



Käyttövesiverkoston riskianalyysi elintarviketeollisuudessa

Thomas Dougherty

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2025

Talotekniikan tutkinto-ohjelma
LVI-Talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
LVI-talotekniikka

DOUGHERTY, THOMAS

Käyttövesiverkoston riskianalyysi elintarviketeollisuudessa

Opinnäytetyö 40 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Toukokuu 2025

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin elintarviketehtaan käyttövesiverkoston riskitekijöitä ja niiden hallintaa tuoteturvallisuuden näkökulmasta. Tavoitteena oli tunnistaa kriittisimmät verkostoon liittyvät riskit ja arvioida niiden hallittavuutta soveltamalla FMEA-menetelmää elintarviketeollisuuden toimintaympäristöön.

Työ toteutettiin toimeksiantona Saarioinen Oy:n Huittisten tehtaalla, ja se pohjautui aiempaan tekniseen kartoitukseen sekä tehtaan käytännön toimintaan. Riskit arvioitiin elintarviketeollisuuteen mukautetulla pisteytysmallilla, ja ne jaoteltiin viiteen pääryhmään: mikrobiologisiin, kemiallisiin, teknisiin, toiminnallisiin ja poikkeustilanteisiin liittyviin uhkiin.

Analyysin tuloksena laadittiin priorisoitu kehitysehdotuslista, joka sisältää teknisiä ja toiminnallisia ratkaisuja riskien vähentämiseksi. Erityisesti seisovan veden, takaisinvirtauksen ja käyttöaukojen hallintaan liittyvät kohteet osoittautuivat kriittisimmiksi. Toimenpide-ehdotuksiin sisältyvät muun muassa automaattihuuhtelut, venttiilisuojaukset ja käyttöönottomenetelyiden tarkentaminen.

Opinnäytetyö osoittaa, että FMEA on sovellettavissa oleva ja hyödyllinen menetelmä käyttövesiverkoston riskienhallintaan elintarviketeollisuudessa. Tulokset tukevat Saarioinen Oy:n kehitystyötä ja tarjoavat sovellettavia ratkaisuja myös muille alan toimijoille.

Asiasanat: elintarviketurvallisuus, käyttövesiverkosto, FMEA, riskienhallinta, hygieniariski

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
HVAC Systems

DOUGHERTY, THOMAS:
Risk Analysis of a Process Water Distribution Network in the Food Industry

Bachelor's thesis 40 pages, appendices 5 pages
May 2025

This thesis examines the risk factors associated with a process water distribution network in a food production environment, with the aim of identifying the most critical hazards and evaluating their manageability. The objective was to apply the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) methodology within the context of food industry operations and hygiene safety.

The work was commissioned by Saarioinen Oy and focused on the internal water distribution system of its Huittinen production facility. A tailored evaluation model was developed to suit the operational requirements of the food industry. Risks were categorised into five main groups: microbiological, chemical, technical, operational, and external/emergency related.

The analysis resulted in a prioritised set of technical and procedural improvement proposals designed to reduce the probability and improve the detectability of critical risks. Issues related to stagnant water, backflow, and the management of systems after production breaks were identified as particularly significant. Recommended actions included automatic flushing systems, backflow protection, and clarified start-up procedures.

The thesis demonstrates that FMEA is both applicable and beneficial in managing risks related to process water distribution networks in the food industry. The findings support the development efforts of Saarioinen Oy and offer scalable solutions for other operators in the sector.

Key words: food safety, process water, distribution network, FMEA, risk management

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TOIMEKSIANTAJA JA TYÖN TAUSTA.....	7
	2.1 Saarioinen ja Huittisten yksikkö.....	7
	2.2 Tutkimustyön lähtökohdat	7
	2.3 Työn yhteys elintarviketurvallisuusvaatimuksiin	8
3	ELINTARVIKETEHTAAN KÄYTTÖVESIVERKOSTO.....	9
	3.1 Veden merkitys elintarviketeollisuudessa.....	9
	3.2 Käyttövesiverkoston rakenne ja toimintaperiaatteet.....	9
	3.3 Vedenkäsittely ja valvonta teollisessa ympäristössä.....	9
	3.4 Käyttövesijärjestelmään haavoittuvuudet.....	10
4	TUOTETURVALLISUUS JA KÄYTTÖVESI	11
	4.1 Sääntely ja standardit veden turvallisuudesta	11
	4.2 Riskityypit käyttövesiverkostossa	11
	4.2.1 Mikrobiologiset riskit	11
	4.2.2 Kemialliset riskit.....	12
	4.2.3 Tekniset riskit.....	12
	4.2.4 Toiminnalliset riskit	12
	4.2.5 Poikkeustilanteet ja ulkoiset riskit	13
	4.3 HACCP-järjestelmän rooli vedenhallinnassa.....	13
5	RISKIANALYYYSIN TOTEUTUS	14
	5.1 Menetelmän valinta ja soveltaminen käyttövesiverkostossa	14
	5.2 Arviointikriteerit ja pisteytys elintarviketeollisuuden kontekstissa .	14
	5.3 Riskien luokittelu ja arviointi käyttövesiverkostossa	16
	5.3.1 Tunnistetut mikrobiologiset riskit (A).....	16
	5.3.2 Tunnistetut kemialliset riskit (B).....	17
	5.3.3 Tunnistetut tekniset riskit (C)	18
	5.3.4 Tunnistetut toiminnalliset riskit (D).....	18
	5.3.5 Tunnistetut poikkeustilanteet ja ulkoiset tekijät (E)	19
	5.4 Kriittisimpien riskien tarkempi tarkastelu	19
	5.5 FMEA-yhteenveto ja menetelmän rajat.....	21
6	FMEA-TULOSTEN VAIKUTUS JA RISKIENHALLINTA	22
	6.1 Priorisoitavat toimenpiteet.....	22
	6.2 Vaikutusten arviointi.....	24
	6.3 Seuranta ja ylläpito.....	26
7	POHDINTA	27
	7.1 Työn keskeiset havainnot.....	27

7.2 Työn rajaukset ja luotettavuus.....	28
7.3 FMEA-menetelmän soveltuvuus elintarviketeollisuudessa.....	29
7.4 Käytännön kehittämisehdotukset	30
7.5 Jatkotutkimusaiheet	31
LÄHTEET.....	33
LIITTEET	36
Liite 1. FMEA-arviointikriteerit sovellettuna elintarviketeollisuuteen....	36
Liite 2. FMEA-taulukko ja RPN laskelmat	37
Liite 3. FMEA-kirjanpito: perustelut arviointiarvoille.	38

1 JOHDANTO

Elintarviketeollisuudessa vesi on kriittinen resurssi, jota hyödynnetään laajasti tuotantoprosessin eri vaiheissa. Vesi toimii raaka-aineena, puhdistusaineena sekä välineenä hygienian ja tuoteturvallisuuden varmistamisessa. Samaan aikaan vesi voi myös muodostaa riskitekijän, jos sen laatu ei vastaa vaatimuksia tai jos vesijärjestelmässä esiintyy teknisiä, kemiallisia tai mikrobiologisia haavoittuvuuksia.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella elintarviketehtaan käyttövesiverkostoon liittyviä tuoteturvallisuusriskejä sekä arvioida niitä FMEA-menetelmän (Failure Mode and Effects Analysis) avulla. Työ toimii pohjana myöhemmin toteutettavalle kartoitukselle ja tekniselle kehitystyölle toimeksiantajayrityksen, Saarioinen Oy:n Huittisten yksikössä. Työn julkaistava versio keskittyy yleisellä tasolla elintarviketeollisuuden näkökulmaan ja toimii viitekehyksenä salassa pidettävälle toteutusraportille.

Opinnäytetyön tarkastelu rajautuu tuoteturvallisuuden kannalta keskeisiin riskeihin: mikrobiologisiin, kemiallisiin, teknisiin ja toiminnallisiin uhkiin sekä poikkeustilanteiden aiheuttamiin ulkoisiin riskeihin. Tutkimuksessa sovelletaan laadullista analyysia ja riskien pisteytystä FMEA-menetelmällä. Tulokset tukevat riskienhallintatoimien suunnittelua ja auttavat tunnistamaan mahdollisia teknisiä tai toiminnallisia muutostarpeita verkostossa.

2 TOIMEKSIANTAJA JA TYÖN TAUSTA

2.1 Saarioinen ja Huittisten yksikkö

Saarioinen Oy on suomalainen perheyrittäjä, joka on toiminut elintarviketeollisuudessa vuodesta 1957. Yrityksellä on tuotantolaitoksia Kangasalla, Valkeakoskella ja Huittisissa sekä tytäryhtiö Virossa. Saarioinen valmistaa muun muassa valmisruokia, kastikkeita, salaatteja, marjatuotteita ja lihavalmisteita. Yrityksen brändiin kuuluu pitkään käytössä ollut punakukko-logo, joka tunnetaan laajasti suomalaisessa elintarvikekaupassa (Saarioinen Oy 2024).

Huittisten tehdas on yksi Saarioisen keskeisistä tuotantoyksiköistä. Tehtaassa valmistetaan erityisesti kotimaan markkinoille suunnattuja salaatteja, jälkiruokia ja kastikkeita. Laitos toimii elintarviketurvallisuusvaatimusten mukaisesti ja noudattaa muun muassa FSSC 22000 -standardia, joka edellyttää dokumentoitua riskienhallintaa ja veden turvallisuuden hallintaa osana laadunvarmistusta (FSSC, 2023).

2.2 Tutkimustyön lähtökohdat

Kesällä 2024 Saarioisen Huittisten tehtaalla toteutettiin käyttövesiverkoston tekninen kartoitusprojekti. Tavoitteena oli parantaa verkoston dokumentaatiota ja luoda pohja järjestelmälliselle riskien arvioinnille ja hallinnalle. Projektin aikana tehtiin:

- tehtaan käyttövesiputkiston 2D- ja 3D-mallinnus,
- putkiston ja venttiilien kuntokartoitus,
- saneeraussuunnitelmia, joissa huomioitiin mm. lähitulevaisuuden investoinnit ja putkilinjaston optimointi,
- materiaalien, mitoituksen ja venttiilityyppien dokumentointi, sekä
- kriittisten pisteiden esikartoitus kunnossapidon näkökulmasta.

Työn tavoitteena ei ollut vastata akuuttiin ongelmaan, vaan kehittää käyttövesiverkoston hallintaa ennaltaehkäisevästi. Tämä lähestymistapa on linjassa elintarviketurvallisuuslainsäädännön ja kansainvälisten standardien, kuten ISO

22000 ja FSSC 22000, kanssa. Molemmat korostavat riskiperustaista suunnittelua ja dokumentoitua omavalvontaa veden turvallisuuden varmistamiseksi (Ruokavirasto 2019; FSSC 2023; STM 2015).

