



Hanna-Leena González

Suljettu vesikiertojärjestelmä Suomen Urheiluopiston jäähallin jäähöitoon

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

14.5.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Hanna-Leena González
Otsikko:	Suljettu vesikiertojärjestelmä Suomen Urheiluopiston jäähallin jäänhoitoon
Sivumäärä:	30 sivua
Aika:	14.5.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:	Kiinteistöjohtaminen
Ohjaajat:	Osaamisaluepäällikkö Jorma Säteri Liikuntapaikkainstituutin johtaja Manu Varho Johtajava asiantuntija Heimo Leppänen

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tarkastella toteutustapaa jäähallin suljetun vesikierron järjestelmäksi jääntekoon.

Työssä perustellaan eri järjestelmän osien tarpeellisuutta ja valintaa. Työ keskittyy sekä veden puhtausominaisuuksiin, mutta myös veden ominaisuuksien vaikutukseen jäänteossa sekä jään käytössä. Opinnäytetyön laadinnan aikaan oli Vierumäen Urheiluopistolla meneillään energiaremonttisuunnittelu ja siksi se valikoitui case-kohteeksi.

Olennainen päämäärä suljetun vesikierron järjestelmän toteutukselle on vesijohtoveden käytön tarve. Samalla pystytään myös vaikuttamaan siihen, että jääntekoon saadaan mahdollisimman ideaalit ominaisuudet omaavaa vettä. Hankittavan vesimäärän pienenemisellä saavutetaan kustannussäästöjä ja sitä kautta laskettiin myös takaisinmaksuaikaa järjestelmälle.

Avainsanat: jäähalli, jäänteko, jäänlaatu, veden ominaisuudet, veden puhdistus, suljettu vedenkiertojärjestelmä, energiansäästö

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Hanna-Leena González
Title: Closed Loop Water Recycle System for Icemaking in Vierumäki Sport Institute of Finland
Number of Pages: 30 pages
Date: 14 May 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Professional Major: Real Estate Management
Supervisors: Jorma Säteri, Head of Department
Manu Varho, Manager of Sport Facility Institute
Heimo Leppänen, Head Specialist

The purpose of this thesis was to find alternatives for closed loop water recycling system for icemaking in order to reduce the use of tap water but still maintain the quality of the water. The thesis aimed at justifying the necessity and selection of various parts of the system. The final year project focused not only on the purity of water, but also on the effect of the properties of water on ice making and ice use.

The project resulted in a presentation of all essential parts of the system with description on the effects of each part effects on the quality of the water. The reduction in the water use in the system results in cost savings, which also makes the repayment period for the system shorter.

Keywords: ice rink, ice making, quality of ice, water purification, closed loop water recycling system, energy saving

Sisällys

Esipuhe

1	Johdanto	1
2	Insinööriyön toteutus	2
3	Lähtötilanne ja tavoitteet Vierumäen jäähallissa	3
3.1	Jään tekeminen ja hoito	3
3.2	Nykyisen jäänteossa käytettävän vesijärjestelmän toiminta	4
3.3	Muutosajatukset, jotka johtivat muutostarpeeseen	5
3.4	Tavoitteet	5
4	Veden ominaisuudet ja vaikutukset jään laatuun	6
4.1	Lämpötila	6
4.2	Veden laatu ja epäpuhtaudet	7
5	Vedenkäsittely	8
5.1	Veden peruskäsittely	9
5.1.1	Suodattaminen	9
5.1.2	Lämmitys	11
5.1.3	Kierrätyspumppaus	12
5.1.4	Saostus	12
5.2	Veden tehostus- ja lisäkäsittely	12
5.2.1	Aktiivihiiisuodatus	12
5.2.2	UV-käsittely	13
5.2.3	Otsonointi	13
5.2.4	Kalvosuodatus	13
5.2.5	Vedenpehmennin	14
5.3	Kemikaalien käyttö	14
6	Ehdotus case-kohteen ratkaisuksi	15
6.1	Suljetun vesikiertojärjestelmän toiminta	15
6.2	Suljetun vesikiertojärjestelmän osat	16
6.2.1	Lämmönsiirtimet	16
6.2.2	Pumput	17

6.2.3	Vesisäiliöt	17
6.2.4	Karkeasuodatin	17
6.2.5	Monikerrossuodatin	18
6.2.6	UV-suodatin	19
6.2.7	Kalvosuodatus	20
6.2.8	Vedenpehmennin (optio)	20
6.3	Järjestelmän ulkopuolelta otettava vesi	21
6.4	Poikkeustilanteet	21
6.5	Järjestelmän toteutus	22
6.6	Järjestelmäkuvaus	22
7	Omavalvonta	22
8	Järjestelmänmuutoksen hyödyt case-kohteessa	24
9	Takaisinmaksuaika ja energiatuki	25
10	Jatkokehitys	27
11	Päätelmät ja pohdinta	28
	Lähteet	1

Esipuhe

Haluan kiittää kaikkia yhteistyökumppaneita, joiden kanssa olemme aiheen tiimoilta keskustelleet, pohtineet mahdollisuuksia ja ratkaisuja, uskoneet asian toteutukseen ja sparranneet projektia eteenpäin jne. On ollut enemmän kuin ilo huomata laaja innostus liikuntapaikkojen kehittämiseen.

Suuret kiitokset kuuluvat idean ”isälle”, Vierumäen omalle pojalle, Manu Varholle, jonka villi visio työstyy nyt lopulta todeksi ja jolta olen jään sekä jäänteon salaisuudet saanut oppia. Kiitos Suomen Urheiluopistolle ennakkoluulottomuudesta uutta tekniikkaa kohtaan sekä erityinen hatunnosto kiinnostuksesta uusien energiansäästöratkaisujen etsimiseen. Kiitokset kuuluvat myös Timo Erkkilälle erinomaisesta pohjatyöstä, ensimmäisen järjestelmäversion hahmottelusta sekä monipuolisesta vedenkäsittelyopista niin opintoihin kuin järjestelmän toteutukseen liittyen.

Erinomaisen suuret kiitokset myös omalle työnantajalleni Granlund Oy:lle, joka uskoi aiheeseen ja antoi mahdollisuuden viedä asiaa eteenpäin ja osaksi yhteistyöhanketta. Granlund Oy:n asiantuntijoiden ja yhteistyökumppaneiden avulla oli myös mahdollista saada kerättyä projektin kannalta olennaista tietoa ja oppia uutta jäähalleihin sekä vedenkäsittelyyn liittyen. Erityiset kiitokset Granlund Oy:n Heimo Leppäselle jäähallihankkeiden ja -tekniikan asiantuntijuudesta. Yhteistyökumppaneista ESaaS Oy:n Janne Mäntysen panos projektin etenemiseksi ja usko uusien ratkaisujen toteuttamiseen on puolestaan ollut ratkaiseva tekijä toteutuksen kannalta. Kiitokset kuuluvat myös Kaiko Oy:n Riku Kavenille ja Karri Kalvakselle vedenpuhdistuksen asiantuntijuudesta.

1 Johdanto

Suomen Urheiluopisto Vierumäellä on perinteikäs toimija suomalaisella urheilu- ja liikuntasektorilla. Alueen infra on rakentunut vuosien saatossa monipuoliseksi ja tarjoaa palveluita niin kuntoilijalle kuin huippu-urheilijallekin. Jääurheiluun on jäähallissa kaksi jäätä, joita käytetään niin taitoluisteluun, jääkiekkoon kuin curlingiinkin. Vierumäki ja erityisesti Liikuntapaikkainstituutin johtaja Manu Varho ovat nousseet Suomessa ja myös kansainvälisestikin arvostetuiksi jäähallien jään ja jäähoidon asiantuntijoiksi.

Insinööriyön aihe nousi esiin talotekniikan insinööriopintojen kanssa samanaikaisesti Suomen Urheiluopistolla Vierumäellä suorittamani liikuntapaikka-alan ammattitutkinnon opinnoissa. Jäähallierikoistumisen aikana Manu Varho mainitsi erilaiset jäähallin talotekniikkaan liittyvät kehittämisajatukset. Esitetyistä ajatuksista kiehtoi ensisijaisesti jäähoidossa käytettävän veden suljettu kierrättämis- ja puhdistamisjärjestelmä. Koska Suomessa ei kyseistä järjestelmää ollut toteutettu vielä ja Vierumäki olisi oivallinen paikka mallikohteeksi, päätimme nostaa järjestelmän myös insinööriopintojeni opinnäytetyön aiheeksi.

Insinööriyön tavoitteena oli alun perin koota yhteen tietoa jäähoidossa käytettävän veden suljetusta kierrättämis- ja puhdistamisjärjestelmästä ja toteutuksesta rahoitushakua varten. Insinööriyön teon aikana alkoi kuitenkin Suomen Urheiluopiston alueen energiatehokkuutta parantava hanke edetä ja yhdeksi yhteistyökumppaniksi valikoitui työnantajani Granlund Oy. Yhteistyön myötä jäähoidon suljettu vesikiertojärjestelmä saatiin esiteltävä virallisesti yhtenä konkreettisenä energiatehokkuushankkeen varten toteutettavana toimintona ja lopulta hyväksyttyä mukaan yhdeksi energiatehokkuustoimenpiteenä. Täten myös lopputyön sisällön merkitys muuttui, ja järjestelmään tarvittavien toimintojen perusteleminen sekä energiatehokkuuden esiin nostaminen korostuivat entisestään.

