenginio našumas m^3/metus .

Reikalingas vandens kiekis 1 m^3 vandens paruošti, įvertinant vandens nuostolius apskaičiuojamas pagal formulę:

$$d_v = \left(\frac{V \cdot k_{osm} - V}{V} + \frac{V \cdot k_{elektr.} - V}{V} \right)$$

čia: V – sistemos našumas, m^3/h ;

k_{osm} – koeficientas įvertinantis nuostolius atvirkštinėje osmozėje;

$k_{elektr.}$ – koeficientas įvertinantis nuostolius elektrodejonizacijoje.

$$d_v = \left(\frac{18 \cdot 1,2 - 18}{18} + \frac{18 \cdot 1,1 - 18}{18} \right) = 0,3$$

Tuomet, vandens kiekis:

$$K_v = 0,3 \cdot 157680 = 47304 \text{ m}^3/\text{metus}$$

Išlaidos vandeniui:

$$I_{1v} = 47304 \cdot 0,64 = 302874 \text{ Eur.}$$

čia: 0,64 – tarifas už vandenį, Eur/m^3 . [16]

Reikalingas druskos kiekis vienam m^3 vandens paruošti, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$d_d = \left(\frac{8 \cdot 1000 \cdot 10}{688 \cdot 100} \right) = 1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$$

čia: 8 – regeneracijos tirpalo tūris, m^3 ; 1000 – vandens tankis, kg/m^3 ; 10 – koncentracija, %; 688 – vieno ciklo metu išvalomo vandens kiekis, m^3 .

Tuomet, druskos kiekis:

$$K_d = 1,2 \cdot 157680 = 189216 \text{ kg.}$$

Išlaidos druskai:

$$I_{1d} = 189216 \cdot 0,2 = 37843 \text{ Eur.}$$

čia: 0,2 – druskos kaina, Eur/kg .

Išlaidos HCl:

$$I_{1dr} = 3 \cdot 13,53 = 39 \text{ Eur.}, \text{ priimant, kad druskos kiekis yra } 3 \text{ l.}$$

čia: 13,53 – 38 % druskos rūgšties kaina, Eur/l . [15]

I_{1b} – yra pridėtinės vertės mokestis medžiagoms.

$$I_{1b} = 0,21 \cdot I_{1a}$$

Tuomet I_1 apskaičiuojamas:

$$I_1 = (I_{1v} + I_{1d} + I_{1dr}) \cdot 1,21 = (39 + 302874 + 37843) \cdot 1,21 = 71558 \text{ Eur.}$$

$$I_2 = E \cdot t$$

kur: E – sunaudotas elektros energijos kiekis, kwh;

t – vienos kilovatvalandės kaina (tarifas)

$$I_3 = I_{3a} + I_{3b}$$

kur: I_{3a} – išlaidos darbuotojų atlyginimams, Eur; I_{3b} – išlaidos darbuotojų socialiniam draudimui.

$$I_{3a} = S \cdot t \cdot 12$$

kur: S – darbuotojų skaičius, vnt;

t – darbuotojo mėnesio atlyginimas, Eur.

$$I_{3b} = 0,33 \cdot I_{3a}$$

$$I_3 = (3 \cdot 900 \cdot 12) \cdot 1,33 = 43092 \text{ Eur.}$$

I_4 – išlaidos nusidėvėjimui, sudaro 2 proc. nuo įrenginių vertės.

$$I_4 = 300000 \cdot 0,02 = 6000 \text{ Eur.}$$

I_5 – kitos išlaidos. Jos sudaro 10 proc. nuo tiesioginių išlaidų (I_1, I_2, I_3, I_4).