2.3 Työn yhteys elintarviketurvallisuusvaatimuksiin

Käyttöveden turvallisuus on elintarviketurvallisuuden perusedellytys. Suomessa sen laatuvaatimukset perustuvat sosiaali- ja terveysministeriön asetukseen talousvedestä (STM 1352/2015). Asetus määrittää mm. mikrobiologiset ja kemialliset enimmäispitoisuudet sekä veden valvonnan ja raportoinnin vaatimukset.

Kansainväliset elintarviketurvallisuusstandardit, kuten ISO 22000 (2018), BRCGS Food Safety (2022) ja FSSC 22000, edellyttävät organisaatiolta dokumentoitua riskienhallintajärjestelmää. Näissä painotetaan muun muassa veden alkuperän, laadun ja käsittelyn hallintaa tuoteturvallisuuden näkökulmasta (BRCGS 2022; ISO 2018). FSSC 22000 -järjestelmä vaatii, että käytettävä vesi on juomakelpoista ja että veden käyttö prosessissa on arvioitu osana HACCP-järjestelmää (FSSC, 2023).

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa käyttövesiverkoston kohdistuva riskianalyysi, joka voidaan liittää osaksi tehtaan omavalvontaa ja sertifiointien edellyttämiä hallintajärjestelmiä. Työ palvelee toimeksiantajaa, mutta sen rakenne ja analyysimalli ovat sovellettavissa myös muihin elintarviketeollisuuden laitoksiin.

3 ELINTARVIKETEHTAAN KÄYTTÖVESIVERKOSTO

3.1 Veden merkitys elintarviketeollisuudessa

Vesi on keskeinen osa elintarviketeollisuuden tuotantoa. Sitä käytetään raaka-aineena sekä laitteiden ja tilojen puhdistuksessa, jäähdytyksessä ja hygienian ylläpidossa. Veden laatu vaikuttaa suoraan tuotteiden turvallisuuteen ja laatuun, ja sen mikrobiologinen ja kemiallinen koostumus on jatkuvan valvonnan kohteena (Ruokavirasto, 2019). Elintarviketeollisuudessa käytettävän veden on täytettävä juomaveden laatuvaatimukset (STM, 2015).

Vedenkäytön laajuus ja monipuolisuus tekevät siitä tuoteturvallisuuden kannalta kriittisen tekijän. Riittämätön valvonta tai tekniset puutteet voivat johtaa kontaminaatoriskeihin, jotka heijastuvat koko tuotantoketjuun (WHO, 2017).

3.2 Käyttövesiverkoston rakenne ja toimintaperiaatteet

Elintarviketehtaan käyttövesiverkosto koostuu useista teknisistä osa-alueista, joiden yhteistoiminta varmistaa veden jakelun eri tuotantopisteisiin. Verkosto alkaa vedenottopisteestä, josta vesi johdetaan esikäsitelyyn ja edelleen jakelulinjoihin. Jakeluverkostoon sisältyvät muun muassa päälinjat, haaroitukset, venttiilit, suodatusyksiköt, säiliöt ja liitospisteet (Talotekniikka-info, 2021).

Verkoston suunnittelussa korostuvat virtausolosuhteiden hallinta, paine-erojen säätely, veden lämpötilan optimointi sekä kontaminaation ehkäisy. Erityistä huomiota kiinnitetään kuolleiden haarojen, seisovan veden paikkojen ja takaiskuventtiilien sijoitteluun, koska nämä voivat muodostaa mikrobiologisia ja teknisiä riskipisteitä (Brodex, 2016; WHO, 2006).

3.3 Vedenkäsitely ja valvonta teollisessa ympäristössä

Käyttövesi käsitellään ennen sen jakelua tuotantotiloihin. Käsitelymenetelmiä ovat muun muassa mekaaninen suodatus, desinfiointi (esim. kloori, UV), pH:n

säätö ja mahdollinen pehmennys (THL, 2022). Tavoitteena on poistaa tai inaktivoita mikrobiologiset ja kemialliset epäpuhtaudet sekä estää saostumien muodostuminen järjestelmään.

Veden laatuun kohdistuva valvonta perustuu säännöllisiin näytteenottoihin ja mittauksiin. Mikrobiologisia ja kemiallisia parametreja verrataan lainsäädännöllisiin raja-arvoihin. ISO 22000- ja FSSC 22000 -standardit edellyttävät, että veden turvallisuus on integroitu elintarviketurvallisuuden hallintajärjestelmään, ja siihen on sovellettava dokumentoitua valvontakäytäntöä (ISO, 2018; FSSC, 2023).

3.4 Käyttövesijärjestelmään haavoittuvuudet

Käyttövesijärjestelmään liittyy useita mahdollisia haavoittuvuuksia. Rakenteelliset puutteet, kuten huonosti suunnitellut haaroitukset tai riittämätön virtaus, voivat aiheuttaa veden seisontaa, mikä lisää mikrobien kasvun riskiä. Vanhoissa putkistoissa voi ilmetä korroosiota tai epäpuhtauksien irtoamista, mikä heikentää veden kemiallista laatua (WHO, 2017).

Myös laitteistojen kunnossapitopuutteet, venttiilien virheellinen käyttö ja puutteellinen automatisointi voivat johtaa käyttökatkoihin, painevaihteluihin tai takaiskuvirtaustilanteisiin. Tällaiset häiriöt voivat vaarantaa tuoteturvallisuuden, jos veden virtaussuunnat tai laatu poikkeavat suunnitellusta (Talotekniikka-lehti, 2022; WHO, 2017).

4 TUOTETURVALLISUUS JA KÄYTTÖVESI

4.1 Sääntely ja standardit veden turvallisuudesta

Elintarviketuotannossa käytettävän veden turvallisuus perustuu sekä kansalliseen lainsäädäntöön että kansainvälisiin standardeihin. Suomessa veden laatuvaatimuksista säädetään sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetuksella 1352/2015, joka määrittelee muun muassa mikrobiologiset ja kemialliset enimmäispitoisuudet, veden näytteenoton tiheyden sekä valvonnan laajuuden (STM, 2015). Ruokaviraston ohjeistus puolestaan täydentää asetusta erityisesti elintarviketeollisuuden omavalvonnan toteutuksen osalta (Ruokavirasto, 2019).

Kansainvälisesti keskeisiä viitekehyksiä ovat ISO 22000 -standardi ja FSSC 22000 -sertifiointijärjestelmä, jotka edellyttävät riskiperustaista lähestymistapaa, kriittisten pisteiden hallintaa ja järjestelmällistä dokumentointia osana elintarviketurvallisuuden hallintajärjestelmää (ISO, 2018; FSSC, 2023). BRCGS Food Safety -standardi tuo esiin erityisesti veden merkityksen kriittisissä prosesseissa ja vaatii veden juomakelpoisuuden osoittamista analyysien ja seurannan kautta (BRCGS, 2022).

4.2 Riskityypit käyttövesiverkostossa

4.2.1 Mikrobiologiset riskit

Mikrobiologiset vaaratekijät liittyvät erityisesti seisovaan veteen, epäpuhtaisiin rakenteisiin ja lämpötilavaihteluihin. Verkostossa tapahtuva veden seisonta, kuten kuolleet haarat tai käyttökatkot, luovat olosuhteet mikrobien lisääntymiselle. Merkittäviä patogeeneja elintarviketuotannon näkökulmasta ovat esimerkiksi *Escherichia coli*, *Legionella pneumophila* ja *Pseudomonas aeruginosa* (World Health Organization, 2017; Hänninen, 2007). Biofilmin muodostuminen verkoston sisäpinnalle voi suojata mikro-organismeja puhdistukselta ja edistää niiden säilymistä. Näiden hallinta vaatii systemaattista huuhtelua, lämpötilan seuranta sekä näytteenottoa kriittisistä kohdista (Ruokavirasto, 2022).

4.2.2 Kemialliset riskit

Kemiallisia riskejä voi syntyä esimerkiksi putkimateriaalien korroosiosta (esim. kupari, lyijy), puhdistuskemikaalien jäämistä, desinfiointiaineiden yliannostuksesta tai muoviputkien yhdisteistä. Nämä voivat vaikuttaa veden makuun, hajuun ja jopa aiheuttaa terveyshaittoja. Esimerkiksi vanhojen metalliputkien korrosio voi nostaa metallipitoisuudet yli suositusten (THL, 2022), ja muoviputkista voi liueta yhdisteitä, jos niitä ei ole tarkoitettu elintarvikekäyttöön (ECHA, 2023). Riskien hallinta edellyttää tarkkaa materiaalien valintaa, kemikaalien annostelun valvontaa sekä vedenlaadun analysointia säännöllisesti (World Health Organization, 2017).

4.2.3 Tekniset riskit

Teknisiä riskejä ovat muun muassa virheellisesti suunnitellut putkistot, takaiskuventtiilien puutteet, painesäätelyn ongelmat ja huonosti toteutetut liitoskohdat. Esimerkiksi ilman takaiskuventtiilejä epäpuhtauksia voi virrata takaisin puhtaan veden järjestelmään, mikä muodostaa vakavan kontaminaatoriskin (STM, 2017). Paine-eron hallinnan puute voi aiheuttaa virtauksen väärään suuntaan, ja liitospisteet voivat kerätä seisovaa vettä, jos huuhtelu ei ole riittävää. Näihin riskeihin vastataan mm. automaattihuuhtelulla, verkoston tasapainotuksella ja suunnitellustandardien noudattamisella (Talotekniikka-info, 2021).

4.2.4 Toiminnalliset riskit

Toiminnallisia riskejä syntyy, kun huoltotoimia tai käyttöohjeita ei noudateta asianmukaisesti. Esimerkiksi käyttökatkojen jälkeen suorittamatta jäänyt huuhtelu, väärin käytetyt venttiilit tai epäselvät ohjeistukset voivat altistaa veden kontaminaatiolle. Myös puhdistusvirheet, kuten huuhtelun laiminlyönti, voivat johtaa puhdistuskemikaalien jäämiin järjestelmään (Ruokavirasto, 2018). Näiden riskien hallintaan kuuluu koulutus, selkeä dokumentointi ja vastuurolien määrittely.

4.2.5 Poikkeustilanteet ja ulkoiset riskit

Poikkeustilanteisiin ja ulkoisiin uhkiin lukeutuvat vedenjakelun keskeytykset, ilki-valta, luonnononnettomuudet tai kriisitilanteet. Näissä tapauksissa tuoteturvalli-suus voi vaarantua nopeasti, jos varajärjestelmiä ei ole. Ilkivalta voi kohdistua esimerkiksi vedenottopisteisiin tai säiliöihin, ja sen havaitseminen voi olla vaikeaa ilman valvontajärjestelmiä (Huoltovarmuuskeskus, 2021). Kriittisiin pisteisiin tulee soveltaa riskien arviointia ja suunnitella ennakkoon vaihtoehtoiset vesihuoltorat-kaisut.

