

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

2023

Pirita Efe

Poikkeustilanteet kaukolämpöyhtiössä

– Näkökulmia riskienhallintaan ja
varautumisharjoitteluun

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

Helmikuu 2023 | Sivumäärä 58 + 9

Pirita Efe

Poikkeustilanteet kaukolämpöyhtiössä

- Näkökulmia riskienhallintaan ja varautumisharjoitteluun

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää millaisia ovat normaaliolojen poikkeustilanteet kaukolämpöyhtiö Turku Energialla, ja tuoda tutkimustulosten pohjalta kehittämideoita riskienhallintaan ja varautumisharjoitteluun. Tutkimusmenetelmänä käytettiin kvantitatiivista kyselytutkimusta, jossa määriteltiin Likert -asteikon avulla riskiluku poikkeustilannetyypeistä. Tutkimusotokset olivat Turku Energian käyttö- ja kunnossapidossa työskentelevää henkilökuntaa.

Poikkeustilanteet ovat pääosin hyvin epätodennäköisiä, mutta toteutuessaan niiden todennäköisimmät aiheuttajat ovat kaukolämmöntuotannon osajärjestelmät, joiden kunnossapito- ja poikkeustilanteiden ennaltaehkäisytarve on kasvanut: Kaukolämpöverkoston vaurioiden aiheuttamat lyhyet lämmönjakelukatkokset sekä kaukolämpölaitosten mekaaniset häiriöt koettiin suurimmiksi riskeiksi.

Riskienhallinnan taso on hyvä, mutta kehitettävääkin löytyi. Tärkeimmät kehittämiskohteet liittyivät työntekijöiden sisäiseen toiminnan organisointiin sekä käytävissä oleviin henkilöstöresursseihin. Varautumisharjoittelu taas tulee kohdistaa haasteelliseksi koettuihin tilanteisiin, joita ovat automaatiojärjestelmän kaatuminen ja muut moniammatillista osaamista edellyttävät tilanteet.

Asiasanat:

Kaukolämpö, poikkeustilanne, riskienhallinta, varautumisharjoittelu

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Degree programme in Energy and Environmental Technology

February 2023 | Number of pages 58 + 9

Pirita Efe

Exceptional situations at a district heating company

- Perspectives on risk management and preparedness training

The purpose of this bachelor's thesis was to find out what type of the exceptional situations there are under conditions in the district heating company Turku Energia, and to come up with development ideas for risk management and preparedness training based on the research results. A quantitative survey was used as the research method. In the survey, a risk figure for the types of exceptional situations was defined using a Likert scale. The targeted research groups were Turku Energia's employees working in operation and maintenance.

Exceptions are mostly very unlikely, but if they do occur, they are most likely caused by district heat production sub-systems, whose maintenance and exceptional situation' prevention needs have increased: Short heat distribution interruptions caused by damage to the district heating network and mechanical disturbances of district heating plants were perceived as the biggest risks.

The level of risk management was considered good, however room for improvement was also found. The most important areas for development are related to internal organization of employees' activities and available personnel resources. Preparedness training, on the other hand, should be aimed at situations perceived as challenging, such as automation system crashes and other situations requiring multi-professional skills.

Keywords:

District heating, exceptional situation, risk management, preparedness training

Sisällys

1 Johdanto	6
2 Kaukolämpötoiminta	8
2.1 Kaukolämmöntuotannon toimintaperiaate	8
2.2 Riskienhallinta	9
2.3 Huoltovarmuus ja varautuminen	10
2.4 Turku Energia	12
3 Tutkimusprosessi	15
3.1 Lähdekirjallisuus	15
3.2 Tutkimusmenetelmät	18
4 Poikkeustilanteet kaukolämpöyhtiössä	22
4.1 Kaukolämpöverkoston vauriot	23
4.2 Muut poikkeustilanteiden syyt	25
4.3 Tulipalot ja räjähdykset	27
4.4 Tietoliikennehäiriöt, kyberturvallisuus ja hybridivaikuttaminen	33
5 Tutkimustulokset	36
6 Näkökulmia riskienhallintaan ja varautumisharjoitteluun	43
6.1 Poikkeustilanteet Turku Energialla	43
6.2 Tutkimustulosten käyttö riskienhallinnassa ja varautumisharjoittelussa	46
6.3 Tutkimustulosten luotettavuus ja käyttö	50
Lähteet	53

Liitteet

Liite 1. Kaukolämmöntuotannon prosessikaavio

Liite 2. Tiedote tutkimuksesta

Liite 3. Kysely Turku Energian käyttö- ja kunnossapidon henkilökunnalle

Kuvat

Kuva 1 Riskimatriisi ja riskitason määrittäminen (Siirilä & Tytykoski 2016; Valtio-neuvosto 2017, muokattu).

Kuva 2 Varautumisharjoituksiin osallistuminen (n = 15)

Kuva 3 Riskienhallinnan taso riskilukujen perusteella (n = 15)

Kuva 4 Kysymyksen numero 13 tulokset (n = 15)

Kuva 5 Kysymyksen numero 14 tulokset (n = 15)

Taulukot

Taulukko 1 Tukesin Vaurio- ja onnettomuusrekisteristä (VARO) koottuja kauko-lämpölaitosten tulipalojen syttymissyitä

Taulukko 2 Tukesin Vaurio- ja onnettomuusrekisteristä (VARO) koottuja kauko-lämpölaitosten räjähdysten syitä

Taulukko 3 Kysymysten 4, 5, 7, 8, 10 ja 11 tuloksina saadut riskilukujen keskiar-vot suuruusjärjestyksessä (n = 15)

Kaavat

Kaava 1 Riskiluvun määrittäminen (Kangas 2017).

1 Johdanto

Tämä Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö, Poikkeustilanteet kaukolämpöyhtiössä – Näkökulmia riskienhallintaan ja varautumisharjoitteluun, on Turku Energian toimeksi antama, kaukolämpöyhtiön normaaliolojen poikkeustilanneriskejä kartoittava ratkaisukeskeinen tutkimus. Turku Energia on Varsinais-Suomen suurin kaukolämpöyhtiö, joka tunnetaan kaukolämmön tuotannon ja jakelun lisäksi lukuisista muista energiapalveluistaan (Turku Energia 2022a).

Energiasektorin jatkuvuuden- ja riskienhallinnan merkitys sekä tämän opinnäytetyön ajankohtaisuus konkretisoitui helmikuussa 2022 Venäjän aloittaessa hyökkäyssodan Ukrainaan tuhoten muun muassa paikallista energiainfrastruktuuria. Euroopan muuttunut turvallisuus- ja energiapoliittinen tilanne on heikentänyt energiasektorin ennustettavuutta merkittävästi myös Suomessa. (Valtioneuvosto 2022a.) Energiayhtiöt kaukolämpöyhtiöt mukaan lukien päivittävät lakisääteisiä varautumissuunnitelmiaan säännöllisesti, ja niiden käytännön toimivuutta ja ajantasaisuutta on testattu ahkerasti kuluneen vuoden aikana simuloitujen energianjakeluhäiriöihin perustuvien varautumisharjoituksin.

Opinnäytetyön aihe ja työelämän kehittämiskohde löydettiin marraskuussa 2022 Turku Energialla järjestetyn Lyly 2022 -varautumisharjoituksen inspiroimana. Varautumisharjoitus perustui Turku Energiaan kohdistuneeseen, kuvitteelliseen hybrdivaikuttamistilanteeseen, jossa testattiin muun muassa yhtiön toimintamallit sähkönjakeluhäiriö- ja kyberhyökkäystilanteessa kaukolämpötoiminnan jäädessä harjoituksessa vähäisempään rooliin. Koska suoraan kaukolämpötoimintaan suuntautuvaa varautumisharjoitusta ei ole Turku Energialla järjestetty, opinnäytetyölle löydettiin ratkaistavaksi tutkimusongelma.

Opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa yleisluontoisesti Turku Energian kaukolämmöntuotannon pääjärjestelmiin kohdistuvat, todennäköisimmät ja merkittävimmät, normaaliolojen poikkeustilanneriskit, jotka voivat toteutuessaan johtaa kaukolämmön tuotantokatkokseen tai voimalaitosturvallisuuden vaarantumiseen. Aihepiirin kokonaislaajuuden vuoksi opinnäytetyössä käsiteltävä alue rajattiin

kaukolämmöntuotannon käytännönläheisiin toimintoihin menemättä syvällistä asiantuntemusta vaativiin yksityiskohtiin. Opinnäytetyön tuloksilla vastataan tutkimuskysymykseen, millaisia ja kuinka merkittäviä poikkeustilanneriskejä kaukolämpöyhtiössä on?

Koska kaukolämmöntuotanto on tekemisissä korkeiden lämpötilojen, palavien aineiden, koneiden, painelaitteiden ja automaatiojärjestelmien kanssa, poikkeustilanteet ovat ennaltaehkäisytoimenpiteistä huolimatta jossain määrin mahdollisia. Poikkeustilanteista johtuvat tuotantokatkokset voivat välittyä kaukolämmön lopukuluttajille eri pituisina palvelun keskeytyksinä, mutta kaukolämpöyhtiön näkökulmasta ne voivat johtaa jopa mittaviin henkilö- ja omaisuusvahinkoihin. Riskienhallinnan ja varautumisharjoitusten kautta voidaan vaikuttaa poikkeustilanteiden ennaltaehkäisyyn ja voimallisuusturvallisuuden edistämiseen; Kyse on pienistä toimenpiteistä verrattuna epäsuotuisiin tapahtumiin, joilla voi olla suuret vaikutukset ja seuraukset. Yhtenä tutkimuksen osatavoitteena onkin löytää riskienhallintaa poikkeustilanteiden osalta parantavat kehittämiskohteet ja näkökulmat sekä tuoda toimeksiantajan käyttöön hyödyllinen, ajankohtainen ja tutkittu tieto.

Opinnäytetyön luvussa 2. käsitellään tiivistetysti kaukolämmön toimintaperiaate sekä aiheen kannalta olennaisimmat kaukolämpölaitoksen järjestelmät. Tämän lisäksi luvussa esitellään riskienhallintaa, huoltovarmuutta ja varautumista ohjaavat periaatteet sekä opinnäytetyön toimeksiantaja- ja tutkimuksen kohdekaukolämpöyhtiö Turku Energia. Luvussa 3. esitellään opinnäytetyöprosessissa apuna käytetty lähdekirjallisuus sekä tutkimusosuudessa hyödynnetyt tutkimusmenetelmät, analyysityökalut sekä niiden teoreettinen tausta. Luvussa 4. kuvataan aiheeseen johdattelevasti kaukolämpötoiminnan keskeisimmät, normaalissa toiminnassa mahdollisesti esiintyvät poikkeustilannetyypit sekä niiden aiheuttamat haasteet. Luvussa 5. raportoidaan opinnäytetyön tutkimusprosessin tulokset. Tulosten tarkempi analyysi ja keskeisimmät tutkimushavainnot käsitellään luvussa 6, jossa arvioidaan myös niiden luotettavuus, käyttömahdollisuudet sekä hyödyllisyys toimeksiantajayhtiön riskienhallinnassa ja varautumisharjoituksissa tutkimushavaintoihin ja lähdekirjallisuuteen peilattuna.

2 Kaukolämpötoiminta

2.1 Kaukolämmöntuotannon toimintaperiaate

Kaukolämpö tarkoittaa rakennusten ja käyttöveden lämmitykseen tarvittavan energian keskitettyä tuotantoa ja julkista jakelua asiakkaille, ja sen toteutus tapahtuu liiketoimintana. Suomalainen kaukolämpöjärjestelmä on maailmanlaajuisesti huipputasoa ja se on Suomen yleisin lämmitysmuoto: suomalaista 2,7 miljoonaa asuu kaukolämmitetyssä kodissa. Kaukolämpöä tuotetaan voimalaitoksella, lämpökeskuksessa tai erilaisia hukkalämmönlähteitä hyödyntämällä. (Kaukolämpö.fi, 2022a; Kaukolämpö.fi, 2022b.) Vuonna 2020 kaukolämmöstä noin 87 prosenttia tuotettiin polttoaineilla ja loput lämpöpumpuilla tai erilaisin lämmöntalteenottoratkaisuin. Käytetyimmät polttoaineet olivat puu ja muut biopolttoaineet yli 47 prosentin osuudella, mutta myös maakaasu ja turve ovat yleisiä polttoaineita. Kaukolämpöverkoston pituus Suomessa oli vuonna 2020 yhteensä 15 570 kilometriä sisältäen kasvua edellisvuoteen verrattuna. Kaukolämpöä tuotettiin yhteensä noin 33,6 terawattituntia (TWh), ja asuinrakennusten osuus kaukolämmön kokonaiskäytöstä oli lähes 55 prosenttia. Kaukolämpöä tuottavien voimalaitosten yhteiskapasiteetti oli 9000 megawattia (MW), ja mukaan lukien myös muut tuotantomuodot, tehokapasiteetti oli yhteensä 15 200 MW. (Energiateollisuus 2022, 1–3.)

Kaukolämpölaitoksen tärkeimmät pääjärjestelmät ovat kaukolämpö- ja kattilavesisijärjestelmä, palamisilma- ja savukaasujärjestelmä sekä polttoaineen vastaanotto-, kuljetin- ja tuhkan käsittelyjärjestelmät (Renewa 2015). Lisäksi kaukolämpölaitos sisältää lukuisia apujärjestelmiä, mutta niitä ei tässä opinnäytetyössä liioin käsitellä. Kaukolämpölaitoksen järjestelmiä ohjataan automaation, eli ohjelmoidun järjestelmän avulla. Kiinteää biopolttoainetta käyttävän kaukolämpölaitoksen AutoCAD Plant 2023 -ohjelmistolla laadittu, yleistä kaukolämmöntuotannon rakennetta kuvaava prosessikaavio on nähtävillä liitteessä 1. Kaukolämpölaitoksen käynnistys- eli ylösajovaiheessa kattila eli tulipesä kuumennetaan käyttölämpötilaan (noin 750–870 °C) käyttäen käynnistyspolttimia sekä teknisien ominaisuuksien mukaan öljyä tai nestemäistä maakaasua. Normaalikäytössä

polttoaineena käytetään kiinteää polttoainetta, joka kuljetetaan polttoainevarastosta erilaisten polttoainekuljettimien avulla. Palamisilmajärjestelmä huolehtii optimaalisista palamisolosuhteista kattilassa, savukaasujärjestelmä poistaa palamattomat kaasut ja tuhkanpoistojärjestelmä poistaa palamattoman kiinteän aineksen. Kaukolämmöntuotannon kannalta tärkeimpiä laitoksen osia on kahdennettu. (KPA Unicon Oy 2018, 11, 23–27.) Kattilan seinämät muodostuvat putkirakenteista, joiden sisällä kaukolämpövesi kuumenee, ja kattilavesijärjestelmä huolehtii veden riittävydestä putkirakenteissa. Kaukolämpölaitos on kytketty joko suoraan tai lämmönsiirtimen välityksellä epäsuorasti kaksiputkiseen, maanalaiseen kaukolämpöverkoston. Kaukolämpöjärjestelmän pumput siirtävät kattilassa kuumentuneen veden menoputken välityksellä asiakkaiden käyttöön, ja lämmön luovuttanut vesi palaa tuotantolaitokselle paluuputkessa uudelleen lämmitettäväksi. (Renewa 2015.)

2.2 Riskienhallinta

Riskillä tarkoitetaan yleisesti menetyksen, tappion tai vahingon uhkaa ja riskeillä voidaan kuvata epävarmuustekijöitä sekä niiden vaikutusta organisaation toimintaan ja tavoitteisiin. Riskialtista tapahtumaa ilman seurauksia voidaan kutsua läheltä piti- tai vaaratilanteeksi. Riskialttiilla tapahtumalla voi olla useita syitä ja seurauksia ja niiden vaikutusta arvioidaan riskienhallinnan avulla. Riskienhallinnalla tarkoitetaan järjestelmällistä selvitystä kaikista tietyn kohteen riskeistä, niiden suuruudesta, ehkäisystä ja vähentämisestä sekä toimintaa, jonka avulla organisaatiota johdetaan ja ohjataan riskien osalta. (SFS ry 2011, 8,12.) Riskienhallinnan keinoina käytetään riskin välttämistä, siirtämistä, pienentämistä, vahingontorjuntaa sekä riskin ottamista. Riskien arviointia tehdessä on tärkeää ymmärtää organisaation toimintaympäristöön vaikuttavien sisäisten ja ulkoisten tekijöiden vaikutus. (TSK ry 2006, 68; SFS ry 2019, 11.)

Niitä riskejä, joita toiminnassa ei pystytä täysin välttämään riskienhallinnasta huolimatta, kutsutaan jäännösriskeiksi, ja ne arvioidaan tapauskohtaisesti riskien todennäköisyyden, vaikutusten ja siedettävyyden osalta. Jäännösriskien olemassaoloon kaukolämpöyhtiössä voidaan varautua muun muassa turvalaitteiden ja

muiden turvallisuusominaisuuksien avulla, kouluttamalla työntekijät tunnistamaan ja ennaltaehkäisemään työskentely-ympäristön sisältämät riskit, varmistamalla työntekijöiden riittävä työtehtävien vaatima osaaminen, huolehtimalla riittävästä henkilöstöresursseista, laatimalla tarkat työohjeet ja -suunnitelmat, panostamalla jatkuvaan työskentelytilojen siisteyteen ja varautumalla ennalta-arvaamattomiin poikkeustilanteisiin hyväksi havaituilla käytännöillä. Hyviä käytäntöjä kaukolämpöyhtiössä on esimerkiksi materiaalisen varautumisen osalta riittävän polttoaineen ja kriittisten varaosien varastointi. (Siirilä & Tytykoski 2016, 693–695.)

2.3 Huoltovarmuus ja varautuminen

Kaukolämmöntuotanto on yksi niistä kriittisen infrastruktuurin toiminnoista, jotka kuuluvat huoltovarmuuteen. Huoltovarmuus kaukolämmöntuotannossa tarkoittaa tuotannon jatkuvuudenhallintaa ja toiminnan turvaamista perustoimintaa vaarantavissa poikkeus-, häiriö- ja kriisitilanteissa sekä poikkeusoloissa. (Huoltovarmuuskeskus 2022a.) Kriittinen infrastruktuuri pitää sisällään sellaiset palvelut ja tuotannot, jotka mahdollistavat yhteiskunnan toimivuuden, ja elintärkeät toiminnot, kuten sähkön ja lämmön tuotannon ja -jakelun sekä vesihuollon (Valtioneuvosto 2022b, 45). Suomen erityispiirteitä energiahuoltovarmuuden näkökulmasta ovat energiaintensiivinen teollisuus, kylmä ilmasto ja pitkä lämmityskausi sekä energia- ja polttoainejakelun pitkät välimatkat (Huoltovarmuuskeskus 2022a). Lämmityskaudella tarkoitetaan rakennusten vuosittaista lämmitystarvejaksoa, jonka aikana ulkolämpötilojen keskiarvo on keväällä alle + 10 °C ja syksyllä alle + 12 °C (Ilmatieteen laitos 2023). Huoltovarmuuden mitoituksessa ja arvioinnissa otetaan huomioon sekä normaaliolojen vakavat, pitkittyvät poikkeustilanteet, että poikkeusolojen aikaiset olosuhdemuutokset (Huoltovarmuuskeskus 2022b). Poikkeusolot määritellään valmiuslaissa, ja niillä tarkoitetaan Suomeen kohdistuva aseellista uhkaa tai sen jälkitila, energian ja veden saatavuuteen kohdistuva uhkaa tai tapahtumaa, vakavaa suuronnettomuutta ja laajoja tieto- ja viestintäliikenteeseen kohdistuvia häiriöitä (Valmiuslaki 29.12.2011/1552). Suomalaisen huoltovarmuuden vahvuus on julkisen ja yksityissektorin sopimukseen ja lakeihin perustuva yhteistyö. Koska kaukolämpöyhtiöt sekä operoivat että omistavat

kriittistä tuotantoa ja infrastruktuureja, niillä on huoltovarmuusorganisaatioissa keskeinen rooli. (Laki huoltovarmuuden turvaamisesta 18.12.1992/1390; Valtioneuvosto 2022b, 28.)

Huoltovarmuuden merkitys kaukolämmöntuotannossa on tärkeää normaaliolojen poikkeustilanteissa, koska esimerkiksi onnettomuuksien ja polttoaineiden saatavuuden muutosten ennustaminen on vaikeaa ja niiden seuraukset voivat olla vaikeat. Energiahuollon toimiala on huoltovarmuuskeskuksen alla toimiva yksikkö, jonka päätehtävä on huolehtia energian häiriöttömästä saatavuudesta, ja se turvataan muun muassa materiaalisella varautumisella eli velvoitevarastoinnilla. Kaukolämpöyhtiöiden velvoitevarastoinnilla varmistetaan esimerkiksi tuontipolttoaineiden saatavuus saatavuushäiriöiden varalta, jolloin ne ovat itse keskeisessä ja ensisijaisessa roolissa huoltovarmuuden varmistamisessa. Muita energiahuollon tehtäviä ovat energiapoliittisen tilanteen ja energiamarkkinoiden kehityksen seuranta, huoltovarmuusnäkökulman esillä pitäminen, energiahuoltovarmuuden kehittäminen ja varautumissuunnittelun edistäminen. (Huoltovarmuuskeskus 2022b; Valtioneuvosto 2022b, 33–34.)

Varautuminen tarkoittaa kaikkia ennalta tehtyjä toimenpiteitä, joiden avulla hallitaan toimintaan kohdistuvat poikkeustilanteet. Varautumiseen liittyvät toimet, kuten esimerkiksi varautumissuunnitelmat, ohjeistukset, harjoitukset ja koulutukset, antavat kaukolämpöyhtiölle nopean toiminnan palauttamiskyvyn, jolloin sekä kaukolämpöasiakkaat että itse yhtiö kokevat poikkeustilanteista mahdollisimman vähän haittaa. (Karttunen ym. 2014, 3–4.) Kaukolämmön tuotanto- ja toimitusvarmuuden varmistamiseksi kaukolämpöyhtiöt laativat vähintään kolmen vuoden väliajoin varautumissuunnitelmat sekä osallistuvat säännöllisesti varautumista edistävään toimintaan, kuten esimerkiksi harjoituksiin. (Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista 1048/2018.) Teknologinen kehitys on luonut huoltovarmuussektorille uusia haasteita ja riskitekijöitä, jonka vuoksi tärkeäksi rinnakkaiseksi toiminnoksi huoltovarmuuskriittisen tuotannon ja järjestelmien turvaamiseksi on noussut jatkuvuudenhallinta. Jatkuvuudenhallinta on varautumiseen liittyvä prosessi, jolla tunnistetaan ja rajoitetaan toiminnan uhkien ja riskien vaikutukset ja luodaan ennakoivasti toimintatavat sekä riskien ja vaikutusten

arvioinnit vakavia poikkeustilanteita varten. (Huoltovarmuuskeskus 2022d; Karttunen ym. 2014, 3–4.)