M – mokestis už valstybinius gamtos išteklius.

$$M = 157680 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 0,07 = 14569 \text{ Eur}$$

čia: metinis paruošto vandens kiekis, 157680 m³; 1,2 ir 1,1 – koeficientai įvertinantys vandens nuostolius atvirkštinėje osmozėje ir elektrodejonizacijoje; 0,07 – tarifas, Eur/m³. [17]

Tuomet, būtiniosios sąnaudos I apskaičiuojamos pagal formulę:

$$I = (I_1 + I_2 + I_3 + I_4) \cdot 1,1 + M = (71558 + 43092 + 37843 + 6000) \cdot 1,1 + 14569 = 173807 \text{ Eur.}$$

Savikaina:

$$S = I/Q = 173807/157680 = 1,2 \text{ Eur/m}^3.$$

DARNUSIS VYSTYMASIS

“Utenos šilumos tinklų” kogeneracinės jėgainės maksimali aplinkos oro tarša kartu su esama fonine tarša neviršys teisės aktuose nustatytų ribinių taršos verčių net ir pačios jėgainės teritorijoje. Kvapų sklaida nuo kuro bunkeryje saugomų atliekų galima tik nedarant žalos. Veikiant numatytoms kvapų emisijų valymo priemonėms, prognozuojama maksimali aplinkos oro tarša kvapais neviršys gyvenamosios aplinkos kvapo ribinių verčių. Viršnorminės taršos zona nenustatyta.

Numatytos šios poveikio aplinkai ir tuo pačiu visuomenės sveikatai mažinimo priemonės:

- Kvapų patekimo į išorinę aplinką priemonės;
- Išmetamų dujų efektyvus išvalymas specifinės paskirties filtruose;
- Triukšmo slopinimo priemonės.

Technologinio proceso įrenginiai turi būti apskaičiuoti, kad atlaikytų numatytas darbinės apkrovas ir apsaugotų, kad pavojingos medžiagos nepatektų į aplinką, taip pat ir į darbo aplinką.

Pagrindiniai kūrenamų biokuro ir atliekomis kogeneracinių jėgainių rizikos visuomenės sveikatos rizikos veiksniai yra aplinkos oro tarša gamybiniais ir autotransporto teršalais: metanu, anglies dvideginiu, anglies viendeginiu, angliavandeniliais, druskos ir fluoro rūgštimis, amoniaku, azoto oksidais, kietosiomis dalelėmis, sieros oksidais, dioksinais ir furanais, sunkiaisiais metalais; dulkių ir kvapų emisijos; gamybinis ir autotransporto triukšmas bei psichoemocinis poveikis

Gamtinės kilmės poveikis įmonės teritorijoje mažai tikėtinas ir nenagrinėjamas. Planuojama, kad kogeneracinės jėgainės darbo metu derlingas dirvos sluoksnis gali būti paveiktas tik dėl technogeninės kilmės faktorių.

Kogeneracinės jėgainės objektų teritorijose taršai bei mechaniniam pažeidimui jautriausia yra viršutinė litosferos dalis, t.y. aeracijos zona bei pirmasis – gruntinis vandeningas horizontas. Potencialiai galimų avarinių situacijų metu, būtent, aeracijos zona bei pirmasis – gruntinis vandeningas horizontas ir bus didžiausio poveikio sritys.

“Utenos šilumos tinklų” kogeneracinės jėgainės įrenginiams dirbant normaliu eksploatacijos režimu, poveikio žemės gelmėms nebus. Mažai tikėtinas ir poveikis žemės gelmėms potencialiai galimų avarijų metu, t. y. tuomet, jeigu pavojingos medžiagos patektų ant aeracijos zonos grunto. Atsižvelgiant į didelę aeracijos zonos storį bei dideles grunto sorbcines galimybes, ženklesnė aeracijos zonos tarša nenumatoma.[11] Dėl žemo gruntinio vandens lygio nenumatomas taip pat ir poveikis gruntiniam vandeningam horizontui.

Įvertinant, kad planuojamos ūkinės veiklos poveikis nagrinėjamos teritorijos biologinei įvairovei nenumatomos, priemonės neigiamoms pasekmėms biologinei įvairovei sumažinti netaikomos.