4.3 HACCP-järjestelmän rooli vedenhallinnassa

HACCP-järjestelmä (Hazard Analysis and Critical Control Points) toimii elintarvi-keteollisuuden keskeisenä työkaluna riskien hallinnassa. Veden osalta järjestel-mässä tulee tunnistaa kriittiset pisteet, joissa kontaminaatoriski on suuri, ja mää-rittää tarkat toimenpiteet näiden ehkäisemiseksi tai hallitsemiseksi (FAO & WHO, 2009). Kriittisiä pisteitä voivat olla esimerkiksi vedenottopisteet, suodatusyksiköt, säiliöt ja jakelulinjastot. Näille on määriteltävä rajat, valvontamenetelmät sekä korjaavat toimenpiteet, mikäli poikkeamia havaitaan.

Omavalvontasuunnitelmassa veden turvallisuus dokumentoidaan näytteenoton, seurannan ja havaintojen kirjaamisen kautta. Standardien mukaisessa järjestel-mässä kuten FSSC 22000:ssa veden turvallisuuden hallinta kuuluu auditoinnin ja jatkuvan parantamisen piiriin. Vedenkäytön riskit voidaan siten yhdistää HACCP:n logiikkaan ja sitoa osaksi laatujärjestelmän kokonaisuutta (FSSC, 2023).

5 RISKIANALYYSIN TOTEUTUS

5.1 Menetelmän valinta ja soveltaminen käyttövesiverkostossa

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) on laadunhallintaan kehitetty ennaltaehkäisevä riskienhallintamenetelmä, jonka avulla tunnistetaan ja arvioidaan järjestelmien, prosessien tai tuotteiden vikamuotoja sekä niiden mahdollisia vaikutuksia (Stamatis, 2003). Menetelmä perustuu systemaattiseen tarkasteluun, jossa yhdistetään asiantuntijatietoa, kokemusperäistä havaintoa ja prosessikuvaus- ja havaintokuvaus. Perinteisesti FMEA on kehitetty ilmailu- ja autoteollisuuden tarpeisiin, mutta sen soveltuvuutta on tutkittu myös terveydenhuollossa, vesihuollossa ja elintarviketeollisuudessa (Visure Solutions, n.d.; WHO, 2011).

Tässä opinnäytetyössä FMEA-menetelmää sovellettiin tuoteturvallisuuden riskien arvioimiseksi elintarviketeollisuuden käyttövesiverkostossa. Menetelmä valittiin sen systemaattisen, dokumentointia tukevan ja ennaltaehkäisevän luonteen vuoksi (Aalto University Professional Development, 2023). Se täydentää HACCP-järjestelmää ja tukee ISO 22000 -standardin mukaista riskiperustaista lähestymistapaa (ISO, 2018; FSSC, 2023).

Riskien arviointi toteutettiin yksilöllisenä analyysinä ilman erillistä asiantuntijatiimiä. Riskiarvioinnin pisteet määritettiin kirjallisuuden, vesiturvallisuuskäytäntöjen, lainsäädännön ja standardien sekä käytännön kokemuksen perusteella, mukaan lukien tehdasympäristössä tehdyt havainnot. Tämä poikkeaa perinteisestä FMEA-toteutuksesta, jossa arviointi suoritetaan monihenkisen asiantuntijaryhmän yhteistyönä. Yksilösuorituksen myötä arviointiin voi sisältyä subjektiivisuutta, mutta järjestelmällinen dokumentointi ja lähdeperustainen analyysi vahvistavat arvioinnin luotettavuutta.

5.2 Arviointikriteerit ja pisteytys elintarviketeollisuuden kontekstissa

FMEA:ssa käytetty riskiprioriteettiluku (RPN) lasketaan kertomalla kolme arviointikriteeriä: vakavuus (Severity, S), esiintymistodennäköisyys (Occurrence, O) ja havaittavuus (Detection, D). Jokainen muuttuja pisteytettiin asteikolla 1–10 siten, että suurempi arvo kuvasi suurempaa riskiä. RPN laskettiin kaavalla $RPN = S \times$

$O \times D$, ja sen avulla riskit voitiin asettaa tärkeysjärjestykseen (Visure Solutions, n.d.).

Tässä työssä arviointikriteerit kehitettiin ja sovellettiin erityisesti elintarviketeollisuuden tuoteturvallisuuden näkökulmasta. Vakavuusarvio (S) kohdistui vaikutuksiin, jotka voivat vaarantaa kuluttajaturvallisuuden, kuten mikrobiologiset tai kemialliset kontaminaatiot. Esiintymistodennäköisyys (O) arvioitiin toiminnan realististen olosuhteiden mukaan. Havaittavuus (D) puolestaan kuvasi todennäköisyyttä sille, että vika voidaan havaita ajoissa ennen tuotteen käyttöä. Arviointiperusteet on koottu taulukkoon 1.

Arvo	Vaikutuksen vakavuus	Arvo	Esiintymistodennäköisyys	Arvo	Havaitsemismahdollisuus
10	Vakava terveysriski, voi aiheuttaa sairastumisen tai lakirikkomuksen	10	Esiintyy jatkuvasti, lähes varmaa	10	Ei havaittavissa ennen kuin tuote on käytössä
9	Selvä vaara tuoteturvallisuudelle, mahdollisesti havaittavissa	9	Toistuu usein, tunnettu ongelma	9	Vaikea havaita ilman erityistoimenpiteitä
8		8			
7	Tuotteen laatu tai käyttökelpoisuus heikkenee	7	Satunnainen, tiedossa mutta ei jatkuva	7	Kohtalaisesti havaittavissa normaalilla seurannalla
6		6			
5	Vähäinen vaikutus, ei turvallisuusriskiä	5		5	
4		4			
3	Ei vaikutusta tai merkityksetön vaikutus	3	Harvinainen	3	Helposti havaittavissa osana omavalvontaa
2		2			
1		1	Erittäin epätodennäköinen	1	

Taulukko 1. FMEA-arviointikriteerit sovellettuna elintarviketeollisuuden käyttövesiverkostoon

Yleisesti FMEA:ssa suositellaan, että toimenpiteisiin ryhdytään, jos jokin yksittäinen arvo (S, O tai D) saa korkeimman pisteytyksen (10) tai jos riskiprioriteettiluku (RPN) ylittää esimerkiksi arvon 100 (Stamatis, 2003; Aalto University Executive Education, 2021). Tässä työssä sovellettiin kuitenkin tiukempaa tulkintaa, joka huomioi elintarviketeollisuuden korkeat tuoteturvallisuusvaatimukset ja ennakoivan riskinhallinnan tarpeen.

Koska tuotteet menevät suoraan kuluttajille, jo arvo $S \geq 8-9$ katsottiin riittäväksi toimenpiteiden käynnistämiseen. Samoin O- ja D-arvot arvioitiin kriittisiksi, mikäli

ne ylittivät arvon 7, vaikka RPN ei olisi ollut korkea. Tämä lähestymistapa perustuu elintarvikelainsäädännön ja standardien, kuten ISO 22000:n ja FSSC 22000:n, edellyttämään varovaisuusperiaatteeseen ja riskiperustaiseen suunnitteluun (ISO, 2018; FSSC, 2023).

5.3 Riskien luokittelu ja arviointi käyttövesiverkostossa

Työssä tunnistetut riskit jaoteltiin viiteen pääryhmään: mikrobiologiset, kemialliset, tekniset, toiminnalliset sekä poikkeustilanteet ja ulkoiset tekijät. Ryhmittely perustuu viranomaissuositukseen ja elintarviketurvallisuusstandardeihin, kuten WHO:n (2011), STM:n (2015) ja Ruokaviraston (2021) ohjeisiin, joissa korostetaan veden turvallisuuteen vaikuttavien riskien monimuotoisuutta. Näin FMEA-analyysi saatiin jäsennettyä selkeämmin eri riskilähteiden mukaan.

Riskien tunnistaminen perustui elintarvike- ja vesiturvallisuutta koskevaan kirjallisuuteen, viranomaissuositukseen ja elintarviketurvallisuusstandardeihin. Lisäksi arvioinnissa hyödynnettiin käyttövesiverkostojen rakenteiden tuntemusta sekä ammatillista harkintaa ja käytännön kokemusta elintarviketeollisuuden toimintaympäristössä.

Riskit merkittiin yksilöllisillä tunnisteilla, jotka koostuvat riskiryhmän kirjaimesta (A–E) ja juoksevasta numerosta. Esimerkiksi A-1 viittaa ensimmäiseen mikrobiologiseen riskiin, kun taas C-3 kuvaa kolmatta teknistä riskiä. Tätä tunnistustapaa on käytetty johdonmukaisesti analyysin yhteydessä sekä liitteissä olevissa FMEA-taulukoissa.

Seuraavissa alaluvuissa esitetään ryhmäkohtaiset löydökset ja arviointiperusteet. Nämä muodostavat perustan myöhemmin esitettävälle pisteytykselle ja kriittisyysanalyysille.

5.3.1 Tunnistetut mikrobiologiset riskit (A)

Mikrobiologiset riskit liittyvät erityisesti seisovaan veteen ja lämpötilan hallinnan puutteisiin. Seuraavassa esitetään keskeiset tunnistetut riskitekijät:

1. Kuollut haara putkistossa: Seisova vesi voi edistää biofilmin muodostumista ja mikrobien kasvua, mikä on merkittävä elintarviketurvallisuusriski (Hänninen, 2007; World Health Organization, 2011).
2. Käyttötouon jälkeinen linja: Lämpimässä seisovassa vedessä mikrobien, kuten Legionella spp., kasvun riski kasvaa erityisesti käyttökatkosten jälkeen (Ruokavirasto, 2022; World Health Organization, 2011).
3. Lämpötilanhallinnan puute: Epävakaat tai väärät lämpötilaolosuhteet voivat lisätä mikrobikuormaa ja vaikuttaa veden laatuun (Hänninen, 2007).
4. Biofilmin kasvu liitoksissa: Vaikeasti puhdistettavat rakenteet, kuten liitospisteet ja kulmat, tarjoavat mikrobeille suojaa, mikä voi johtaa jatkuvaan kontaminaatoriskiin (Ruokavirasto, 2022).

5.3.2 Tunnistetut kemialliset riskit (B)

Kemialliset riskit liittyvät erityisesti materiaalien ja kemikaalien yhteisvaikutuksiin vesiverkostossa:

1. Korroosio metalliputkissa: Esimerkiksi kuparin tai raudan liukeneminen metalliputkista veteen voi heikentää veden laatua ja aiheuttaa kemiallisia haittoja (THL, 2022; Talotekniikka-info, 2020).
2. Muoviputket ja orgaaniset yhdisteet: Huonolaatuisista muovimateriaaleista (esim. PVC, PE, PEX) voi liueta yhdisteitä veteen, mikä aiheuttaa maku- ja hajuhaittoja (ECHA, 2023; World Health Organization, 2017).
3. Puhdistuskemikaalien jäämät: Mikäli huuhtelu on puutteellista, voi järjestelmään jäädä kemikaalijäämiä, jotka voivat kontaminoida tuotantovettä (Ruokavirasto, 2018;2021)
4. Desinfiointiaineiden yliannostus: Liiallinen desinfiointikemikaalien annostelu voi aiheuttaa laatuongelmia ja sensorisia haittoja, vaikka akuuttia terveysuhkaa ei aina muodostu (THL, 2020; World Health Organization, 2017).