Tämä insinööriyö sisältää perusidean perusteluineen jäähoidossa käytettävän veden suljetuksi kierrättämis- ja puhdistamisjärjestelmäksi. Järjestelmän

tarkoituksena on huomioida niin energiansäästön tavoitteet kuin jäättekoon ja -laatuun vaikuttavat vedenominaisuudet.

2 Insinööriyön toteutus

Tämän insinööriyön tavoitteena on esitellä ehdotus jäähallin suljetun vesikierron järjestelmäksi. Jotta kokonaisuudesta tulisi mahdollisimman monipuolisesti asiat huomioonottava, oli olennaista aluksi selvittää jäähallin jään laatuvaatimukset, veden laadun vaikutukset jäähän sekä energiansäästön mahdollisuudet. Energiansäästön tarkastelu rajattiin tarkoituksella tarkasti vain veteen sekä veden lämmitykseen liittyväksi. Vaikka jäähallin ilmanvaihdolla ja valaistuksella sekä kylmäkoneistolla on myös suuri merkitys hallien energiankulutukseen sekä jään laatuun, on ne tässä työssä rajattu tarkoituksella käsittelyn ulkopuolelle. Tästä lähtökohdasta lähdettiin selvittämään, miten käytössä oleva vesi saataisiin mahdollisimman kustannustehokkaasti käsiteltyä uudelleenkäytettäväksi jäättekoon.

Vuoden 2019 alusta alkaen on suljettu vesijärjestelmä Suomen Urheiluopiston jäähalliin jäänhoitoon ollut tavalla tai toisella työn alla. Tiedonkeruu nykyisistä olosuhteista ja toiminnoista on alkanut jo tammikuussa 2019 ja tapahtunut paikan päällä niin henkilökohtaisella tutustumisella kuin henkilöhaastatteluillakin. Perehtyminen jään ja veden ominaisuuksiin sekä jäätteen käytännön toteutukseen on tapahtunut Vierumäellä liikuntapaikkojenhoidon ammattitutkinnon tiimoilta.

Suomen Jääkiekkoliiton järjestelmillä Jäähallipäivillä esiteltiin keväällä 2019 Ruotsissa toteutetun suljetun vesikiertojärjestelmän etuja, mutta varsinaiset yksityiskohdat Ruotsissa olevan kohteen toteutuksesta perusteluineen jäivät kuitenkin uupumaan. Suomessa ei mallikohteita ole toistaiseksi olemassa.

Insinööriyötä varten selvitettiin alan asiantuntijoilta myös terveydellisiä näkökohtia koskevat vaatimukset. Uimahallin vedenkäsittelyä koskevat laatuvaatimukset toimivat hyvänä raamina jäähallin vedenkäsittelyä ajatellen, vaikka

suuria eroavaisuuksia toiminnassa onkin. Selkeää näkökulmaa ei edes haastatelluilla asiantuntijoilla ollut, koska jäähallien vedenlaatua ei ole sisäkiertoisuuteen liittyen tutkittu. Ei myöskään ollut olemassa tutkimusta siitä mitä jää todellisuudessa pitää sisällään. Tästä syystä osa lopullisista päätelmistä perustuukin niin sanottuihin parhaimpiin arvauksiin ja todennäköisyyksiin.

Insinööriytyö koostuu siten eri osa-alueiden tiedonkeruusta, kuin palapelistä. Kun taustatyö eli ymmärrys vallitsevasta tilanteesta sekä jäähoidon vaatimukset veden liittyen olivat hallussa, oli mahdollista alkaa selvittää millaisista komponenteista sisäkiertoisen vesijärjestelmän tulisi koostua.

Lopullista aikataulua ja sisältöä määritti myös Suomen Urheiluopiston energiatehokkuuden parantamishankkeen eteneminen. Lopullinen kirjallinen työ sekä järjestelmäpiirros tuli olla hankkeen suunnittelua varten valmiina juhannukseen 2020 mennessä.

Asiantuntijoina on kuultu luennoilla ja haastatteluissa useita alan pitkän linjan ammattilaisia. Vedenkäsittelyssä asiantuntijoina on haastateltu Kaiko Oy:n Riku Kavenia ja Karri Kalvasta. Järjestelmäkuvauksen on valittuna esimerkinomaisesti laitteistoja heidän valikoimistaan. Jäähallin suljetun vesijärjestelmän pohjana on ollut Timo Erkkilän Vierumäen Urheiluopistolle tekemä hahmotelma sekä Heimo Leppäsen tekemä järjestelmäkuvauksen Venäjän jäähallihankkeen vedenpuhdistuksesta.

Vierumäen energiatehokkuuden parannushankkeeseen liittyen on tehty alustavat kustannus- ja takaisinmaksuajanlaskelmat, mutta niitä ei ole tarkoitus esitellä tässä insinööriytyössä.

3 Lähtötilanne ja tavoitteet Vierumäen jäähallissa

3.1 Jään tekeminen ja hoito

Vierumäen jäähallissa on kaksi jäätä, jotka ovat käytössä ympäri vuoden. Mikäli jää poistetaan, tapahtuu uuden jään alkujäädytys aluksi muun muassa

letkuttamalla eli vesiletkusta vettä levittämällä ja jäänhoitokoneen avulla. Valmistusta jäätä hoidettaessa jäänhoitokoneella höylätään olemassa olevan jään pinta, pestään epäpuhtauksia pinnasta ja koloista pois sekä levitetään uutta vettä jäälle. (Varho 2019.)

Kerrallaan jäätä höylätään pinnasta keskimäärin noin 0,2-0,4 mm, riippuen höylästarpeesta. Vierumäen kokoisessa 30 m x 60 m:n kokoisessa jääalueessa tarkoittaa 0,3 mm:n höyläyssyvyys yhteensä 0,54 m³:a eli 549 litraa vettä. Höylätty jää, niin sanottu lumisohjo, päätyy jäänhoitokoneen lumisäiliöön. Jäänhoitokoneen vesitankki täytetään vesijohtoverkoston vedellä, mahdollisimman lämpimällä. Tavoitteena on, että jäälle levitetty vesi olisi levitettäessä noin +40 °C. Levitetyn veden lämpötilalla on vaikutusta jään laatuun, sen tasaisuuteen ja kovuuteen. (Varho 2019.)

Vierumäellä jäänkäyttövuorojen välissä tehdyssä ajossa levitetään vettä arvion mukaan keskimäärin noin 600 litraa, tosin jopa liki 700 litraa. Vettä käytetään jään tekoon, laitteiden ja tilojen huuhteluun sekä niin sanottuna jään pesuvedenä. Veden määrää ei voi kuitenkaan tarkkaan määrittellä, koska jäänhoitokoneiden vesitankissa ei ole mittarointia. (Lehtinen 2019.)

3.2 Nykyisen jäänteossa käytettävän vesijärjestelmän toiminta

Jäähallin vesijohtoverkostosta otetaan lauhdelämmöllä lämmitetty vesi jäänhoitokoneen tankkiin. Jäältä höylätty lumisohjo kaadetaan jäänhoitokoneen säiliöstä sulatusaltaaseen, johon tulee vesijohtoverkostosta lämmintä vettä nopeuttamaan sulamista. Sulanut vesimassa ohjataan putkistoa pitkin viemäriin tai ojaan. Myös jäänhoitokoneesta jäädytyksestä tankkiin ylijäänyt jäädytysvesi tyhjennetään sulatuskaivoon. Toisinaan höylätty lumisohjo voidaan myös tyhjentää jäänhoitokoneen säiliöstä ulos jäähallin piha-alueelle. (Varho 2019.)

3.3 Muutosajatukset, jotka johtivat muutostarpeeseen

Suomen Urheiluopisto Vierumäellä on maan johtava liikuntapaikkojenhoidon koulutus koulutettujen määrässä mitattuna. Eikä vastaavan laajuisia liikuntaolosuhteiden ammatillisia koulutuksia löydy ulkomailta lainkaan. Vierumäellä on tarmoa uudistaa alaa, ja siitä uusimpana esimerkkinä on muun muassa kehitysprojekti jään liukkauden testaamiseksi. Liikuntapaikkainstituutin johtaja Manu Varho on vuosien ajan perehtynyt jään ominaisuuksiin ja jäänteon erityispiirteisiin. Hän on ulkomaisissa jäähalleissa vieraillessaan tutustunut ajatukseen jäänhoidossa käytettävän veden kierrättämisestä ja alkanut ideoida sellaista järjestelmää myös Vierumäen jäähalliin. Uusien toimintojen edelläkävijyyys mahdollistaisi myös järjestelmän esimerkkikohteena olemisen Suomessa. (Varho 2019.)