Įvertinus esamą vietovės teritorinių ir erdvinių dominančių kompoziciją, „Utenos šilumos tinklų“ kogeneracinė jėgainė poveikio vietovės kraštovaizdžio bendrai struktūrai neturi, tačiau pasižymės vizualiniu ir estetiniu poveikiu, kurį sąlygos pagrindinių jėgainės pastatų (garo katilo, garo turbinos, atliekų bunkerio) masyvumas, o kai kurių (kaminas) – ir didelis aukštingumas. Dėl didelio objekto aukštingumo vizualinį ir estetinį poveikį mažinančios priemonės technologiškai yra nepritaikomos [10] Estetinis poveikis turės būti sumažintas kituose teritorijos planavimo bei statybos techninio projekto etapuose, parenkant vietai labiausiai tinkamus architektūrinius bei dizaino sprendinius ir konkretizuojant sklypo užstatymo reglamentą.

„Utenos šilumos tinklų“ veiklos metu susidarys buitinės, gamybinės ir paviršinės nuotekos. Buitinės nuotekas numatoma išleisti į Utenos miesto centralizuotus buitinių nuotekų tinklus. Gamybinės nuotekos - tai nuotekos, susidarančios vandens paruošimo ceche demineralizuojant geriamos kokybės vandenį. Šios nuotekos nebus užterštos specifiniais teršalais (jose bus padidinta kalcio ir magnio jonų koncentracija) todėl bus išleidžiamos į Utenos miesto buitinių nuotekų tinklus. Paviršinės nuotekos bus surenkamos, valomos vietiniuose nuotekų valymo įrenginiuose ir išleidžiamos į melioracijos griovį.

Atsižvelgiant į technologinių procesų uždaramą, nuotekų tvarkymo priemones bei reikalavimus, nei ūkio-buities, nei gamybinės, nei neapvalytos paviršinės nuotekos į aplinką nepateks. Normalios eksploatacijos metu neigiamas poveikis paviršiniams ar/ir požeminiams vandenims nenumatomas.