Varautumissuunnitelma tulee päivittää aina, kun olosuhteissa tapahtuu päivitystä edellyttäviä muutoksia, ja suunnitelmia valvoo Energiavirasto. (Energiavirasto 2022, 1–2.) Varautumissuunnitelmassa huomioidaan myös valmiuslaissa esitetyt poikkeusolot. Koska poikkeusolot ovat normaaliolojen poikkeustilanteisiin verrattuna harvinaisempia, varautumissuunnitelmassa voidaan tarkemmin keskittyä todennäköisimpiin normaalioloissa esiintyviin poikkeustilanteisiin. Normaalioloihin tähtäävässä varautumissuunnitelmassa ohjeistukset ja tavoitteet voidaan yhteinäistää vastaamaan toiminnan luotettavuutta kaikissa tilanteissa. (Karttunen ym. 2014, 4.) Varautumissuunnitelmassa voidaan nähdä yhtymäkohtia myös laatusuunnitelman kanssa, koska molempien tavoite on toimia ongelmia ennaltaehkäisevästi ja riskiperusteisesti. Standardissa SFS-EN ISO 9001:2015, laadunhallintajärjestelmien käyttöönoton todetaan olevan organisaation strateginen päätös, joka mahdollistaa muun muassa kokonaisvaltaisen suorituskyvyn sekä riskienhallinnan parantumisen. (SFS 2015, 5, 32.)

2.4 Turku Energia

Turku Energia on tuottanut energiaa lähialueen kotitalouksille, teollisuudelle ja julkisille rakennuksille yli sadan vuoden ajan, ja kaukolämpötoiminta aloitettiin Turussa vuonna 1976. Nykyisin Turku Energia on Varsinais-Suomen suurin kaukolämpöyhtiö. Yhtiön energiapalveluihin kuuluu muun muassa sähkön ja kaukolämmön myynti ja jakelu sekä kaukojäähdytyksen, prosessihöyryn, verkostourakoinnin ja kunnossapidon palveluita. Konsernin tytäryhtiöt ovat Turku Energia Sähköverkot Oy ja Turun Seudun Kaukolämpö Oy. Turku Energia Sähköverkot Oy ylläpitää, käyttää ja rakentaa omistamaansa sähköverkkoa ja Turun Seudun Kaukolämpö Oy toimii kaukolämmön siirtäjänä tuotantopisteiltä asiakkaille. Turku Energialla on myös 12,5 prosentin osakkuus Suomen Hyötytuuli osakeyhtiöstä. Turku Energian emoyhtiön, Oy Turku Energia (ruotsiksi Åbo Energi Ab), omistaa Turun kaupunki. (Turku Energia 2022a; STT 2022b.) Vuonna 2021 Turku Energialla oli noin 200 000 kaukolämmön loppuasiakasta, ja kaukolämpöä myytiin

2039 GWh. Yhtiön strategiassa asiakkaat, yrityksen toimintavarmuus ja luotettavuus ovat tärkeässä asemassa. Turku Energian asiakaslupaus onkin ”Olemme lähellä, näemme kauas”. (Turku Energia 2022d, 5.)

Turku Energian toimipaikat sijaitsevat Teollisuuskadulla Turussa sekä Naantalın voimalaitoksella. Tärkeimmät kaukolämmön perustuotantolaitokset sijaitsevat Naantalissa ja hajautettuna Turussa. Turku Energian osakkuusyhtiö Turun Seudun Energiantuotanto Oy:ltä (TSE) hankitaan valtaosa kaukolämpöverkon alueella tarvittavasta kaukolämmöstä. Tärkein TSE Oy:n voimalaitos sijaitsee Naantalissa, tuottaen sekä kaukolämpöä että sähköä. Naantalissa tuotettu lämpö siirretään kuluttajille pitkää, maan alla kulkevaa kaukolämpötunnelia pitkin. Muita toiminta-alueen kaukolämmön tuotantolaitoksia ovat TSE Oy:n omistamat Oriekodon biolämpölaitos ja Kakolan lämpöpumppulaitos sekä Turku Energian omistamat Artukaisten höyryntuotantolaitos ja Luolavuoren pellettilämpölaitos. (Turku Energia 2022d, 5.)

Tärkeä osa Turku Energian kaukolämmöntuotantoa ja -jakelua ovat perustuotantolaitosten poikkeustilanteissa sekä lämmityskauden pakkasilla käytettävät huipputeho- ja varavoimalaitokset sekä kaukolämpöakut. (Turku Energia 2022d, 5.) Huippu- ja varalämmön tuotantoon käytetään perustuotantolaitoksista erillisiä lämpökeskuksia, jotka sijaitsevat hajautetusti Turun ja ympäryskaupunkien Raision, Naantalın ja Kaarinan alueilla. Lämpökeskusten teholuokat vaihtelevat yhdestä megawattista 40 megawattiin suhteutettuna niiden toiminta-alueella sijaitsevan asiakaskunnan kokoon. (Turku Energia 2022c.) Kaukolämpöakkuja on Turku Energian toiminta-alueella kaksi kappaletta ja niiden toiminta-ajatuksena on lämpöenergian tilapäinen varastointi, käyttöhuippujen tasaaminen ja lyhytaikaisten tehovajaustilanteiden korjaaminen. (Kupila 2006, 53.) Yhteistä perustuotanto-, huipputeho- ja varavoimalaitoksille on, että niistä merkittävä osa toimii miehittämättömänä mutta valvottuna, automaatiojärjestelmien turvin.

Turku Energian riskienhallintamenettelyllä pyritään tunnistamaan, ehkäisemään ja hallitsemaan yhtiön toimintaan vaikuttavat riskit. Tunnistetut ja merkittävimmät toiminnalliset riskit liittyvät energiantuotantoon, -hankintaan ja jakeluun, ja huolto-

ja toimitusvarmuuden turvaaminen ovat riskienhallinnan ensisijaisia tavoitteita. Ennakoivilla riskienhallintatoimenpiteillä pyritään estämään poikkeustilanteet, ja omaisuuteen, toiminnan keskeytymiseen ja häiriöihin sekä toiminta- ja tuotevastuisiin liittyvät jäännösriskien vaikutukset on suojattu vakuutuksella ja niihin vaikutetaan myös henkilöstön varautumisharjoituksin. (Turku Energia 2022d, 6.)

Huoltovarmuusorganisaation Voimatalous-poolin suosittelemana useissa merkittävässä kaupungeissa järjestettiin alueelliset Jäätyvä-harjoitukset. Tammikuussa 2019 Turku Energia varautui lukuisten yhteistyökumppaneiden kanssa suurhäiriöön, jonka teemana oli sähkönjakelun keskeytyminen kahden viikon ajan. Jäätyvä 2019 -harjoituksessa vaikea sääilmiö, jäätävä sade, tuhosi tietoliikennemasot sekä sähkölinjat, jonka aiheuttama kuvitteellinen kriisi kosketti kaikkia alueen asukkaita ja yrityksiä aiheuttamalla laajat vedenjakelu- ja viemäröintihäiriöt, kaukolämpöpumppaamoiden toimimattomuuden sekä tietoliikenne- ja matkapuhelinverkkojen lamaan. Harjoituksessa laadittiin sähköverkoston korjaussuunnitelma ja harjoitettiin muun muassa kokonaistilanteen hallintaa sekä kriisitilanteen johtoa. (Soininen 2019.)

Marraskuussa 2022 Turku Energian Lyly 2022 -harjoituksessa harjoitettiin organisaation kriisinhallintaa, yhteistyötä ja johtamista poikkeustilanteessa, jossa yhdistyi useita, kaukolämpöyhtiön kannalta kriittisiä skenaarioita. Samanaikaisesti esiintyvät, hybridivaikuttamista mukailevat skenaariot osana harjoituksen kulkua olivat erään sähköaseman vikatilanne ja lyhytaikainen sähkönjakeluhäiriö, yhteisen sähkö- ja lämpövalvomon automaatiojärjestelmiin kohdistuva kyberisku, tietoverkkoyhteyksien häiriöt, varavoiman riittävyys kaukolämmöntuotannon ylläpitoon kyseisen sähköaseman läheisyydessä sekä ulkopuolisten ihmisten kokeman tilanteen aiheuttama runsas sosiaalisen- ja uutismedian spekulatio ja ruuhkautuneet asiakaspalvelulinjat.

3 Tutkimusprosessi

3.1 Lähdekirjallisuus

Opinnäytetyön tutkimusprosessi aloitettiin perehtymällä aihetta käsittelevään aiempaan lähdekirjallisuuteen ja tutkimuksiin, joiden avulla selvitettiin mitä käsiteltävästä asiasta jo tiedetään tai oletetaan tiedettäväksi (Metsämuuronen 2011, 72). Toimeksiantajayhtiöön eli Turku Energiaan tutustuttiin julkisen materiaalin kautta, joka on vapaasti luettavissa yhtiön internetsivuilla. Koska lakisääteiset varautumissuunnitelmat ovat julkisuuslain (621/1999) 24 §:n 7 ja 8 kohtien mukaisesti salassa pidettäviä asiakirjoja, varautumissuunnitelmiin tai muihin luottamuksellisiin aineistoihin ei tässä opinnäytetyössä viitata (Energiavirasto 2022, 2).

Opinnäytetyön teoriaosuutta täydentävinä materiaaleina käytettiin Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n tietokannan standardeja, oppaita ja sanastoja, Traficom ja Huoltovarmuuskeskuksen internetsivujen materiaaleja, Valtioneuvoston julkaisuja ja Finlexin lakitekstejä. Opinnäytetyön tärkeimmät termit määriteltiin käyttäen apuna kirjallisuutta, kuten esimerkiksi Koneturvallisuuden käsikirjaa (Siirilä & Tytykoski 2016), Sanastokeskus TSK ry:n palo- ja pelastussanastoa ja Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) internetsivuilla luettavissa olevia koulutusmateriaaleja. Teoriaosuudessa käytettiin käsiteltävää asiaa havainnollistavia poikkeustilanne-esimerkkejä, jotka voidaan tunnistaa sisennyksestä ja pienemmästä fontista tekstin rakenteessa. Käytetyt, referoidut esimerkit perustuvat todellisiin poikkeustilanteisiin, joten niistä poistettiin tunnistetiedot, ja ne löydettiin uutislähteistä sekä lähdeaineistosta.

Opinnäytetyön lähdekirjallisuuteen perehtymällä selvitettiin, onko kaukolämpöyhtiöiden poikkeustilanteiden kannalta löydettävissä yhteisiä tekijöitä tuotanto- ja jakeluvaiheessa ja mitkä osatekijät tarvitsevat lisäselvitystä tämän tutkimuksen yhteydessä. Lähdekirjallisuuden perusteella merkittävimmiksi tulkitut poikkeustilannetyypit, niihin johtaneet syyt ja poikkeustilanteiden kannalta kriittiset kaukolämmöntuotannon osajärjestelmät valittiin opinnäytetyön aihealueiksi. Aiemmista tutkimuksista hankittua tietoa käytettiin sekä vertailumateriaalina että tutkimusta

täydentävänä materiaalina. Kaikkiin käytettyihin aineistoihin suhtauduttiin lähdekriittisesti, arvioitiin tiedon luotettavuutta ja soveltuvuutta tutkimuksen lähdeaineistoksi. Saatavilla olevia aineistoja muokattiin, yhdisteltiin ja käytettiin siten, että tekstistä saatiin aihevalinnan kannalta ehjä ja opinnäytetyön tavoitteita palveleva kokonaisuus. (Hirsjärvi ym. 1997, 184.)

Lähdekirjallisuutena käytettiin muun muassa suomalaisten kaukolämpöyhtiöiden poikkeustilanteita käsitteleviä tutkimuksia ja tilastoja, joiden avulla kartoitettiin mahdolliset kaukolämpöyhtiöiden normaaliolojen poikkeustilanteet. Tärkeimmät tutkimusprosessissa hyödynnetyt kaukolämpöyhtiöiden onnettomuuksia käsittelevät tutkimukset ovat Energiateollisuuden tilastot, Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) vaurio- ja onnettomuusrekisteri (VARO) ja opas kiinteän polttoaineen lämmityskattiloiden turvallisuudesta (2018), Kaukolämpöyhtiöiden varautuminen suurhäiriöihin (Karttunen ym. 2014) sekä Fjärrvärmeolyckor (Andersson ym. 2009). Muita käytettyjä aineistoja ovat Huoltovarmuuskeskuksen kooste Tietoturvaa huoltovarmuuskriittisille yrityksille - Kooste automaatiota hyödyntävälle teollisuudelle suunnattujen tietoturvapojektien tuloksista (2013), Traficom in julkaisema Kyberturvallisuuskeskuksen vuosikatsaus (2021) sekä Keskuskauppa-kamarin ja Huoltovarmuuskeskuksen selvitys yrityksiin kohdistuvasta hybridivai-kuttamisesta (2022) ovat yleisesti yrityksiä käsitteleviä tutkimusraportteja. Koska kyseisten tutkimusraporttien kontekstit eivät yksiselitteisesti viittaa kaukolämpö-yhtiöihin, niiden sisältämää tietoa hyödynnettiin tässä tutkimuksessa soveltaen ja sisältöä täydentäen.

Energiasektorin elinkeino- ja työmarkkinapoliittinen etujärjestö Energiateollisuus ylläpitää kaukolämmön toimitusvarmuutta kuvaavia tilastoja. Tilastot käsittelevät muun muassa suomalaisen kaukolämpöverkoston vaurioista johtuvia keskeytyksiä lämmön toimituksessa, ja tärkeimmiksi Energiateollisuuden lähdeaineistoiksi valittiin Kaukolämpötilasto 2020, Kaukolämmön keskeytystilasto 2019 ja Kaukolämpöverkon vaurio tilasto 2019.

Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) seuraa, tutkii ja raportoi vakavimpia, muun muassa vaarallisiin kemikaaleihin sekä paine- ja sähkölaitteisiin liittyviä,

onnettomuuksia Suomessa ja ylläpitää niihin liittyvää vaurio- ja onnettomuusrekisteriä (VARO) (Tukes 2018, 3). Koska rekisteritietojen perusteella ei ole mahdollista muodostaa tarkkaa kokonaiskuvaa kaukolämpöyhtiöiden poikkeustilanteista tai niiden esiintymistajuudesta, VARO - rekisterin tietoja käytettiin teoriaosuuden täydentämisessä, havainnollistavana materiaalina poikkeustilanne-esimerkkien kautta sekä apuna kvantitatiivisen mittarin eli kyselylomakkeen luomisessa.

Gaia Consulting Oy:n Kaukolämpöyhtiöiden varautuminen suurhäiriöihin (Karttunen ym. 2014), on Energiategollisuus ry:n ja Huoltovarmuuskeskuksen tilaama tutkimushanke, jossa selvitettiin suomalaisten kaukolämpöyhtiöiden varautumisen nykytila ja luotiin tiekartta varautumisen kehittämiseksi. Tutkimusmenetelmänä tutkimushankkeessa on käytetty kaukolämpöyhtiöihin kohdistettuja, kvalitatiivisia puhelinhaastatteluja liittyen toteutuneisiin suurhäiriöuhkakuviin sekä kvantitatiivista kaukolämpöyhtiöille lähetettyä internet-kyselyä. Tutkimushankkeen tulokset käsittelevät läheisesti tämän tutkimuksen aihepiiriä.

Verrattuna muihin poikkeustilanteisiin johtaneisiin syihin kaukolämpöyhtiöissä, tuotantovaiheessa tapahtuneista tulipaloista ja räjähdyksistä löytyi lähdekirjallisuuden kautta runsaasti esimerkkejä ja rekisteröintitietoja, jonka vuoksi niistä kirjoitettiin oma kappaleensa. Kiinteän polttoaineen lämmityskattiloiden turvallisuus-opas (Tukes 2018) käsittelee pieniä, yhden megawatin puupohjaisten polttoaineiden lämmityskattiloita, joita käytetään muun muassa teollisuudessa. Oppaan käsittelemät onnettomuustilastot sekä kattiloiden käyttöön liittyvät riskit ovat lähdekirjallisuutena aihetta sivuavia ja suuntaa antavia, mutta eivät suoraan vertailukelpoisia tai sovellettavissa suurempien teholuokkien, kaukolämpölaitoksilla käytettäviin kattiloihin. Kirjallisuuskatsaus Fjärrvärmeolyckor, suomeksi Kaukolämpöonnettomuudet (Andersson ym. 2009) on Ruotsin kaukolämpöyhdistyksen Fjärrsyn -tutkimusprojektin hanke, joka toteutettiin vuosina 2006–2009. Kirjallisuuskatsauksessa on kattavasti analysoitu lähes 200 kansainvälistä vakavaa kaukolämpöonnettomuutta sekä niiden syitä yli 20 vuoden aikavälillä. Tutkimuksen käyttökelpoisuutta suomalaisen kaukolämpöyhtiön poikkeustilanteita kartoittavana lähdekirjallisuutena vähentää käytetyn lähdemateriaalin ikä, laaja

kansainvälisyys, tulosten jäsentelemättömyys sekä kaukolämmöntuotannon lisäksi myös muita voimalaitosonnettomuuksia käsittelevä aineisto.

3.2 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön tutkimusmenetelminä käytettiin kvantitatiivista kyselymuotoista tutkimusta sekä riskien tunnistamis- ja arviointimenetelmää. Opinnäytetyön tutkimusmenetelmäksi valittiin kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimus, koska se mahdollistaa ajallisen tehokkuutensa ansiosta laajan tutkimusaineiston keräämisen (Hirsjärvi ym. 1997, 188). Kvantitatiivinen tutkimus sopii parhaiten opinnäytetyön aihevalintaan ja mahdollistaa laskennalliset, tilastolliset, ja monipuoliset analysointimahdollisuudet.

Riskien tunnistamismenetelmänä käytettiin aihetta käsittelevän lähdekirjallisuuden, kuten aiempien tutkimusten, tilastojen ja rekisteritietojen analysointia. Menetelmässä tunnistettiin, millaisia poikkeustilanneriskejä kaukolämmöntuotannossa on, millaisia niiden vaikutukset ovat ja kartoitettiin keskeiset poikkeustilanteisiin johtaneet olosuhteet. Riskien arviointimenetelmää käytettiin, koska tarvittiin syvällisempää ymmärrystä ja tietoa sellaisten riskien olemassaolosta, jotka todennäköisimmin johtavat toimenpiteisiin riskin käsittelemiseksi. (SFS ry 2019, 9,46.) Riskien tunnistamismenetelmän pohjalta löydettiin tutkimuksen kannalta keskeiset käsitteet ja niiden operationalisoinnit (teoreettisen asian mittaaminen ja havainnointi) ja niiden pohjalta laadittiin Webropol – kyselytutkimusohjelmistoa apuna käyttäen opinnäytetyön kyselylomake (liite 2). Kyselylomake laadittiin muotoilemalla kysymykset siten, että tutkimustulosten avulla on mahdollista löytää vastaus tutkimuskysymykseen sekä tehdä riskienhallintaan ja varautumisharjoitteluun liittyvät havainnot opinnäytetyön tavoitteiden mukaisesti.

Eräs tutkimuslomakkeessa käytetty kysymystyyppi on Likert – tyyppinen mittari asteikolla 1–5. Likert-asteikko on keskeinen kvantitatiivisen kyselytutkimuksen mittarityyppi, jossa tutkimukseen osallistuva henkilö arvioi omaa käsitystään kyselylomakkeessa esitettyjen väitteiden ja kysymysten sisällöstä. (Metsämuuronen 2011, 70, 72.) Muita kyselylomakkeessa käytettyjä kysymystyyppejä

olivat strukturoitu monivalintakysymys ja avoin kysymys. Strukturoidussa monivalintakysymyksissä vastaaja valitsi annetuista vaihtoehdoista ennalta määritellyn määrän vastauksia ja sai halutessaan valita myös omia vastausvaihtoehtoja. Strukturoitujen monivalintakysymysten tarkoitus oli tuoda mahdollisimman laajasti esiin erilaisia näkökulmia ja samalla ennaltaehkäistä vastausten liiallinen keskittyminen yksittäisiin vastausvaihtoehtoihin. Vapaaehtoisten, avointen kysymysten avulla vastaajille annettiin mahdollisuus tuoda esiin merkityksellisiksi näkemiään asioita sekä sellaisia tutkimuksen sisältöä tarkentavia näkökulmia, joita tutkija ei osaa etukäteen ottaa huomioon kyselylomaketta laatiessaan. (Hirsjärvi ym. 1997, 193–195.)

Tutkimuksen kohteena olevista perusjoukosta valittiin otokset eli vastaajat. Tutkimuksen otoksiksi valittiin Turku Energian kaukolämmöntuotannon käyttö- ja kunnossapitohenkilökunta sekä Turusta että Naantalista, koska kyseiset kohde-ryhmät työskentelevät opinnäytetyössä kuvailtujen poikkeustilanteiden kannalta keskeisimmässä työtehtävissä kaukolämpölaitosten perustoiminnoissa. Kaukolämpöyhtiön oman henkilökunnan näkemyksen, kokemuksen ja ammattitaidon liittäminen osaksi tutkimusta arvioitiin tuovan tutkimustuloksiin lisäarvoa, luotettavuutta sekä vertailukelpoisuutta toimeksiantajayhtiön sisällä. Tutkimuksen reliabelius kuvaa tutkimuksen kykyä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia eli tulosten toistettavuutta, jolloin saman tutkimuksen laatiminen uudelleen johtaisi samaan lopputulokseen. Tutkimusaineisto kerättiin standardoidusti eli kysymykset esitettiin kaikille vastaajille samalla tavalla. (Hirsjärvi ym. 1997, 188, 226.) Anonyymisti toteutettu, Kysely Turku Energian käyttö- ja kunnossapidon henkilökunnalle (liite 2) lähetettiin Tiedote tutkimuksesta - saatekirjeen kera (liite 3) valituille otoksille sähköpostilinkin välityksellä 28.11.2022. Kysely sisälsi neljätoista (14) kysymystä ja se pidettiin avoinna vastauksille kymmenen (10) päivän ajan.