Suomen Urheiluopistolla on myös ollut tarvetta tarkastella alueen toimintoja energian-säästönäkökohtien ja peruskorjauksien kannalta. Se tarkoittaisi jäähallissa myös muita toimenpiteitä, joiden yhteydessä olisi luonnollista toteuttaa sisäkiertoinen vesijärjestelmä. Jäähallin vedenkulutuksesta puuttuvat muun muassa alamittaroinnit kokonaan, joten vedenkulutuksen toimintokohtainen seuranta on ollut hankalaa, eikä sitä ole erityisemmin pyritty säästämään. Vedestä on maksettu sopimuksen mukaista vesimaksua kuutiohinnalla käytön mukaan. (Varho 2019; Lehtinen 2019)

3.4 Tavoitteet

Tavoitteena on suunnitella Vierumäen jäähalliin uusi vettä säästävä järjestelmä, hyödyntäen olemassa olevaa tekniikkaa ja tiloja. Järjestelmän avulla on pyrkimys vähentää huomattavasti jäänhoidossa käytettävän vesijohtoveden kulu- tusta eli vesijohtoverkostosta otettavan veden määrää ja sitä kautta pienentää myös kustannuksia. Lauhdelämpö otettaisiin yhä laajempaan hyödynnykseen ja jäädytysveden lämmityksen lisäksi sulatettaisiin sen avulla myös lumisohjo (Leppänen 2019).

Tavoitteena on myös vaikuttaa muuhunkin energiankulutukseen pienentävästi. Vähentämällä höylätyn lumen ajoa ulos hallista vähennetään myös sisään pääsevän raajan ulkoilman vaikutuksia hallin sisäilmaan ja sitä kautta vähennetään tarvetta lämmittää, viilentää tai kuivattaa ilmaa. Sisäilmaolosuhteiden pysyessä paremmin vakiona on sillä vaikutusta myös jään laatuun. Jäänhoitokoneen ajo ulos on tarkoittanut aiemmin myös renkaiden mukana tullutta ylimääräistä likaa sekä kuluttanut betonilattian pintaa. Uuden järjestelmän myötä myös jään kunto paranee, kun sinne ei joudu enää samassa määrin epäpuhtauksia. (Varho 2019.)

Järjestelmän käytön avulla tavoitellaan myös vedenlaatuun saatavia muutoksia, joilla on parannusta myös jään laatuun. Vedenkierrätysjärjestelmään sisällytettävän vedensuodatuksen ja -puhdistuksen avulla voidaan vaikuttaa veden koostumukseen. (Varho 2019.)

4 Veden ominaisuudet ja vaikutukset jään laatuun

Suomen Jääkiekkoliitto ry:n johdolla tehty Jäähallien jään laatu -tutkimus avaa monipuolisesti jäähallien jäänlaatuun vaikuttavia tekijöitä, joista yksi merkittävien on jäädytyksessä käytetyn veden ominaisuudet. Vedenlaadun ja ominaisuuksien tarkastelu on oleellista siten myös sisäkiertoista vesijärjestelmää suunniteltaessa, jotta päästään mahdollisimman optimaaliseen lopputulokseen jään laadun suhteen.

4.1 Lämpötila

Veden lämpötilalla tarkoitetaan tässä osiossa vedenjäädymykseen jäänhoitokoneella käytetyn veden lämpötilaa. Veden lämpötila vaikuttaa veden jäätymiseen, jään tasaisuuteen ja jään kovuuteen. Jäädytysveden suositellaan olevan vähintään +40 °C, jolloin veden ominaisuudet ovat ideaaleimmillaan hyvän jään aikaansaamiseksi. Lämpimässä vedessä on vähemmän ilmaa, jolloin jää on tiheämpää ja lämmönjohtavampaa. Veden viskositeetti ja pintajännitys ovat lämpimässä vedessä alhaisempia, joka edesauttaa veden tasaantumista jään

pinnalla. Mikäli vesi ei leviäisi kunnolla jään pinnalle korkean viskositeetin vuoksi, on seurauksena epätasaisuuksia jään pintaan. (Varho 2019; Jäähallien jään laatu -tutkimus 2018.)

4.2 Veden laatu ja epäpuhtaudet

Vaikka veden laadulla on suuri merkitys jään teossa, ei Suomessa ole siitä huolimatta tehty kuin satunnaisia tutkimuksia jäähallien vesistä. Vesijohtovesi on paljon muutakin kuin vain yhdiste H_2O . Veteen voi liueta epäpuhtauksia, taudinaiheuttajia ja kemiallisia yhdisteitä vesijohtoverkostosta, käyttäjistä sekä suljetua kiertoa käytettäessä myös muista järjestelmän osista. Siinä on Suomessa alueesta riippuen erilaisia pitoisuuksia muun muassa kalsiumia, kloridia, magnesiumia, mangaania ja rautaa. Mikäli rautaa on jäädytysvedessä paljon, vaikuttaa se negatiivisesti jään väriin. Raudan määrän merkitys ei Suomessa kuitenkaan ole jäähallien jään laatuun merkityksellinen. (Leppänen 2019; Jäähallien jään laatu -tutkimus 2018; Penttilä 2019.)

Veden epäpuhtaudet, kuten esimerkiksi kalsiumhydroksidi ja kalsiumkarbonaatti, nousevat jään faasimuutoksessa, jäätyessä, kohti pintaa ja siten päätyvät höyläyksen mukana sulatusaltaaseen. Tämän vuoksi veden jäätyminen toimii jään luonnollisena puhdistusmekanismina. Veden epäpuhtaudet huonontavat jään laatua. Vettä kierrättämällä tarpeeksi, saadaan poistettua kalsiumia ja siten pehmenettyä vettä. (Penttilä 2019; Varho 2019; Jäähallien jään laatu -tutkimus 2018)

Veden laadun jäähallien jään kannalta määrittelee Prorink -ETM -jäätutkimus olevan ihanteellista silloin kun alkaliniteetti on mahdollisimman pieni, lähellä arvoa 10. Ihanteellinen veden TDS-arvo olisi tutkimuksen mukaan 100 ppm. TDS-arvo kertoo veteen liuenneiden suola-, mineraali- ja metalli-ionien määrää. Sähkönjohtavuuden mikrosiemens-arvot olisivat tutkimuksen mukaan ihanteellisia ollessaan välillä 40 - 60. (Penttilä 2019; Opas analyysitulosten tulkintaan 2020.)

Vesijärjestelmissä esiintyvistä taudinaiheuttajamikrobeista on merkittävin legionellabakteeri. Se on syytä mainita veden epäpuhtauksia käsitellessä, vaikkei sillä ole suoraan vaikutusta jään laatuun. Legionellat aiheuttavat keuhkokuumetta sekä infektioita ja ovat siten heikkokuntoisille jopa kuolettavan vaarallisia. Jotta legionellabakteeri pystyy sairastuttamaan, tulee sen päätyä hengitysilman kautta keuhkoihin. Otollisin lämpötila bakteerien leviämiseksi on +22 °C ... +55°C ja vaikkei se pystykään lisääntymään kylmässä vedessä, säilyy se silti edelleen elossa. Jotta legionellabakteeria ei esiintyisi vedessä, kuten allasvesiasetus vaatii, tulisi huolehtia veden lämpiämisestä vähintään +65 °C:n lämpötilaan. (Kusnetsov 2020; Legionellabakteerit vesijärjestelmissä 2019; Allasvesiasetuksen soveltamisohje 2017.)

Jäähallissa erityisesti sulatusaltaan kuolleet kulmat, joissa vesi seisoo, ovat legionellabakteerin kannalta ongelmallisia. Siksi normaalin vedenkäsittelyn lisäksi on olennaista huolehtia myös järjestelmän eri osien puhtaudesta. Varsinaisesti suurta vaaraa jäähallissa ei legionellabakteerista suljetussa vesikiertojärjestelmässä synny, koska veden ei nestemäisessä muodossa oleteta joutuvan kosketuksiin ihmisten kanssa. Veden ollessa jään muodossa, ei siitä oleteta siirtyvän bakteereita hengitysilmaan. Toki veden pitoisuuksia tulee seurata aktiivisesti, samoin kuin tulee veden tarpeeksi korkeasta lämpötilasta tulee pitää huolta. (Kusnetsov 2020.)

5 Vedenkäsittely

Valviran allasvesiasetus ja sen soveltamisohje antava selkeät vaatimukset uimahallien vedenkäsittelylle ja veden laadulle. Allasvesiasetuksen 7§, 2mom. määrää selkeästi, ettei allasveteen saa joutua epäpuhtauksia, jotka aiheuttavat terveyshaittaa käyttäjille. Vaikka jäänteossa käytettävän veden ei tarvitse täyttää kyseisiä vaatimuksia, tulee sitä kuitenkin käsitellä. Allasvesiasetuksen pohjalta voi kuitenkin tehdä joitakin johtopäätöksiä jäähallien vedenkäsittelyyn ja erityisesti suljettua vesijärjestelmän vedenkäsittelyyn liittyen. Myös jäähalleissa tilojen huolellinen ja ammattimainen suunnittelu sekä kunnossapidonaikainen

käyttötarkkailu ja valvonta ovat tärkeitä. (Allasvesiasetuksen soveltamisohje 2017.)

Jäälle joutuu erilaisia epäpuhtauksia jäänkäyttäjistä, kuten sylkeä, hikeä, verta, urheilujuomia jne. Sen lisäksi jäätä voidaan valkaista maalilla, maalata tai nauhoittaa kenttämerkintöjä sekä puhdistaa kaukalon laitoja kemikaaleilla. Jäälle kulkeutuu myös erilaista likaa ja roskaa jäänhoitokoneen renkaiden mukana. Vaikka laidanpuhdistuskemikaalit ovat biohajoavia, vaikuttavat ne huomattavasti jäänlaatuun esimerkiksi estämällä veden tasaisen jäätyminen. Mikäli kyseisiä puhdistus- ja maalauskemikaaleja käytetään, tulee niiden käytön aikana ollut jäänpinta höylätä ja kyseinen lumisohjo poistaa joko viemäriin tai ulos, eikä jättää kuormittamaan puhdistusjärjestelmää.