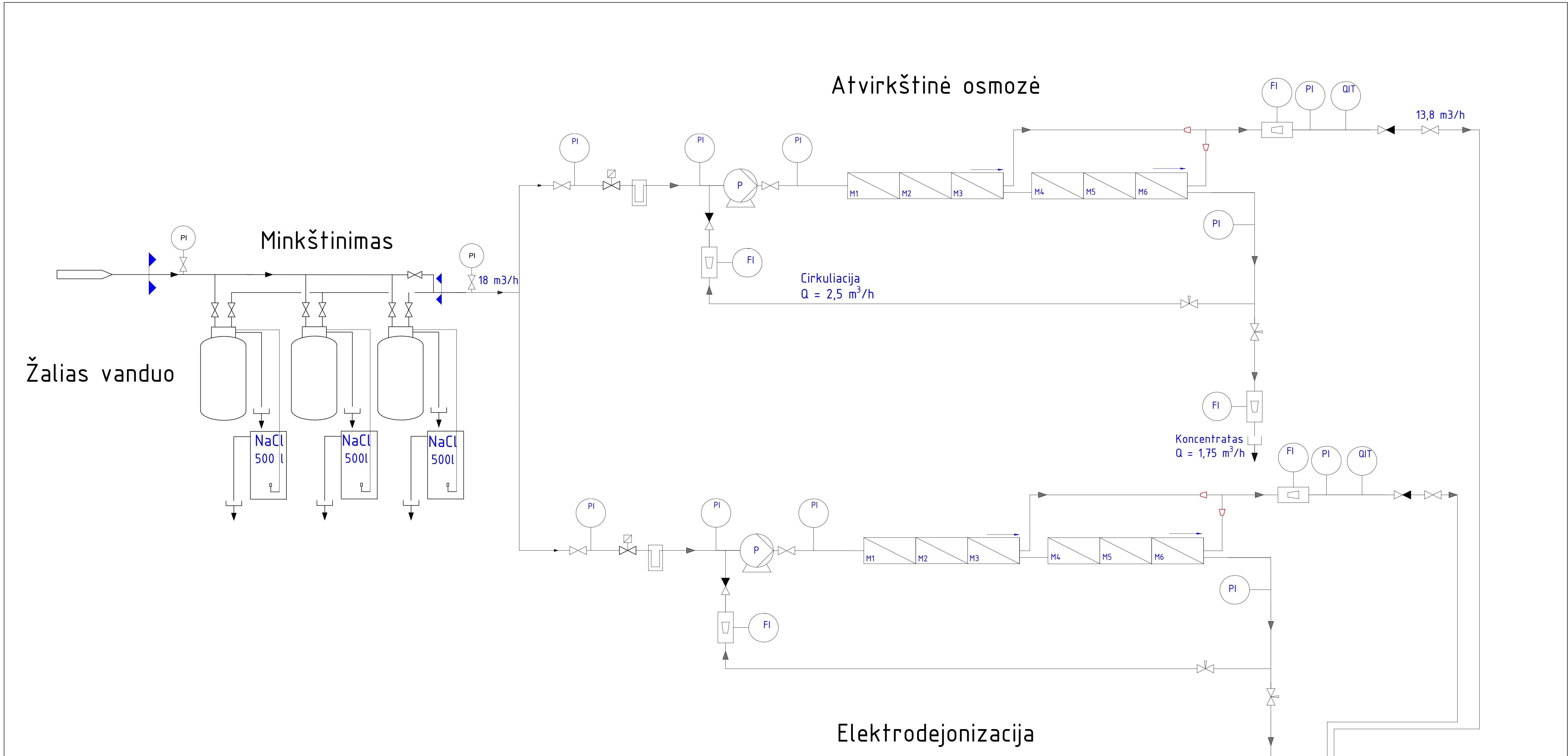
IŠVADOS

1. Naudojant įvairias vandens gerinimo technologijas, galima patenkinti griežtus aplinkosaugos, produktų kokybės ir ekonominius reikalavimus. Sprendimų įgyvendinimas apima projekto ir techninių žinių, įrangos ir vamzdynų projektavimą, parengimą ir paleidimą, priežiūrą ir aptarnavimą.
2. Buvo atlikti technologinių įrenginių skaičiavimai, iš jų nustatyta, kad minkštinimo sistemai reikės 3 minkštinimo filtrų (kolonos skersmuo 650 mm, aukštis 160 mm), minkštinimui naudojamas stipriarūgštinis katijonitas „DOWEX MARATHON C“, katijonito sluoksnio aukštis – 800 mm. Suprojektuota atvirkštinės osmozės sistema, kurią sudaro 12 „FILMTEC BW30-440i“ membranų. Taip pat suprojektuota elektrodejonizacijos sistema, kurią sudaro du moduliai po 12 membranų.
3. Parinkus atvirkštinės osmozės sistemą ir atlikus skaičiavimus, suprojektuotos 4 kolonos po 3 atvirkštinės osmozės membranas. Šio įrenginio projektinis pajėgumas 13 m³/h.
4. Suprojektavus elektrodejonizacijos sistemą buvo nustatyta, jog reikalingos 2 elektrodejonizacijos sistemos, vandens išvalymo efektyvumas po šio įrenginio siekia daugiau kaip 99%.
5. Technologinio proceso metu vanduo bus naudojamas cirkuliaciniu režimu. Technologinio proceso metu susidaręs kondensatas bus surenkamas drenažo sistema ir laikomas kondensato rezervuare. Šis kondensatas bus pakartotinai naudojamas technologiniuose procesuose. Demineralizuoto vandens paruošimas yra brangus, todėl racionaliausia vandenį naudoti pakartotinai.
6. Atlikus suprojektuotos sistemos ekonominį vertinimą apskaičiuota, kad paruošti 1 m³ technologinio vandens kainuos 1,2 Eur.
7. Įvertinus suprojektuotą vandens gerinimo sistemą pagal darnaus vystymosi principus galima teigti, kad projektas atitinka darnaus vystymosi kriterijus.