Saatujen vastausten perusteella suoritettiin riskianalyysiin sisältyvä menetelmä eli määriteltiin riskiluku jokaiselle kyselylomakkeessa esitetyle poikkeustilanteelle. Riskilukujen suuruus määriteltiin asteikkoon perustuvien kysymysten avulla, tapahtuman toteutumisen todennäköisyyden, vaikutusten, seurausten ja olosuhdemuutosten yhdistelmänä. Todennäköisyydellä riskienhallinnassa

viitataan jonkun tapahtuman toteutumisen mahdollisuuteen, ja se voidaan mitata tai määrittää monella eri tavalla (SFS ry 2011, 8, 12).

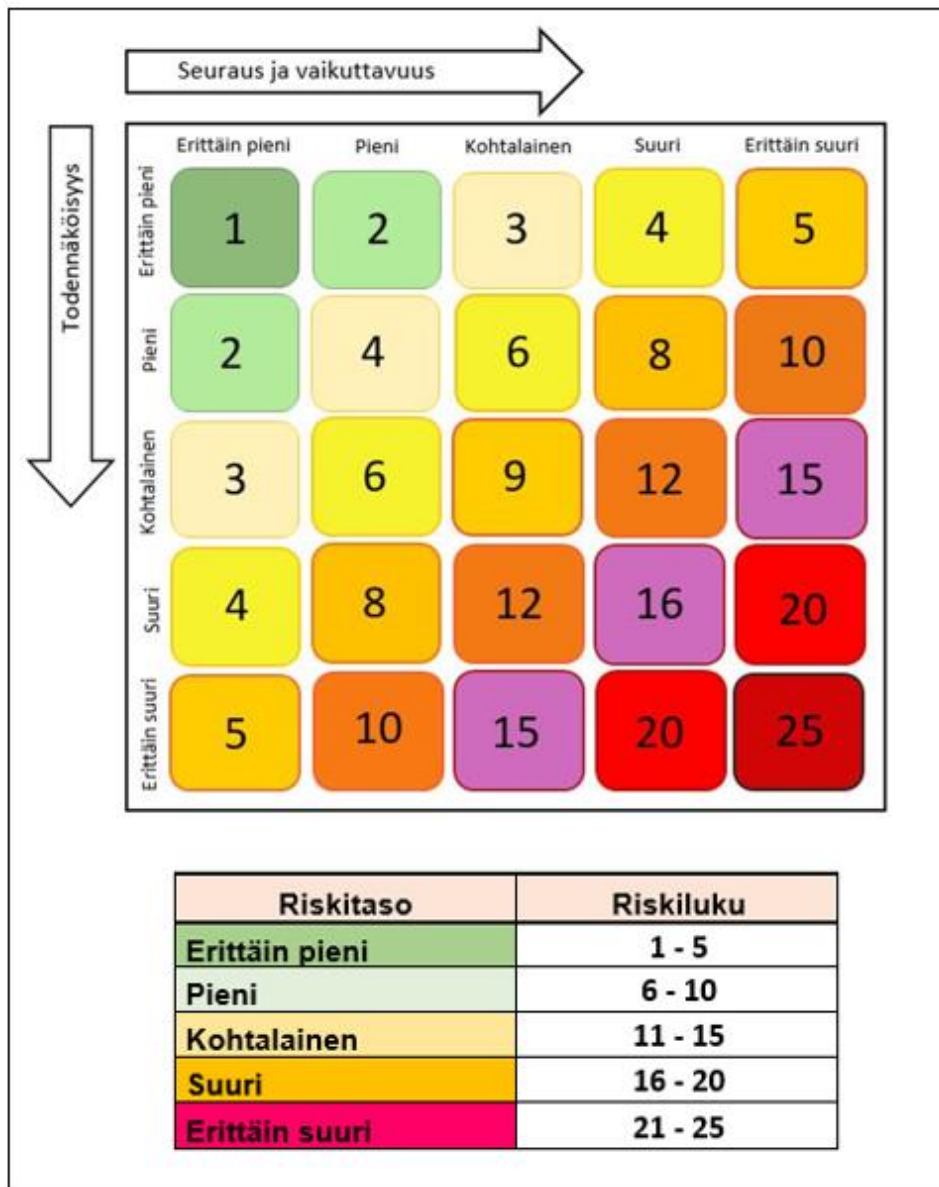
Riskiluku saatiin kertomalla riskin todennäköisyys sen seurauksilla ja vaikuttavuudella, ja yleisesti kirjallisuudessa riskiluku määritellään kaavalla:

Kaava 1 Riskiluvun määrittäminen (Kangas 2017).

$$R = pC$$

jossa p on riskiin liittyvän tapahtuman todennäköisyys ja C on mahdollisen tapahtuman seuraus.

Asteikon ollessa yhdestä viiteen, riskiluvuksi saadaan luku yhden (1) ja kahdenkymmenen viiden väliltä (25). Mitä suurempi luku on, sitä merkittävämpi riski on kyseessä. Riskiluvun suuruuden merkitystä voidaan tarkastella riskimatriisin avulla, jossa riskiluvut on jaettu viiteen (5) riskitasoon (kuva 1). Viisiportaista riskitason arviointia käytettäessä voidaan välttää systemaattisesti liian suuret tai liian pienet arvot verrattuna esimerkiksi kolmetasoiseen esitystapaan, ja niitä on selkeämpi käyttää esimerkiksi riskien arvioinnissa, priorisoinnissa ja korjaavien toimenpiteiden suunnittelussa. (Siirilä & Tytykoski 2016, 223.)



Kuva 1 Riskimatriisi ja riskitason määrittäminen (Siirilä & Tytykoski 2016; Valtioneuvosto 2017, muokattu).

Opinnäytetyön tulokset analysoitiin käyttäen tilastomatemattisia menetelmiä ja laatimalla tuloksia havainnollistavia taulukoita ja kuvioita Microsoft Excel -ohjelmaa apuna käyttäen. Riskien arviointimenetelmän viimeisessä vaiheessa arvioitiin riskien merkittävyys ja tarpeelliset toimenpiteet tutkimustulosten perusteella. (Siirilä & Tytykoski 2016, 223.) Tutkimusprosessissa käytettyjen menetelmien avulla päädyttiin opinnäytetyön loppuosassa käsitelyihin tuloksiin, tutkimushavaintoihin sekä kehittämisehdotuksiin.

4 Poikkeustilanteet kaukolämpöyhtiössä

Kaukolämpötoiminnassa esiintyvät poikkeustilanteet heikentävät toimitusvarmuutta vaikuttaen asiakkaiden luottamukseen. Vaikka kaukolämpöyhtiöissä esiintyy lämmöntuotannon ja -jakelun keskeytymiseen johtavia tilanteita, vakavat ja pitkäkestoiset poikkeustilanteet ovat olleet Suomessa harvinaisia. Ulkomaisissa verrokkikohteissa sen sijaan on esiintynyt tilanteita, joista selviytymiseen on vaikuttanut hyvä tuuri sekä lämpimämpi ilmasto Suomeen verrattuna. (Karttunen ym. 2014, 3.)

Energiäteollisuuden vuoden 2019 kaukolämmön keskeytystilastossa viidelläkymmenelläneljällä (54) kaukolämpöä myyvällä, suuremmaksi luokitellulla kaukolämpöyhtiöllä oli tiedossaan jopa 2195 eri syistä johtuvaa käyttökeskeytystä, joista yksittäisen pituus oli keskimäärin 5,8 tuntia. Kaukolämpöjärjestelmän häiriötilanteista johtuvat keskeytykset olivat pituudeltaan keskimäärin 0,77 tuntia. Käyttökeskeytyksistä suunniteltuja oli 1878, suunnittelemattomia 317 ja niistä merkittävä 52,2 prosentin osuus ajoittui lämmityskaudelle. (Energiäteollisuus 2020a, 2.)

Vuonna 2012 keskisuomalaisen kaukolämpölaitoksen polttoainekuljetin jumittui ulkona ollessa -30 astetta pakkasta. Koska tilannetta ei saatu korjattua nopeasti, kaukolämpöä ryhdyttiin tuottamaan öljykäyttöisillä varalämpölaitoksilla. Määräaikaistarkastuksista huolimatta ja kovan pakkasen vuoksi tärkeimmän öljykattilan venttiilit olivat jumittuneet käynnistyksen viivästyessä tunnilla. Pahimpana skenaariona pidettiin, että öljykattilaa ei olisi saatu ollenkaan käynnistettyä, koska samanaikaisten vikatilanteiden vuoksi lämpöä oli mahdollista tuottaa vain puoliteholla polttoainekuljettimen vian korjaus kestäessä muutaman päivän. Läheltä piti – tilanteen jälkeen polttoainekuljettimien pakkasensietokykyä paranneltiin, varalämpölaitoksen ongelmalliset osat vaihdettiin uusiin ja lämpölaitosten kunnossapitoa tehostettiin. (Karttunen ym. 2014, 8.)

On arvioitu, että yksityishenkilöt ja yritykset kestävät suhteellisen hyvin erilaisista käytettävyyshäiriöistä johtuvia poikkeustilanteita. Kun kaukolämmön, sähkön, veden, tietoliikenteen tai jonkun muun olennaisen osatekijän jatkuva saatavuuskatkos kestää yli vuorokauden, muodostuu käänteentekijä, jonka jälkeen toimintaan kykenemättömien yritysten määrä nousee niin korkeaksi, että alueellisella tai valtakunnallisellakin tasolla se saattaa häiritä muidenkin yritysten toimintaa merkittävästi. (Keskuskauppakamari & Huoltovarmuuskeskus 2022, 49.) Kaukolämmöntuotannon lyhytaikaisten häiriöiden aiheuttamien

poikkeustilanteiden esiintymiseen ja niiden kestoaikaan pyritään vaikuttamaan jo tuotannon ja jakelun suunnitteluvaiheessa. Kaukolämpölaitosten teho, lukumäärä ja sijoittelu sekä kaukolämpöverkon rakenne ja siirtokyky lisäävät järjestelmän käyttövarmuutta. Esimerkiksi lyhytaikaisen kaukolämpöverkon tehovajauksen aikana tilanteen hallintaa edesauttaa mahdollisimman hajautettu lämmöntuotanto sekä korvaavien siirtoverkoston olemassaolo. (Energiateollisuus 2006, 378.)

4.1 Kaukolämpöverkoston vauriot

Eri syistä johtuvat kaukolämpöverkoston vauriot ovat kaukolämpöyhtiöiden tyyppisimpiä poikkeustilanteen aiheuttajia. Suurimman kaukolämpöverkoston vaurion aiheuttajan on arvioitu olevan paineisku, joka on seurausta nopeasta, normaalia suuremman virtauksen tai paineen muutoksesta kaukolämpöverkostossa aiheuttaen kaukolämpöverkoston tai sen osan vaurioitumisen. Kaukolämpöverkosto saattaa sisältää piileviä vikoja, ja etenkin vanhimmissa osissa paineisku saattaa herkästi aiheuttaa eri suuruisia vaurioita ja kaukolämpövuotoja. (Andersson ym. 2009, 5, 15.)

Varhain sunnuntaiaamuna, loppukesällä 2017, pohjoissuomalaisen kaukolämpöverkoston äkillinen paineisku aiheutti viisi kaukolämpövuotoa eri puolilla kaupunkia. Osa vaurioista saatiin korjattua nopeasti, mutta korjaustöiden arvioitiin jatkuvan ainakin seuraavaan päivään. Sadoille kaukolämpöasiakkaille tilanne näkyi lämpimän veden jakelun keskeytyksenä ja lämmityksen toimimattomuutena. (Talvitie 2017.)

Vuonna 2019 merkittävä osa kaukolämmön keskeytyksistä johtui kaukolämpöverkoston eli kaukolämpöputkien vaurioista tai korjaustöistä. Lähes 25 prosenttia kaikista käyttökeskeytyksistä johtui suunnitelluista ja 10,5 prosenttia yllättävistä verkoston vaurioista ja niiden korjaustöistä. Verkostovaurioita todettiin 0,06 kappaletta yhtä verkostokilometriä kohden, ja 77,5 prosentilla kaukolämpöyhtiöistä todettiin verkostovaurio tarkastelujakson aikana. Raportoiduista verkostovaurioista jopa 76 prosenttia on ollut läpisyöpymiä, jotka johtuvat putken ulkopuolisen veden kemiallisista ja fysikaalisista vaikutuksista. (Energiateollisuus 2020b, 1–4.)

Muita tunnettuja verkostovaurioiden syitä ovat murtumat ja repeämät, asennusvirheet sekä vaurioituneet suojakuoret ja eristeet. Niin kutsuttujen ”kaivurivaurioiden”, eli kaivinkoneen kauhan osuminen kaukolämpöputkeen, osuuden on arveltu olevan merkittävä, mutta niitä ei ole kuitenkaan erikseen tilastoitu. Kaukolämpöverkoston kunnosta ei aina ole saatavilla yksiselitteistä ja tarkkaa tietoa, koska samanikäinen putkisto saattaa toisaalla olla varsin hyväkuntoinen, kun josain muualla siihen saattaa kohdistua merkittäviä, kuluttavia ulkoisia olosuhteita ja vaikutuksia. Aiemmin tunnistamattomat huonokuntoiset kaukolämpöputket voivat aiheuttavaa vaikeasti ennakoitavia riskejä lämmöntoimituksen kannalta. (Energiateollisuus 2020b, 4.)

Pääsiäisenä 2011 eräältä voimalaitokselta lähtevä pääputki repesi ja katkaisi lämmöntoimituksen koko verkostosta. Johtuen pitkistä pyhistä, henkilökuntaa oli saatavilla vähemmän, joten vaurion paikantamiseen ja korjaukseen kului enemmän aikaa. Puolet kaukolämpöasiakkaista olivat ilman lämpöä useita tunteja, ja lämpö saatiin palautettua 12 tunnissa lähes kaikille asiakkaille. Revenneen putken todettiin olevan niin huonokuntoinen, että kyseinen linja poistettiin kokonaan käytöstä muutaman kuukauden ajan kestävän korjaustyön ajaksi. Korvaava linja oli kooltaan pienempi, joten kaukolämpöä ei voitu tuottaa täydellä teholla sillä välin. (Karttunen ym. 2014, 9.)

Jos kooltaan suuren, pitkäkestoisen kaukolämpövaurion aiheuttama poikkeustilanne syntyy paikassa, missä on paljon ihmisiä, seuraukset ovat usein vaikeimmat. Keskusta-alueen kaukolämpövuodosta saattaa seurata vaaratilanteita alueella kulkeville ihmisille, ja kiinteistöt saattavat altistua vesivahingoille. Myös tärkeän kulkuväylän alla kulkevan kaukolämpöputken vaurio saattaa aiheuttaa liikenteen vaikeutumisen pitkäksi aikaa sekä itse vuodosta että sen korjaustöiden takia. Kaukolämpövaurion syntyessä kohtaan, jonka kautta lämpö toimitetaan yhteiskunnan haavoittuvimpiin kohteisiin, kuten kouluun, sairaalaan tai hoitolaitokseen, tilanne voisi etenkin lämmityskauden talvipakkasilla johtaa kohteiden evakointeihin. (Karttunen ym. 2014, 9.)

Vuonna 2012 rikkoontunut kaukolämpöputki aiheutti vaaratilanteen erään kaupungin keskustassa. Putki repesi räjähdyksenomaisesti, singoten kiviä ja kuumaa vettä ympäristöön. Vuoto aiheutti kaukolämpöverkoston paineen laskua ja lämmönjakeluhäiriöitä. (Tukes 2012b.)

4.2 Muut poikkeustilanteiden syyt

Kaukolämpöyhtiön poikkeustilanteeseen johtavia syitä, verkostovauriot mukaan lukien, on paljon, ja niihin johtava tapahtumakulku vaihtelee. Vuonna 2019 kaukolämmön tuotannon ja jakelun keskeytyksen aiheuttaja on ollut 6,6 prosentissa tapauksista jokin erikseen määrittelemätön syy (Energiateollisuus 2020a, 4). Vaikka ennakoimattomien poikkeustilanteiden määrä on tilastoissa pieni, niiden ollessa vakavia ne voivat teettää kaukolämpöyhtiölle mittavia henkilö- ja omaisuusvahinkoja tai tuotannon menetystä (Energiateollisuus 2006, 482).

Monissa poikkeustilanteissa tai läheltä piti -tilanteissa tapahtumaan johtaneena, yhteisenä nimittäjänä on ollut kahden tai useamman kaukolämpölaitoksen samanaikaisen vikaantumisen johtuen esimerkiksi koneen tai laitteen sähköviasta tai mekaanisesta häiriöstä. Häiriö on voinut ilmetä samanaikaisesti myös kaukolämmöntuotannossa ja -jakelussa. Kaukolämpöyhtiöt selviytyvät yleensä hyvin esimerkiksi tärkeän tuotantolaitoksen tilapäisestä häiriöstä, mutta kahden tai useamman tuotantolaitoksen samanaikainen häiriö etenkin lämmityskaudella voi johtaa tilanteen eskaloitumiseen. Kaukolämpölaitosten vikaantumisesta johtuvia poikkeustilanteita voidaan ehkäistä sekä riittäväillä ennakko- ja kunnossapidolla että viankorjausresurssien lisäämisellä. (Karttunen ym. 2014, 15, 26–27.)

Alkukevällä 1980 Ruotsissa sattui laaja kaukolämpöjärjestelmävika. Päälinjaan ja paisuntasäiliöön syntyi samanaikainen vuotovaurio, joka todennäköisesti johtui uuden kaukolämpöpumpun käyttöönoton aiheuttamasta paineen noususta. Normaali kaukolämmötoimitus keskeytyi neljäksi päiväksi. Koska ulkona oli kylmä, kaukolämpöasiakkaat alkoivat käyttää uuneja lämmitykseen. Tämä väliaikainen sähkölämmitys kaatoi paikallisen sähköverkon. (Andersson ym. 2009, 19.)

Merkittäviä tunnistettuja kaukolämpöyhtiöiden poikkeustilanteiden uhkaa aiheuttavia tekijöitä ovat myös saatavuus- tai toimitusongelmista johtuva polttoaineen loppuminen sekä voimakkaat sääilmiöt kuten esimerkiksi myrsky, ukkonen, liiallinen sadanta ja pitkäaikaiset kovat pakkaset (Karttunen ym. 2014, 15, 19).

Vuonna 2019 Lounais-Suomessa ukonilma ja huonoon paikkaan osunut salamanku aiheuttivat lyhytkestoisien sähkökatkon, kaukolämpöyhtiön tieto- ja automaatiojärjestelmien kaatumisen sekä yhteysongelmat lämmöntuotantolaitoksille. Tapahtuman vuoksi kaukolämpöverkkoon tuli laaja häiriö, ja kaikki käytettävissä oleva henkilökunta kutsuttiin paikalle käynnistämään varalämpölaitoksia ja normalisoimaan tilanne. (Kossila 2019.)

Lämmityskauden pitkät pakkasjaksot, runsas lämpötilojen vaihtelu sekä sateisuus vaikeuttavat polttoainekuljetusten ja varastoinnin optimointia sekä kaukolämmöntuotantotarpeen ennustamista. Vaihteleva säätila heikentää myös puuhakepohjaisten polttoaineiden laatua, koska polttoainekuormien mahdollisesti sisältämien jääkimpaleiden aiheuttama heterogeeninen laatu altistaa esimerkiksi kaukolämpölaitosten polttoainekuljettimet vikaantumiselle. Polttoainekuljettimien pitkittyvä pysähtyminen johtaa polttoaineen loppumiseen ja kaukolämpölaitoksen pysähtymiseen. Polttoainekuljetusten kapasiteetin riittämättömyys saattaa myös nousta merkittäväksi poikkeustilanneriskiksi, jos kaukolämpöyhtiö käyttää toiminnassaan pääsääntöisesti tuontipolttoaineita kuten kivihiltä, öljyä tai maakaasua, jos toimitusvolyymit lisääntyvät äkillisesti tai ulkopuolisen toimijan logistiikassa esiintyy haasteita. (Karttunen ym. 2014, 27, 29.)

Uuden vuoden taitteessa 2006–2007, kovalla pakkassäällä, keski-suomalaisella kaukolämpölaitoksella tapahtui häiriö, jonka vuoksi otettiin käyttöön raskaalla polttoöljyllä käyviä varalämpölaitoksia. Tuotantohäiriön todettiin kestävän pitkään, joten kaukolämpöyhtiö lisäsi polttoainetoimituksia. Polttoaineen kulutustarve oli säiliöautollinen tunnissa, mutta öljyntoimittajalta ei kuitenkaan löytynyt lyhyellä varoitusajalla tarvittavaa kuljetuskapasiteettia. Tilanteesta selvittiin, koska päätuotantolaitos saatiin ajoissa takaisin käyttöön. Poikkeustilanteen kehittyminen oli kuitenkin lähellä, ja tilanteeseen johtaneet syyt selvitettiin. Lopputuloksena öljysäiliökapasiteettia nostettiin 400 kuutiometristä 6500 kuutiometriin ja rakennettiin yksi lämmöntuotantolaitos lisää. (Karttunen ym. 2014, 6.)

Muita kaukolämpöyhtiöiden poikkeustilanteiden syitä edellä mainittujen lisäksi ovat tuotantolaitosten alasajoon johtavat laajat sähkökatkokset, polttoainevuodot, inhimilliset erehdykset ja ohjausvirheet, tuotantoon sopimattoman polttoaineen käyttö, sekä eri syistä johtuvat tulipalot ja räjähdykset (Andersson ym. 2009, 15).

Syksyllä 2022 Lounais-Suomessa lämpöpumppulaitoksen tavanomaisen etäkäynnistyksen yhteydessä tapahtui sähkölaitevika aiheuttaen kovan pamauksen. Tapahtuman syyksi selvisi, että yksi laitoksen kondensaattoreista vaurioitui käynnistyksen yhteydessä muodostaen savua. Lämpöpumppulaitoksen korjaus- ja siivoustoimenpiteiden ajan menetetty kaukolämpökapasiteetti korvattiin muiden kaukolämpölaitosten tuotannolla. (STT 2022a.)