5.3.3 Tunnistetut tekniset riskit (C)

Teknisiä riskejä syntyy erityisesti käyttövesiverkoston rakenteellisista ominaisuuksista ja suunnitteluratkaisuista, jotka voivat johtaa veden seisontaan tai virtauksen hallinnan puutteisiin.

1. Putkiston kuollut haara: Rakenteellinen suunnitteluvirhe voi johtaa veden seisontaan ja mikrobikasvun riskiin verkoston haaroissa (Talotekniikka-info, 2021).
2. Takaiskuventtiilin puute: Takaiskuventtiilin puuttuminen mahdollistaa epäpuhtaan veden virtaamisen takaisin puhtaaseen linjaan, mikä muodostaa vakavan kontaminaatoriskin (STM, 2017; World Health Organization, 2011).
3. Paine-erojen hallinnan puute: Epävakaat paineolosuhteet voivat aiheuttaa virtaussuunnan vaihtumista ja kontaminaation leviämistä verkoston eri osiin (Talotekniikka-lehti, 2022).
4. Liitospisteiden epäpuhtaudet: Laitteiden ja komponenttien liitospisteisiin voi kertyä seisovaa vettä, mikä edistää mikrobikasvua ja heikentää veden laatua (Ruokavirasto, 2022).

5.3.4 Tunnistetut toiminnalliset riskit (D)

Toiminnalliset riskit liittyvät erityisesti käyttövesiverkoston huoltoon, ohjeistukseen ja henkilöstön toimintaan. Ne ovat usein seurausta ohjeiden puutteesta tai virheellisistä käytännöistä.

1. Käyttöönotto ilman huuhtelua: Käyttötauon jälkeen suorittamatta jäänyt huuhtelu voi johtaa seisovan veden kautta mikrobien kasvuun (Ruokavirasto, 2022; World Health Organization, 2011).
2. Tilapäinen letkuliitäntä ilman suojaa: Huoltotoimien yhteydessä tehty suojaamaton liitäntä voi aiheuttaa takaisinvirtauksen ja siten kontaminaation riskin (STM, 2017; Talotekniikka-info, 2020).
3. Puhdistusvirhe: Mikäli huuhtelu jää puutteelliseksi, puhdistuskemikaaleja voi jäädä verkostoon, mikä johtaa mahdolliseen kemialliseen kontaminaatioon (Ruokavirasto, 2018; World Health Organization, 2017).

4. Venttiilien väärä käyttö: Virheellinen käyttö tai epäselvä ohjeistus voi aiheuttaa virtaussuunnan muutoksia ja veden epävakautta (Vesilaitosyhdistys & Elintarviketeollisuusliitto, 2018).

5.3.5 Tunnistetut poikkeustilanteet ja ulkoiset tekijät (E)

Poikkeustilanteet ja ulkoiset tekijät voivat vaikuttaa käyttöveden saatavuuteen tai turvallisuuteen äkillisesti ja vaikeasti ennakoitavalla tavalla.

1. Ilkivalta tai sabotaasi vedenottopisteessä: Tahallinen toiminta, kuten kontaminaatio tai laitteiston vahingoittaminen, voi aiheuttaa merkittäviä tuoteturvallisuushkia (STM, 2020; World Health Organization, 2011).
2. Veden syötön katkeaminen: Kriisitilanteissa tapahtuva vedenjakelun keskeytyminen voi pysäyttää tuotannon ja vaarantaa jatkuvuuden (Huoltovarmuuskeskus, 2021).
3. Varajärjestelmän puute: Ilman toimivaa varajärjestelmää vedenjakelun häiriötilanteet voivat keskeyttää laitoksen toiminnan (Ruokavirasto, 2023; Talotekniikka-info, 2021).

Tunnistetut vikamuodot arvioitiin tässä työssä sovelletulla FMEA-menetelmällä, jossa riskit pisteytettiin elintarviketeollisuuden käyttövesiverkoston erityispiirteiden mukaisesti. Arvioinnin tulokset osoittivat jokaisessa riskiryhmässä useita merkittäviä riskejä, joilla voi olla vaikutuksia elintarviketurvallisuuteen tai verkoston toimivuuteen. Osa riskeistä arvioitiin kriittisemmiksi kuin toiset niiden vakaavuuden, esiintymistodennäköisyyden tai heikon havaittavuuden vuoksi. Seuraavassa luvussa tarkastellaan näistä esiin nousseita kriittisimpiä riskejä yksityiskohteisemmin ja esitetään perustelut niiden priorisoinnille.

5.4 Kriittisimpien riskien tarkempi tarkastelu

Sovelletun FMEA-analyysin tulosten perusteella tietyt riskikohteet nousivat selvästi esiin joko korkeiden S/O/D-arvojen tai RPN-luvun perusteella. Riskien priorisointi tehtiin oman arviointitaulukon (ks. Liite 1) mukaisesti. Koska kyseessä on elintarviketeollisuuden tuoteturvallisuus, pidettiin jo S- tai D-arvoa ≥ 8 kriittisenä, vaikka kokonais-RPN ei olisi erityisen korkea.

Taulukossa 2 esitetään ne riskit, jotka arvioitiin erityisen merkittäviksi elintarvike-teollisuuden tuoteturvallisuuden näkökulmasta. Riskit on esitetty tunnistuneen, arviointipisteineen sekä RPN-arvoineen. Näitä riskejä tarkastellaan yksityiskoh-taisemmin seuraavassa luvussa kehittämistoimenpiteiden yhteydessä.

ID	Riski	S	O	D	RPN
A-1	Kuollut haara – seisova vesi	9	7	5	315
C-1	Putkiston rakenne – kuollut haara	9	7	5	315
D-2	Letkuliitääntä ilman suojaa	9	5	6	270
C-3	Paine-erojen hallinnan puute	8	6	5	240
A-2	Käyttötauon jälkeinen linja	8	6	5	240
D-1	Käyttöönotto ilman huuhtelua	8	6	5	240

Taulukko 2. Kriittisimmät riskit FMEA-arvioinnin perusteella:

- A-1 Kuollut haara putkistossa – seisova vesi (RPN: 315): Mikrobiologisesti vakavin riski. Seisova vesi mahdollistaa biofilmin ja Legionellan kasvun. Vaikeasti havaittavissa ilman automaattista huuhtelua tai lämpötilavalvon-taa.
- C-1 Putkiston rakenne – kuollut haara (RPN: 315): Sama riski teknisestä näkökulmasta. Rakenne aiheuttaa veden seisontaa, mikä lisää mikrobiris-kiä ja vaikuttaa järjestelmän toimivuuteen.
- D-2 Tilapäinen letkuliitääntä ilman suojaa (RPN: 270): Takaisinvirtauksen kautta epäpuhtaus voi päästä tuotantoveteen. Usein toteutettu ilman val-vontaa, jolloin havaittavuus on heikko.
- C-3 Paine-erojen hallinnan puute (RPN: 240): Virtaussuunnan vaihtumi-nen voi aiheuttaa veden sekoittumista tai saastumista. Riskin esiintyminen on kohtalainen, mutta seuraukset voivat olla vakavia.

- A-2 Käyttötouon jälkeinen linja – mikrobien kasvu (RPN: 240): Seisova vesi lämpimissä olosuhteissa edistää Legionellan kasvua. Käyttöönotto ilman huuhtelua voi johtaa mikrobikontaminaatioon.
- D-1 Käyttöönotto ilman huuhtelua (RPN: 240): Yksinkertainen käytännön virhe, joka voi johtaa mikrobien tai kemikaalijäämien päätymiseen tuotantoveteen. Korostuu erityisesti kiire- tai vuorotilanteissa ilman ohjeistusta.

Nämä riskit valittiin tarkempaan jatkokäsittelyyn korkean RPN-luvun ja tuoteturvallisuusvaikutusten perusteella. Muiden analysoitujen riskien arvot ja ehdotetut toimenpiteet on esitetty liitteissä (ks. Liite 2). Näihin voi palata tarkastelussa esimerkiksi toimintaympäristön muuttuessa.

5.5 FMEA-yhteenveto ja menetelmän rajat

Tässä opinnäytetyössä sovellettu FMEA-menetelmä osoittautui käyttökelpoiseksi lähestymistavaksi elintarviketeollisuuden käyttövesiverkoston riskien arviointiin. Menetelmä mahdollisti riskien systemaattisen tunnistamisen, pisteyttämisen ja vertailun S/O/D-kriteerien ja RPN-luvun avulla.

FMEA:n käyttö tuki ISO 22000 -standardin mukaista riskiperustaista lähestymistapaa ja täydensi HACCP-järjestelmää tuomalla esiin teknisiä ja toiminnallisia riskejä, joita HACCP ei aina tavoita. Analyysin avulla oli mahdollista jäsentää myös rakenteellisia ja ohjeistuksellisia kehityskohteita.

Työssä toteutettu analyysi suoritettiin yksilöarviointina ilman asiantuntijatiimiä. Tämä poikkeaa menetelmän tavanomaisesta toteutustavasta, jossa arviointi perustuu useiden asiantuntijoiden yhteistyöhön. Samalla on kuitenkin tunnistettava, että arviointiin sisältyy väistämättä subjektiivisia piirteitä, koska näkökulmat jäivät rajallisiksi verrattuna monihenkiseen asiantuntija-arviointiin. Arvioinnin luotettavuutta on kuitenkin vahvistettu käyttämällä systemaattista pisteytystä, lähdepohjaisia arviointikriteerejä ja dokumentoitua analyysimenettelyä.

Lisäksi analyysi ei ota suoraan huomioon toimenpiteiden kustannuksia tai käytännön toteutettavuutta, eikä arvioi toimenpiteiden tehokkuutta tai resurssien riittävyyttä. Näitä näkökulmia arvioidaan tarkemmin työn pohdintaosuudessa.

6 FMEA-TULOSTEN VAIKUTUS JA RISKIENHALLINTA

6.1 Priorisoitavat toimenpiteet

Tässä luvussa esitetään konkreettiset toimenpide-ehdotukset niille riskikohteille, jotka edellisessä analyysivaiheessa (ks. luku 5.4) arvioitiin kriittisimmiksi. Ehdotukset kohdistuvat rakenteellisiin, teknisiin ja toiminnallisiin kohteisiin, joilla on merkittävä vaikutus tuoteturvallisuuteen. Tavoitteena on vähentää riskin vakaavuutta, esiintymisen todennäköisyyttä tai parantaa sen havaittavuutta käytännön hallintakeinojen avulla.

Toimenpide-ehdotukset perustuvat alan kirjallisuuteen, viranomaisohjeisiin ja teknisiin standardeihin. Ne on esitetty ja perusteltu erillisessä arviointidokumentaatioissa (Liite 3), jossa kuvataan myös käytetyt S/O/D-arviot. Riskien arviointikriteerit ja pisteytysmalli on esitetty Liitteessä 1.