Vedenkäsittelyssä on uima-allasvesien käsittelyä koskevan RT-kortin mukaan erilaisia vaiheita, eli prosesseja. Ne voidaan jakaa eri pääryhmiin, joita ovat peruskäsittely, tehostus- tai lisäkäsittely sekä kemikaalien annostelu. (Uima-allasvesien käsittely 2019)

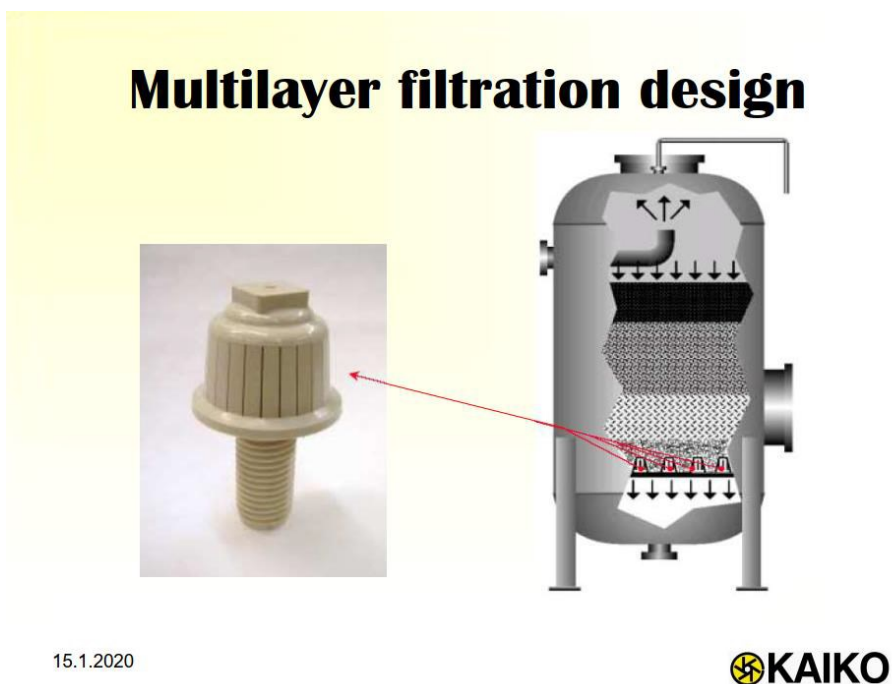
5.1 Veden peruskäsittely

Peruskäsittelyyn kuuluu uima-allasvesien käsittelyssä suodatus, lämmitys, kierätyspumppaus ja saostus (Uima-allasvesien käsittely 2019.).

5.1.1 Suodattaminen

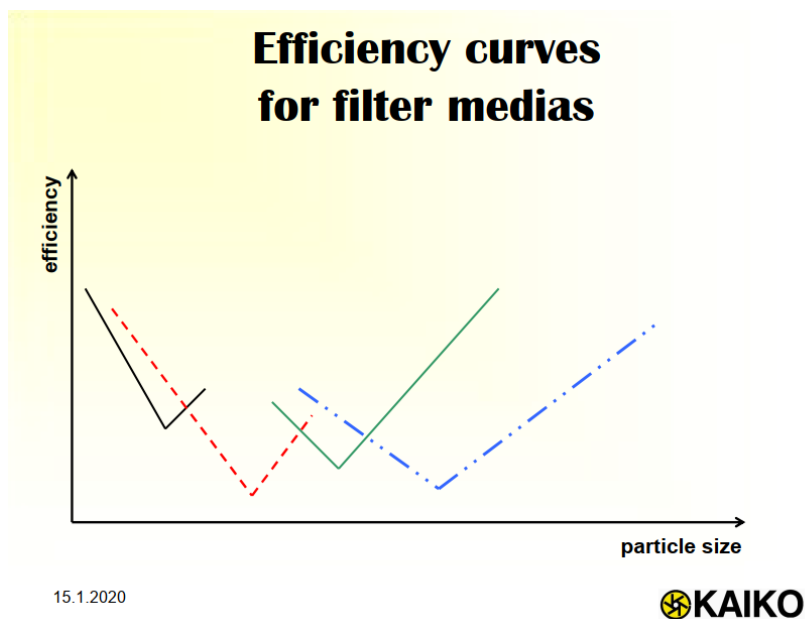
Karkeasuodatin sijoitetaan järjestelmän alkupäähän, johon käytetty vesi ensimmäisenä johdetaan. Karkeasuodattimen tehtävä on poistaa kaikki isoimmat partikkelit, jotka veteen ovat päätyneet. Karkeasuodatin voi olla integroituna myös pumppuun. (Uima-allas-vesien käsittely 2019.) Karkeasuodatin estää jäähallissa muun muassa hiuksien, kenttämerkintänauhojen ja roskien päätyneen järjestelmän muihin laitteisiin, kuten esimerkiksi pumppuihin.

Hiekka- ja monikerrossuodattimet sisältävät eri karkeusasteisia massoja suodatuskerroksina (kuva 1). Käytettäviä aineita ovat esimerkiksi eri raekokoiset hiekat, lasi, antrasiitti ja aktiivihilli.) Hiekka- ja monikerrossuodatin puhdistetaan huuhtelemalla se vastavirtaan ja poistamalla kerääntynyt lika veden mukana viemäriin. (Uima-allasvesien käsittely 2019.)



Kuva 1 Monikerrossuodattimen poikkileikkaus (Kaven 2020).

Eri materiaaleja ja karkeuksia olevat suodatuskerrokset tehoavat eri epäpuh-
tauksiin kuvan 2 osoittamalla tavalla. Mitä useampia kerroksia erikokoisilla kar-
keuksilla suodattimessa on, sitä paremmin se poistaa vedestä erikokoiset par-
tikelit. (Kaven 2020.)



Kuva 2 Eri suodatinkerrosten teho erikokoisiin partikkeleihin (Kaven 2020).

5.1.2 Lämmitys

Uimahallissa veden lämmittäminen on oleellista käyttömukavuuden vuoksi. Jäähallissa veden lämmittäminen on tärkeää parhaan mahdollisen jään aikaansaamiseksi, mutta lämmittämisellä on vaikutuksia myös veden laatuun. Vesijohtoverkoston veden lämmittäminen yli +60 °C on erityisen tärkeää legionellabakteerin tuhoamiseksi. Siksi lauhdelämmöllä käyttövettä lämmitettäessä on huolehdittava riittävän korkean lämpötilan saavuttamisesta, ettei legionellabakteereja pääse esiintymään. Legionellabakteerin ohella erilaiset mykobakteerit on torjuttavissa riittävän lämpimän käyttöveden avulla. Uimahallissa legionellabakteeria ei saa asetusten mukaan esiintyä lainkaan uimavedessä, mutta vastaavia raja-arvoja ei ole määritelty jäähallille. Huomionarvoista kuitenkin on, että lähtökohtaisesti jäähoidon vettä kierrätettäessä suljetussa järjestelmässä, ei vettä tulisi lainkaan kulkeutua ihmisten elimistöön, kuten uimahallissa. (Allasvesiasetuksen soveltamisohje 2017; Kusnetsov 2020; Varho 2019.)

5.1.3 Kierrätyspumppaus

Kierrätyspumppujen avulla pidetään järjestelmän vesi kiertämässä. Kierron aikana se kulkeutuu uudestaan erilaisten puhdistusjärjestelmien läpi, ennen kuin vesi päätyy uudelleen käyttöön tai varastointisäiliöön. Vesi voidaan pumpata myös ulos järjestelmästä, viemäriin.

5.1.4 Saostus

Saostuksen ideana on poistaa vedestä aineita, jotka eivät suodattimeen muutoin jäisi. Saostusaine muodostaa yhdessä poistettavan aineen kanssa suurempia hiukkasia, flokkeja, jotka jäävät suodatukseen. Saostuksella poistetaan orgaanisia ja kolloideja aineita. Saostuneet aineet poistetaan suodattimesta vastavirtahuuhtelulla. (Uima-allasvesien käsittely 2019.) Jäähallissa saostukselle ei ole samanlaista tarvetta, koska veteen ei joudu uimahallin tavoin erilaisia mikroorganismeja.

5.2 Veden tehostus- ja lisäkäsittely

Veden riittävän puhtaustason saavuttaminen ei ole yleensä mahdollista pelkillä peruskäsittelyn toimenpiteillä ja siitä syystä tarvitaan tehokkaampia keinoja. Sellaisia ovat muun muassa aktiivihiilisuodatus, aktiivihiilijauheen käyttö, UV-käsittely, otsonointi ja kalvosuodatus. (Uima-allasvesien käsittely 2019.)

5.2.1 Aktiivihiilisuodatus

Aktiivihiilisuodattimen hiiliin imeytetään orgaanista likaa. Aktiivihiilen avulla voidaan vähentää uimaveteen tarvittavan kloorin määrää. (Uima-allasvesien käsittely 2019.)