4.3 Tulipalot ja räjähdykset

Tulipalolla tarkoitetaan tapahtumaa, jossa tuli aiheuttaa ympäristöön levitessään vahinkoa tai sen uhkaa. Tulipalo on nopea seuraus eksotermisestä eli lämpöä vapauttavasta kemiallisesta reaktiosta, jossa palava aine yhtyy hapen kanssa lämpötilan noustessa useisiin satoihin asteisiin. Tulipalot voidaan jakaa palavien aineiden luokkiin Standardin SFN-EN 2 mukaisesti, ja luokat ovat karkeasti jaettuna kiinteiden, nestemäisten ja nesteytyvien aineiden, kaasujen ja metallien tulipalot. (TSK ry 2006, 35.) Tulipalo vaatii syttyäkseen syttymislähteen, eli otollisen lämpötilan, kuten esimerkiksi liekin, avotulen, kipinän tai muun energianlähteen, happea ilmasta sekä palavan aineen. Tulipaloja ehkäistään huolehtimalla, että syttymislähde ja palava aine eivät pääse kohtaamaan (Pietikäinen 2018, 6, 8).

Vuonna 2012 lämpölaitoksessa sattui tulipalo, joka sai alkunsa kattilahallin katolla höyryputken läpiviennissä, uuden ja vanhan eristeen rajapinnassa olevassa raossa, aiheuttaen katossa olevan puukuitulevyn ja muiden kattorakenteiden tulipalon. Tulipalon syttymissyiksi todettiin puutteellinen järjestelmien eristys ja kuumien pinnan aiheuttama lämmön johtuminen. (Tukes 2012a.)

Kaukolämpölaitoksessa tulipalon ja räjähdysten mahdolliset syttymislähteet ja tilanteisiin johtavat tekijät ovat polttoaineen palamisesta johtuva lämpöenergiaa vapauttava kemiallinen reaktio, sähkölaitteiden aiheuttamat ja mekaanisesti syntyvät kipinät, epätarkoituksenmukainen lämmön johtuminen, kuljettuminen ja säteily kuumien virtaavien savukaasujen, höyryjen tai pienhiukkasten välityksellä (kattiloiden, putkistojen tai muiden rakenteiden kuumat pinnat), staattinen sähkö, paineiskut, itsesytyvien aineiden lämpöä tuottavat kemialliset reaktiot ja polttoainevuodot (Tukes 2015, 10; Siirilä & Tytykoski 2016, 365).

Vuonna 2006 lämpölaitoksen katto syttyi palamaan monen tekijän yhteisvaikutuksesta. Kattilan kiertovesipumppu oli vikaantuessaan pysähtynyt aiheuttaen kattilan ylikuumenemisen. Ylikuumeneminen oli taas avannut kattilan varoventtiilin, jonka ulospuhallusputkesta virtaava lämpö sytytti putken ja katon läpivientikohtaan kertyneen polttoainepölyn. Palamaan syttyneestä pölystä tulipalo levisi katon eristeisiin ja muihin rakenteisiin. (Tukes 2006.)

Tulipalojen ja räjähdysten on arvioitu olevan kaukolämmöntuotantovaiheen merkittävimmät poikkeustilanteiden aiheuttajat, ja kaukolämpölaitosten tulipaloihin ja painelaitteiden käyttöön liittyy merkittäviä turvallisuus- ja

omaisuusvahinkoriskejä. Räjähdykset ja tulipalot voivat altistaa paikalla olevan henkilökunnan palamaan syttyneille, myrkyllisille kaasuille ja aiheuttaa palavaan tilaan loukkuun jäämisen. (Andersson ym. 2009, 11–12; Siirilä & Tytykoski 2016, 358, 362.) Poikkeustilanteisiin johtaneissa tulipaloissa ja räjähdyksissä yhteisiksi nimittäjiksi voidaan lähdekirjallisuuden perusteella todeta kattilahalleissa lämpölaitoksen ylös- tai alasajon aikana sattuneet sekä polttoaineen kuljetukseen ja varastointiin liittyvät tulipalot ja räjähdykset.

Talvella 2016 lounaissuomalainen vara- ja huippulaitoskäytössä oleva öljykattila räjähti käynnistyksen yhteydessä teknisen vian seurauksena – kattilaan vuotanut polttoaine oli höyrystynyt ja muodostanut ilman kanssa räjähdysalttiin seoksen. Kattila tuhoutui käyttökelvottomaksi, ikkunoita irtosi karmeineen ja rakennuksen seinät vaurioituivat. Laitokseen rakennetut räjähdysseinät ehkäisivät kuitenkin suurempia vaurioita niille suunnitellulla tavalla. (Vehmanen 2016.)

Kaukolämpölaitosten tosielämässä tapahtuneita VARO - rekisteristä koottuja, kaukolämpölaitosten tulipalojen syttymissyitä esitellään taulukossa 1 ja räjähdysten syitä taulukossa 2.

Taulukko 3 Tukesin Vaurio- ja onnettomuusrekisteristä (VARO) koottuja kaukolämpölaitosten tulipalojen syttymissyitä

Tulipalojen syttymissyitä kaukolämpölaitoksilla
Polttoainevuodon (raskasöljy) aiheuttama tulipalo
Tulistinputken eristeen pettäminen ja lämmön johtuminen palavaan materiaaliin
Polttoaineen syttyminen polttoainekuljettimessa laitoksen ylös- tai alasajon aikana
Venttiilin laippaliitoksen pettäminen ja hydraulikkaöljyn syttyminen
Tulipalon eteneminen polttoaineen syöttöruuvia pitkin polttoainesiiloon
Kiertovesipumpun vikaantuminen ja sen aiheuttama kattilan kuivakiehua ja tulipalo
Polttoainelinjan tukos, ylikuumeneminen sekä palamaan syttyminen
Tukkeutunut CFB-kattilan sykloni ja tulipalon leviäminen kattilahalliin ylösajon aikana
Kipinän kulkeutuminen polttoaineen syöttöruuvia pitkin puuhakevarastoon
Laitevian aiheuttama kattilan ylikuumeneminen ja siitä seurannut tulipalo
Putken läpivientikohdan puutteellinen eristys ja lämmön johtuminen palavaan materiaaliin
Käytettävän polttoainetyypin vaihtuminen
Polttoaineen syttyminen polttoainemyllyn sisällä
Varoventtiilin rikkoutunut tiiviste ja tulistetun höyryn aiheuttama tulipalo

Räjähdyksessä sisältää samoja syntymekanismia kuin tulipalo, ja usein se on tulipalon aiheuttama seuraus. Räjähdyksellä tarkoitetaan aggressiivista energianpurkausta, joka voi tapahtua monin eri tavoin. Kaukolämpölaitosten tyypillisimmät räjähdysmuodot ovat mekaaninen ja kemiallinen räjähdys. Mekaanisella räjähdysellä tarkoitetaan aineen, esimerkiksi kaasun tai höyryn, nopeaa ja hallitsematonta laajenemista suljetussa tilassa, jossa energiaa vapautuu äkillisesti ja synnyttää tilaan korkean paineen rikkoen ympäröiviä rakenteita. Vapautunut energia muuttuu pääasiallisesti lämmöksi. (TSK ry 2006, 46.)

Taulukko 4 Tukesin Vaurio- ja onnettomuusrekisteristä (VARO) koottuja kaukolämpölaitosten räjähdysten syitä

Räjähdyksiin johtaneita syitä kaukolämpölaitoksilla
Öljyilmaseoksen räjähdys kattilassa
Pölyräjähdys kattilahallissa
Vesihöyryn aiheuttama paineen nousu kattilassa ja siitä seurannut räjähdys
Lämmön epätarkoituksenmukainen johtuminen kuumalta pinnalta rakenteen ulkopuolelle
Pölyräjähdys polttoainelinjassa
Virheellisen automaatio-ohjauksen aiheuttama kattilan ylipaine ja siitä seurannut pölyräjähdys
Käytettävän polttoainetyypin vaihtuminen
Savukaasu- tai pölyräjähdys polttoainekuljettimessa laitoksen alas- tai ylösajon aikana

Kaukolämpöyhtiöiden painelaiteturvallisuutta ohjaa painelaitelaki ja säädösten toteutumista valvotaan. Kaukolämpölaitoksissa käytettäviä painelaitteita ovat esimerkiksi säiliöt, höyry- ja kuumavesikattilat ja putkistot, ja niiden käyttöön liittyvä mekaanisen räjähdysriskin aineen höyrystyessä, laajentuessa ja tilavuuden kasvaessa. Painelaitelaki ohjaa sellaisten teknisten komponenttien ja järjestelmien turvallisuutta, joissa voi muodostua ylipaineen aiheuttama räjähdysriski, ja lain tavoite on varmistaa, että kyseiset laitteet ovat turvallisia käyttää koko niiden elinkaaren ajan. (Painelaitelaki 16.12.2016/1144.)

Keväällä vuonna 1920 lounaissaomalaisen kaupungin asukkaat heräsivät kovaan pamahdukseen ja käsittämättömään näkyyn: Sähkölaitoksen toinen höyrykattiloista oli räjähtänyt, ja räjähdysvoimasta kattilahuoneen katto oli romahtanut ja kattilan osia oli lentänyt kadulle. Onnettomuudessa kuoli kahdeksan ihmistä, useita loukkaantui, voimalaitos kärsi mittavia vahinkoja ja sähköt olivat poikki koko

kaupungissa yli kaksi kuukautta. Onnettomuuden syyksi paljastui höyrykattilan rakenteellinen vika, ja onnettomuustutkinnan havaintojen perusteella maailmanlaajuiset kattiloiden rakennemääräykset tarkistettiin ja painelaitelainsäädäntö päivitettiin. (Tukes 2017.)

Pölyräjähdyksellä tarkoitetaan kemiallista räjähdystä, joka johtuu palamaan syttyvistä hiukkasista ja ilmasta muodostuneen seoksen äkillisestä syttymisestä. Räjähdyskelpoinen ilmaseos muodostuu, kun normaalipaineinen ilma sekä palava aine sekoittuvat, syttyvät ja palaminen leviää koko seokseen. Räjähävä pöly on syttyvää, aerosolimaista, hiukkaskooltaan sopivaa ja ilmaan sekoittunut pölypitoisuus on alemman ja ylemmän räjähdysrajan välillä. Kun räjähdysalueella oleva pölyilmaseos päätyy tekemisiin syttymislähteen kanssa, seurauksena voi olla pölyräjähdys. (Siirilä & Tytykoski 2016, 364–365; Tukes 2017, 10.)

Keväällä 1994 kaasuräjähdys tuhosi yhdistetyn kaukolämpö- ja kaukojäähdytyslaitoksen Ranskassa. Kaksi ihmistä kuoli, 59 loukkaantui, kymmenet tuhannet asukkaat jäivät ilman kaukolämmitystä ja ikkunat hajosivat kilometrin säteellä laitoksesta. Poikkeustilanteen aiheutti laitoksen sisälle vuotanut maakaasu, joka syttyi palamaan käynnissä olevan kattilan takia. Räjähdys ei kuitenkaan johtunut itse maakaasusta, vaan laitokseen kertyneen hiilipölyn aiheuttamasta pölyräjähdyksestä. (Andersson ym. 2009, 17.)

Atex (atmospheres exposibles) tarkoittaa räjähdysvaarallista tilaa, jossa esiintyy syttyviä nesteitä, kaasuja ja pölyjä. Käytännössä lähes kaikki kaukolämpölaitoksen tilat ovat Ex-tiloja, eli räjähdysvaarallisia tiloja, koska niissä käsitellään tai varastoidaan palamaan syttyviä aineita. Kaikki sellaiset koneet ja laitteet, joita käytetään Ex-tiloissa, kutsutaan Ex-laitteiksi, ja niiden tulee täyttää asianmukaiset, standardoidut vaatimukset. Kaukolämmöntuotannossa käytettäviä Ex-laitteita ovat esimerkiksi kattilat, pumput ja pumppu-moottoriyhdistelmät, polttoainemyllyt ja -kuljettimet, sähkölaitteet sekä pneumaattiset laitteet. (Tukes 2015, 4–5, 7.)

Keväällä 2022 kaukolämpölaitoksella Pohjois-Pohjanmaalla turve syttyi palamaan polttoainevaraston kuljettimessa, joka johti pölyräjähdykseen vaurioittaen laitoksen seiniä ja ovia. Kyseisen laitoksen toiminta jouduttiin ajamaan toistaiseksi alas, ja kaukolämmöntuotantoa jatkettiin varalämpölaitosten turvin. (Annala 2022.)

Räjähdyskelpoisten ilmaseosten muodostumista ja syttymistä kaukolämpölaitoksissa ehkäistään pitämällä palavien aineiden pitoisuudet räjähdysalueen ulkopuolella, mutta sekä tavanomaisissa toimintaolosuhteissa että toimintahäiriö-

vika- ja poikkeustilanteissa saatetaan tahattomasti joutua räjähdyskelpoisten pitoisuuksien alueelle. Tällöin on varmistettava, ettei syttymislähdettä esiinny tilassa samaan aikaan, ja tähän tähtääviä toimenpiteitä ovat esimerkiksi laitteiden tiiveyden varmistaminen, huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet, laimennusilmanvaihdon riittävyys ja jatkuva ympäristön siisteydestä huolehtiminen, jonka avulla ehkäistään muun muassa pölykerrosten muodostuminen. (Tytykoski 2016, 365; Tukes 2017, 24.)

Vuonna 2018 öljyilmaseos räjähti tulipesässä höyrykattilan polttimen käynnistykseen yhteydessä. Edeltävästi polttoaine oli vaihdettu raskaasta polttoöljystä kevyeseen, ja öljypolttimelle suoritettiin säätö- ja viritystöitä. Polttoaineen soveltuvuus oli varmistettu polttimen valmistajalta. Öljypolttimen suutinputken sulkuventtiili oli vuotanut kevyttä polttoöljyä työn yhteydessä, ja käynnistysvaiheessa höyrystyneiden hiilivetyjen räjähdysmäisestä syttymisestä ja äkillisen paineen nousun voimasta höyrykattilan räjähdysluukku avautui, polttimen saranoidun luukun kiinnitys petti ja kattilahallin kevytrakenteiset seinät pettivät suunnitellusti paineen purkautuessa. Räjähdyksen todennäköisimmäksi aiheuttajaksi epäiltiin viallista suutinventtiiliä; komponenttia ei ollut vaihdettu uudeksi öljymuutoksen yhteydessä ja karan välissä oli epäpuhtauksia, mahdollisesti raskaan polttoöljyn jäämiä. (Tukes 2018.)

Koska räjähdysriskiä ei voida täysin sulkea pois, niiden vaikutusta pyritään rajoittamaan. Tällaisia keinoja ovat esimerkiksi kestävä rakennustapa, räjähdyspaineen alentaminen, räjähdysvaimentaminen tai tukahduttaminen ja räjähdysten vaikutusten leviämisen ehkäiseminen. Räjähdyspaineen alentaminen voidaan toteuttaa suljetun laitteen tilapäisellä aukeamisella (räjähdysluukut) tai pysyvästi silloin, kun laitteiston paine nousee riittävän korkealle. Esimerkiksi kattilan heikommaksi mitoitettu rakenteen osa, räjähdysnurkka, ja sen murtuminen räjähdysten yhteydessä ohjaa purkautuvan paineen hallittuun suuntaan. (Tukes 2017, 24.) Räjähdysriskiä voidaan hallita myös sammutuslaitteistolla, joka havaitsee räjähdysriskin nopeasti ja laukaisee tilaan välittömästi sammutusaineen (Siirilä & Tytykoski 2016, 366).

Keskitalvella 2013 Pohjois-Savossa sijaitsevalla biolämpölaitoksella tapahtui räjähdys, ja kattila vaurioitui. Onnettomuuden syyksi epäiltiin revennyttä tulistinputkea, jonka vuoksi iso määrä kuumaa tulistunutta vesihöyryä virtasi kattilan palotilaan ja räjähtäen kattilahalliin. Kaukolämpöasiakkaiden lämmöntoimitus varmistettiin varakattiloiden turvin. (Hämäläinen 2013.)

Suomessa Tukesin tietoon on vuosina 2000–2008 tullut 231 painelaitteissa sattunutta onnettomuutta, joista noin neljäsosa liittyy kiinteään polttoaineeseen, maksimissaan teholuokaltaan yhden (1) megawatin lämmityskattiloihin. Suurin osa

näistä onnettomuuksista ovat automaattisyöttöisten hakekattiloiden tulipaloja, joiden yleisimmiksi syttymissyiksi on paljastunut turvajärjestelmän puuttuminen, riittämättömyys tai virheellinen asennus, häiriöt laitteen toiminnassa, laitteen virheellinen käyttö ja puutteelliset eristykset (Tukes 2018, 2–3). Muita tunnistettuja tulipalojen riskitekijöitä ovat syttymislähteitä vähentävä, kattilahallien siisteyden laiminlyöminen sekä virheellinen tai puutteellinen kattiloiden kunnossapito (Andersson ym. 2009, 11; Siirilä & Tytykoski 2016, 358).

Ruotsin suojele- ja valmiusvirasto MSB (Myndigheten för samhällskydd och beredskap) on rekisteröinyt vuosina 1996–2007 yhteensä 1238 voimalaitosten tulipaloo. Tulipaloja esiintyi vuosittain keskimäärin 112, joista 85 prosenttia saatiin hallintaan jo alkuvaiheessa. Lähes kolmasosassa tulipalon syttymissy oli tekninen vika, ja muut yleiset syyt liittyivät lämmönsiirtoon. Teknisten vikojen aiheuttamat tulipalot syttyivät useimmiten muuntajissa, tuotantolaitoksen sähköasennuksissa, lämmityslaitteissa tai kattilassa. Polttoaineen varastoinnin yhteydessä tunnistettiin polttoaineen itsestään syttymisvaara, johon vaikuttaa varaston tilavuus, happi- ja kosteuspitoisuus. (Andersson ym. 2009, 11–13.)

Eräänä loppusyksynä Ruotsissa syttyi laaja tulipalo voimalaitoksen polttoainevarastossa. Varastossa oli 80 000 tonnia ja varaston ulkopuolella 10 000 tonnia polttoaineturvetta. Sammutustyöt kestivät yli kuukauden, ja varastorakennus tuhoutui täysin. Tulipalon syyksi epäiltiin turpeen itsestään syttymistä, jota edesauttoi varaston virheellinen suunnittelu ja mitoitus. (Andersson ym. 2009, 18.)

Automaattiset palohälytyslaitteet voidaan osaltaan kokea tulipalojen ja räjähdysten riskitekijäksi, jos väärin hälytysten määrä on suuri. Virrehälytysten syy saattaa jäädä epäselväksi tai palohälytys laukeaa inhimillisen erehdyksen seurauksena tai työntekijän ollessa tavanomaisella laituskäynnillä. Väärin palohälytysten suuri määrä saattaa pidentää niihin reagoimisaikaa, joka taas pitkittää sammutustöiden alkamista todellisen tilanteen sattuessa. (Andersson ym. 2009, 12–13.)

4.4 Tietoliikennehäiriöt, kyberturvallisuus ja hybridivaikuttaminen

Vaikka nykyaikaiset tietoliikenneyhteydet ovat vikasietoisia ja varmennettuja, ajoittaiset häiriöt ovat mahdollisia, koska täydellisen tietoturvallisuuden tai toimintavarmuuden takaaminen on mahdotonta. Esimerkiksi sähkökatkot, kaapelivauriot, laiteviat, inhimilliset erehdykset, katkokset palveluntarjonnassa tai voimakkaat sääilmiöt voivat aiheuttaa ajoittaisia katkoksia tietoliikenneyhteyksiin, ja pitkittyessään voivat altistaa kaukolämpöyhtiön poikkeustilanteelle. Tärkeä yksittäinen syy tietoliikennehäiriöihin on kuitenkin kyberturvallisuuteen liittyvät ongelmat, jotka lisäävät jatkuvasti varautumisen, tietoturvatason ylläpidon ja seurannan tarvetta. (Traficom 2022a.)

Kyberturvallisuus on turvallisuuden osa-alue ja tila, jonka avulla ylläpidetään sähköistetyn, automatisoidun ja informaatioverkostoidun toiminnan turvallisuutta ja jatkuvuutta. Kyberturvallisuuden ja tietoliikenneyhteyksien toimivuuden huomiointi kaukolämpöyhtiöiden poikkeustilanteiden kartoituksessa on tärkeää, koska useimmat kaukolämpölaitokset sisältävät etäkäytettäviä ja toiminnan kannalta kriittisiä automaatiojärjestelmiä. Automaatiojärjestelmien tietoturvallisuus sekä niiden erityispiirteiden tietämys ja hallinta ovat tärkeä osa poikkeustilanteisiin varautumista ja jatkuvuudenhallintaa. (Huoltovarmuuskeskus 2013, 8.) Teollisuusautomaatiojärjestelmät ovat usein osa yhteiskunnan kriittistä infrastruktuuria, ja tästä syystä kyberturvallisuuteen liittyvissä poikkeustilanteissa voi olla laaja-alaisia ja vakavia seurauksia. (Ahonen 2010, 21.) Automaatiojärjestelmiin liittyviä poikkeustilanteita ennaltaehkäistään yleisesti kahdentamalla tärkeimmät tietoliikenteestä riippuvaliset järjestelmät ja pitämällä ne erillään julkisista tietoliikenne- ja toimistoverkoista, koska kyseenalainen liityntätapa tarjoaisi potentiaalisen hyökkäysväylän automaatiojärjestelmää kohtaan. Kaikkia julkisessa verkossa avoimesti näkyviä laitteita voidaan pitää potentiaalisina kyberturvallisuusriskeinä, ja kyberturvallisuussyistä organisaation tuleekin määritellä automaatiolle tarkoitettujen etäyhteyksien tietoturvaliset ja hyväksyttävät tekniikat sekä rajata etäyhteyden käyttö vain määritellyn työtehtävän, kuten esimerkiksi kaukolämpölaitosten operoinnin hoitamiseen. (Huoltovarmuuskeskus 2013, 28; Traficom 2022b, 24.)