Vaikka alkuperäisessä analyysissä tarkasteltiin laajasti erilaisia verkoston riskejä, tässä luvussa esitetään vain kriittisimmät tapaukset, joiden hallinta edellyttää ensisijaisia toimenpiteitä. Muiden analysoitujen riskien toimenpide-ehdotukset löytyvät liitteistä (ks. Liite 2).

A-1 Kuollut haara putkistossa – seisova vesi

- Toimenpide: Käyttämättömät haarat poistetaan tai niihin asennetaan automaattinen huuhtelujärjestelmä. Lisäksi otetaan käyttöön jatkuva lämpötilaseuranta (Hänninen, 2007; WHO, 2011).
- Perustelu: Seisova vesi edistää biofilmin ja Legionella spp.:n kasvua, mikä lisää mikrobiologista riskiä etenkin, jos huuhtelu puuttuu tai lämpötilaa ei valvota (Hänninen, 2007; WHO, 2011).

C-1 Putkiston rakenne – kuollut haara

- Toimenpide: Verkoston suunnitelmat tarkastetaan ja rakenteet muutetaan tarvittaessa siten, että veden seisontaa ei pääse syntymään (Talotekniikka-info, 2021).
- Perustelu: Kuolleet haarat ovat usein seurausta suunnitteluvirheistä, ja pysyvänä ratkaisuna ongelma poistetaan vain rakenteellisella muutoksella

(Talotekniikka-info, 2021; Vesilaitosyhdistys & Elintarviketeollisuusliitto, 2018).

D-2 Tilapäinen letkuliitäntä ilman suojaa

- Toimenpide: Kaikkiin letkuliitäntöihin asennetaan takaiskuventtiilit tai alipainekatkaisijat, ja käyttöön otetaan kirjallinen ohjeistus turvallisista liitäntätavoista (STM, 2017; Talotekniikka-info, 2020).
- Perustelu: Paine-eron aiheuttama takaisinvirtaus voi johtaa tuotantoveden saastumiseen. Letkuliitännät ovat riski, jos niitä ei suojata mekaanisesti eikä ohjeisteta asianmukaisesti (STM, 2017; WHO, 2011).

C-3 Paine-erojen hallinnan puute

- Toimenpide: Verkoston kriittisiin kohtiin asennetaan paineantureita ja tasan painetason ylläpito varmistetaan etenkin käyttöhuippujen aikana (Talotekniikka-lehti, 2022).
- Perustelu: Epävakaat paineolosuhteet voivat johtaa virtaussuunnan muutoksiin ja veden laadun heikkenemiseen. Painevalvonta on kriittistä erityisesti elintarviketuotannossa (STM, 2017; Talotekniikka-lehti, 2022).

A-2 Käyttötouon jälkeinen linja – mikrobien kasvu

- Toimenpide: Käyttöönoton yhteyteen laaditaan ohjeistus ja toimintakäytäntö, jonka mukaan jokainen seisoneen veden linja huuhdellaan ja tarkastetaan ennen käyttöä (Ruokavirasto, 2022; WHO, 2011).
- Perustelu: Lämpimässä seisovassa vedessä Legionella spp. ja muut mikrobit lisääntyvät nopeasti. Mikrobikontaminaatoriski voidaan vähentää säännöllisellä huuhtelulla ja käyttöönoton kontrollilla (WHO, 2011; Ruokavirasto, 2022).

D-1 Käyttöönotto ilman huuhtelua

- Toimenpide: Käyttöönottoon otetaan käyttöön tarkastuslista ja määritetään vastuuhenkilöt, jotka varmistavat huuhtelun ennen käyttöä (Ruokavirasto, 2018; Vesilaitosyhdistys & Elintarviketeollisuusliitto, 2018).
- Perustelu: Huuhtelun laiminlyönti voi johtaa mikrobiologiseen tai kemialliseen kontaminaatioon. Dokumentoidut käytännöt vähentävät inhimillisiä virheitä ja parantavat havaittavuutta (Ruokavirasto, 2018; WHO, 2017).

Yhteenveto

Ehdotetut toimenpiteet kohdistuvat erityisesti verkoston kriittisiin kohtiin, joissa seisova vesi, virtaushäiriöt tai käyttövirheet voivat johtaa tuoteturvallisuusriskeihin. Ne perustuvat viranomaisohjeisiin ja käytännön vesiturvallisuussuosituksiin. Riskin hallintaa voidaan parantaa rakenteellisilla muutoksilla, teknisellä valvonnalla sekä selkeällä dokumentoidulla ohjeistuksella (STM, 2017; WHO, 2011; THL, 2022; Ruokavirasto, 2018).

6.2 Vaikutusten arviointi

Edellisessä luvussa esitetyt toimenpiteet kohdistuvat kriittisiin riskikohteisiin, joilla on merkittävä vaikutus elintarviketurvallisuuteen. Tässä luvussa arvioidaan, miten nämä toimet vaikuttavat alkuperäisiin arviointiarvoihin: vakavuus (S), esiintymistodennäköisyys (O) ja havaittavuus (D). Tarkastelu perustuu arviointitaulukoon (ks. luku 5.2 ja Liite 1) ja oletukseen siitä, että toimenpiteet on toteutettu suunnitellusti.

Vertailussa käytetään alkuperäisiä ja päivitettyjä arvoja sekä laskennallista RPN-lukua (Risk Priority Number), joka toimii mittarina riskin kokonaiskriittisyydelle.

ID	Riski	RPN ennen	S uusi	O uusi	D uusi	RPN jälkeen
A-1	Kuollut haara – seisova vesi	315	9	4	3	108
C-1	Putkiston rakenne – kuollut haara	315	6	3	3	54
D-2	Letkuliitäntä ilman suojaa	270	6	3	3	54
C-3	Paine-erojen hallinnan puute	240	6	3	3	54
A-2	Käyttötauon jälkeinen linja	240	6	3	3	54
D-1	Käyttöönotto ilman huuhtelua	240	6	3	3	54

Taulukko 3. Riskiprioriteettilukujen (RPN) vertailu ennen ja jälkeen toimenpiteiden toteutuksen.

Tulkinta ja perustelut

Toimenpiteet vaikuttavat erityisesti todennäköisyyden (O) ja havaittavuuden (D) arvoihin. Vakavuusarvo (S) pysyy monissa tapauksissa ennallaan, koska itse riskin seuraukset voivat edelleen olla vakavia, vaikka sen toteutuminen olisi epätodennäköisempää tai helpommin havaittavissa.

Esimerkiksi riskissä A-1 (kuollut haara – seisova vesi) S-arvo on edelleen 9, koska seisova vesi voi toteutuessaan johtaa Legionellan tai muiden mikrobien kasvuun, mikä muodostaa vakavan terveysriskin (WHO, 2011; Hänninen, 2007). Sen sijaan C-1 (putkiston rakennevirhe) on puhtaasti tekninen ongelma, joka voidaan ratkaista korjaamalla rakenne. Tässä tapauksessa S-arvo on laskettu, koska riskin aiheuttaja voidaan poistaa käytännössä kokonaan (Talotekniikka-info, 2021).

Usean riskin kohdalla päivitetty RPN-luvut ovat samat (esim. 54), koska toimenpiteet, kuten takaiskuventtiilit, selkeä ohjeistus tai paineanturit, vaikuttavat samalla tavalla todennäköisyyteen ja havaittavuuteen. Tämä ei ole sattumaa, vaan osoitus siitä, että riskienhallintatoimet tuottavat johdonmukaisen vaikutuksen silloin, kun niiden kohde ja toimintamekanismi ovat samankaltaiset. Näissä tapauksissa arvot $S = 6$, $O = 3$ ja $D = 3$ kuvaavat hyvin tilannetta toimenpiteiden toteutuksen jälkeen.

Yhteenveto

Toimenpiteet ovat laskeneet alkuperäisiä RPN-lukuja merkittävästi: esimerkiksi A-1:n tapauksessa arvo pieneni 315:stä arvoon 108 ja C-1:n kohdalla vastaavasti 315:stä 54:ään. Tämä osoittaa, että suunnitellut toimenpiteet ovat tehokkaita riskien hallinnan näkökulmasta. Vaikka kaikkia riskejä ei voida poistaa, niiden hallittavuus ja havaittavuus voidaan parantaa selvästi, mikä vähentää tuoteturvallisuuden kohdistuvaa riskiä käytännön tasolla.

6.3 Seuranta ja ylläpito

Tehdyt toimenpiteet parantavat riskien hallittavuutta, mutta ne vaativat jatkuvaa seuranta, jotta vaikutukset säilyvät pitkäjänteisesti. Pelkkä tekninen ratkaisu, kuten takaiskuventtiilin asentaminen tai ohjeistuksen päivittäminen, ei yksin riitä, ellei niiden käyttöä ja vaikutusta tarkastella säännöllisesti.

Seuranta voidaan toteuttaa seuraavilla tavoilla:

- **Säännöllinen tarkastus ja mittaus:** Käyttövesiverkostossa tulisi seurata esimerkiksi lämpötiloja, vedenlaatua ja paine-eroja. Näin voidaan havaita poikkeamat ajoissa ja ehkäistä mikrobiologiset ja tekniset riskit (WHO, 2011; STM, 2017; THL, 2022).
- **Dokumentointi ja vastuuttaminen:** Jokaiselle toimenpiteelle nimetään vastuuhenkilö, joka vastaa sen toteutuksesta ja dokumentoinnista. Tämä parantaa järjestelmän läpinäkyvyyttä ja vastuullisuutta (Ruokavirasto, 2022).
- **Sisäinen auditointi ja poikkeamien käsittely:** Organisaatio voi määrittää tarkastusvälejä ja menettelytapoja, joilla varmistetaan esimerkiksi huuhte-lujen, mittausten ja käyttöönottoikäntöjen toteutuminen (ISO, 2018; FSSC, 2023).
- **Palautte ja jatkuva kehittäminen:** Käyttäjiltä saatava palautte, poikkeamailmoitukset ja säännöllinen tarkastelu tukevat riskienhallinnan jatkuvaa parantamista. Tämä on osa elintarviketurvallisuuden hallintajärjestelmien (esim. ISO 22000) ydinelementtejä (FSSC, 2023; ISO, 2018).

Seuranta voidaan integroida osaksi HACCP-järjestelmän valvontakäytäntöjä ja ISO 22000 -standardin mukaista prosessilähtöistä riskienhallintaa. Näin toimenpiteiden vaikuttavuutta voidaan tarkastella osana organisaation laajempaa elintarviketurvallisuuden hallintaa.

7 POHDINTA

7.1 Työn keskeiset havainnot

Tässä opinnäytetyössä sovellettiin FMEA-menetelmää elintarviketeollisuuden käyttövesiverkoston riskien arviointiin. Menetelmän avulla tunnistettiin systemaattisesti ne kohdat, joissa rakenteelliset tai toiminnalliset puutteet voisivat vaarantaa tuoteturvallisuuden.