5.2.2 UV-käsittely

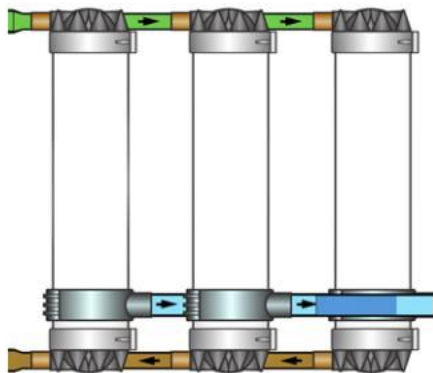
UV-laitteissa on keskipainelamppu, jonka avulla tuhotaan bakteereita ja viruksia. UV-käsittelyn avulla voidaan tuhota vedestä ihmisistä kulkeutunutta epäpuhtautta kuten muun muassa verta sekä sylkeä ja siten poistaa myös mahdollisten taudinaiheuttajien kiertäminen systeemissä. UV-käsittelyn yhteydessä suositellaan intensiteettimittausta, käyttötuntilaskuria ja tulevan veden virtaamamittausta. (Leppänen 2019; Uima-allasvesien käsittely 2019.)

5.2.3 Otsonointi

Otsoni on myrkyllinen kaasu, mutta myös tehokas desinfiointiaine, joka tuhoaa myös kloorille vastustuskykyisiä mikro-organismeja. Otsonoinnilla pyritään myös hapettamaan vedestä orgaanisia yhdisteitä. Otsonointiin tarvitaan erillinen laitteisto, jonka käyttö on tarkkaan säädeltä. Vedessä oleva otsoni tulee poistaa käyttäen aktiivihiilisuodatusta, vetyperoksidia tai UV-valoa, jottei allasveteen joudu yhtään otsonia. Otsonointilaitteiston lisäksi tulee olla tarvittavat mittaus-, säätö- ja lukitusjärjestelmät sekä otsonihälyttimet. (Uima-allasvesien käsittely 2019.) Otsonointijärjestelmän käyttö ei ole perusteltua jäähallien vesijärjestelmissä.

5.2.4 Kalvosuodatus

Kalvosuodattimien suodatus tapahtuu erikoiskalvojen läpi (kuva 3), ja sillä saadaan vedestä poistettua muun muassa bakteereita ja ilmaa tehokkaasti. Kalvosuodattimella voidaan puhdistaa myös jo käytettyjä muiden suodattimien huuhteluvesiä, jotka muutoin ohjattaisiin viemäriin. Kalvosuodatus on tehokas, mutta kohtuullisen kallis menetelmä ja sen kalvoille aiheuttavat vaurioita yli +30 °C:n lämpöiset vedet. Kalvosuodatuksen jälkeen voi veteen jäädä edelleen hiilidioksidia. (Uima-allasvesien käsittely 2019; Kaven 2020.)



Kuva 3. Kalvosuodatin (Uima-allasvesien käsittely 2019.).

5.2.5 Vedenpehennin

Vedenpehennintä käytetään, mikäli vesi on liian kovaa. Useimmiten Suomessa vesi on pehmeää, toisin kuin esimerkiksi Keski-Euroopassa. Suomessa vedenkovuus on dH 3, kun osassa muuta Eurooppaa ovat lukemat dH 10-20. Kova vesi sisältää enemmän kalsium- ja magnesiumsuoloja, ja niiden poistolla saadaan jäystä tehtyä laadultaan parempaa. (Kaven 2020; Varho 2019.)

5.3 Kemikaalien käyttö

Allasvesiasetuksen 7§, 3 mom. määrittää, että allasvettä voi käsitellä vain sellaisilla kemikaaleilla, joiden käyttö on perusteltua, jotta saadaan asetusten vaatimusten mukainen vedenlaatu. Allasvesiasetus 3§, 2 mom. velvoittaa turvaamaan allasveden laadun ensisijaisesti klooridesinfiointilla. Klooria sekä aktiivihiiltä käytetään uima-altaissa sitomaan veden orgaanisia yhdisteitä. Desinfiointia voidaan tarvittaessa tehostaa muilla eri tehostusmenetelmillä. Yleisimmin käytetyt kloorikemikaalit ovat natriumhypokloriitti ja kalsiumhypokloriitti. Muita käytettyjä kemikaaleja ovat muun muassa natronlipeä, suolahappo, rikkihappo ja natriumbisulfaatti, joiden tehtävänä on veden pH:n säätely. Mikäli levälle on järjestelmässä olemassa otollisia kasvualustoja, tulee levän kasvua ennaltaehkäistä levänestoaineella. (Uima-allasvesien käsittely 2019; Allas-vesiasetuksen soveltamisohje 2017; Erkkilä 2019.) Lähtökohtaisesti kemikaalien käytölle ei jäähallien vesikiertojärjestelmässä ole arkikäytössä tarvetta kuin mahdollisissa

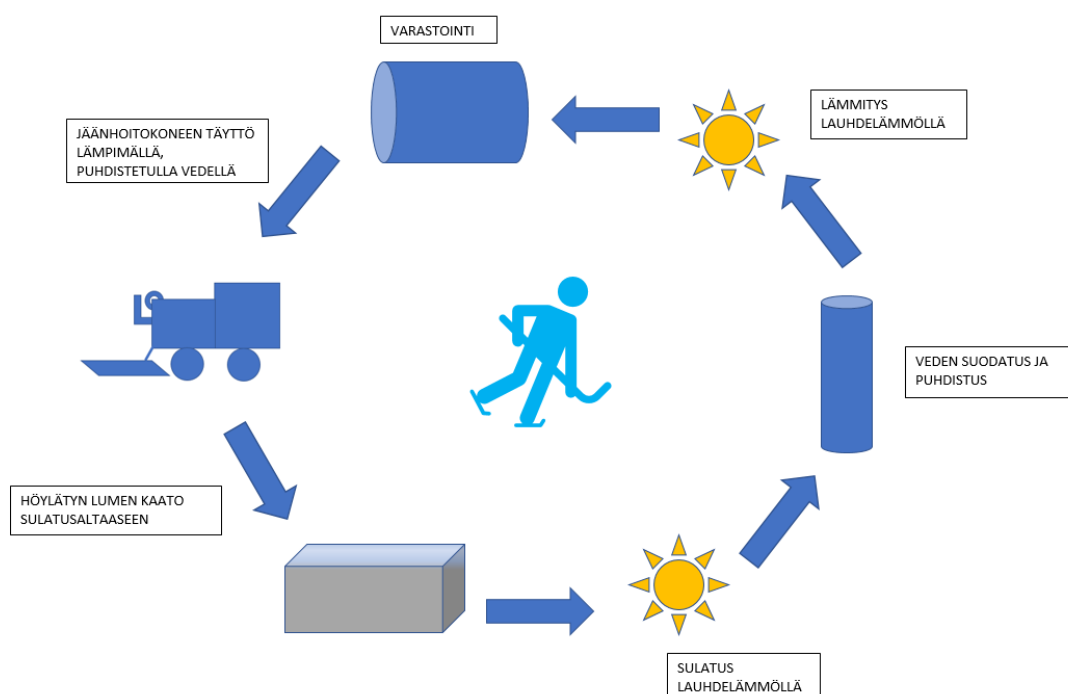
poikkeustilanteissa. Levälle otollisten kasvuolosuhteiden esiintymistä tulee kuitenkin tarkkailla.

6 Ehdotus case-kohteen ratkaisuksi

6.1 Suljetun vesikiertojärjestelmän toiminta

Suljettu vesikiertojärjestelmä on jäähalliin oma vedenkäsittelylaitos, jossa käsitellään jäähoidosta tuleva lumi ja vesi uudelleen käyttökelpoiseksi jääntekoa varten. Tavoitteena on, että vesijohtoverkostosta otettaisiin mahdollisimman vähän vettä ja että vettä tai lunta laitetaan vain harvoissa poikkeustapauksissa viemäriin tai ulos. Yksinkertaisimmillaan järjestelmä on kuvattuna kuvassa 4.

Jäänhoitokoneen höylättyä jään pintaa ja kerättyä koneen säiliöön lumisohjo, se sulatetaan ja karkeasuodatetaan. Vettä suodatetaan ja desinfioidaan sekä lämmitetään ja lopuksi varastoidaan. Varastosäiliöstä otetaan vesi jäänhoitokoneen seuraavaan jäänajoon.



Kuva 4. Järjestelmän peruseriaate yksinkertaistettuna.

6.2 Suljetun vesikiertojärjestelmän osat

Ehdotus järjestelmän kokonaisuudesta on esitetty alla luettelomaisesti. Jokaisesta laitteesta on annettu lisäksi omassa alajaksossaan malliehdotus perustietoiheen.

- karkea-/korisuodatin
- lämmönsiirrin sulatusaltaaseen
- uppopumppu sulatusaltaan tyhjennykseen
- säiliö esikäsitteilyvedelle
- kierrätyspumppu, esilämmitys
- lämpimän veden varastosäiliö
- monikerrossuodatin
- UV-suodatin
- vedenpehmentin (optio)
- lämpimän veden kiertopumppu
- lämmönsiirrin loppulämmitykseen
- lämpimän veden täyttöpumppu jäänhoitokoneelle
- pinnankorkeusanturit säiliöihin ja altaaseen
- vesimittarit

(Erkkilä 2019; Leppänen 2019; Kaven 2020.)