Kun kyberturvallisuuspoikkeaman vaikutuksen ollessa yhteiskunnallisesti merkittävä, eli toteutuessaan vaarantaisi yhteiskunnallisesti tärkeän tai kybertoimintaympäristöstä riippuvaisen toiminnon, puhutaan kyberuhasta. Kyberiskulla tarkoitetaan toteutunutta kybertoimintaympäristöön kohdistunutta hyökkäystä, jolla on merkittäviä vaikutuksia kohdeyhtiön toimintaan. (Jyväskylän yliopisto 2022.) Kyberturvallisuuspoikkeamia voivat aiheuttaa esimerkiksi tietoverkkojen kautta tapahtuva häirintä, teollisuus- ja yritysvakoilu, palvelunestohyökkäykset ja kiristys Haittaohjelmat (Huoltovarmuuskeskus 2013, 12).

Vuonna 2021 Yhdysvaltojen suurin jalostetun polttoaineen siirtoyhtiö joutui kyberhyökkäyksen kohteeksi. Hyökkäyksen seurauksena sulkeutui maan itärannikolle johtava verkosto, jonka kautta siirretään 45 prosenttia alueella käytettävästä polttoaineesta. Siirtoverkon sulkeutuminen aiheutti polttoainepulaa, hamstrausta sekä hintapiikkejä. Kyberhyökkäyksen takana oleva hakkeriryhmä kiristi viiden miljoonan dollarin lunnaita, jotka hyökkäyksen kohteeksi joutunut yhtiö maksoi kryptovaluutalla saaden käyttöönsä hakkeriryhmän salauksenpurkuvälineen palauttaakseen tietokonejärjestelmänsä takaisin toimintaan. Siirtoverkon toiminnan palautuminen normaaliksi vei kuitenkin useita päiviä. (Heiskanen 2021.)

Vuonna 2021 erilaiset kyberhäiriöt ovat arkipäiväistyneet maailmanlaajuisesti, ja kyseinen trendi ja käsiteltyjen tietoturvatapausten määrä ovat kasvaneet vuosittain myös Suomessa. Traficom kertoo Tietoturvan vuosi 2021-raportissaan vastaanottaneensa kymmeniä tuhansia tietoturvailmoituksia, joista useat kymmenet ovat liittyneet organisaatioiden sisäiseen toimintakykyyn vaikuttaneisiin palvelunestohyökkäyksiin vuonna 2021. Erityisesti haavoittuvien palveluiden ja verkolaitteiden sekä heikkojen salasanojen löytämiseen tähtäävän toiminnan todettiin olevan verkkorikollisten erityisen kiinnostuksen kohteena. (Traficom 2022b, 3, 16, 18.)

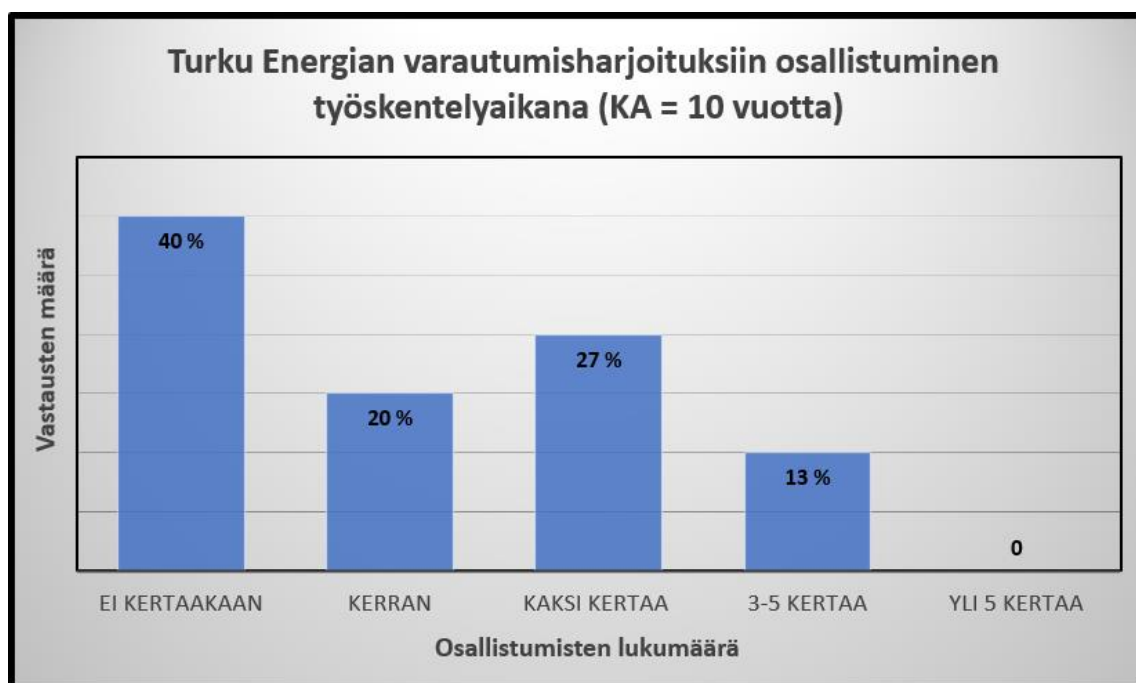
Hybridivaikuttamisella tarkoitetaan yrityksiin kohdistuvaa, usein pahantahtoista toimintaa tai sen uhkaa, jonka toteuttamisessa käytetään useampaa erilaista keinoa halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. Hybridivaikuttamisen keinoihin voi kuulua muun muassa kyberympäristössä tapahtuva toiminta. Keinot voivat olla toisaalta täysin ennalta-arvaamattomia, ja yritys voi olla joko lopullinen kohde tai välikappale tavoitteeseen pyrkimisessä. (Keskuskauppa-kamari & Huoltovarmuuskeskus 2022, 4.) Hybridivaikuttamisoperaatioiden

tavoitteena kaukolämpöyhtiöiden osalta voisi olla esimerkiksi kriittisen infrastruktuurin toimintaan ja hallintoon puuttuminen.

Keskuskauppakamarin ja Huoltovarmuuskeskuksen LUJAT -hankkeessa tehtiin selvitys yrityksiin kohdistuvasta hybridivaikuttamisesta ja siihen varautumisesta vuonna 2022. Selvitys perustuu 277 suomalaisen yrityksen antamiin vastauksiin, ja yli 200 henkilöä työllistäviä suuria yrityksiä oli noin viidesosa vastaajista. Selvityksen tuloksissa todettiin, että hybridivaikuttamisen koettiin lisääntyneen neljän (4) vuoden aikana, ja 23 prosenttia vastaajayrityksistä on kokenut hybridivaikuttamiseksi epäilemäänsä toimintaa. Melkein puolet suurista yrityksistä on kokenut hybridivaikuttamisen todennäköisyyden olevan vähintään melko todennäköistä muun muassa yrityksen näkyvyyden, keskeisen ja vakiintuneen yhteiskunnallisen aseman ja laajan asiakaskunnan vuoksi. Suomalaisten yritysten heikkouksia vaikuttamisen suhteen todettiin olevan esimerkiksi liiallinen avoimuus ja sinisilmäisyys, kyky tunnistaa liiketoiminnaksi peitelty vaikuttamisyritys, liian suuri riippuvuus kansainvälisistä palveluista tai osaamisesta sekä työntekijöiden tietoisuuden ja valppauden puutteet. Hybridivaikuttajien yleisimmät keinot, joilla kohdeyrityksen tietoihin pyritään pääsemään käsiksi, uskottiin selvityksen mukaan olevan tietojenkalaste- luoperaatiot (phishing), USB- tai muiden sähköisten laitteiden levittämät haittaohjelmistot sekä hybridivaikuttajan palveluksessa olevat henkilöt, jotka kuuluvat kohdeyrityksen henkilökuntaan. (Keskuskauppakamari & Huoltovarmuuskeskus 2022, 5, 9, 13, 46.)

5 Tutkimustulokset

Kyselyyn Turku Energian käyttö- ja kunnossapidon henkilökunnalle saatiin vastauksia yhteensä viisitoista (15) kappaletta. Turun käynnissäpidon henkilökuntaa edusti 53 % ja Naantalın käynnissäpidon henkilökuntaa 27 % kyselyyn vastanneista. Turun kunnossapidolta vastauksia saatiin yksi (1) kappale, Naantalın kunnossapidolta ei yhtään (0) ja kaikkien edellä mainittujen yksiköiden esihenkilöiltä kaksi (2) kappaletta. Kaikista kyselyyn vastanneista 33 % on työskennellyt Turku Energian palveluksessa 1–5 vuotta, 47 % 10–15 vuotta ja yli 15 vuotta 20 %. Alle vuoden työskennelleitä henkilöitä ei vastaajissa esiintynyt. Työskentelyvuosien mediaanista laskettiin keskiarvo (KA), ja keskimäärin kyselyyn vastanneet henkilöt ovat työskennelleet Turku Energialla kymmenen (10) vuotta. Vastaajien perustietoja kartoittavissa kysymyksissä kohderyhmältä kysyttiin myös varautumisharjoituksiin osallistumisten lukumäärää sinä aikana, kun he ovat työskennelleet Turku Energialla. Noin puolet henkilöistä on osallistunut varautumisharjoituksiin kerran tai kaksi kertaa, ja lähes yhtä suuri osa, jopa 40 prosenttia, ei ole osallistunut varautumisharjoituksiin kertaakaan (kuva 2).



Kuva 2 Varautumisharjoituksiin osallistuminen (n = 15)

Kyselylomakkeen kysymyksissä 4, 5, 7, 8, 10 ja 11 (liite 3) pyydettiin arvioimaan lähdeaineiston perusteella yhteensä kahtakymmentäneljää (24) kaukolämpöyhtiössä mahdollisesti esiintyvän riskityypin tai skenaarion todennäköisyyden sekä seurausten ja vaikuttavuuden suuruutta Turku Energian kaukolämmöntuotannossa. Kysymyksissä 4 ja 5 arvioitiin riskityyppien todennäköisyyttä, seurauksia ja vaikuttavuutta yleisellä tasolla. Koska lähdekirjallisuuden perusteella tulipalot ja räjähdykset ovat merkittäviä yksittäisiä poikkeustilanteita aiheuttavia tekijöitä energiantuotannossa, kyseisistä poikkeustilannetyypeistä muodostettiin erikseen tarkentavat riskilukua arvioivat kysymykset (kysymykset 7–11).

Vastauksissa arvioitu, numeerisesti luokiteltu seuraus ja vaikuttavuus sekä todennäköisyys kerrottiin yhteen, ja jokaisesta riskityypistä määriteltiin erillinen riskiluku asteikolla 1–25. Kuten kappaleen 3 kuvassa 1 aiemmin esitettiin, tuloksena saadun luvun suurentuessa myös arvioitavan riskin kriittisyys kasvaa. Kaikista vastauslomakkeista saaduista riskiluvuista, kysymysten 4, 5, 7, 8, 10 ja 11 osalta, laskettiin riskilukujen keskiarvo. Tuloksena saadut, riskityypin tai skenaarion riskilukujen keskiarvot sekä riskitasot ovat lueteltuna suuruusjärjestyksessä taulukossa 3.

Turku Energian kaukolämmöntuotannon viisi (5) merkittävintä riskityyppiä tai skenaariota tuloksina saatujen riskilukujen perusteella ovat kaukolämpöputkiston vuodosta johtuva, lyhytaikainen lämmönjakeluhäiriö, polttoaineen itsestään sytyminen polttoainevarastossa, tärkeän tuotantolaitoksen vakava mekaaninen häiriö, kahden tärkeän tuotantolaitoksen samanaikainen mekaaninen häiriö ja varalämpölaitosten käynnistys- tai toimintahaasteet tärkeän tuotantolaitoksen häiriötilanteessa.

Mainittakoon, että suurin riskin toteutumisen todennäköisyys arvioitiin olevan kaukolämpöputkiston vuodosta johtuvalla, lyhytaikaisella lämmönjakeluhäiriöllä (KA = 3,73), ja pienin kaukolämpölaitoksen tuotannon keskeyttävällä räjähdyksellä (KA = 1,47). Vastaavasti taas suurin seuraus ja vaikuttavuus arvioitiin olevan useamman kuin kahden tuotantolaitoksen samanaikaisella mekaanisella häiriöllä (KA = 3,73, ja pienin kattilan ylös- tai alasajon yhteydessä sattuvalla tulipalolla (KA = 2,47).

Taulukko 3 Kysymysten 4, 5, 7, 8, 10 ja 11 tuloksina saadut riskilukujen keskiarvot suuruusjärjestyksessä (n = 15)

Riskityyppi tai skenaario	Riskiluku (KA)	Riskitaso
Kaukolämpöputkiston vuodosta johtuva, lyhytaikainen lämmönjakeluhäiriö (alle 12 tuntia)	11	Kohtalainen
Polttoaineen itsestään syttyminen polttoainevarastossa	11	Kohtalainen
Tärkeän tuotantolaitoksen vakava mekaaninen häiriö	10	Pieni
Kahden tärkeän tuotantolaitoksen samanaikainen mekaaninen häiriö	9	Pieni
Varalämpölaitosten käynnistys- tai toimintahaasteet tärkeän tuotantolaitoksen häiriötilanteessa	9	Pieni
Polttoaineen loppuminen (esimerkiksi saatavuus- tai toimitusongelman takia)	8	Pieni
Automaatiojärjestelmien kaatuminen	8	Pieni
Polttoaineen syttyminen polttoaineenkuljettimessa	8	Pieni
Useamman kuin kahden tuotantolaitoksen samanaikainen mekaaninen häiriö	7	Pieni
Kaukolämpölaitoksen tuotannon keskeyttävä tulipalo	7	Pieni
Kaukolämpölaitoksen tuotannon keskeyttävä sähkövika (esimerkiksi muuntaja)	7	Pieni
Kaukolämpöputkiston vuodosta johtuva, pitkäaikainen lämmönjakeluhäiriö (12–24 tuntia)	7	Pieni
Laitteen vikaantumisesta tai ylikuumentumisesta johtuva tulipalo	7	Pieni
Kipinän kulkeutuminen palavaan materiaaliin tuotantotiloissa tai polttoainevarastossa	7	Pieni
Polttoainevuodosta johtuva räjähdys	7	Pieni
Aineen laajenemisen aiheuttama mekaaninen räjähdys kattilassa, säiliössä tai muussa painelaitteessa	7	Pieni
Kattilahallin puutteellisesta siisteydestä johtuva tulipalo	6	Pieni
Puutteellisesta tai viallisesta eristyksestä tai tiivisteestä johtuva tulipalo	6	Pieni
Kattilan ylös- tai alasajon yhteydessä sattuva räjähdys	6	Pieni
Ulkopuolisesta toimijasta johtuva vedenjakeluhäiriö	5	Erittäin pieni
Kattilan ylös- tai alasajon yhteydessä sattuva tulipalo	5	Erittäin pieni
Kattilahallin puutteellisesta siisteydestä johtuva (pöly)räjähdys	5	Erittäin pieni
Laitteiden riittämättömästä tiiveydestä tai riittämättömästä ilmanvaihdosta johtuva (pöly)räjähdys	5	Erittäin pieni
Kaukolämpölaitoksen tuotannon keskeyttävä räjähdys	4	Erittäin pieni

Kahdestakymmenestä neljästä (24) riskityypistä tai skenaariosta suurimman osan arvioitiin olevan pieniä tai erittäin pieniä. Suuria ja erittäin suuria riskejä kohdekaukolämpöyhtiössä ei vastaajien toimesta arvioitu esiintyvän ollenkaan (kuva 3),

joten riskienhallintatoimenpiteiden voidaan arvioida onnistuneen hyvin. Kaukolämpöputkiston vuodosta johtuva, lyhytaikainen lämmönjakeluhäiriö (alle 12 tuntia) koettiin yhtenä korkeimpana riskinä, ja pitkäaikaiseen lämmönjakeluhäiriöön verrattuna, pitkäaikaista lämmönjakeluhäiriötä pidettiin yhtä riskitasoa pienempänä. Erityyppiset tulipalot ja räjähdykset saivat kohdekaukolämpöyhtiössä lähes poikkeuksetta pieniä tai erittäin pieniä riskilukuja, vaikka lähdekirjallisuuden perusteella saatiin erilainen ennakkokäsitys. Ainoa tulipaloon liittyvä tilanne, jonka riskilukua pidettiin kohtalaisena ja samalla yhtenä suurimpana riskinä, on polttoaineen itsestään syttyminen polttoainevarastossa. Korkeimmat riskiluvut tulipalojen ja räjähdysten osalta liittyvät pääosin polttoaineen kuljettamiseen ja varastointiin, laitteiden vikaantumiseen ja muihin kunnossapidollisiin tai käyttöön kuuluviin toimintoihin sekä epäonniseen sattuamaan kipinän kulkeutuessa palavaan materiaaliin. Kyseisissä riskityypeissä tai skenaarioissa joko tilanteen todennäköisyyden tai seurauksien ja vaikuttavuuden arvioitiin kuitenkin olevan pieni tai erittäin pieni. Ulkopuolisiin palveluntarjoajiin liittyvät riskit, eli automaatiojärjestelmien kaatuminen, polttoaineen loppuminen ja vedenjakeluhäiriö koettiin pieniksi, joka kertoo hyvin varmennetusta toiminnasta sekä henkilökunnan luottamuksesta kyseisiä palveluita kohtaan.



Kuva 3 Riskienhallinnan taso riskilukujen perusteella (n = 15)

Kaikkien niiden kysymysten jälkeen, joissa pyydettiin arvioimaan kunkin riskityypin todennäköisyyttä, seurauksia ja vaikuttavuutta, seurasi sanallinen ja avoin kysymys, joissa vastaajalle annettiin mahdollisuus tuoda lisähuomioita käsiteltävään aiheeseen. Kyseisiin kysymyksiin saatiin muutama vastaus:

”Yhtenä riskityyppinä näkisin riittävän henkilöstön saamisen työtehtäviin häiriön sattuessa. Myös henkilöstön pätevyudessa voi olla puutteita mikä lisää riskien todennäköisyyttä ja suurentaa seurauksia.”

”Resurssit suurin riski.”

”Kriittiset laitteet tärkeissä laitoksissa tarvisi olla kahdennettu tai vähintään varaosat esim moottorit/vaihteet”

Kysymyksessä numero 13 pyydettiin nimeämään kolme (3) vastaajan mielestä tärkeintä toimenpidettä, joilla on mahdollista parantaa riskienhallintaa kyselyssä mainittujen poikkeustilanteiden ja riskityyppien osalta. Näin ollen kysymykseen saatiin vastauksia neljäkymmentäviisi (45). Vastausvaihtoehtoja oli kaksitoista (12), mutta kysymykseen oli mahdollista jättää myös omia vastausvaihtoehtoja. Vastaajat eivät kokeneet omien vastausvaihtoehtojen lisäämistä tässä kysymyksessä tarpeelliseksi.

Tärkeimmiksi toimenpiteiksi valittiin noin 50 prosenttisesti sellaisia keinoja, jotka lisäävät käytännön työtehtäviä tai henkilöstöresursseja (kuva 4). Selkeästi tärkeimmäksi, yksittäiseksi toimenpiteeksi koettiin kuitenkin yhteistyön ja vastuunjaon kehittäminen kaukolämmöntuotannossa, koska kyseisen vaihtoehdon osuus oli 20 prosenttia vastauksista. Yksittäisistä vaihtoehdoista kaukolämmöntuotannon siisteyteen panostaminen koettiin lähes yhtä tärkeäksi 18 prosentin vastausosuudella. Tärkeimpien toimenpiteiden joukkoon valikoitui myös kunnossapito- ja käynnissäpitohenkilökunnan lisääminen sekä riskienhallinnan ja varautumisen kehittäminen, ja kyseiset vaihtoehdot edustivat kolmasosaa kaikista vastauksista. Vähiten tärkeimmiksi toimenpiteiksi riskienhallinnan parantamiseksi Turku Energiolla koettiin lähes kaikki kyselylomakkeessa ehdotetut teoreettiset riskienhallinnan keinot ja käyttöhenkilökunnan työkuvan kehittäminen, koska kyseistä vaihtoehtoa ei valittu kertaakaan. Sen sijaan kunnossapito- ja käynnissäpitohenkilökunnan koulutusten lisääminen, varautumisharjoitusten määrän lisääminen,

poikkeustilanne- ja riskityyppeihin liittyvä lisätutkimus sekä kyselyssä mainittujen poikkeustilanne- ja riskityyppien huomioiminen varautumisharjoituksissa edustivat yhteensä 21 prosenttia kaikista vastauksista, eli suunnilleen saman verran kuin tärkeimmäksi valittu toimenpide.



Kuva 4 Kysymyksen numero 13 tulokset (n = 15)

Kysymyksessä numero 14 vastaajia pyydettiin kysymyksen 13 tapaan nimeämään kolme (3) mielestään tärkeintä riskityyppiä tai skenaariota, jotka tulisi ottaa huomioon tulevissa varautumisharjoituksissa. Kysymykseen oli mahdollista jättää myös omia vastausvaihtoehtoja, ja vastauksia saatiin yksi kappale:

”Pitkien pyhien aikana sattuva iso vuoto esim.”

Kysymyksestä 14 kootut vastaukset tärkeimmistä riskityypeistä ja skenaarioista tuleviin varautumisharjoituksiin on koottu kuvaan 5. Kuvasta nähdään, että vähiten tärkeät näkökulmat tulevien varautumisharjoitusten teemoiksi ovat kyselyn alkupään pienten riskilukujen tilanteita, ja vastaavasti korkeimpien riskilukujen tilanteet koettiin tärkeimmiksi näkökulmiksi.