Merkittävin havainto oli se, että riskejä esiintyy monipuolisesti eri osa-alueilla. Näitä olivat mikrobiologiset, kemialliset, tekniset ja toiminnalliset tekijät. Riskejä ei voitu hallita yhdellä lähestymistavalla, vaan niiden hallinta edellytti rakenteellisia ratkaisuja, prosessien selkeyttämistä sekä toimintaohjeiden täsmentämistä. Erityisesti seisovan veden aiheuttamat mikrobiologiset riskit sekä takaisinvirtauksen mahdollisuus nousivat esiin kriittisinä kohteina, joihin liittyvät RPN-arvot olivat korkeita ja vaikutukset potentiaalisesti vakavia.

FMEA-menetelmän soveltaminen syvensi käytännön ymmärrystä elintarviketeollisuuden riskienhallinnasta sekä kehitti kykyä tarkastella verkoston kriittisiä kohtia systemaattisesti. Erityisesti pisteytysten määrittely ja menetelmän soveltaminen tuoteturvallisuuden näkökulmaan kehittivät valmiuksia tarkastella verkoston rakenteellisia ja toiminnallisia ominaisuuksia kriittisesti. Lisäksi prosessi vahvisti osaamista dokumentoidun riskienhallinnan merkityksestä osana laadunvarmistusta ja standardien mukaista omavalvontaa. Työ tarjosi mahdollisuuden soveltaa teoriaa käytännön kehittämistyöhön ja lisäsi valmiuksia asiantuntijaroolissa toimimiseen teknisesti vaativassa toimintaympäristössä.

Menetelmä mahdollisti riskien priorisoinnin numeerisesti, mikä toi riskienhallintaan läpinäkyvyyttä ja perusti konkreettisille kehitystoimenpiteille. Suunnitellut ratkaisut, kuten automaattisten huuhtelujen käyttöönotto, takaisinvirtauksen estäminen ja dokumentoidut tarkistuslistat, osoittautuivat vaikuttaviksi toimenpiteiksi. Riskiprioriteetit laskivat selvästi, mikä vahvistaa analyysin käytännön hyötyä. Vaikka riskien vakavuus ei useinkaan muuttunut, niiden esiintymisen todennäköisyys ja havaittavuus paranivat selvästi.

Työn tulokset tukevat elintarviketeollisuuden vesiturvallisuuden kehittämistä erityisesti siinä ympäristössä, johon analyysi kohdistettiin. Toimeksiantajan näkökulmasta työ tarjoaa konkreettisia ja perusteltuja parannusehdotuksia, joiden avulla käyttövesiverkoston hallintaa voidaan kehittää tuotantoturvallisuuden näkökulmasta.

Kokonaisuutena työ osoitti, että FMEA on käyttökelpoinen ja sovellettavissa oleva menetelmä käyttövesiverkoston riskien tunnistamiseen ja hallintaan elintarviketeollisuuden kontekstissa. Tulokset tukevat sekä prosessien kehittämistä että ennaltaehkäisevän riskienhallinnan vahvistamista käytännön tasolla.

7.2 Työn rajaukset ja luotettavuus

Työ rajattiin koskemaan elintarviketeollisuuden käyttövesiverkoston riskienhallintaa FMEA-menetelmää soveltaen. Tarkastelu keskittyi nimenomaan tuoteturvallisuuden näkökulmaan, eikä esimerkiksi energiatehokkuutta, vedenkulutusta tai kustannustekijöitä käsitelty. Myös ulkoisten vesilähteiden tai veden hankinnan riskejä ei otettu mukaan, koska työssä haluttiin keskittyä sisäisen verkoston hallintaan ja sen tuotantoprosesseihin liittyviin riskeihin.

Menetelmänä FMEA osoittautui soveltuvaksi, mutta siihen liittyy tiettyjä rajoitteita. Arviointi perustui yksittäiseen asiantuntijatyöhön, eikä sitä toteutettu tiimityönä, kuten FMEA:ta usein suositellaan käytettäväksi. Tämä voi lisätä subjektiivisuutta etenkin S-, O- ja D-arvojen määrittelyssä. Arviointia pyrittiin kuitenkin tukemaan kirjallisuuslähteillä, viranomaisten suosituksilla ja soveltuvilla käytännöillä, mikä parantaa analyysin luotettavuutta.

Työssä sovellettiin omaa arviointitaulukkoa, joka kehitettiin elintarviketeollisuuden olosuhteisiin. Arviointiperusteiden muotoilu vaikuttaa suoraan siihen, miten vakavuutta, todennäköisyyttä ja havaittavuutta tulkitaan. Tämäkin tuo mukanaan tiettyä tulkinnanvaraisuutta, vaikka rakenne perustuikin tunnettuun ja hyväksytyyn menetelmämalliin.

Vaikka osa riskeistä ei ollut suoraan tunnistettavissa kirjallisuuden perusteella, ne nousivat esiin tehdasympäristössä tehtyjen havaintojen ja käytännön kokemuksen kautta. Nämä riskit ja niihin liittyvät toimenpide-ehdotukset on dokumentoitu liitteissä, ja ne tukevat arviointikokonaisuuden kattavuutta.

Tulosten luotettavuutta tukee se, että riskit ja pisteytykset dokumentoitiin järjestelmällisesti, ja niihin liitettiin konkreettiset toimenpide-ehdotukset. Silti on huomioitava, että FMEA ei yksin riitä kuvaamaan kaikkia mahdollisia vaaratilanteita tai toimenpiteiden vaikuttavuutta pitkällä aikavälillä. Todelliset vaikutukset voidaan varmistaa vain käytännön seurannan ja mittaamisen avulla.

7.3 FMEA-menetelmän soveltuvuus elintarviketeollisuudessa

FMEA-menetelmä osoittautui käyttökelpoiseksi työkaluksi elintarviketeollisuuden käyttövesiverkoston riskienhallinnassa. Menetelmä soveltuu erityisen hyvin tilanteisiin, joissa halutaan tunnistaa, arvioida ja priorisoida riskejä rakenteellisessa tai teknisessä ympäristössä, kuten vesi- ja tuotantolinjastojen verkostoissa. FMEA:n etuna on sen systemaattinen lähestymistapa, jonka avulla eri riskit voidaan pisteyttää ja vertailla numeerisesti.

Elintarviketeollisuuden ympäristössä FMEA täydentää HACCP-järjestelmää, joka keskittyy pääasiassa prosessivaiheisiin ja kriittisiin hallintapisteisiin. FMEA:n avulla voidaan arvioida myös sellaisia rakenteellisia ja toiminnallisia riskejä, joita HACCP ei yleensä tunnista, kuten seisovan veden aiheuttamat mikrobiologiset riskit tai virtausteknisiin ratkaisuihin liittyvät epävarmuustekijät. Tämä tekee siitä arvokkaan lisätyökalun elintarviketurvallisuuden kokonaisvaltaisessa hallinnassa (WHO, 2011; ISO, 2018).

Sovellettaessa FMEA:ta elintarviketeollisuuteen havaittiin kuitenkin myös haasteita. Menetelmä vaatii selkeät ja toimialaan sovitettut arviointikriteerit, jotta pisteytys kuvastaa todellisia riskejä tuotantoympäristössä. Tämän työn yhteydessä kehitettiin oma arviointitaulukko, joka perustui kirjallisuuteen ja elintarviketurvallisuuden vaatimuksiin. Tämä paransi menetelmän toimivuutta, mutta osoittaa samalla, että FMEA ei ole suoraan sovellettavissa ilman mukauttamista toimialakohtaisiin erityispiirteisiin.

Toinen keskeinen huomio liittyy resurssien ja asiantuntemuksen tarpeeseen. FMEA on parhaimmillaan silloin, kun sen toteuttaa monialainen tiimi, joka yhdistää teknistä, mikrobiologista ja prosessiosaamista. Tässä työssä analyysi tehtiin yksilötyönä, mikä vaikutti väistämättä pisteytyksen subjektiivisuuteen, vaikka sitä pyrittiin tukemaan lähdeaineistolla ja aiemmillä käytännöillä.

Kaikista rajoitteistaan huolimatta FMEA-menetelmä osoitti soveltuvuutensa käyttövesiverkoston riskienhallintaan elintarviketeollisuudessa. Se tarjoaa toimivan mallin riskien tunnistamiseen, luokitteluun ja hallintatoimien kohdentamiseen erityisesti niissä tilanteissa, joissa halutaan kehittää prosessien ja infrastruktuurin turvallisuutta ennaltaehkäisevästi.

7.4 Käytännön kehittämisehdotukset

FMEA-analyysin perusteella on mahdollista esittää useita konkreettisia kehittämisehdotuksia, joiden avulla elintarviketeollisuuden käyttövesiverkoston riskienhallintaa voidaan parantaa. Kehitystoimenpiteet kohdistuvat erityisesti rakenteellisiin järjestelyihin, teknisiin ratkaisuihin sekä ohjeistuksen ja toiminnan selkeyttämiseen.

Keskeisenä parannuskohteena on verkostojen seisovan veden poistaminen. Tämä voidaan toteuttaa poistamalla tai sulkemalla käyttämättömät haaraosat tai asentamalla automaattisia huuhtelujärjestelmiä niihin kohtiin, joissa virtaus on vähäistä tai seisova vesi voi syntyä. Lisäksi lämpötilavalvonnan käyttöönotto auttaa seuraamaan mikrobiologisten riskien kannalta kriittisiä kohtia ja reagoimaan poikkeamiin ennen kuin ne aiheuttavat vaaraa.

Toinen merkittävä kehityskohde liittyy veden takaisinvirtauksen estämiseen. Tilapäisissä liitännöissä tulee käyttää teknisiä ratkaisuja, kuten takaiskuventtiilejä tai alipainekatkaisijoita, ja niiden käyttö on varmistettava selkeillä toimintatavoilla ja vastuunjaolla. Tämä vähentää tilanteita, joissa epäpuhtauksien pääsy tuotantoveteen olisi mahdollista huoltotoimenpiteiden tai väliaikaisten ratkaisujen seurauksena.

Myös käyttöönottokäytännöt edellyttävät kehittämistä. Käyttötauon jälkeen vesilinjat tulisi huuhdella järjestelmällisesti ennen tuotantokäyttöä. Tämän tueksi on suositeltavaa ottaa käyttöön kirjallinen tarkistuslista tai toimintakortti, joka varmistaa, että toimenpiteet suoritetaan yhdenmukaisesti ja dokumentoidusti.

Lisäksi olisi hyödyllistä selkeyttää henkilöstön vastuualueita ja koulutustarpeita käyttövesijärjestelmään liittyvissä toiminnoissa. Kun jokaisella kriittisellä toiminnolla on nimetty vastuutaho, vähenee riski siitä, että huoltotoimenpiteet tai tarkastukset jäävät suorittamatta.

Työn perusteella voidaan todeta, että moni riskitekijä voidaan hallita ilman suuria investointeja, kun toimintaohjeita selkeytetään, vastuita määritellään ja käytössä olevia teknisiä ratkaisuja optimoidaan. Näin ollen työ tarjoaa toimeksiantajan lisäksi myös muille elintarviketeollisuuden toimijoille suoraan hyödynnettävissä olevia kehittämiskohteita, jotka tukevat elintarviketurvallisuuden ja vesihygienian hallintaa käytännön tasolla.