6.2.1 Lämmönsiirtimet

Järjestelmään tarvitaan kaksi lämmönsiirrintä, jotka hyödyntävät alueen lauhde-
lämpöjärjestelmää. Lumisohjo sulatetaan sulatuskaivossa lämmönsiirtimen

avulla suodatusvedenkiertoa varten. Lämmönsiirrin sijoitetaan myös suodattun, jäänhoitoon valmiin, varastoidun täyttöveden kiertoon. Suodatusveden kierrossa käytettävä lämpötila (+25 °C astetta) on alhaisempi kuin varastoidun veden kierrossa oleva, sillä suodattimien toiminnan kannalta voi kuuma vesi olla haitallista. Varastoidun, suodatetun veden lämpötila taas pyritään nostamaan mahdollisimman lämpimäksi, eli vähintään +40 °C, jotta saadaan jääntekoon ideaalilämpöistä vettä. Toisinaan lämpötilaa on kuitenkin syytä nostaa myös yli +60 °C legionellabakteerin estämiseksi. (Kaven 2020; Kusnetsov 2020; Laasonen 2020.)

6.2.2 Pumput

Järjestelmän pumppuja suunnitellessa huomioonotettavia asioita on useita. Sulatusaltaan tyhjennykseen tarvitaan uppopumppu, jolla ohjataan vesi eteenpäin järjestelmään. Kierrätyspumppun avulla pidetään yllä veden kiertoa ja täyttöpumppun avulla täytetään jäänhoitokoneeseen vesi varastosäiliöstä.

6.2.3 Vesisäiliöt

Vedelle tulisi kaksi säiliötä, isompi ja pienempi. Suurempi säiliö on lämpimän käsitellyn veden varastosäiliö ja pienempi esikäsitellyn veden tasaussäiliö. Käsitellyn veden säiliö mitoitettava riittämään kerralla vähintään kahteen jäänajoon. Jäähallin tilat asettavat rajoitteita säiliöiden sijoittamiselle, joten ne sijoitettaisiin mahdollisimman ylös. Siten vesi saataisiin tulemaan sieltä omavoimaisesti alas, kun jäänhoitokoneen vesitankkia täytetään. Jäädytysveden lämpötilan tulee olla +40 °C ... +60 °C. Mikäli säiliöt on varustettu kalvolla, joka estää ilman pääsemisen veteen säilytyksen aikana, vähentyy myös ilman määrä jäässä. (Leppänen 2019.)

6.2.4 Karkeasuodatin

Karkeasuodattimen eli korisuodattimen tehtävänä on poistaa vedestä suurimmat kiintoaineet, kuten esimerkiksi jään merkintöihin käytettävä kreppipaperi,

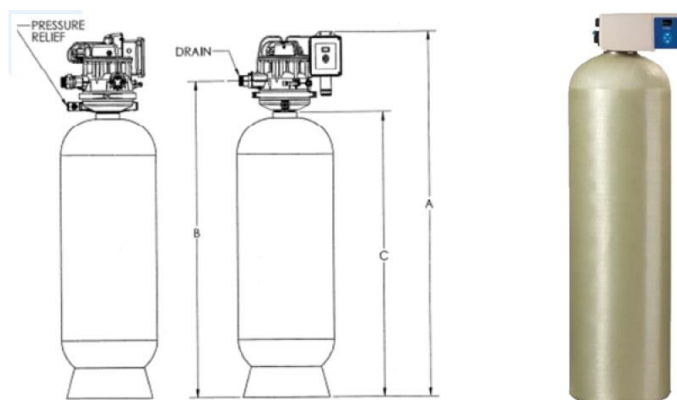
hiukset ja isoimmat roskat ennen muuta vedenkäsittelyä. Mikäli käytetään repivää uppopumppua, ei erillistä suodatinta tarvita. Karkeasuodattimeen jäänyt karkea aines poistetaan säännöllisesti. Suositus valittavaksi korisuodatinmalliksi on Kaikon M72 SIMPLEX (kuva 5) tai vastaava, jonka painehäviö on noin 10 kPa. (Kaven 2020.)



Kuva 5. Korusuodatin (Kaven 2020).

6.2.5 Monikerrossuodatin

Pelkän hiekkasuodattimen sijaan, järjestelmään suositellaan laitettavaksi monikerrossuodatin, jotta vedestä saadaan poistettua erikokoiset partikkelit mahdollisimman hyvin. Eri suodatuskerrosten massojen ja karkeusasteiden yhdistelmää voidaan muuttaa veden ominaisuuksien mukaan, jotta saavutetaan paras mahdollinen suodatustulos. Monikerrossuodattimen vedensuodatuksella saadaan parannettua myös jään väriä. Toisin kuin kalvosuodatin, ei monikerrossuodattimen käytöllä ole varsinaista lämpötilarajaa, kuten ei myöskään vaadittua huuhtelutiheyttä toimintakykyisyyden ylläpitämiseksi. Suositus valittavaksi malliksi on Kaikon CTM UF 24" -malli (kuva 6), tai vastaava, jonka huuhtelu-aika on 10-15 minuuttia, huuhteluvirtaama 10,9 m³/h ja jossa on automaattinen vastavirtahuuhtelu. Huuhtelusykli voidaan ajastaa. (Kaven 2020.)



Kuva 6. Monikerrossuodattimen malli (Kaven 2020).

6.2.6 UV-suodatin

Koska UV-suodattimen avulla voidaan sterilisoida vettä ja siten poistaa erilaisia bakteereita, on sen käyttö suositeltavaa, vaikkei jäähallissa välttämätöntä olekaan. UV-suodatin on pienikokoinen, suhteellisen edullinen ja helppo lisätä järjestelmän osaksi myöhemminkin. Suositus valittavaksi malliksi on Kaikon VR V140 (kuva 7) tai vastaava. Sen virtaama on $8,4 \text{ m}^3/\text{h}$ @ T10 95 %, $300 \text{ J}/\text{m}^2$. UV-suodatin sijoitetaan järjestelmässä monikerrossuodattimen jälkeen. (Kaven 2020; Leppänen 2019.)



Kuva 7. UV-suodattimen malli (Kaven 2020).

6.2.7 Kalvosuodatus

Mikäli vedestä tarvittaisiin saada mahdollisimman lähelle puhdasta H₂O-yhdistettä, olisi kalvosuodatus silloin hyödyllinen. Näin on myös, mikäli vedestä haluttaisiin poistaa ylimääräinen ilma minimiin. Tässä ehdotuksessa ei kalvosuodatusta ole kuitenkaan suositeltu, sillä halvemmilla suodatusvaihtoehdoilla päästään jo tarvittavan hyvään lopputulokseen. (Kaven 2020.)

6.2.8 Vedenpehmennin (optio)

Vedenpehmennin eli ioninvaihdin on optiona, mikä tilaaja sen haluaa järjestelmään sisällyttää. Vedenpehmentimen etuna olisi suolojen poisto, joka parantaisi jään laatua. Se sijoitettaisiin järjestelmässä kierto-osioon, jotta kiertotoimintoa voidaan käyttää niin kutsutun vedenpehmentimen elvytyksen aikana. Mallina voi olla esimerkiksi Kaikon CTM 90 (kuva 8), jossa on huuhteluvirtaama 7 m³/h ja automaattinen huuhtelu. (Kaven 2020.)



Kuva 8. Vedenpehmennin (Kaven 2020).

6.3 Järjestelmän ulkopuolelta otettava vesi

Järjestelmän ulkopuolelta tarvitaan vettä pitämään järjestelmässä olevan veden määrä tarpeeksi suurena, jään teossa sekä hoitamisessa vettä katoaa prosessin aikana aina hieman. Suljetun vesijärjestelmän vesimäärän vajuus korvataan vesijohtoverkostosta otettavalla vedellä. Vettä poistuu järjestelmästä myös muun muassa suodatinten huuhtelussa, jolloin vastavirtahuuhtelussa käytetty vesi poistetaan viemärijärjestelmään, jottei suodattimeen jäänyt lika pääse enää kiertämään järjestelmässä. Mikäli lumisohjoa joudutaan ajamaan ulos epäpuh-
tauksien vuoksi, jää siitä vajuus järjestelmään myös.

Kauden aluksi tehtävä jäädytys tehdään niin sanotulla lötkövedellä eli letkut-
taen. Jotta vettä saadaan tarvittavalla paineella ja tarvittavan suuri määrä, se voidaan ottaa vesijohtoverkostosta. Alkujäädytyksessä käytettävä vesi on jään-
hoitokoneella jäädytettävästä vedestä poiketen kylmää, vesijohtoverkoston kyl-
män veden lämpötilan mukaista. Kun alkujäädytys on tehty letkuttaen muuta-
maan otteeseen, voidaan jään paksuutta lisätä jäänhoitokoneen avulla.

6.4 Poikkeustilanteet

Suljetun vesikiertojärjestelmän käytössä on tilanteita, jolloin poiketaan normaali-
lista veden kierrätyksestä. Mikäli höylätyn lumen mukana olisi jotakin vedenlaa-
tua jäänlaatua heikentävää kemikaalia, esimerkiksi kaukalonlaitojen käyttöön
käytettävää pesuainetta tai muuta vedestä hankalasti poistettavaa ainetta, voi-
tisiin kyseiset lumikuormat edelleen poistaa tyhjentämällä kuorma ulos. Vieru-
mäellä käytettävä kaukalon pesuaine on biologisesti hajoavaa eikä kuormita
luontoa. (Varho 2019.) Vastaavasti suodattimien huuhtelussa käytetty vesi voi-
daan ohjata edelleen viemäriin tarpeen mukaan. Samoin on laita myös esimer-
kiksi jäälle joutuneen veren tai muiden eritteiden kanssa. Tärkeää on siis elimi-
noida ylimääräiset kemikaalit ja taudinaiheuttajat joutumasta järjestelmän kier-
toon. (Kaven 2020.)