Kuva 5 Kysymyksen numero 14 tulokset (n = 15)

Tärkeimmiksi näkökulmiksi tuleviin varautumisharjoituksiin keskittyi noin 50-prosenttisesti kolmeen vaihtoehtoon, jotka ovat varalämpölaitosten käynnistys- tai toimintahaasteet tärkeän tuotantolaitoksen häiriötilanteessa, kaukolämpöputkiston vuodosta johtuva, pitkäaikainen lämmönjakeluhäiriö ja useamman tuotantolaitoksen samanaikainen mekaaninen häiriö. Kyseisissä tilanteissa tosielämässä tapahtuessaan korostuu edellisen kysymyksen tärkeimmäksi valittu riskienhallintaa parantava toimenpide, yhteistyön ja vastuunjaon kehittäminen kaukolämmön tuotannossa. Vaikka automaatiojärjestelmien kaatumisen riskiluvun arvioitiin olevan pieni (8), se valittiin kuitenkin tärkeimmäksi tulevien varautumisharjoitusten teemaksi 24 prosentin vastausosuudella. Syy korkeaan vastausprosenttiin selittyy kysymysten 4 ja 5 vastauksilla; Automaatiojärjestelmien kaatumisen todennäköisyyden arvioitiin olevan keskimäärin pieni (vastausten keskiarvo = 2), mutta seurausten ja vaikuttavuuden arvioitiin olevan suuri (vastausten keskiarvo = 4). Vastausvaihtoehdoista tuotannon keskeyttävä tulipalo sekä ulkopuolisesta toimijasta johtuva vedenjakeluhäiriö eivät tulleet kyselylomakkeissa valituiksi.

6 Näkökulmia riskienhallintaan ja varautumisharjoitteluun

6.1 Poikkeustilanteet Turku Energialla

Tutkimustulosten perusteella voidaan todeta Turku Energian riskienhallinnan tason olevan hyvä, koska lähes kaikkien tutkimuksessa esitettyjen poikkeustilanteiden toteutuminen vaikuttaa epätodennäköiseltä. Koska suuria tai erittäin suuria poikkeustilanneriskejä ei Turku Energialla arvioitu lainkaan esiintyvän, voidaan kohtalaisten, pienten ja erittäin pienten riskien osalta päätellä olevan kyse hallitavissa olevista jäännösriskeistä. Hyväksi havaitut toimenpiteet voivat sekä vähentää poikkeustilanteiden esiintyvyyttä että niiden seurauksia sekä pienentää jäännösriskejä. Poikkeustilanteita voidaan jatkossa ennaltaehkäistä analysoimalla jäännösriskien merkitys tapauskohtaisesti kehittämiskohteiden havaitsemiseksi sekä toteutuskelpoisten toimenpiteiden löytämiseksi jäännösriskien pienentämisessä. Analysoinnin perusteella voidaan suunnitella toimenpiteiden toteuttamisaikataulu. Tutkimuksen perusteella merkittävimmät poikkeustilanneriskit liittyvät kaukolämmönjakelujärjestelmään, tärkeiden tuotantolaitosten mekaniin häiriöihin, polttoaineen varastointiin ja automaatiojärjestelmiin.

Kohdekaukolämpöyhtiön suurimmiksi riskeiksi arvioitu kaukolämpöputkiston vuodosta johtuva, lyhytaikainen lämmönjakeluhäiriö, vastaa Energiateollisuuden ylläpitämän kaukolämmön keskeytys- sekä vaurioilastojen tuloksia, joissa merkittävämmäksi yksittäiseksi käyttökeskeytyksen aiheuttajaksi todettiin 25 prosenttisesti suunnitellut ja 10,5 prosenttisesti odottamattomat verkoston vauriot tai niiden korjaustyöt (Energiateollisuus 2020a, 4). Koska kohdelämpöyhtiö on toiminut pitkään ja toiminta-alue on laaja, kaukolämpövuodon aiheuttamien poikkeustilanteiden voidaan päätellä johtuvan kaukolämpöverkoston ikääntyvistä osista, mikä osaltaan saattaa lisätä verkoston äkillistä korjaustarvetta. Kaukolämpövuodon todennäköisyyden voidaan odottaa verkoston ikääntymisen lisäksi kasvavan, mitä laajemmalla alueella kaukolämpöverkosto sijaitsee ja mitä pitemmät ovat kaukolämmön siirtoetäisyydet. Kaukolämpövuodosta johtuvan lämmönjakeluhäiriön keston ja laajuuteen vaikuttaa myös vaurioituneen putkilinjan koko.

Pitkäaikaisten kaukolämpöverkoston vuodosta johtuvien lämmönjakeluhäiriöiden riskin arvioitiin taas olevan pieni, joten todennäköisesti suuremmilla siirtoverkoston putkilla on teknistä käyttöikää jäljellä ja suunnitellut vuotoja ennaltaehkäisevät toimenpiteet on kohdistettu oikein.

Tärkeiden kaukolämmöntuotantolaitoksen samanaikainen mekaaninen häiriö sekä varalämpölaitosten käynnistys- tai toimintahaasteet tärkeän tuotantolaitoksen häiriötilanteessa saivat myös tulosten korkeimpia riskilukuja. Kaukolämpölaitosten mekaanisia häiriöitä on lähestytty tässä opinnäytetyössä lähinnä esimerkein, ja käytetyssä lähdekirjallisuudessa aihetta sivuttiin vain vähän, joten kyseisiin tilanteisiin johtavat syyt eivät tässä opinnäytetyössä selvinneet. Laitteen vikaantumisen tai ylikuumentumisesta johtuva tulipalo ja tuotannon keskeyttävä sähkövika erillisinä kysymyksinään saivat verrattain pienempiä riskilukuja, joten mekaaniset häiriöt ovat vastaajien toimesta tulkittu tässä yhteydessä koneiden liikkuviin, säännöllisiä huoltotoimenpiteitä vaativiin osiin kohdistuvia häiriötilanteita. Kunnossapitohenkilökunnan runsaslukuisempi osallistuminen tutkimukseen olisi mahdollistanut tutkimuksen puutosten täydentämisen avointen kysymysten kautta. Jatkossa tutkimusta voidaan viedä eteenpäin ja selvittää, millaisia toimenpiteitä on mahdollista tehdä riskiluvun pienentämiseksi tuotantolaitosten mekaanisten häiriöiden osalta. Kaukolämpölaitosten mekaanisten riskien kartoituksessa voidaan aluksi selvittää tämän tutkimuksen riskilukuja selittävät laitteet ja komponentit ja laskea niille vikaantuvuusaste. Vikaantuvuusasteella tarkoitetaan vikojen lukumäärää per laiteyksikkö tiettyjen käyttötuntien aikana ja sen avulla voidaan arvioida vikojen ilmaantumisen todennäköisyyttä hyödyntämällä samanlaisen laitteen vikaantumisesta kerättyä tietoa, esimerkiksi käyttö- ja korjattavuuskokemuksia laitteen elinkaaren alku- ja loppupään väliin jäävinä käyttötunteina. Myös varaosien saatavuustiedot on hyvä selvittää. Kyseisen tutkimuksen avulla voidaan nähdä, onko tarpeellista kahdentaa tai uudistaa tiettyjä kaukolämpölaitosten laitteita, varastoida saatavuudeltaan heikompia, mutta tärkeitä varaosia tai tehdä muutoksia kunnossapidon organisointiin. Käyttökokemuksiin perustuvan kunnossapitotarpeen ja koneiden ja laitteiden vikaantuvuusasteen tuntemuksen avulla voidaan laatia laitevalmistajan manuaaliin verrattuna

soveltuvampi, poikkeustilanteiden ehkäisyyn tähtäävä kunnossapitosuunnitelma. (Gandy 2021.)

Kyberturvallisuuden, tietoliikennehäiriöiden ja hybridivaikuttamisen osalta riskiluku mitattiin ainoastaan automaatiojärjestelmän kaatumisen osalta, koska automaatiojärjestelmät ovat nykyaikaisen kaukolämpötoiminnan kannalta välttämättömiä. Automaatiojärjestelmien kaatumiseen liittyvä kysymys jätettiin tiedostaen kuitenkin suurpiirteiseksi riskiluvun tulkintamahdollisuuksien jäädessä avoimeksi, koska Lyly 2022 -varautumisharjoitus käsitteli muun muassa automaatiojärjestelmän häiriöitä, ja opinnäytetyössä vältettiin toisintoa. Automaatiojärjestelmän kaatumiseen liittyvä poikkeustilanneriski nähdään kuitenkin tulosten kannalta merkittävänä kaukolämpötoiminnan epävarmuustekijänä, jonka juurisyihin ja riskiluvun pienentämisen mahdollisuuksiin tulisi perehtyä lisää. Koska kyseessä on monimutkainen ja turvattu järjestelmä, myöskään ratkaisu ei ole yksiselitteinen, joten toimenpiteiden löytämiseksi tarvitaan sähkö- ja automaatiotekniikan syvällisempää tuntemusta, tarkkojen toimintaohjeiden laatimista ja niiden esittämistä automaatiota käyttäville henkilöille.

Vaikka tulipaloja ja räjähdyksiä pidettiin lähdekirjallisuuden perusteella merkittävänä kaukolämpöyhtiöiden poikkeustilanteiden aiheuttajina, Turku Energian kaukolämmöntuotannossa niitä pidettiin harvinaisina ja pääosin epätodennäköisenä. Kyseessä on positiivinen löydös, ja myös tulipalojen ja räjähdysten suhteen riskienhallintaa ja ennaltaehkäisytoimia voidaan pitää onnistuneina. Kyseiset poikkeustilanteet eivät kuitenkaan ole täysin vältettävissä ja niiden seuraukset voivat olla vakavia, joten ne vaativat osaltaan jatkuvaa varautumista ja riskitason pitämistä hyväksyttävällä tasolla. Koska tulipalot ja räjähdykset voivat liittyä normaaliin koneiden ja laitteiden käyttöön, kulumiseen, vikaantumiseen sekä sattumaan, niihin liittyvien poikkeustilanteiden riskilukuja on mahdollista pienentää entisestään; Kaukolämpölaitosten siisteyteen panostaminen koettiin kyselyn perusteella toiseksi tärkeimmäksi, ja kunnossapidon laadun ja määrän tai kunnossapitohenkilökunnan lisääminen koettiin joka viidennessä vastauksessa tärkeimmäksi riskienhallintaa parantavaksi toimenpiteeksi.

Koska polttoaineen itsestään syttyminen polttoainevarastossa ja polttoaineen syttyminen polttoainenkuljettimessa saivat tutkimuksen korkeimpia riskilukuja, syy-yhteys ei tulosten perusteella selviä ja niitä on vaikea päätellä, kyseisiin tulipalotyyppeihin johtavat tapahtumaketjut voidaan myös jatkossa selvittää. Lähdekirjallisuuden mukaan suurimmat poikkeustilanneriskit liittyvät kattilahalleihin ja kattiloiden käyttöön, mutta aiheesta ei kuitenkaan ole saatavilla konkreettisesti asiaa käsittelevää aineistoa kuin pienten kattiloiden osalta. Tästä syystä myös tähän asiaan on mahdollista kohdistaa lisätutkimus ja aihe voisi olla suurten kaukolämmöntuotannossa käytettävien kattiloiden turvallisuus.

6.2 Tutkimustulosten käyttö riskienhallinnassa ja varautumisharjoittelussa

Vaikka Turku Energian hyvä varautumistaso on saavutettu ennaltaehkäisevillä ja varautumistasoa ylläpitävillä toimenpiteillä kohteissa, joiden poikkeustilanteilla on suurimmat riskit ja seuraukset kaukolämpöjärjestelmän toiminnan kannalta, jatkuvan parantamisen periaatteita noudattamalla voidaan säilyttää saavutettu poikkeustilanteita ehkäisevä varautumistaso myös jatkossa. Turku Energian henkilökunnan näkökulmien avulla havainnoitiin asioiden välisiä yhteyksiä ja tärkeimmät tutkimushavainnot kohdistuivat käytettävissä olevien henkilöstöressurssien, yhteistyön ja vastuunjaon sekä riskiluvultaan suurimpien poikkeustilanteiden välisiin yhteyksiin. Tutkimushavaintojen perusteella kehitettiin mahdollisimman käyttökelpoisia, riskienhallinnassa ja varautumisharjoittelussa hyödynnettäviä toimenpiteitä, jotka kohdistettiin niitä eniten tarvitseviin kohteisiin.

Yhteistyön ja vastuunjaon kehittäminen kaukolämmöntuotannossa koettiin tärkeimmäksi riskienhallintaa parantavaksi toimenpiteeksi Turku Energialla. Yhteistoiminta kaukolämpöyhtiössä luo toiminnan kantavan rakenteen ja pohjan, jonka toimivuus varmistetaan ja testataan varautumisharjoituksissa, joten tässä yhteydessä on loogista, että yhteistyön ja vastuunjaon kehittäminen koettiin tärkeämmäksi toimenpiteeksi siinä löytyessä parantamisen varaa. Suuren kaukolämpöyhtiön yhteistyön ja vastuunjaon haasteena voidaan pitää eri ammattiryhmien lo-keroitumista toisistaan etäällä oleviin työympäristöihin.

Kyseisiä tekijöitä on mahdollista kehittää lisäämällä tietoa eri ammattiryhmien työnkuvasta ja vastuualueista käytännön työn ohessa. Ammatillista osaamista kehittävää työkiertoa, eli menetelmää, jossa työntekijä siirtyy määräajaksi toisiin työtehtäviin, on kehittämiskohteen kannalta huomion arvoinen sekä kustannus- ja resurssitehokas vaihtoehto. Työnkierron tavoitteeksi voidaan asettaa yhteistyön ja vastuunjaon kehittäminen kaukolämmöntuotannossa, ja vertaisoppimisen kautta on mahdollista parantaa muun muassa strategista osaamista ja yhteistyötä niin tavallisina työpäivinä, riskienhallinnan näkökulmasta kuin poikkeustilanteiden sattuessakin. Työkierron liittäminen osaksi tavoitteellista riskienhallinnan parantamista tehostaa siitä saatavia hyötyjä ja tuo eri ammattiryhmät lähemmäksi toisiaan lisäten yhteistyön ja vastuunjaon sujuvuutta sekä kaventavat organisaation sisäisten ammattiryhmien välistä kuilua. Yhteistyötä kehittävistä työkierron hyötyvät sekä henkilökunta että organisaatio, ja sen avulla voidaan kattaa osittain myös tuloksissa tunnistetut tarpeet käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan koulutusten lisäämisestä. (Häkkinen ym. 2011.) Lisäksi työkierron saatavan osaamisen etuna voidaan pitää olemassa olevien henkilöstöresurssien hyödyntämistä poikkeustilanteissa, joiden kompastuskivenä ja seurausten ja vaikuttavuuden suuruutta lisäävänä tekijänä koettiin rajalliset henkilöstöresurssit.

Käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan henkilöstöresurssit sekä poikkeustilanteen sattuessa riittävän henkilöstön saaminen työtehtäviin koettiin tärkeiksi kehittämiskohteiksi, ja sellaiset kaukolämpöyhtiön poikkeustilanteet, jotka sitovat runsaasti henkilökuntaa, koettiin taas suurimmiksi riskeiksi. Tuloksista voidaan päätellä, että lisähenkilökunnalle on tarvetta sekä poikkeustilanneriskin ennaltaehkäisyn kannalta, että mahdollisen poikkeustilanteen sattuessa. Henkilökunnan saatavuus työtehtäviin on todennäköisesti haasteellisinta virka-ajan ulkopuolella, etenkin pitkinä juhlapyhinä, jolloin pienemmät käytettävissä olevat resurssit voivat jo itsessään olla riski ja saattavat suurentaa poikkeustilanteen vaikuttavuutta ja seurauksia viivästyttämällä esimerkiksi poikkeustilanteen aiheuttamien korjaustoimenpiteiden alkamista. Tarve henkilöstöresurssien parantamiseen etenkin kunnossapidon osalta ja kunnossapidon laadun ja määrän lisäämisestä voidaan tulkita yhteytenä lämpölaitosten mekaanisten häiriöiden korkeisiin riskilukuihin. Kunnossapidosta vastaa nykyisen mallin mukaan virka-ajan ulkopuolella yksi tai

kaksi päivystäjää, jotka kutsutaan tarpeen vaatiessa työtehtäviin, ja yhden kunnossapidosta vastaavan henkilön lisäämistä pysyvästi virka-ajan ulkopuolelle voidaan pitää harkitsemisen arvoisena asiana.

Yhtenä yhteistyön ja vastuunjaon kehittämistä sekä käytettävissä olevien henkilöstöressurssien saatavuutta parantavana kehittämis ehdotuksena ovat työyhteisön sisäistä viestintää kehittävät ratkaisut. Viestintää kehittävä ratkaisuehdotus on nykyaikaisen henkilöstöapplikaation hankinta työpuhelimiin, jonka avulla nähdään työvuorossa olevat henkilöt, heidän vastuualueensa, olemassa olevat työluvat ja päivän ajaksi suunnitellut työtehtävät. Applikaation tavoitteena pidetään myös henkilökunnan saavutettavuutta poikkeustilanteen sattuessa, joten yhtenä ominaisuutena voisi olla vapaaehtoisesti lisättävien käytettävyystietojen lisääminen virka-ajan ulkopuolella. Applikaation hankinta ja käyttö luotettavalta palveluntoimittajalta tuo lisäkustannuksia, mutta parantaa toimivan riskienhallinnan edellyttämää yhteistyön ja vastuunjako sujuvuutta sekä osaltaan yhdistää erilaisia viestintäväyliä toimivaksi kokonaisuudeksi. Kyseisen henkilöstöapplikaation käytöstä saatavia hyötyjä lisää sitä käyttävien henkilöiden osallistaminen sen suunnitteluun ja koekäyttöön: Etujen saaminen ja todentaminen edellyttää käyttäjäystävällisyyttä sekä runsaasti käyttökokemuksia. Käyttökokemusten perusteella voidaan muun muassa arvioida kuinka paljon viestinnän tehostuminen tuo säästöjä esimerkiksi kaukolämpölaitosten vikaantumisen varhaisen puuttumisen, käyttökatkosten lyhentymisen ja poikkeustilanneriskien ennakoimisen kautta, jonka avulla voidaan arvioida hankkeen kannattavuus ja takaisinmaksuaika.

Varautumisharjoitusten määrän lisääminen koettiin yhdeksi vähiten tärkeimmäksi riskienhallintaa parantavaksi toimenpiteeksi, ja vastaajien osallistuminen työnantajan järjestämiin varautumisharjoituksiin on keskimäärin vähäistä. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että koko päivän kestävä varautumisharjoitus tavoittaa vain pienen osan kohderyhmänä olevasta henkilökunnasta, koska harjoituksia on mahdollista järjestää vain harvoin ja kaikki eivät niihin pysty osallistumaan. Vaikka vaikeat poikkeustilanteet ovat harvinaisia, ne eivät ole täysin vältettävissä; Jotta poikkeustilanteen sattuessa käytännön toimintakyky kaukolämpöyhtiössä on mahdollista varmistaa, tulisi riskienhallintaa kehittävät varautumisharjoitusten

kaltaiset tilanteet ja niistä saatava hyödyllinen tieto tuoda osaksi arkea muulla tavoin. Hyviksi havaittuja poikkeustilannekäytäntöjä voidaan jakaa muille hyödyn­ tämällä olemassa olevia resursseja, kuten esimerkiksi Turku Energian sisäistä intranettiä tai viikoittain toistuvia yhteisiä palavereja. Tehokas ja ketterä tiedon­ jako kaukolämpöyhtiön sisällä tapahtuneiden poikkeustilanteiden syistä, seu­ rauksista ja niiden hoidosta olisi varautumisharjoituksen elementtejä sisältävä tapa lisätä tietoa työskentely-ympäristön sisältämistä riskeistä. Varautumisharjoi­ tukset voidaan tuoda työpisteisiin aikaan ja paikkaan sitomattomasti sekä mata­ lalla osallistumiskynnyksellä myös säännöllisesti järjestettävien lyhytkoulutusten avulla. Esimerkiksi tärkeimpien poikkeustilanteiden pohjalta voidaan luoda kau­ kolämpöyhtiön kannalta realistisia ja case-muotoisia skenaarioita osaksi Turku Energian Kahvivartti -koulutuksia. Sähköisillä kokousjärjestelmän avulla järjestet­ tävillä Kahvivartti -koulutuksilla on mahdollista saavuttaa runsaammin osallistujia kuin harvoin järjestettävillä varautumisharjoituksilla ja niiden avulla on mahdol­ lista ylläpitää hankittua osaamis- ja tietotasoa seuraaviin virallisiin varautumishar­ joituksiin asti. Kokousjärjestelmien etuna myös on, että kuka tahansa voi pitää lyhytkoulutuksia: Koulutusten pitoon voidaan kannustaa, koska etenkin koke­ neilla työntekijöillä on hallussaan sellaista hiljaista tietoa, joka ei välttämättä muu­ toin välittyisi eteenpäin uudemmille työntekijöille.

Koska varautumisharjoitukset kohdistuvat poikkeustilanteiden ennakointiin ja toi­ minnan vakauttamiseen takaisin normaalitilanteeseen poikkeustilanteen sattu­ essa, riskienhallinnan kehittämiseen tähtäävät harjoitustilaisuudet tulisi suunnit­ tella vastaamaan kaukolämpöyhtiön tunnistettuja haasteita poikkeustilanteiden osalta. Kun käytännön toimintakyky ja siinä esiintyvät haasteet tunnetaan ja tes­ tataan käytännössä, riskienhallintaa voidaan kehittää toimintalähtöisesti. Tär­ keimmät näkökulmat tuleviin varautumisharjoituksiin ovat tosielämässä eskaloi­ tuessaan laajaa, koko kaukolämpöyhtiön moniammatillista osaamista ja yhteis­ työtä vaativia tilanteita. Automaatiojärjestelmän kaatumisen riskin todettiin olevan pieni, mutta samalla se koettiin olevan syystä tai toisesta tärkeimmäksi valittu varautumisharjoitusten teema. Osana Turku Energian Lyly 2022 -varautumishar­ joitusta syvennyttiin muun muassa automaatiojärjestelmän tuomiin haasteisiin, ja tutkimustulosten kautta nähdään yhteys onnistuneeseen varautumisharjoituksen

aihevalintaan. Tämän vuoksi automaatiojärjestelmien häiriö tulee ottaa huomioon myös seuraavissa varautumisharjoituksissa toimivaksi havaittavien toimintatapojen varmistamiseksi. Tärkeitä varautumisharjoitusten teemoja ovat myös varalämpölaitosten käynnistys- tai toimintahäasteet tärkeän tuotantolaitoksen häiriötilanteessa, useamman tuotantolaitoksen samanaikainen mekaaninen häiriö ja kaukolämpöputkiston vuodosta johtuva, pitkäaikainen lämmönjakeluhäiriö, joten seuraavien varautumisharjoitusten toteutusmuodoksi voidaan harkita liikkuvaa harjoitusta, jossa testataan yhteistyön ja vastuunjaon sekä henkilöresurssien saatavuuden toimivuus, ja valita harjoitusten teemaksi kaikki edellä olevat.