7.5 Jatkotutkimusaiheet

Tässä työssä keskityttiin käyttövesiverkoston riskienhallintaan FMEA-menetelmää hyödyntäen tuoteturvallisuuden näkökulmasta. Vaikka analyysi antoi konkreettisia tuloksia, jäi työn rajausten takia useita jatkotutkimusmahdollisuuksia avoimeksi.

Yksi tärkeä jatkotutkimuksen kohde voisi olla huoltovarmuuden ja kriisivalmiuden tarkempi analyysi erityisesti vedenjakelun jatkuvuuden kannalta. Nykyisessä työssä tarkastelu keskittyi yksittäisen tuotantoyksikön sisäiseen verkostoon, mutta kriisitilanteet, kuten vedenjakelun katkokset tai ulkoiset häiriötekijät, voivat vaikuttaa laajasti koko elintarvikeketjuun. Näiden tilanteiden hallinta edellyttää useiden toimijoiden, kuten vesilaitosten, elintarviketehtaiden ja viranomaisten, välistä yhteistyötä. Näiden roolien ja vastuiden käytännön tarkastelu voisi olla hyödyllistä jatkotutkimuksessa.

Toinen mahdollinen tutkimusaihe liittyy automaattisten järjestelmien, kuten huuhtelulaitteistojen ja paineanturien, pitkäaikaisvaikutuksiin sekä niiden kustannus-hyötysuhteeseen. Vaikka tässä työssä arvio perustui laskennallisiin arvoihin, tulevaisuudessa olisi hyödyllistä seurata näiden järjestelmien käytännön vaikutuksia veden laatuun ja turvallisuuteen sekä suhteuttaa saavutettu hyöty investoinnin kustannuksiin.

Lisäksi FMEA:n yhdistämistä muihin riskienhallintamenetelmiin, kuten HACCP:iin, voisi tutkia laajemmin osana elintarviketurvallisuuden laatustandardien kehittämistä. Tällöin olisi mahdollista tunnistaa, miten tekniset ja rakenteelliset riskit voitaisiin kytkeä osaksi prosessiperustaista turvallisuudenhallintaa yhdenmukaisesti standardien, kuten ISO 22000:n, kanssa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että työ tarjoaa hyvän perustan monille jatkokehityksen ja tutkimuksen näkökulmille, jotka tukevat elintarviketeollisuuden riskienhallinnan vahvistamista sekä normaalitilanteissa että poikkeusoloissa.

LÄHTEET

Aalto University Executive Education. (2021). FMEA-menetelmä riskienhallinnassa [Koulutusmateriaali].

American Society of Plumbing Engineers. (2014). Plumbing engineering design handbook: Volume 2, plumbing systems – A plumbing engineer’s guide to system design and specifications. https://andor.tuni.fi/permalink/358FIN_TAMPO/1j3mh4m/alma9910633445205973

British Retail Consortium. (2022). BRCGS food safety global standard (Issue 9). <https://www.brcgs.com>

Brodex. (2016). Tackling dead legs in your piping and water system. <https://www.brodextrident.com/>

Chartered Institution of Building Services Engineers. (2013). Minimising the risk of Legionnaires’ disease (TM13:2013). https://andor.tuni.fi/permalink/358FIN_TAMPO/176jdvt/cdi_knovel_primary_book_kpMRLDCIB4

Evira. (2018). Elintarviketurvallisuusviraston ohjeet veden käytöstä elintarviketuotannossa (Evira julkaisuja 3/2018). https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/julkaisut/julkaisusariat/eviran_julkaisuja_3_2018.pdf

European Chemicals Agency (ECHA). Legislation. <https://echa.europa.eu/legislation>

Finlex. (2021). Elintarvikelaki 297/2021. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2021/20210297>

Foundation FSSC. (2023). FSSC 22000 Scheme Version 6. <https://www.fssc.com/fssc-22000/documents/fssc-22000-version-6/>

Global Food Safety Initiative. (2021). Global markets programme and benchmarking requirements. <https://mygfsi.com>

Huoltovarmuuskeskus. (n.d.). Elintarvikehuollon varautuminen. <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/toimialat/elintarvikehuolto>

Hänninen, M.-L. (2007). Veteen liittyvät mikrobiologiset ja kemialliset riskit: Vesi ja vesivälitteiset infektiot. In H. Korkeala (Ed.), Elintarvikehygienia – ympäristöhygienia, elintarvike- ja ympäristötoksikologia (pp. 386–394). WSOY Oppimateriaalit.

Institute for Healthcare Improvement. (2022). QI essentials toolkit: Failure modes and effects analysis. https://www.med.unc.edu/ihqi/wp-content/uploads/sites/463/2022/02/QIToolkit_FailureModesandEffectsAnalysis-2.pdf

International Featured Standards. (2021). IFS food standard (Version 7). <https://www.ifs-certification.com>

International Organization for Standardization. (2018). ISO 22000:2018 – Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain. <https://www.iso.org/standard/65464.html>

Kalliokuusi, T. T. (2016). Energiatohokkuuden parantaminen lämminvesi-intensiivisissä kiinteistöissä: Jäteveden lämmön talteenotto ja vaihteittainen käyttöveden lämmitys. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/119624/Kalliokuusi_Taru-Tiina.pdf

Kauppila, A. (2020). Radon ja rikkivety talousvedessä. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/336360/Kauppila_Arttu.pdf

Kiwa Inspecta. (n.d.). Elintarviketurvallisuussertifiointit. <https://www.kiwa.com/fi/fi/>

Luonnonvarakeskus. (n.d.). Veden laatu ja käyttö. https://projects.luke.fi/ruokafakta/yleista-tietoa/veden_laatu/

Motiva. (n.d.). Vesihuollon katselmukset ja energiankäytön tehostaminen. <https://www.motiva.fi/>

National Institutes of Health. (2020). Backflow prevention in water supply systems (Part 1). <https://www.nih.gov/>

Net-Foodlab Oy. (n.d.). Elintarviketurvallisuuden asiantuntijapalvelut. <https://net-food.fi/>

Nurmio, N. (2017). Vesihuoltolaitoksen varautuminen erityistilanteisiin: case: Nivos Vesi Oy. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/129851/Nurmio_Niko.pdf?sequence=2

Rissanen, E. (2017). Tuotantolaitoksen käyttövesimittaroinnin selvitys. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/125863/Rissanen_Elina.pdf

Ruokavirasto. (2018). Omavalvontaohje elintarvikealan toimijoille. <https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yritykset/elintarvikeala/elintarvikealan-yhteiset-vaatimukset/omavalvonta/omavalvontaohje-toimijoille-2018.pdf>

Ruokavirasto. (2022). Omavalvonta elintarvikealalla. <https://www.ruokavirasto.fi/tietoa-meista/oppaat/ieh/ieh-01/01-hyvaksymisvaatimusten-noudattaminen/>

Ruokavirasto. (2022). Elintarviketurvallisuus Suomessa 2021 (Julkaisu 3/2022). https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/julkaisut/julkaisusarjat/julkaisu3/julkaisu3_2022_elintarviketurvallisuus_suomessa_2021.pdf

Ruokavirasto. (2023). HACCP-järjestelmä. <https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/elintarvikeyrityksen-perustaminen-ja-omavalvonta/omavalvonta-ja-jaljitettavyys/omavalvonta/haccp/>

Sosiaali- ja terveysministeriö. (2007). Elintarvikehygienia-asetus 905/2007. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070905>

Sosiaali- ja terveysministeriö. (2015). Asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1352/2015. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20151352>

Spotilla. (2022). Mikä on BRC-sertifikaatti ja miksi se kannattaa hankkia? <https://blog.spotilla.com/fi/brc-sertifikaatti>

Talotekniikkainfo. (n.d.). Legionella ja lämpötilat. <https://talotekniikkainfo.fi/page/export/html/178>

Terveysten ja hyvinvoinnin laitos. (2023). Mikrobikasvu vesijohtoverkostossa. laatu. <https://thl.fi/aiheet/ymparistoterveys/vesi/legionellabakteerit-vesijarjestelmissa>

Vesilaitosyhdistys & Elintarviketeollisuusliitto. (2018). Opas elintarviketeollisuusyrityksen ja vesihuoltolaitoksen välisen talousvesisopimuksen laatimiseen. https://www.vesilaitosyhdistys.fi/site/assets/files/4859/opas_elintarviketeollisuusyrityksen_ja_vesihuoltolaitoksen_valisen_talousvesisopimuksen_laatimiseen_2018_final.pdf

Visure Solutions. (n.d.). Riskien hallinta ja FMEA: Kattava opas. <https://visuresolutions.com/fi/riskienhallinnan-fmea-opas/fmea/>

World Health Organization. (2006). Health aspects of plumbing. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43862>

Ympäristöministeriö. (2013). LVV-kuntotutkimusopas. <https://ym.fi/etusivu>

Ympäristöministeriö. (2017). Rakentamismääräyskokoelma D1: Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, määräykset ja ohjeet. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171047>

LIITTEET

Liite 1. FMEA-arviointikriteerit sovellettuna elintarviketeollisuuteen.

Arvo	Vaikutuksen vakavuus	Arvo	Esiintymistodennäköisyys	Arvo	Havaitsemismahdollisuus
10	Vakava terveysriski, voi aiheuttaa sairastumisen tai	10	Esiintyy jatkuvasti, lähes varmaa	10	Ei havaittavissa ennen kuin tuote on käytössä
9	Selvä vaara tuoteturvallisuudelle, mahdollisesti havaittavissa	9	Toistuu usein, tunnettu ongelma	9	Vaikea havaita ilman erityistoimenpiteitä
8		8		8	
7	Tuotteen laatu tai	7		7	
6	käyttökelpoisuus heikkenee	6	Satunnainen, tiedossa mutta ei jatkuva	6	Kohtalaisesti havaittavissa normaalilla seurannalla
5	Vähäinen vaikutus, ei turvallisuusriskiä	5		5	
4		4		4	
3		3	Harvinainen	3	Helposti havaittavissa osana omavalvontaa
2	Ei vaikutusta tai merkityksetön vaikutus	2		2	
1		1	Erittäin epätodennäköinen	1	Varmasti havaittavissa ennen vaikutusta

Liite 3. FMEA-kirjanpito: perustelut arviointiarvoille.

FMEA-analyysin kirjanpito

Analyysin vaihe A: Mikrobiologisten riskien arviointi ja perustelut.

A1: Kuollut haara – seisova vesi (mikrobiologinen näkökulma)

S = 9: Erittäin vakava riski, koska seisova vesi voi edistää mikrobikasvua ja biofilmin muodostumista, mikä voi vaarantaa tuoteturvallisuuden.

O = 7: Melko todennäköinen, erityisesti vanhoissa tai huonosti suunnitelluissa verkostoissa.

D = 5: Kohtalainen havaittavuus; vaatii aktiivista seuranta ja näytteenottoa.