Myös mikäli vesikiertojärjestelmä olisi epäkunnossa, veden tarve olisi poikkeuksellisesti suurempi kuin järjestelmä olisi varastosäiliöön ehtinyt kierrättää tai sieltä ei voitaisi epäpuhtauksien vuoksi vettä jäädytykseen ottaa, olisi mahdollista ottaa tarvittava vesi vesijohtoverkostosta.

6.5 Järjestelmän toteutus

Järjestelmän varsinaisen suunnittelun aloittaa kesän 2020 aikana Granlund Oy insinööriyön tietojen pohjalta. Järjestelmän toteutus tapahtuu oletettavasti vuoden 2021 aikana.

6.6 Järjestelmäkuvaus

Jäähallin vedenpuhdistusjärjestelmän suunnittelukaavion pohjana toimi Timo Erkkilän Vierumäen Urheiluopistolle tekemä hahmotelma sekä Heimo Leppäsen kokemus Venäjän jäähallihankkeiden vedenpuhdistuksesta. Vedenkäsittely/kiertojärjestelmän suunnittelussa on peruseriaatteina ollut energiansäästötoimenpiteet sekä vedenlaadun parantaminen jäättekoa ajatellen.

7 Omavalvonta

Allasvesiasetuksen 4§ 1. ja 2. mom. velvoittavat toteuttamaan säännöllistä ja suunnitelmallista veden laadun valvontaa. Omavalvonta on oleellinen toimi, ja siihen kuuluvat tarkkailun lisäksi myös vesinäytteiden otto ja testaaminen. Omavalvonnan toimenpiteet tulee kirjata käyttötarkkailu- ja käyttöpäiväkirjaan. Kyseiset veloitteet ovat sovellettavissa hyvin myös jäähallien suljettuun vesikiertoon, sillä jokaisella asianmukaisesti hoidetulla lii-kuntakiinteistöllä tulisi olisi olla jonkinlainen käyttötarkkailu ja omavalvonta, joiden toimenpiteet ja tulokset kirjataan. Laadunvalvonnalla voidaan huolehtia asiakasturvallisuuden ylläpidon lisäksi myös jään laadun säilymisestä. Käyttötarkkailu mahdollistaa myös poikkeavuuksien ja vikojen mahdollisimman pikaisen toteamisen sekä myös kiinteistön arvon säilymisen ja vähäisemmät korjaustarpeet. (Allasvesiasetuksen soveltamisohje 2017; Erkkilä 2019.)

Laitoksen toiminnasta olennaiset tiedot kirjataan käyttötarkkailupäiväkirjaan. Kirjattavia asioita Allasvesiasetuksen soveltamisohjeen mukaan suljetussa vesikiertojärjestelmässä ovat

- mitatut arvot: veden laatutekijät
- lämpötilat eri kierron vaiheissa
- virtausnopeudet
- veden kokonaismäärä suljetussa kierrossa
- korvausveden määrä
- jäänajojen määrä
- suodattimien huuhtelut
- sulatusaltaan puhdistus
- toimintahäiriöt ja niiden korjaukset

(Allasvesiasetuksen soveltamisohje 2017.)

Sähköinen käyttöpäiväkirja mahdollistaa tietojen tarkastelun myös muistakin toimipisteistä kuin vain kyseisen jäähallin valvomosta. Monipuolisen sähköisen käyttöpäiväkirjan etuina on myös mobiilikäytön helppous, joka mahdollistaa tietojen kirjaamisen reaaliaikaisesti hallitiloissa. Varteenotettavana esimerkkinä monipuolisesta käyttöpäiväkirjasta on Granlund Manager -ylläpitojärjestelmä, joka muotoutuu myös jääallin käyttötarpeisiin.

Häiriötilanteisiin tulee varautua ja poikkeustilanteet tulee kirjata käyttöpäiväkirjaan. Häiriötilanteita varten on syytä laatia ohjeistukset, joista ilmenee vika, vian mahdollinen syy ja korjaustoimenpiteet (taulukko 1).

Taulukko 1. Esimerkkitaulukko häiriötilanteiden selvittämiseen. (Allasvesiasetuksen soveltamisohje 2017.)

Vika	Vian mahdollinen syy	Korjaustoimenpiteet
jäädytysvesi on liian kylmää tai sulatusallas ei sulata lunta tavoitenopeudella	lauhdämmitysverkoston toiminnassa häiriö tai kulutus ylittää tuotetun laudelämmön määrän	ilmoitus huoltoyhtiöön
veden analysointi osoittaa poikkeavia arvoja	suodattimet eivät ole poistaneet vaaditulla tavalla vedestä epäpuhtauksia, sulatusaltaaseen on päässyt syntymään epäpuhtauksia tai viimeinen vesikierto-vesi ei lämpene tarpeeksi lämpimäksi (väh. +55C)	suodattimien huuhtelu, sulatusaltaan pesu, kemikaalien käyttö jne

8 Järjestelmänmuutoksen hyödyt case-kohteessa

Järjestelmämuutoksen myötä, saadaan suodattamisella aikaan veden sisältämien epäpuhtauksien ja ilman vähentyminen. Siitä seurauksena saadaan kirkkaampaa, kestävämpää ja liukkaampaa jäätä. Järjestelmän avulla voidaan paremmin hallita jäädytykseen tulevan veden lämpötilaa ja myös siten parantaa jään laatua, muun muassa paremman veden levittyvyyden kautta. Kuun jään laatu paranee, vähenevät myös jäänhoitotoimenpiteiden tarpeet. Jään päästäminen, jota on käytetty jään laadun paranemiseen ja epäpuhtauksien sekä ilman poistamiseen, on tarpeen entistä harvemmin. Jään päästämisen tarpeen väheneminen pienentää suoraan myös kylmälaitteiden kulutusta.

Taloudelliset säästöt ovat selkeimpiä veden kulutuksen vähenemisen myötä. Vesijohto-verkostosta otetun veden määrä vähenee, kun jäänhoitokoneeseen kerättyä lunta ei enää ajeta ulos tai ohjata sulatuskaivon kautta joko jätevesiviemäriin tai ”ojaan”. Jatkossa vettä tarvitaan vesijohtoverkostosta vain maltillisia määriä korvausvedeksi, kierrätysverkostosta poistuneen veden korvaajaksi. Myös jäänhoitokoneeseen jäänhoidosta yli jäänyt jäähtynyt ajovesi voidaan jatkossa pitää suljetussa järjestelmässä, sen sijaan että se tyhjennettäisiin viemäriin. Kun vesijohtoverkoston vedenkulutus vähenee, vähenevät vesimaksun lisäksi myös jätevesimaksut, mikäli niitä olisi jouduttu maksamaan.

Jäästä tulee myös aiempaa puhtaampaa, koska jäänhoitokoneen ajot ulos vähenevät, kun lunta ei tyhjennetä enää hallin ulkopuolelle. Aiemmin renkaiden mukana kulkeutui ulkoa likaa halliin.

Lämmönkulutuksen muutokset vaikutukset eivät suoranaisesti kuulu järjestelmämuutokset tavoitteisiin. Positiivisia vaikutuksia on kuitenkin odotettavissa. Kun jäänhoitokoneella ei ajeta lunta ulos enää samassa määrin kuin ennen, ei hallin sisäilmaan pääse suurien nosto-ovien kautta raakaa ulkoilmaa. Ulkoilmaa on jouduttu, säästä riippuen, lämmittämään ja kuivaamaan. Jäähallin käyttövesi ja myös uuden vesikiertojärjestelmän vesi lämmitetään lauhdelämmöllä, joten uuden järjestelmän myötä ei vedenlämmityskuluihin ole odotettavissa muutoksia.

Järjestelmämuutoksessa asennetaan laitteistoihin tarvittavat mittaroinnit, jolloin vedenkulutusta ja lämpötiloja on helpompi seurata. Mittarointien myötä lisääntyy toivottavasti myös kiinnostus kulutuksen seurantaan ja optimaalisten lämpötilojen ylläpitoon.

9 Takaisinmaksuaika ja energiatuki

Investoinnin takaisinmaksuajaksi kutsutaan sitä määrää vuosia, joiden kuluessa tulojen lisäyksellä tai menojen säästöillä investointi maksaa hankintamenoja (Vierros 2009.)

Jotta investointi olisi kannattavaa, tulisi takaisinmaksuajan olla suhteellisen lyhyt. Siten aika vuosina, jolloin investoidut kustannukset olisi kuitattu muutoksesta aikaansaaduilla taloudellisilla hyödyillä, ei olisi pitkä.

$$\textit{Takaisinmaksuaika} = \frac{\textit{Hankintahinta}}{\textit{Investoinnin nettotulot}}$$

Kaava 1 (Vierros 2009.)

Kaavan 1 mukaisesti takaisinmaksuaika lasketaan tässä projektissa vähentämällä hankintahinnasta eli investointikustannuksista saadut erilaiset tuet ja jakamalla saatu luku vuosittaisilla energiankulutuksen säästöillä. Arvioitua investointikustannusta ei julkisteta tässä insinööriyössä.