6.3 Tutkimustulosten luotettavuus ja käyttö

Kyselytutkimukseen vastaamatta jättäminen eli vastaajakato vääristää tutkimustuloksia ja heikentää tutkimustulosten käyttökelpoisuutta Turku Energian kaukolämmöntuotannossa. Vastaajakato tarkoittaa otokseen valittuja henkilöitä, jotka eivät jostain syystä vastaaan kyselyyn. Kyselytutkimuksella on myös muita heikkouksia: Kyselylomakkeeseen vastaamisen huolellisuutta ei voi mitata, kysymysten onnistuminen ja tulkintatapa vastaajien näkökulmasta jää epäselväksi, vastaajien perehtyneisyyttä tutkittavaan asiaan on vaikea arvioida sekä kyselylomakkeen laatijan tiedoissa ja taidoissa voi esiintyä puutteita. (Hirsjärvi ym. 1997, 190.) Lisäksi kyselytutkimuksen anonymiteetin vuoksi vastauksia ei ole mahdollista tarkentaa jälkikäteen.

Turun ja Naantalın kunnossapito- ja Naantalın käynnissäpitohenkilökunnan osalta saaduilla, niukoilla otoksilla ei voida edustaa koko perusjoukon kantaa käsiteltyyn aiheeseen. Turun käynnissäpidon osalta taas saatiin edustava, 80 prosentin vastaajaosuus kyseisestä perusjoukosta ja näin ollen vastauksia voidaan pitää koko perusjoukkoa edustavana. Koska 80 prosenttia kyselyyn vastaajista edusti käynnissäpitohenkilökuntaa, ja josta yksi työyksikkö, Turun käynnissäpito, oli yliedustettuna, tutkimustulokset ovat liian yksipuolisia kartoittamaan laajempaa kokonaiskuvaa ja kuvaavat tuloksia yhdestä näkökulmasta.

Eräänä tutkimustulosten analysointitavoitteena oli vertailla niitä eri työyksiköiden välillä, mutta kunnossapitohenkilökunnan vähäisen osallistumisen takia kyseistä osuutta ei voitu suorittaa. Koska kunnossapidon työnkuvaan kuuluu vain vähän toimistoaikaa, jatkossa tutkimusaineiston kerääminen kyseiseltä ryhmältä voidaan suorittaa kvalitatiivisesti haastattelututkimuksen keinoin laadukkaasti tutkimusaineiston saamiseksi.

Tutkimuksen luotettavuutta lisää kyselyyn vastanneiden henkilöiden taustatiedot, sillä lähes 70 prosentilla vastaajilla on yli kymmenen vuoden työkokemus Turku Energian kaukolämmöntuotannossa. Suurimman osan kyselyyn vastanneista henkilöstä voidaan olettaa tuntevan kohdekaukolämpöyhtiön toiminnan erityispiirteet ja mahdolliset poikkeustilanneriskit erinomaisesti työvuosien tuoman kokemuksen ja ammattitaidon kautta.

Opinnäytetyön tavoitteena oli määritellä kaukolämpöyhtiön todennäköisimmät ja toiminnan kannalta merkittävimmät normaaliolojen poikkeustilanneriskit sekä löytää riskienhallintaa ja varautumisharjoittelua kehittävät toimenpiteet. Riskilukujen avulla tunnistettiin ja arvioitiin Turku Energian kaukolämmöntuotannon poikkeustilanteiden kannalta kriittisimmät osajärjestelmät, ja riskiluvun käyttäminen tutkimusmenetelmänä osoittautui toimivaksi, selkeäksi ja helposti tulkittavaksi tavaksi arvioida poikkeustilanteiden todennäköisyyttä, seurauksia ja vaikuttavuutta perustoiminnassa. Opinnäytetyön tavoite saavutettiin, ja tulosten perusteella merkittävimmät poikkeustilanneriskit selvitettiin. Kaukolämpöyhtiössä esiintyvät poikkeustilanteet ovat epätodennäköisiä ja toteutuessaan aiheuttavat lähinnä omaisuusvahinkoja ilman suurta haittaa henkilökunnalle tai kaukolämpöasiakkaille.

Lähdekirjallisuutta ja tutkimustuloksia verrattaessa voidaan todeta, että niissä on sekä yhtenevyyksiä että eroavaisuuksia, ja siten eivät ole suoraan verrattavissa toisiinsa. Saatuihin tutkimustuloksiin vaikuttaa ennen kaikkea toimeksiantajayhtiön oman henkilökunnan käyttäminen tutkimusaineiston keräämisessä, joten niissä näkyy Turku Energian työkuultuuri ja kyseisen kaukolämpöyhtiön erityispiirteet. Tutkimustulokset hyödyttävät ennen kaikkea Turku Energiaa, mutta toisaalta tutkimustuloksista saattaa hyötyä osittain myös muut kotimaiset

kaukolämpöyhtiöt, koska etenkin suurten kaukolämpöyhtiöiden toiminnassa, rakenteessa ja sisäisessä järjestäytymisessä saattaa olla Suomen mittakaavassa samankaltaisuuksia.

Vaikka kaukolämpöyhtiössä esiintyvät poikkeustilanteet selvitettiin, niiden ajallista esiintymistä ei kuitenkaan voida tutkimustulosten avulla arvioida valitun tutkimusmenetelmän vuoksi. Poikkeustilanteiden esiintyvyys todennäköisyyslaskennan kautta edellyttäisi tarkkaa tietoa niiden esiintymistaajuudesta tietyssä aikayksikössä. Näin ollen riskienhallinnan tilaa Turku Energialla voidaan jatkossa seurata siten, että kaikki kaukolämpötoiminnan keskeytymiseen tai sen uhkaan johtavat poikkeustilanteet tilastoidaan. Tilastoinnin avulla on mahdollista havaita toiminnan todennäköisimmät riskit ja riskienhallinnan kehittämiskohteet resurssitehokkaammin kyselytutkimukseen verrattuna. Jos tässä opinnäytetyössä ehdotettuja kehittämistoimenpiteitä päätetään suorittaa, saman tyyppinen kyselytutkimuksen toistaminen kaukolämmöntuotannon henkilökunnalle voidaan toteuttaa uudelleen, koska tällöin voidaan vertailukelpoisesti mitata tehtyjen toimenpiteiden vaikuttavuus, joka tuo lisäarvoa myös tämän opinnäytetyön tutkimukselle.

Koska Turku Energian poikkeustilanneriskeistä ei ole saatavilla edeltävää lähdekirjallisuutta, opinnäytetyön tulosten avulla esitettyjä huomioita voidaan pitää hyödyllisinä riskienhallinnan ja varautumisharjoitusten näkökulmasta. Opinnäytetyön tärkeimmät tutkimushavainnot poikkeustilanteiden, riskienhallinnan sekä varautumisharjoittelun näkökulmasta ovat:

1. Suurimmat poikkeustilanneriskit kohdistuvat kaukolämmöntuotannon osajärjestelmiin, joiden kunnossapitotarve on kasvanut.
2. Riskienhallintaa voidaan kehittää sekä toiminnan organisoinnilla eri ammattiryhmien kesken, että työtehtäviä ja henkilöstöresursseja lisäämällä etenkin kunnossapidon osalta.
3. Poikkeustilanteiden hallintaan tähtäävä varautumisharjoittelu tulee kohdistaa haasteellisiin ja moniammatillista yhteistyötä vaativiin kohteisiin, ja on myös tärkeää testata henkilöstön riittävyys todellisen tilanteen varalta.

Lähteet

Ahonen, P. 2010. TITAN-käsikirja. VTT:n päätuloksia Tekesin Turvallisuusohjelman TITAN-projektissa. VTT Tiedotteita 2545. VTT. Viitattu 17.1.2023.

<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2010/T2545.pdf>

Andersson, S., Abrahamsson, E. & Werner, S. 2009. Fjärrvärmeolyckor. Svensk Fjärrvärme. Viitattu 24.9.2022. <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/1198/fjaerrvaermeolyckor-fjaerrsynsrapport-2009-8.pdf>

<https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/1198/fjaerrvaermeolyckor-fjaerrsynsrapport-2009-8.pdf>

Annala, P. 2022. Limingassa lämpövoimalaitoksella pölyräjähdys – turve syttyi palamaan ja voimalaitoksen toiminta on ajettu toistaiseksi alas. Yle Uutiset. Viitattu 29.9.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-12427192>

Energiateollisuus 2020a. Kaukolämmön keskeytystilasto 2019. Viitattu

24.9.2022. https://energia.fi/files/5328/Kaukolammon_keskeytystilasto_2019.pdf

Energiateollisuus. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Kirjapaino Libris Oy, Helsinki 2006.

Energiateollisuus. 2020b. Kaukolämpöverkon vauriotilasto 2019. Viitattu

24.9.2022. https://energia.fi/files/5330/Vauriotilasto_2019.pdf

Energiateollisuus. 2022a. Kaukolämpötilasto 2020. Viitattu 24.9.2022.

https://energia.fi/files/6804/Kaukolampotilasto_2020_paivitetty20220601.pdf

Gandy, S. 2021. Exida explains - Understanding Failure Rates (from the IEC 61511 Perspective). Viitattu 25.1.2023. <https://www.youtube.com/watch?v=Z6yfx270Wrc>

<https://www.youtube.com/watch?v=Z6yfx270Wrc>

Heiskanen, H. 2021. Bloomberg: Yhdysvaltalainen Colonial -putkiyhtiö maksoi lähes 5 miljoonan dollarin lunnaat hakkereille. Yle Uutiset. Viitattu 10.1.2023.

<https://yle.fi/a/3-11930230>

Hirsjärvi, S.; Remes, P. & Sajavaara, P. 1997. Tutki ja kirjoita. 13.–14., osin uudistettu painos. Kustannusosakeyhtiö Tammi. Otavan kirjapaino Oy. Keuruu 2008.

Huoltovarmuuskeskus. 2013. Tietoturvaa huoltovarmuuskriittisille yrityksille. Kooste automaatiota hyödyntävälle teollisuudelle suunnattujen tietoturvaprojektien tuloksista. Viitattu 22.9.2022. https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/files/98c0c5fa192bd46c730e9542f182b7666562a775/2013_teosummary_www.pdf

Huoltovarmuuskeskus. 2022a. Huoltovarmuus Suomessa. Viitattu 5.10.2022. <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/tietoa-huoltovarmuudesta/huoltovarmuus-suomessa>

Huoltovarmuuskeskus. 2022b. Energiahuolto. Viitattu 22.9.2022. <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/toimialat/energiahuolto>

Huoltovarmuuskeskus. 2022d. Jatkuvuudenhallinta. Viitattu 22.9.2022. <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/tietoa-huoltovarmuudesta/jatkuvuudenhallinta>

Häkkinen, M., Kukkonen, T., Sihvo, P., Puhakka, A. & Väyrynen, K. 2011. Osaamisen hallinnan työkirja > Osaamista kehittävä työkierto. eOsmo – hanke. Viitattu 31.1.2023. <http://eosmo.pkamk.fi/tyokirja/tyonkierto/index.html>

Hämäläinen, P. 2013. Räjähdyks pysäytti lämmöntuotannon Kiuruvedellä. Yle Uutiset. Viitattu 29.9.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-6446649>

Ilmatieteen laitos. 2023. Lämmitystarveluku eli astepäiväluku. Viitattu 1.2.2023. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>

Jyväskylän yliopisto. 2016. Johdatus kyberturvallisuuteen. Kyberuhat ja niiden aiheuttajat. Viitattu 22.9.2022. <https://peda.net/jyu/it/do/kkv/4kjna>

Kangas, A. 2017. Riskienhallintatyökalu – käyttö- ja täyttöohjeet. Ohje riskienhallintaan. Valtiovarainministeriö. Viitattu 23.11.2022. <https://vm.fi/documents/10623/1898625/Riskiarviointi+ohje/fe847307-0fc9-4389-bc0c-f003a98c150f>

Karttunen, V., Vanhanen, J., Ryytänen, E., Raivio, T., Larvus L. 2014. Kaukolämpöyhtiöiden varautuminen suurhäiriöihin. Gia Consulting Oy. Viitattu

29.9.2022. [https://energia.fi/files/989/Loppuraportti - Kaukolampoyhtioiden varautuminen suurhairioihin 2014pdf.pdf](https://energia.fi/files/989/Loppuraportti_-_Kaukolampoyhtioiden_varautuminen_suurhairioihin_2014pdf.pdf)

Kaukolämpö.fi. 2022a. Miten kaukolämpö toimii? Viitattu 30.10.2022.

<https://kaukolampo.fi/miten-kaukolampo-toimii/>

Kaukolämpö.fi. 2022b. Miksi kaukolämpö? Viitattu 30.10.2022. <https://kaukolampo.fi/miksi-kaukolampo/>

Keskuskauppakamari & Huoltovarmuuskeskus. 2022. Yrityksiin kohdistuva hybridivaikuttaminen. Selvitys. Viitattu 10.1.2023. <https://kauppakamari.fi/wp-content/uploads/2022/06/Yrityksiin-kohdistuva-hybridivaikuttaminen-selvitys.pdf>

Kossila, E. 2019. Ukkonen kaatoi lähes koko Turku Energian kaukolämpöverkon – vika korjattu ja tilanne palautunut normaaliksi. Yle Uutiset. Viitattu 29.9.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-10921218>

KPA Unicon OY. 2018. Kattilalaitoksen käyttö- ja huolto-ohje. Artukainen. Turku Energian sisäinen tietokanta.

Kupila, S. 2006. Turun kaasukellot. Turun maakuntamuseo julkaisuja 10. Newprint Oy, Raisio 2006.

Laki huoltovarmuuden turvaamisesta 18.12.1992/1390. Viitattu 5.10.2022.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1992/19921390>

Metsämuuronen, J. 2011. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. e-kirja. Tutkijalaitos. International Methelp Oy, Helsinki. Vaatii kirjautumisen tietokantaan.

Painelaitelaki 16.12.2016/1144. Viitattu 29.9.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161144>

Pietikäinen, S. 2018. ATEX-koulutus palotarkastajille. Tukes. Viitattu 23.11.2022. <https://tukes.fi/documents/5470659/8293726/Atex-koulutus+palotarkastajille/3cb33aa5-d7f9-abc0-7e5a-7d89b8bc0e9f/Atex-koulutus+palotarkastajille.pdf?t=1544181855000>

Renewa. 2015. Yleiskoulutus 29.9.2015. Luolavuori 40 MW pellettilämpökeskus. Turku Energian koulutuskansio.

Sanastokeskus TSK ry. 2006. Palo- ja pelastussanasto. Savion Kirjapaino Oy. Kerava 2006.

Siirilä, T. & Tytykoski, K. 2016. Koneturvallisuuden käsikirja. 2. painos. Inspecta. Otavan kirjapaino Oy. Keuruu 2016.

Soininen, P. 2019. Kuvittele tilanne: Sähköt poikki kaksi viikkoa. Asiakaslehti Valopilkku. Turku Energia. Viitattu 16.11.2022. <https://www.turkuenergia.fi/valopilkku/vastuullisuus/kuvittele-tilanne-sahkot-poikki-kaksi-viikkoa/>

STT Viestintäpalvelut Oy. 2022a. Kakolan lämpöpumppulaitoksen käynnistäminen aiheutti sähkölaitteivien lämpöpumppulaitoksella. Turku Energia. Viitattu 29.9.2022. <https://www.sttinfo.fi/tiedote/kakolan-lampopumppulaitoksen-kaynnistaminen-aiheutti-sahkolaitevien-lampopumppulaitoksella?publisherId=69817833&releaseld=69950526>

STT Viestintäpalvelut Oy. 2022b. Turku Energia. Turku Energialle lisää tuulivoimaa. Viitattu 18.1.2023. <https://www.sttinfo.fi/tiedote/turku-energialle-lisaa-tuulivoimaa?publisherId=69817833&releaseld=69937295>

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2019. SFS-EN IEC 31010:2019. Riskienhallinta. Riskien arviointimenetelmät. 2. painos. Vaatii rekisteröitymisen tietokantaan.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2011. SFS-Opas 73. Riskienhallinta. Sanasto. Vaatii rekisteröitymisen tietokantaan.

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2015. SFS-EN ISO 9001. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. 5. painos. Vaatii rekisteröitymisen tietokantaan.

Talvitie, M. 2017. Vihreä vesi tulee kaukolämpöverkostosta – vuotokohtia korjataan yhä Rovaniemellä. Yle Uutiset. Viitattu 18.1.2023. <https://yle.fi/a/3-9800378>

Traficom. 2022a. Merikaapelit ovat internetin selkäranka. Viitattu 10.1.2023. <https://www.kyberturvallisuuskeskus.fi/fi/ajankohtaista/merikaapelit-ovat-internetin-selkaranka>

Traficom. 2022b. Tietoturvan vuosi 2021. Kyberturvallisuus elää kasvun aikaa – torjumme häiriötä ennakolta. Kyberturvallisuuskeskuksen vuosikatsaus. Traficom julkaisuja 3/2022. Viitattu 10.1.2023. <https://www.kyberturvallisuuskeskus.fi/sites/default/files/media/publication/Tietoturvan-vuosi-2021.pdf>

Tukes. 2006. Vaurio- ja onnettomuusrekisteri VARO. Lämpövoimalan katto kärsyi. Viitattu 13.10.2022. <https://varo.tukes.fi/ExtranetHome/Incident/4020>

Tukes. 2012a. Vaurio- ja onnettomuusrekisteri VARO. Höyryputken lämpö sytytti kattorakenteita voimalaitoksella. Viitattu 13.10.2022. <https://varo.tukes.fi/ExtranetHome/Incident/7262>

Tukes. 2012b. Vaurio- ja onnettomuusrekisteri VARO. Kaukolämpöputki repesi ja sinkosi vettä ja kiviä ympäristöön. Viitattu 13.10.2022. <https://varo.tukes.fi/ExtranetHome/Incident/6311>

Tukes. 2015. ATEX Räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus. 2015. Viitattu 29.9.2022. <https://tukes.fi/documents/5470659/6406815/ATEX+r%C3%A4j%C3%A4hdysvaarallisten+tilojen+turvallisuus/310d29f5-57bc-431a-90e5-27bf0b6e0f8d?version=1.0>

Tukes. 2017. ATEX Starttipaketti. 2017. Viitattu 29.9.2022. <https://tukes.fi/documents/5470659/8293726/ATEX-starttipaketti-2017.pdf/b440ed57-218e-4eda-a5b9-42df468e0b5f/ATEX-starttipaketti-2017.pdf>

Tukes. 2017. Vaurio- ja onnettomuusrekisteri VARO. Höyrykattilan räjähdys vauhditti lainsäädännön uudistamista. Viitattu 29.9.2022. <https://tukes.fi/-/hoyrykattilan-rajahdys-vauhditti-lainsaadannon-uudistamista>

Tukes. 2018. Kiinteän polttoaineen lämmityskattiloiden turvallisuus. Viitattu 29.9.2022. <https://tukes.fi/documents/5470659/6424402/Kiinte%C3%A4n+poltoaineen+l%C3%A4mmityskattiloiden+turvallisuus.pdf/7eca5da3-fb9c-46c7->

[a1e7-03586057152c/Kiinte%C3%A4n+polttoaineen+l%C3%A4mmityskattiloiden+turvallisuus.pdf?version=1.0&t=1516701277000&download=](https://www.tukes.fi/kiinteita-tiloja/kiinteita-tiloja/kiinteita-tiloja/a1e7-03586057152c/Kiinte%C3%A4n+polttoaineen+l%C3%A4mmityskattiloiden+turvallisuus.pdf?version=1.0&t=1516701277000&download=)

Tukes. 2018. Vaurio- ja onnettomuusrekisteri VARO. Öljy-ilmaseoksen räjähdys. 2018. Viitattu 30.10.2022. <https://varo.tukes.fi/ExtranetHome/Incident/8160>

Turku Energia. 2022a. Turku Energia lyhyesti. Viitattu 22.9.2022. <https://www.turkuenergia.fi/tietoa-meista/turku-energia-lyhyesti/>

Turku Energia. 2022c. Kaukolämmön tuotantolaitokset. Viitattu 30.10.2022. <https://www.turkuenergia.fi/vastuullista-energiaa/energian-alkupera/kaukolammon-tuotantolaitokset/>

Turku Energia. Hallituksen toimintakertomus ja tilinpäätös 2021. 2022d. Viitattu 22.9.2022. https://vsk2021.turkuenergia.fi/wp-content/uploads/2022/04/Turku_Energia_tilinpaaatos_FI_20212.pdf

Valmiuslaki 29.12.2011/1552. Viitattu 5.10.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20111552>

Valtioneuvosto. 2017. Ministeriöiden julkaisut. VM 22/2017 Ohje riskienhallintaan – LIITTEET 1-6. Viitattu 2.1.2023. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80013/Liitteet_VM22_2017.pdf