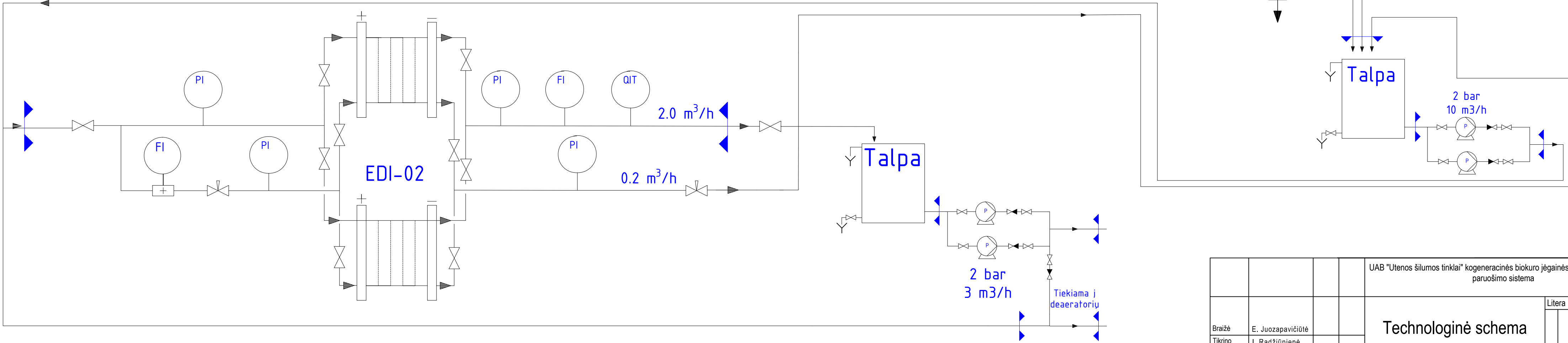
Literatūra

1. Prieiga internetu peržiūrėta 2015 balandžio 15d.: <http://www.kokybiskasvanduo.lt/geriamojo-vandens-ruosimo-technologijos/>;
2. Prieiga internetu: <http://www.arionex.eu/index.php?gr=28>; Peržiūrėta 2015.04.12
3. J. Wang, S. Wang, M. Jin, A study of the electrodeionization process high-purity water production with a RO/EDI system, Desalination 132 (2000)
4. Prieiga internetu: http://lsta.lt/files/studijos/2007/9_Termo_vandens_paruosimas.pdf; Peržiūrėta 2015.04.15
5. Prieiga internetu :<http://vandensfiltrai.com/wsd-minkstinimo-filtrai/>; Peržiūrėta 2015.04.30
6. Prieiga internetu: <http://www.ust.lt/Veikla.htm>; Peržiūrėta 2015.05.01
7. Poveikio visuomenės sveikatai vertinimo metodiniai nurodymai. 2004 07 01 LR sveikatos ministro įsakymas Nr. V-491
8. Prieiga internetu: http://www.hidrogeol.lt/vandens_filtrai.html; Peržiūrėta 2015.03.12
9. Prieiga internetu: <http://ims.mii.lt/ims/%C5%BEodynai/term/c/colis.html>; Peržiūrėta 2015.03.18
10. Prieiga internetu: <http://www.agapewater.com/wp-content/uploads/2014/08/IWC-01-Comparison-of-Continuous-Electrodeionization-Technologies.pdf>; Peržiūrėta 2015.03.19
11. Lietuvos respublikos mokesčio už valstybinius gamtos išteklius įstatymas. 1991 m. kovo 21 d. Nr. I-1163 Vilnius
12. Prieiga internetu:
http://www.fortum.com/countries/lt/SiteCollectionDocuments/Investicijos/Kaunas/PAV%20ataskaita/PAV%20ataskaita_2013-11-13.pdf; Peržiūrėta 2015.05.12
13. A. Sakalauskas, V. Šulga, J. Jankauskas VANDENTIEKA Vandens Ruošimas. Vilnius „Technika“ 2008m.
14. T. A. Davis, Electrically regenerated ion exchange system, US Patent: 4,032,452, June 1977.
15. Druskos rūgšties kaina peržiūrėta 2015 gegužės 23 dieną adresu:
<https://www.avantormaterials.com/commerce/product.aspx?id=4294974207>
G.C. Ganzi, J.H. Wood, C.S. Griffin, Water purification and recycling using the CDI process, Environ. Prog. (1992)
16. Geriamo vandens tarifas žiūrėta 2015 gegužės 18 dieną adresu
[http://www.ust.lt/2014%20Termofikacinis%20vanduo%20\(1\).pdf](http://www.ust.lt/2014%20Termofikacinis%20vanduo%20(1).pdf)
17. Lietuvos respublikos mokesčio už valstybinius gamtos išteklius įstatymas. 1991 m. kovo 21 d. Nr. I-1163 Vilnius