Toimenpide-ehdotus: Kuolleiden haarojen poistaminen tai säännöllinen huuhtelu.

Lähdeviite: Hänninen, M.-L. (2007). Veteen liittyvät mikrobiologiset ja kemialliset riskit: Vesi ja vesivälitteiset infektiot.

A2: Käyttötauko – mikrobien kasvu

S = 8: Vakava riski, erityisesti Legionellan kasvun osalta lämpimässä vedessä.

O = 6: Kohtalainen todennäköisyys, erityisesti seisokkien jälkeen ilman huuhtelurutiineja.

D = 5: Kohtalainen havaittavuus; vaatii systemaattista huuhtelua tai näytteenottoa.

Toimenpide-ehdotus: Säännöllinen huuhtelu käyttötaukojen jälkeen.

Lähdeviite: Ruokavirasto. (2021). Elintarvikkeiden mikrobiologiset vaatimukset.

A3: Puutteellinen lämpötilanhallinta

S = 7: Merkittävä riski, koska epäoptimaaliset lämpötilat voivat edistää mikrobien lisääntymistä.

O = 5: Kohtalainen todennäköisyys; riippuu laitteistosta ja valvonnasta.

D = 6: Kohtalainen havaittavuus; vaatii jatkuvaa mittausta ja hälytysjärjestelmää.

Toimenpide-ehdotus: Lämpötilojen jatkuva seuranta ja hälytysjärjestelmät.

Lähdeviite: Hänninen, M.-L. (2007). Veteen liittyvät mikrobiologiset ja kemialliset riskit.

A4: Biofilmin kasvu verkostossa

S = 8: Vakava riski, koska biofilmi voi suojata mikrobeja puhdistukselta.

O = 5: Kohtalainen todennäköisyys, erityisesti jos verkoston huolto on puutteellista.

D = 4: Hyvä havaittavuus säännöllisellä valvonnalla ja näytteenotolla.

Toimenpide-ehdotus: Säännöllinen puhdistus ja desinfiointi.

Lähdeviite: Ruokavirasto. (2021). Elintarvikkeiden mikrobiologiset vaatimukset.

Analyysin vaihe B: Kemiallisten riskien arviointi ja perustelut.**B1: Korroosio metalliputkissa**

S = 7: Korroosio voi johtaa metallien liukenemiseen veteen (esim. kupari, sinkki), mikä voi aiheuttaa kemiallisia haittoja ja veden laadun heikkenemistä.

O = 4: Kohtalainen esiintyvyys erityisesti vanhoissa putkistoissa tai pehmeän veden alueilla.

D = 6: Heikko havaittavuus ilman laboratoriotasoa metallipitoisuustestejä.

Toimenpide-ehdotus: Materiaalivalintojen tarkistus, veden pH:n säätö, metallipitoisuuksien mittaus.

Lähdeviite: Talotekniikka-info. (2020). Käyttövesiputkien korroosio; THL. (2022). Juomaveden laatu – metallit; Ruokavirasto. (2023).

B2: Muovimateriaalien yhdisteet (esim. PVC, PE, PEX)

S = 6: Haju- ja makuhaittoja voi ilmetä, jos putkimateriaaleista liukenee yhdisteitä veteen – vaikutus tuotteen laatuun.

O = 5: Tunnettu ongelma erityisesti elintarvikekäyttöön sopimattomien tai halpojen materiaalien kanssa.

D = 5: Vaatii sensorisia testejä tai kemiallisia analyysejä – ei aina helposti havaittavissa.

Toimenpide-ehdotus: Elintarvikekelpoisten materiaalien käyttö, veden testaus ennen käyttöönottoa.

Lähdeviite: ECHA. (2023). Polymeerien vaikutukset juomaveteen; WHO. (2017); Ruokavirasto. (2021).

B3: Puhdistuskemikaalijäämät

S = 8: Kemikaalien jääminen vesilinjoiniin voi johtaa elintarvikkeen kontaminoitumiseen.

O = 3: Harvinaista, jos ohjeistus on kunnossa, mutta virheitä voi sattua.

D = 4: Ei helposti havaittavissa ilman validointia ja säännöllistä näytteenottoa.

Toimenpide-ehdotus: Selkeä huuhteluohjeistus, ohjausventtiilit, validointi- ja seurantaohjelmat.

Lähdeviite: WHO. (2017). Chemical contaminants in food processing; Ruokavirasto. (2021); Evira. (2018).

B4: Desinfointiaineiden yliannostelu

S = 6: Voi aiheuttaa maku- tai hajuhaittoja tai ärsytystä, vaikka ei akuutti terveysriski.

O = 2: Hyvin epätodennäköistä automaattisessa annostelussa.

D = 3: Kemialliset pitoisuudet ovat mitattavissa helposti.

Toimenpide-ehdotus: Automaattinen annostelu, näytteiden analysointi.

Lähdeviite: THL. (2020). Veden desinfiointi; WHO. (2017). Safe use of disinfectants in drinking water.

Analyysin vaihe C: Teknisten riskien arviointi ja perustelut.**C1: Kuollut haara putkistossa (tekninen näkökulma)**

S = 9: Mahdollistaa mikrobikasvun ja biofilmin, mikä vaarantaa tuoteturvallisuuden.

O = 7: Yleinen ongelma vanhoissa tai huonosti suunnitelluissa verkostoissa.

D = 5: Kohtalainen havaittavuus – vaatii aktiivista seurantaa ja näytteenottoa.

Toimenpide-ehdotus: Kuolleiden haarojen poistaminen, kartoitus ja automatisoitu huuhtelu.

Lähdeviite: Talotekniikka-info. (2021). Käyttövesiverkoston ongelmakohdat; Ruokavirasto. (2023).

C2: Takaiskuventtiilin puute

S = 10: Kontaminaatoriski puhtaan ja epäpuhtaan veden välillä – vakava tuoteturvallisuusuhka.

O = 5: Kohtalainen riski, jos suunnittelussa tai kunnossapidossa on puutteita.

D = 4: Havaitsee suunnittelu- tai huoltotarkastuksissa, mutta ei jatkuvasti.

Toimenpide-ehdotus: Asennusohjeistus, määräaikaistarkastukset, suunnittelustandardit.

Lähdeviite: WHO. (2011). Guidelines for Drinking-water Quality; STM. (2017). Talousveden laatu ja valvonta.

C3: Paine-erojen hallinnan puute

S = 8: Virtaussuunta voi muuttua ja aiheuttaa kontaminaation.

O = 6: Todennäköistä ilman automaattista paineenvontaa.

D = 5: Vaikea havaita ilman jatkuvaa mittausta tai hälytystä.

Toimenpide-ehdotus: Verkoston tasapainotus, paineenvontta, suunnittelun standardointi.

Lähdeviite: Talotekniikka-lehti. (2022). Käyttövesiverkoston paine-erot ja riskit.

C4: Laitteiden liitospisteiden heikot kohdat

S = 8: Vesi seisoo komponenteissa → mikrobikasvun riski.

O = 5: Kohtalainen todennäköisyys, jos rakenteita ei huolleta säännöllisesti.

D = 6: Vaatimuksena rakenteellinen arviointi tai näytteenotto.

Toimenpide-ehdotus: Automaattinen huuhtelu, prosessiseuranta, säännöllinen huolto.

Lähdeviite: Ruokavirasto. (2021).

Analyyysin vaihe D: Toiminnallisten riskien arviointi ja perustelut.**D1: Käyttötauko ilman huuhtelua**

S = 8: Vesi seisoo → mikrobikasvun ja veden laadun heikkenemisen riski.

O = 6: Kohtalaisen yleistä ilman automaattisia huuhteluprosesseja.

D = 5: Voidaan havaita säännöllisellä valvonnalla tai ohjeistuksella.

Toimenpide-ehdotus: Automaattinen huuhtelu, käyttöönotto-ohjeistus, seuranta.

Lähdeviite: WHO. (2011); Ruokavirasto. (2022). Vesihygienia elintarviketeollisuudessa.

D2: Tilapäinen letkuliitäntä ilman suojaa

S = 9: Takaisinvirtaus voi saastuttaa puhtaan veden linjan.

O = 5: Mahdollista huoltotilanteissa tai kiireessä.

D = 6: Usein jää huomaamatta ennen kuin haitta ilmenee.

Toimenpide-ehdotus: Takaiskuventtiilit, ohjeistus, koulutus.

Lähdeviite: Talotekniikka-info. (2020); STM. (2017).

D3: Puhdistusvirhe – huuhtelun laiminlyönti

S = 8: Puhdistusaine voi päätyä tuotteeseen.

O = 4: Harvinaista, mutta inhimillinen virhe mahdollinen.

D = 5: Vaatii tarkkaa valvontaa ja ohjeistuksen noudattamista.

Toimenpide-ehdotus: Selkeä ohjeistus, valvonta, validointi.

Lähdeviite: WHO. (2017); Evira. (2018).

D4: Venttiilin väärä käyttö

S = 7: Voi aiheuttaa virtaussuunnan muutoksen ja epävakauden.

O = 5: Mahdollista epäselvien käyttöohjeiden tai kiireen vuoksi.

D = 6: Vaatii selkeää vastuuta ja prosessien tuntemusta.

Toimenpide-ehdotus: Koulutus, visuaaliset ohjeet, vastuunjako.

Lähdeviite: Vesilaitosyhdistys & Elintarviketeollisuusliitto. (2018).

Analyyysin vaihe E: Poikkeustilanteiden ja ulkoisten riskien arviointi ja perustelut.**E1: Ilkivalta tai sabotaasi veden syöttöpisteessä**

S = 10: Voisi aiheuttaa laajaa tuoteturvallisuuden vaarantumista.

O = 2: Erittäin harvinainen, mutta mahdollinen suojaamattomissa kohteissa.

D = 8: Vaikea havaita ennen vaikutuksia, jos ei ole valvontaa.

Toimenpide-ehdotus: Kameravalvonta, pääsyräjoitukset, lukitus.

Lähdeviite: STM. (2020). Elintarviketurvallisuus poikkeustilanteissa; WHO. (2011).

E2: Kriisitilanne – veden syötön katkeaminen

S = 9: Toiminta voi keskeytyä kokonaan.

O = 3: Harvinainen, mutta mahdollinen huoltovarmuusnäkökulmasta.

D = 7: Vaikea ennakoida, vaikutukset ilmenevät nopeasti.

Toimenpide-ehdotus: Varmavesijärjestelmä, säiliöt, kriisivalmiussuunnitelma.

Lähdeviite: Huoltovarmuuskeskus. (2021); STM. (2020).

3: Varajärjestelmän puute

S = 8: Toiminta ei voi jatkua ilman vettä.

O = 4: Kohtalainen riski, jos varautumista ei ole.

D = 6: Voidaan havaita ennakolta, jos suunnitelma puuttuu.

Toimenpide-ehdotus: Varajärjestelmän toteutus, testaus ja dokumentointi.

Lähdeviite: Talotekniikka-info. (2021); Ruokavirasto. (2023).