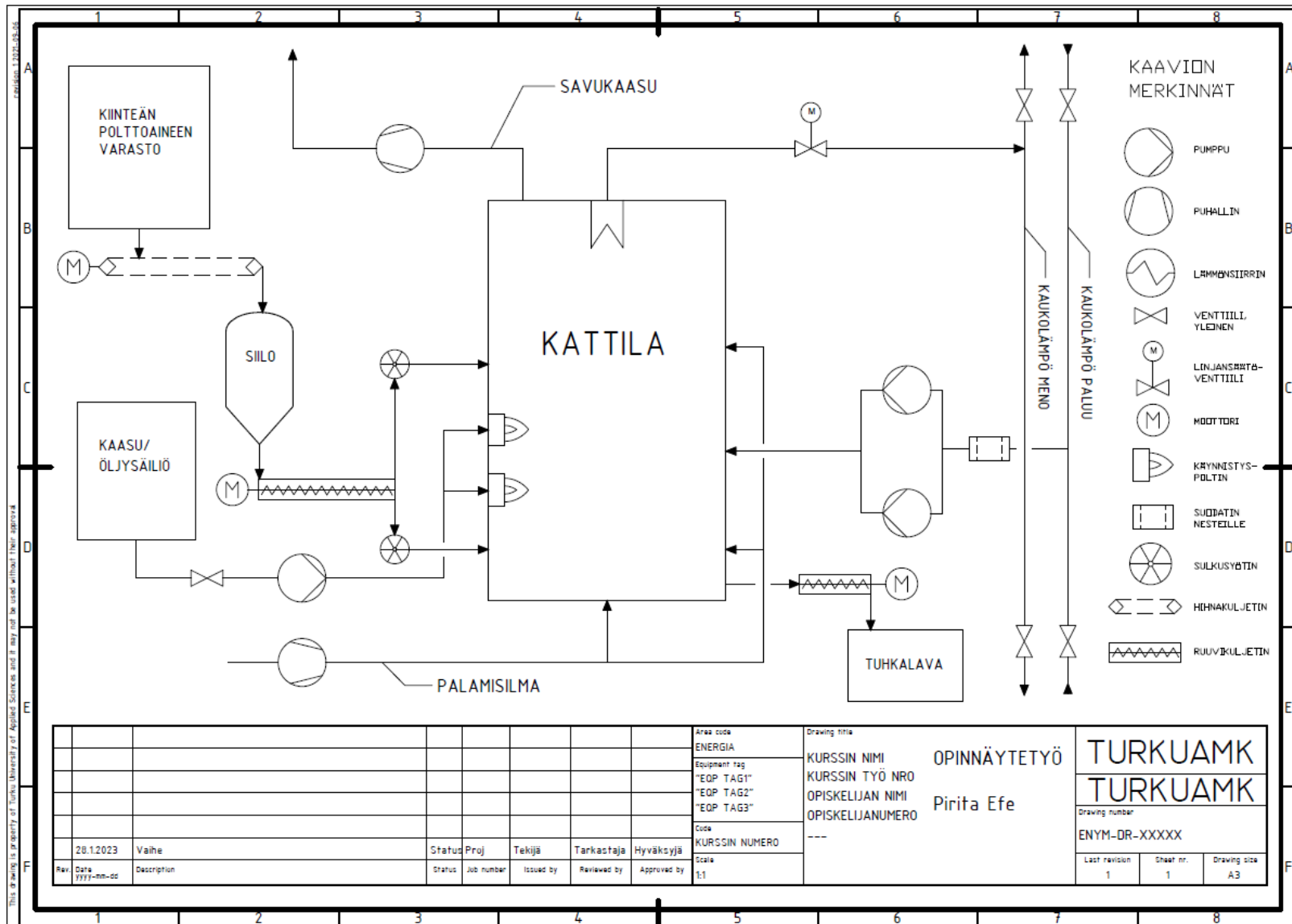
Valtioneuvosto. 2022a. Venäjän hyökkäys Ukrainaan. Viitattu 22.9.2022. <https://valtioneuvosto.fi/ukraina>

Valtioneuvosto. 2022b. Valtioneuvoston huoltovarmuusselonteko. Valtioneuvoston julkaisuja 2022:59. Viitattu 12.10.2022. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164329/VN_2022_59.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista 1048/2018. Viitattu 12.10.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20181048>

Vehmanen, J. 2016. Lämpökeskuksen räjähdyksestä miljoonavahingot Härmässä. Turun Sanomat. Viitattu 2.10.2022. <https://www.ts.fi/uutiset/843338>

Kaukolämmöntuotannon prosessikaavio



							Area code ENERGIA	Drawing title KURSSIN NIMI OPINNÄYTETYÖ KURSSIN TYÖ NRO OPISKELIJAN NIMI Pirita Efe OPISKELIJANUMERO		TURKUAMK TURKUAMK		
							Equipment tag "EDP TAG1" "EDP TAG2" "EDP TAG3"	Code KURSSIN NUMERO		Drawing number ENYM-DR-XXXXX		
28.1.2023	Valhe	Status	Proj	Tekijä	Tarkastaja	Hyväksyjä	Scale 1:1		Last revision 1			
Rev	Date yyyy-mm-dd	Description	Status	Job number	Issued by	Reviewed by	Approved by	Sheet nr. 1		Drawing size A3		

Tiedote tutkimuksesta



Tiedote tutkimuksesta

Päiväys 28.11.2022.

TIEDOTE TUTKIMUKSESTA

Poikkeustilanteet kaukolämpöyhtiössä – Näkökulmia riskienhallintaan ja varautumisharjoitteluun

1. Pyyntö osallistua tutkimukseen

Teitä pyydetään mukaan tutkimukseen, jossa tutkitaan kaukolämpöyhtiön normaaliolojen poikkeustilanteita ja riskejä. Tämä tiedote kuvaa tutkimusta ja teidän osuuttanne siinä.

2. Vapaaehtoisuus

Tutkimukseen osallistuminen on täysin vapaaehtoista. Osallistuminen tutkimukseen katsotaan suostumukseksi tutkimuksessa kysyttyjen tietojen tutkimuskäyttöön. Voitte myös keskeyttää tutkimuksen koska tahansa syytä ilmoittamatta.

3. Tutkimuksen tarkoitus

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kaukolämpöyhtiön merkittävimmät poikkeustilanteet ja riskit, jotka voivat toteutuessaan johtaa kaukolämmön tuotannon keskeytykseen tai muuhun merkittävään haittatapahtumaan. Poikkeustilanteiden ja riskityyppien todennäköisyyden ja vaikuttavuuden arvioinnin avulla selvitetään kaukolämmöntuotannon kannalta tärkeät näkökulmat, jotka voidaan ottaa huomioon sekä riskienhallinnassa, että tulevaisuuden varautumisharjoituksissa.

4. Tutkimuksen toteuttajat

Tutkimus toteutetaan Turun ammattikorkeakoulun Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelman (insinööri, AMK) opinnäytetyönä, ja sen toteuttaja on opiskelija Pirita Efe. Turun ammattikorkeakoulun edustajana ja opinnäytetyön ohjaajana toimii lehtori ja koulutusvastaava Osmo Huhtala. Opinnäytetyön muodossa tehtävä tutkimus suoritetaan toimeksiantona Turku Energia Oy:lle, ja yhteyshenkilönä opinnäytetyöhön liittyen toimii Tuotantopalveluiden käyttöinsinööri Lasse Sihvo.

5. Tutkimusmenetelmät ja toimenpiteet

Tutkimusmenetelmänä käytetään kvantitatiivista tutkimusta, ja käytettävä mittarityyppi on 5-portainen Likert-asteikko. Webropol -työkalulla luodussa tutkimuslomakkeessa testattava henkilö arvioi omaa käsitystään esitettyjen väitteiden ja kysymysten sisällöstä. Tutkimuksen kysymyslomakkeen täyttäminen kestää 5-15 minuuttia ja se on avoinna 10 päivää.

6. Tutkimustuloksista tiedottaminen

Tutkimukseen vastaaminen on anonyymiä ja tutkimuslomakkeista tai -tuloksista ei ole mahdollista tunnistaa yksittäistä vastaajaa. Vastauslomakkeet tulevat ainoastaan tutkijan, eli opinnäytetyön tekijän käyttöön, ja niitä ei käytetä muualla kuin kyseisen opinnäytetyön aineistona. Vastauslomakkeet hävitetään asianmukaisesti opinnäytetyöprosessin päätyttyä. Tutkimustulokset julkaistaan avoimesti, toimeksiantajan hyväksymänä Theseus-tietokannassa. Theseus on Ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto Arene ry:n tarjoama palvelu, joka julkaisee Suomen ammattikorkeakoulujen opinnäytetöitä sekä julkaisuja verkossa. Lisäksi tutkimustulokset julkaistaan Turun AMK:n ja toimeksiantajan yhteisessä opinnäytetyön seminaarissa erikseen

ilmoitettavana ajankohtana. Toimeksiantaja voi halutessaan julkaista opinnäytetyön tai sen tulokset myös muulla tavoin.

7. Lisätiedot

Pyydämme teitä tarvittaessa esittämään tutkimukseen liittyviä kysymyksiä opinnäytetyötä tekeväälle tutkijalle ja/tai opinnäytetyön ohjaajalle, joiden yhteystiedot ovat alla.

8. Tutkijoiden yhteystiedot

Tutkija, opinnäytetyötekijä

Nimi: Pirita Efe

Puh: +358505484597

Sähköposti: pirita.ef@edu.turkuamk.fi

Opinnäytetyön ohjaaja

Titteli: Lehtori, koulutusvastaava

Nimi: Osmo Huhtala

Sektori: Turun ammattikorkeakoulu, Tekniikka ja liiketoiminta, Kemianteollisuus,

Puh: +358403550122

Sähköposti: osmo.huhtala@turkuamk.fi

Kysely Turku Energian käyttö- ja kunnossapidon henkilökunnalle



Kysely Turku Energian käyttö- ja kunnossapidon henkilökunnalle

Tämän kyselyn vastaukset toimivat tutkimusaineistona Turun ammattikorkeakoulun Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelman (insinööri, AMK) opinnäytetyössä Poikkeustilanteen kaukolämpöyhtiössä - Näkökulmia riskienhallintaan ja valmiusharjoitteluun. Insinööriopintojen opinnäytetyö tehdään toimeksiantona Turku Energia Oy:lle.

Luettehan liitteenä olevan, Tiedote tutkimuksesta -lomakkeen huolellisesti ennen kyselyyn vastaamista.



1. Työskentelypaikkanne Turku Energialla: *

- Käynnissäpito, Turku
- Käynnissäpito, Naantali
- Kunnossapito, Turku
- Kunnossapito, Naantali
- Esihenkilö (missä tahansa yllä olevista)

2. Kuinka kauan olette työskennelleet Turku Energian palveluksessa? *

- Alle yhden (1) vuoden
- 1-5 vuotta
- 5-10 vuotta
- 10-15 vuotta
- Yli 15 vuotta

3. Oletteko osallistuneet Turku Energian järjestämiin varautumisharjoituksiin työskentelyaikanaan? *

- En koskaan
- Kerran (1)
- Kaksi (2) kertaa
- 3-5 kertaa
- Yli 5 kertaa



Kysely Turku Energian käyttö- ja kunnossapidon henkilökunnalle

Riskillä tarkoitetaan menetyksen, tappion tai vahingon uhkaa. Riskellä voidaan kuvata epävarmuustekijöitä ja niiden vaikutusta organisaation toimintaan ja tavoitteisiin. Niiden riskien merkitystä, joita toiminnassa ei pystytä täysin välttämään, arvioidaan riskien todennäköisyyden, vaikutusten ja siedettävyyden osalta. Todennäköisyydellä riskienhallinnassa viitataan jonkun tapahtuman toteutumisen mahdollisuuteen, ja se voidaan mitata tai määrittää eri tavoin.

Tässä osiossa esitellään erilaisia, tutkimuksen lähdeaineiston perusteella tyyppisiä kaukolämpöyhtiöiden poikkeustilanteita aiheuttavia riskityyppejä. Kyselyssä poikkeustilanteilla viitataan normaalioloissa ja tavanomaisen kaukolämmöntuotannon yhteydessä sattuviin poikkeustilanteisiin.

Teidän tehtävänänne on arvioida kyseisten riskien suuruutta ja todennäköisyyttä Turku Energian kaukolämmöntuotannossa oman parhaan tietonne, kokemuksenne ja ammattitaitonne kautta.

4. Ohessa on listattuna erilaisia riskityyppejä, ja tehtävänänne on arvioida riskityypin todennäköisyys Turku Energian kaukolämmöntuotannossa.

Vastausvaihtoehtojen selitykset:

- 1 = erittäin pieni todennäköisyys
- 2 = pieni todennäköisyys
- 3 = kohtalainen todennäköisyys
- 4 = suuri todennäköisyys
- 5 = erittäin suuri todennäköisyys *

	1	2	3	4	5
Tärkeän tuotantolaitoksen vakava mekaaninen häiriö *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kahden tärkeän tuotantolaitoksen samanaikainen mekaaninen häiriö *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Useamman kuin kahden tuotantolaitoksen samanaikainen mekaaninen häiriö *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Varalämpölaitosten käynnistys- tai toimintahaasteet tärkeän tuotantolaitoksen häiriötilanteessa *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Polttoaineen loppuminen (esimerkiksi saatavuus- tai toimitusongelman takia) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kaukolämpölaitoksen tuotannon keskeyttävä tulipalo *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kaukolämpölaitoksen tuotannon keskeyttävä räjähdys *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kaukolämpölaitoksen tuotannon keskeyttävä sähkövika (esimerkiksi muuntaja) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Automaatiojärjestelmien kaatuminen *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kaukolämpöputkiston vuodosta johtuva, lyhytaikainen lämmönjakeluhäiriö (alle 12 tuntia) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kaukolämpöputkiston vuodosta johtuva, pitkäaikainen lämmönjakeluhäiriö (12-24 tuntia) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ulkopuolisesta toimijasta johtuva vedenjakeluhäiriö *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Ohessa on listattuna erilaisia riskityyppejä, ja tehtävänä on arvioida toteutuneen riskityypin seurausten ja vaikuttavuuden suuruutta Turku Energian kaukolämmöntuotannossa.

Vastausvaihtoehtojen selitykset:

1 = erittäin pieni seuraus ja vaikuttavuus

2 = pieni seuraus ja vaikuttavuus

3 = kohtalainen seuraus ja vaikuttavuus

4 = suuri seuraus ja vaikuttavuus

5 = erittäin suuri seuraus ja vaikuttavuus *

	1	2	3	4	5
Tärkein tuotantolaitoksen vakava mekaaninen häiriö *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kahden tärkein tuotantolaitoksen samanaikainen mekaaninen häiriö *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Useamman kuin kahden tuotantolaitoksen samanaikainen mekaaninen häiriö *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Varalämpölaitosten käynnistys- tai toimintahästeet tärkein tuotantolaitoksen häiriötilanteessa *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Polttoaineen loppuminen (esimerkiksi saatavuus- tai toimitusongelman takia) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kaukolämpölaitoksen tuotannon keskeyttävä tulipalo *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kaukolämpölaitoksen tuotannon keskeyttävä räjähdys *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kaukolämpölaitoksen tuotannon keskeyttävä sähkövika (esimerkiksi muuntaaja) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Automaatiojärjestelmien kaatuminen *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kaukolämpöputkiston vuodosta johtuva, lyhytaikainen lämmönjakeluhäiriö (alle 12 tuntia) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kaukolämpöputkiston vuodosta johtuva, pitkäaikainen lämmönjakeluhäiriö (12-24 tuntia) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ulkopuolisesta toimijasta johtuva vedenjakeluhäiriö *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Halutessanne voitte kertoa muita kaukolämmöntuotantoon liittyviä huomionarvoisia riskityyppejä sekä niiden toteutumisen todennäköisyyden ja vaikuttavuuden tässä kentässä. Kenttään voitte kirjoittaa myös muita vapaamuotoisia huomioita ja kommentteja kysymysten 4 ja 5 aihealueisiin liittyen.

Kysely Turku Energian käyttö- ja kunnossapidon henkilökunnalle

7. Oheessa on listattuna kaukolämpölaitosten tulipaloihin liittyviä skenaarioita, ja tehtävänänne on arvioida kyseisten riskien toteutumisen todennäköisyyttä Turku Energian kaukolämmöntuotannossa.

Vastausvaihtoehtojen selitykset:

- 1 = erittäin pieni todennäköisyys
2 = pieni todennäköisyys
3 = kohtalainen todennäköisyys
4 = suuri todennäköisyys
5 = erittäin suuri todennäköisyys *

	1	2	3	4	5
Kattilahallin puutteellisesta siisteydestä johtuva tulipalo *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Puutteellisesta tai väällisestä eristyksestä tai tiivisteestä johtuva tulipalo *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kattilan ylös- tai alasajon yhteydessä sattuva tulipalo *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Laitteen vikaantumisesta tai ylikuumentumisesta johtuva tulipalo *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Polttoaineen syttyminen polttoaineenkuljettimessa *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Polttoaineen itsestään syttyminen polttoainevarastossa *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gipinän kulkeutuminen palavaan materiaaliin tuotantotiloissa tai polttoainevarastossa *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Oheessa on listattuna kaukolämpölaitosten tulipaloihin liittyviä skenaarioita, ja tehtävänänne on arvioida kyseisten riskien toteutumisen seurausten ja vaikuttavuuden suuruutta Turku Energian kaukolämmöntuotannossa.

Vastausvaihtoehtojen selitykset:

- 1 = erittäin pieni seuraus ja vaikuttavuus
2 = pieni seuraus ja vaikuttavuus
3 = kohtalainen seuraus ja vaikuttavuus
4 = suuri seuraus ja vaikuttavuus
5 = erittäin suuri seuraus ja vaikuttavuus *

	1	2	3	4	5
Kattilahallin puutteellisesta siisteydestä johtuva tulipalo *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Puutteellisesta tai väällisestä eristyksestä tai tiivisteestä johtuva tulipalo *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kattilan ylös- tai alasajon yhteydessä sattuva tulipalo *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Laitteen vikaantumisesta tai ylikuumentumisesta johtuva tulipalo *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Polttoaineen syttyminen polttoaineenkuljettimessa *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Polttoaineen itsestään syttyminen polttoainevarastossa *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gipinän kulkeutuminen palavaan materiaaliin tuotantotiloissa tai polttoainevarastossa *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Halutessanne voitte kertoa muita kaukolämmöntuotantolaitosten tulipaloihin liittyviä riskityyppejä sekä niiden toteutumisen todennäköisyyden ja vaikuttavuuden tässä kentässä. Kenttään voitte kirjoittaa myös muita vapaamuotoisia huomioita ja kommentteja kysymysten 7 ja 8 aihealueisiin liittyen.

Kysely Turku Energian käyttö- ja kunnossapidon henkilökunnalle

10. Ohessa on listattuna kaukolämpölaitosten räjähdysiin liittyviä skenaarioita, ja tehtävänänne on arvioida kyseisten riskien toteutumisen todennäköisyyttä Turku Energian kaukolämmöntuotannossa.

Vastausvaihtoehtojen selitykset:

- 1 = erittäin pieni todennäköisyys
2 = pieni todennäköisyys
3 = kohtalainen todennäköisyys
4 = suuri todennäköisyys
5 = erittäin suuri todennäköisyys *

	1	2	3	4	5
Kattilahaljin puutteellisesta siisteydestä johtuva (pöly)räjähdyks * *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Laitteiden riittämättömästä tiiveydestä tai riittämättömästä ilmanvaihdosta johtuva (pöly)räjähdyks *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Polttoainevuodosta johtuva räjähdys *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aineen laajenemisen aiheuttama mekaaninen räjähdys kattilassa, säiliössä tai muussa painelaitteessa *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kattilan ylös- tai alasajon yhteydessä sattuva räjähdys *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Ohessa on listattuna kaukolämpölaitosten räjähdysiin liittyviä skenaarioita, ja tehtävänänne on arvioida kyseisten riskien toteutumisen seurausten ja vaikuttavuuden suuruutta Turku Energian kaukolämmöntuotannossa.

Vastausvaihtoehtojen selitykset:

- 1 = erittäin pieni seuraus ja vaikuttavuus
2 = pieni seuraus ja vaikuttavuus
3 = kohtalainen seuraus ja vaikuttavuus
4 = suuri seuraus ja vaikuttavuus
5 = erittäin suuri seuraus ja vaikuttavuus *

	1	2	3	4	5
Kattilahaljin puutteellisesta siisteydestä johtuva (pöly)räjähdyks *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Laitteiden riittämättömästä tiiveydestä tai riittämättömästä ilmanvaihdosta johtuva (pöly)räjähdyks *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Polttoainevuodosta johtuva räjähdys *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aineen laajenemisen aiheuttama mekaaninen räjähdys kattilassa, säiliössä tai muussa painelaitteessa *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kattilan ylös- tai alasajon yhteydessä sattuva räjähdys *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. Halutessanne voitte kertoa muita kaukolämmöntuotantolaitosten räjähdysiin liittyviä riskityyppejä sekä niiden toteutumisen todennäköisyyden ja vaikuttavuuden tässä kentässä. Kenttään voitte kirjoittaa myös muita vapaamuotoisia huomioita ja kommentteja kysymysten 10 ja 11 aihealueisiin liittyen.

Kysely Turku Energian käyttö- ja kunnossapidon henkilökunnalle

13. Mitkä ovat mielestänne tärkeimmät toimenpiteet, joilla voidaan parantaa riskienhallintaa kyselyssä mainittujen poikkeustilanne- ja riskityyppien osalta? *

Valitse 3 alla olevista vaihtoehdoista

- Kunnossapitohenkilökunnan lisääminen
- Kunnossapidon laadun ja määrän lisääminen
- Kunnossapitohenkilökunnan koulutusten lisääminen
- Käyttöhenkilökunnan lisääminen
- Käyttöhenkilökunnan työnkuvan kehittäminen
- Käyttöhenkilökunnan koulutusten lisääminen
- Yhteistyön ja vastuunjaon kehittäminen kaukolämmöntuotannossa
- Kaukolämpölaitosten siisteyteen postaminen
- Riskienhallinnan ja varautumisen kehittäminen
- Poikkeustilanne- ja riskityyppien huomioiminen varautumisharjoituksissa
- Poikkeustilanne- ja riskityyppien liittyvä lisätutkimus
- Varautumisharjoitusten määrän lisääminen
- Jokin muu, mikä?
- Jokin muu, mikä?

Voit valita 3 ja 3 vaihtoehdon väliltä

Valitut vaihtoehdot: 0

14. Mitkä ovat mielestänne tärkeimmät riskityypit tai skenaariot, jotka tulisi ottaa huomioon tulevaisuuden varautumisharjoituksissa? *

Valitse 3 alla olevista vaihtoehdoista

- Useamman tuotantolaitoksen samanaikainen mekaaninen häiriö
- Varalämpölaitosten käynnistys- tai toimintahaasteet tärkeän tuotantolaitoksen häiriötilanteessa
- Polttoaineen loppuminen (esimerkiksi saatavuus- tai toimitusongelman takia)
- Kaukolämpölaitoksen tuotannon keskeyttävä tulipalo
- Kaukolämpölaitoksen tuotannon keskeyttävä räjähdys
- Kaukolämpölaitoksen tuotannon keskeyttävä sähkövika
- Automaatiojärjestelmien kaatuminen
- Kaukolämpöputkiston vuodosta johtuva, pitkäaikainen lämmönjakeluhäiriö (12-24 tuntia)
- Ulkopuolisesta toimijasta johtuva vedenjakeluhäiriö
- Jokin muu, mikä?
- Jokin muu, mikä?

Voit valita 3 ja 3 vaihtoehdon väliltä

Valitut vaihtoehdot: 0