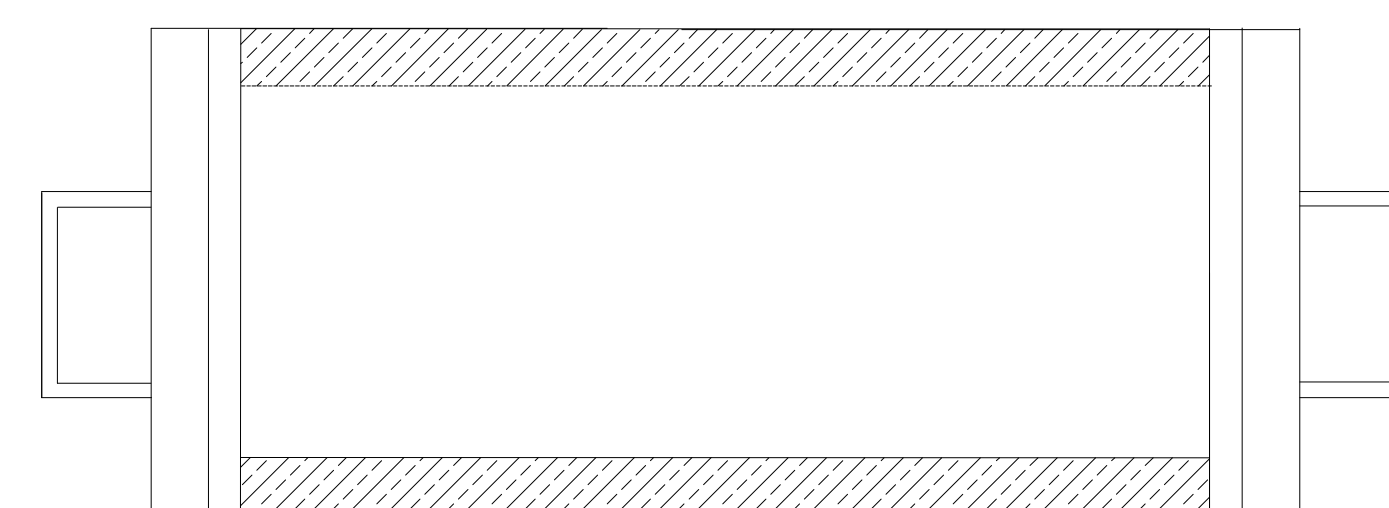
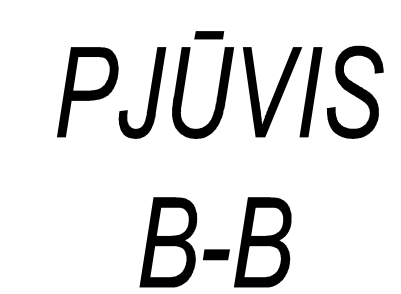
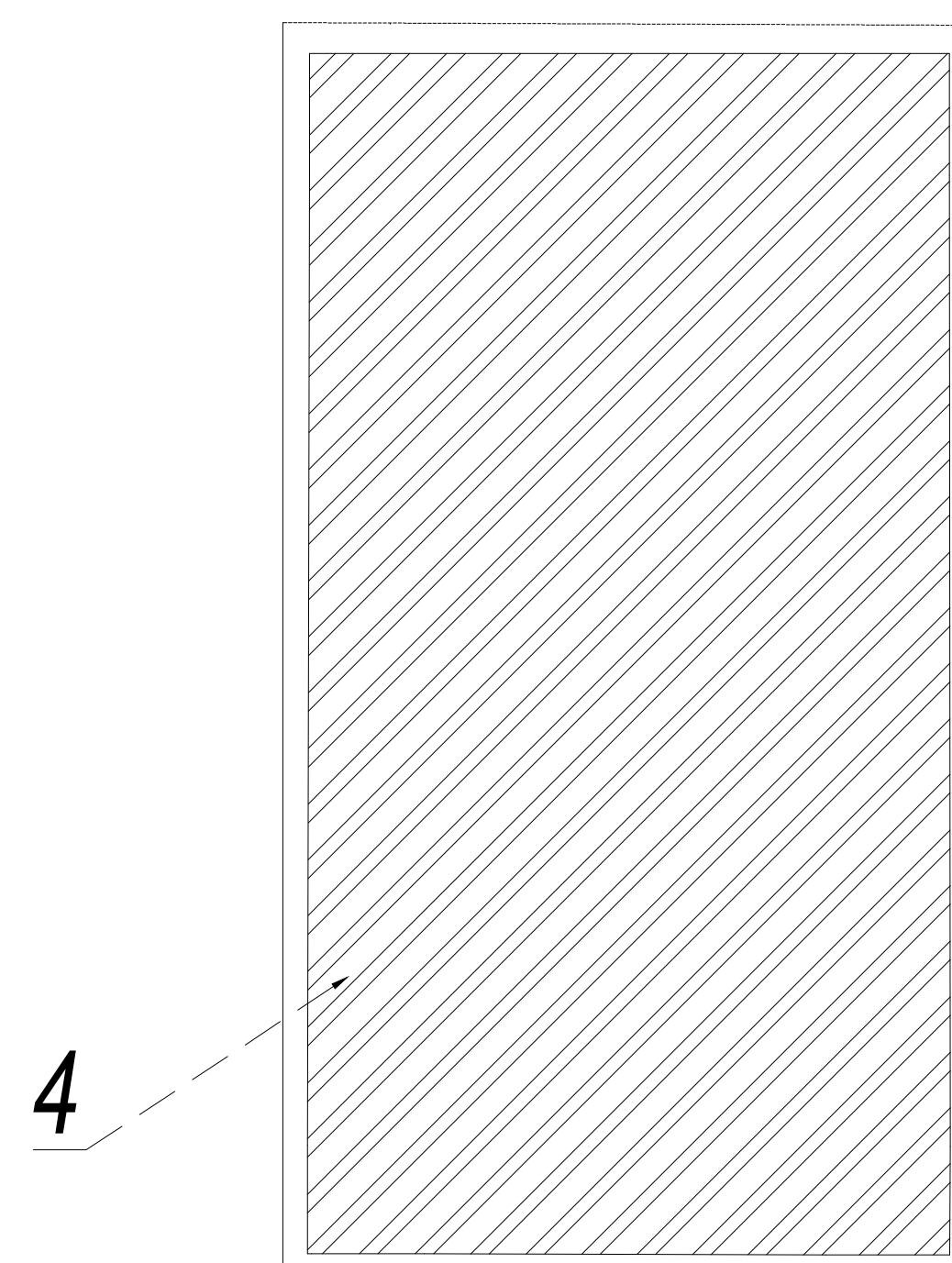
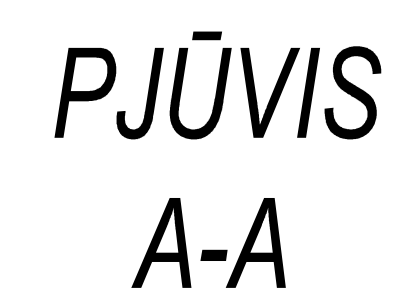
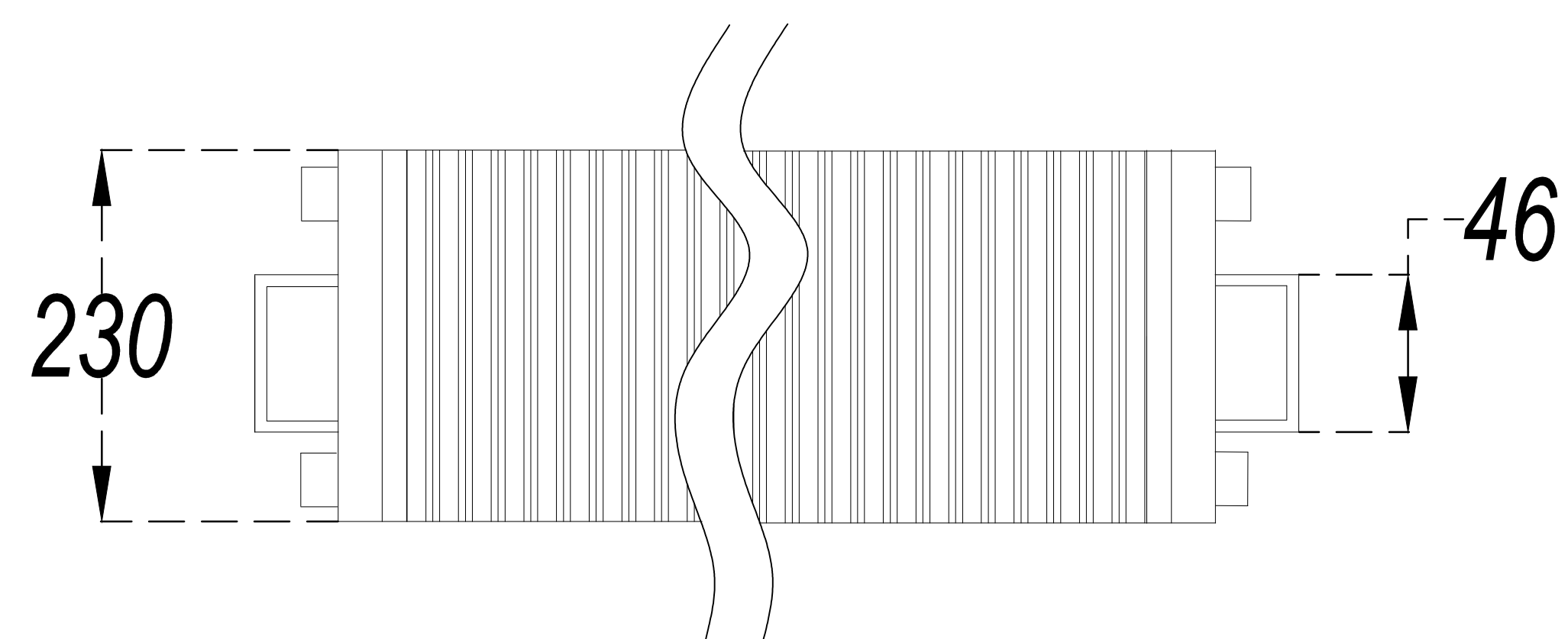
18. A.S. Kurup, T. Ho, J.A. Hestekin, Simulation and optimal design of electrodeionization process: separation of multicomponent electrolyte solution (2009).



Skaičius	Pavadinimas
1	Membranų lapai
2	Anga nudruskintam vandeniui tekėti
3	Korpusas
4	Membrana BW30-440i
5	Vandens įtekėjimo anga
6	Vandens išstūmimo anga
7	Koncentrato ištekėjimo anga
8	Nudruskinto vandens ištekėjimo anga
9	Anodas
10	Katodas
11	Elektrodejonizacijos modulis
12	Anga nudruskintam vandeniui tekėti



				UAB "Utenos šilumos tinklai" kogeneracinės biokuro jėgainės technologinio vandens paruošimo sistema	Litera	Masė	Mastelis
Braižė	E. Juozapavičiūtė			Technologinė schema			1:16
Tikrino	I. Radžiūnienė				Lapas1	Lapų 1	
Recenzentas	M. Tichonovas						
Prėmė	I. Radžiūnienė						



1	Membranų lapai
2	Korpusas
3	Vandens įtekėjimo anga
4	Koncentrato ištekėjimo anga
5	Vandens išstūmimo anga
6	Nudruskinto vandens ištekėjimo anga
7	Katodas
8	Anodas
9	Anijonams laidī membrana
10	Katijonams laidī membrana
11	Švaraus vandens skyrius

[illegible]