Jotta saadaan tietää vuosittainen investoinnilla aikaansaatava energiankulutuksen säästö, tulee selvittää nykyinen jäähoidossa käytettävän veden kulutus. Koska käytössä ei ole jäänhoitoon kohdistettuja vedenkäytön kulutusmittarointeja, saadaan lukemat selville tarkastelemalla vedenkäyttöä jäähoidossa. Huomioitavaa kuitenkin on, että vedenkulutuksessa saatu säästö on kuitenkin hieman pienempi kuin veden kokonaiskulutus, sillä veden käytössä tapahtuu kuitenkin aina hävikkiä.

Vierumäen jäähallin kahdella jäällä on jäänajoja yhteensä keskimäärin 15 - 22 päivässä kaikkina vuoden päivinä. Vähimmillään ajoja voi olla poikkeuksellisesti jopa alle 10. Vettä levitetään jäänajossa jäälle keskimäärin 600 litraa ajoa kohti. Enimmillään veden määrä on jopa yli 700 litraa, pienimmillään harvoin vain 400 litraa. (Lehtinen 2019.) Verkostosta joudutaan ottamaan korvausvettä täydentämään järjestelmän häviötä, jäänhoitokoneen tai muun laitteiston puhdistamiseen tai lumisohjon ulosviennin aiheuttamaa vajausta korvaamaan. Myös suodattimien huuhtelu aiheuttaa vajausta järjestelmässä kiertävän veden määrään. Toisaalta vettä myös saa säästettyä sillä, ettei jäänhoitokoneen vesisäiliöön jäähoidon jälkeen jäänyttä vettä tyhjennetä viemäriin vaan se saadaan talteen.

Jos määritellään keskimäärin jäänajoja olevan vuoden jokaisena päivänä 15 ja keskimääräisenä vedenkulutuksena noin 550 litraa ajokertaa kohden, saadaan tietää kulutetun veden määrä. Vedenkulutus vuodessa mainituilla määrillä olisi seuraava:

$$550 \text{ litraa} \times 15 \text{ krt} \times 365 \text{ pv} = 3\,000 \text{ m}^3$$

Kun tunnetaan veden hinta kuutiota kohden ja investointikustannuksen suuruus saadaan takaisinmaksuajaksi alle viisi vuotta. Takaisinmaksuaikaa pienentävät

luonnollisesti hankkeelle saatavat tuet, joista tärkein on työ- ja elinkeinoministeriön myöntämä energiatuki.

Työ- ja elinkeinoministeriö myöntää energiatukea investointi- ja selvityshankkeisiin. Hankkeiden tulee edistää esimerkiksi joko uusiutuvan energian tuottoa/käyttöä, energiansäästöä, energiankäytön tehostamista tai energijärjestelmän muuttamista vähähiiliseksi. (Energiatuki 2020.)

Näistä vaatimuksista täytyisi suljetun vesikierron kohdalla energiasäästö ja siinä demonstraatiohankkeena toimiminen. Energiatukea olisi hankkeelle luvassa enimmillään 50 % hankekustannuksista. (Mäntynen 2019.)

10 Jatkokehitys

Muutos- ja hankintatarpeita vesijärjestelmän muutoksen lisäksi nousi esiin projektin aikana. Yksi mielenkiintoisimmista eteen tulleista kehitysideoista on jäänhoitokoneen kääntöalusta. Sulatusaltaan päälle sijoitettu kääntyvä lautanen poistaisi jäänhoitokoneen pienessä tilassa tekemän kääntymisen aiheuttamat haitat, joista merkittävin on betonilattian sekä renkaiden nastojen kuluminen. Kun kulumista ei ole, eivät betonista hiertyneet palaset päätyisi enää jäälle, samoin kuin ulkona tehdyn koneen kääntämisen mukanaan tuomat pihan epäpuhtaudet. Luonnollisesti myös turvallisuus paranisi, kun isolla jäänhoitokoneella ei tarvitsisi peruutella jäähallin pienissä tiloissa.

Jatkotutkimuksille olisi tarvetta erityisesti veden ja jään osalta. Olisi tärkeää selvittää, mitä jää varsinaisesti sisältää, millaisia pitoisuuksia siitä löytyy. Myös demokohteen valmistuttua olisi mahdollista saada tarkkaa tietoa siitä, millaiseksi vesi suljetussa järjestelmässä muuttuu, kun aikaa kuluu ja miten se vaikuttaa jään laatuun. Kyseisten järjestelmien yleistyessä on todennäköisesti odotettavissa Valviralta jonkinlaisia yleisohjeistuksia veden laatuun ja turvallisuuteen liittyen sekä Rakennustiedolta RT-kortteina ohjeita ja esimerkkejä järjestelmän toimintamalleiksi.

11 Päätelmät ja pohdinta

Energiansäästö on ollut jo vuosia esillä, ja Suomessa on myös jäähalleissa otettu käyttöön erilaisia ratkaisuja, joilla vähennetään energiankulutusta, pääs- ten jopa energianeutraaliuteen. Vedenkäytön vähentämiseksi ei kuitenkaan ole vielä otettu käyttöön suurempia ratkaisuja kuin vesikalusteiden virtauksen rajoit- taminen. Suomen Urheiluopiston edelläkävijyyden seurauksena toivottavasti yhä useampi jäähalli innostuisi tarkastelemaan vedenkulutustaan ja ottamaan uusia ratkaisuja käyttöön. Suurista taloudellisista satsauksista ei kuitenkaan ole kyse, etenkin kun takaisinmaksuaika tulee huomattavan lyhyeksi energiatukien myötä.

Uusia järjestelmiä suunniteltaessa saattaa törmätä ajatukseen, että ”ammutaan kärpäsiä haulikolla” eli tehdään ylimitoitettuja tehokkuuksia varmuuden vuoksi. Tässä projektissa olisi helposti ollut suunniteltavissa hyvinkin tehokas suodatus- järjestelmä, joka olisi tarpeeseen nähden turhan tehokas ja huomattava kallis. Siinä tapauksessa olisi menetetty energiansäästön hyötyjä, ja takaisinmaksu- ajan pitkä pituus olisi tehnyt hankkeesta kannattamattoman.

Tarvitaan rohkeita ja ennakkoluulottomia edelläkävijöitä ottamaan uusia järjes- telmiä käyttöön, jotta muut voivat seurata perässä, kun joku on jo tehnyt aske- leille paikat.

Lähteet

Allasvesiasetuksen soveltamisohje. 2/2017. Valvira Sosiaali- ja terveystieteiden lupa- ja valvontavirasto.

Energiatuki. Verkkoaineisto. Työ- ja elinkeinoministeriö. <<https://tem.fi/energiatuki>>. Luettu 7.1.2020.

Erkkilä, Timo. 2019. Sihteeri, Uimahalli- ja kylpylätekninen yhdistys, Riihimäki. Koulutustilaisuus ja henkilökohtainen keskustelu 7. - 8.10.2019.

Jäähallien jään laatu -tutkimus. 18.4.2018. Opetus- ja kulttuuriministeriö, Suomen Jääkiekkoliitto ry, Suomen Taitoluisteluliitto ry, Suomen Kaukalopallo- ja Ringetteliitto ry ja Suomen Curlingliitto ry.

Kaven, Riku. Tuotepäällikkö, Kaiko Oy, Helsinki. Henkilökohtainen keskustelu 15.1.2020 sekä tuotemateriaalit.

Kusnetsov, Jaana. 2020. Erikoistutkija. Terveystieteiden ja hyvinvoinninlaitos THL. Puhelinkeskustelu 13.1.2020.

Laasonen, Heli. 2020. Ylitarkastaja. Valvira. Puhelinkeskustelu 13.1.2020.

Legionellabakteerit vesijärjestelmissä. 2019. Verkkoaineisto. Terveystieteiden ja hyvinvoinninlaitos THL. <<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/legionellabakteerit-vesijarjestelmissa>>. Luettu 5.6.2020.

Lehtinen, Jari. 2019. Liikuntapaikkojenhoitaja. Suomen Urheiluopisto, Vierumäki. Henkilökohtainen keskustelu. 31.5.2019.

Leppänen, Heimo. 2019. Johtava asiantuntija, Granlund Oy, Helsinki. Henkilökohtainen keskustelu. 8.8. ja 27.11. 2019.

Mäntynen, Janne. ESaaS Oy. Henkilökohtainen keskustelu. 16.12.2019.

Opas analyysitulosten tulkintaan. Talousvedet. Verkkoaineisto. Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy. <<https://vaouiubvfhvl.cdn.shardcms.com/analyysitulosten-tulkinta.pdf>>. Luettu 7.6.2020

Penttilä, Ari. 2019. Prorink -ETM jäätutkimus -luento. Jäähallipäivät. 3.4.2019.

Terveydensuojelulaki 763/1994

Uima-allasvesien käsittely. 09/2019. RT-kortisto, RT 103095. Rakennustieto Oy.

Varho, Manu. 2019. Liikuntapaikkainstituutin johtaja, Suomen Urheiluopisto, Vierumäki. Koulutustilaisuus ja henkilökohtainen keskustelu 27.-31.5.2019

Vierros, Tuomo. 22.1.2009. Verkkoaineisto. Investointilaskelmat. Aalto University Wiki. <<https://wiki.aalto.fi/display/TU22/8.+Investointilaskelmat>>. Luettu 7.6.2020