



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jukka Matokangas

Sprinklerijärjestelmän mekaniikan suunnittelu

Opinnäytetyö

Kevät 2024

Insinööri (AMK), Konetekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Jukka Matokangas

Työn nimi alaotsikoineen: Sprinklerijärjestelmän mekaniikan suunnittelu

Ohjaaja: Samuel Suvanto

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 33

Liitteiden lukumäärä: 0

Tämän opinnäytetyön aiheena oli sprinklerijärjestelmän mekaniikan suunnittelu standardin SFS-EN 12845:2015 + A1:2019 mukaisesti. Suunnittelu tehtiin Pesmel Oy:n toimeksiantona. Toimeksiantajalla oli tarve sprinklerijärjestelmän putkien kannakkeiden suunnitteluun ja toteutukseen korkeavarastorakennukseen. Tarkoituksena oli selvittää standardin määritelmät ja rajoitukset sprinklerijärjestelmille ja näiden kannakoinnille sekä suunnitella ja mallintaa kannakkeet siten, että standardi täyttyy.

Opinnäytetyö aloitettiin perehtymällä sprinklerijärjestelmiin yleisellä tasolla. Tämän jälkeen selvitettiin standardin määritteet ja rajoitukset järjestelmille sekä kannakkeille. Lujuustarkastelu on standardin määritysten takia suunnittelun kannalta oleellista, joten työssä käsitellään myös tätä aihealuetta. Erialaisten hahmotelmien ja katselmointien jälkeen päädyttiin lopullisiin kannakeratkaisuihin.

Työn tuloksena syntyi standardin mukaiset kannakkeet sprinkleriputkistolle erääseen yrityksen toimittamaan korkeavarastorakennukseen. Yritys voi hyödyntää työn tuloksena syntyneitä kannakkeita myöhemmin vastaavan kaltaisissa projekteissa.

¹ Asiasanat: standardit, sprinklerilaitteistot, Inventor, suunnittelu

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Jukka Matokangas

Title of thesis: Designing the mechanics of a sprinkler system

Supervisor: Samuel Suvanto

Year: 2024

Number of pages: 33

Number of appendices: 0

The subject of this thesis was the mechanical design of a sprinkler system according to the standard SFS-EN 12845:2015 + A1:2019. The design was commissioned by Pesimal Oy. The client had a need for the design and implementation of pipe supports for a sprinkler system in a high-rise warehouse building. The purpose was to determine the definitions and limitations of the standard for sprinkler systems and their supports, and to design and model the supports to meet the standard. The company can use the designed brackets for similar projects in the future.

The thesis begins with a general introduction to sprinkler systems. The specifications and limitations of the standard for the systems and brackets were then explained. Because of the standard's specifications, the design of sprinklers is essential, and the thesis also covers this topic. After various sketches and reviews, the final design solutions were arrived at.

The result of this work was the development of standard brackets for sprinkler piping in a high-rise warehouse building supplied by a company. The company can use the resulting brackets for similar projects in the future.

¹ Keywords: standards, sprinkler systems, inventor, design

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva- ja taulukkuuettelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn taustaa.....	8
1.2 Työn tavoite.....	8
1.3 Työn rakenne	9
1.4 Pesmel Oy.....	9
2 SPRINKLERIJÄRJESTELMÄT	11
2.1 Historia	11
2.2 Sprinklerijärjestelmä	11
2.2.1 Vesilähteet	13
2.2.2 Pumput	13
2.2.3 Sprinklerit.....	13
2.2.4 Venttiilit	14
2.2.5 Hälytyslaitteet.....	14
2.2.6 Putkistot	15
2.3 Käyttöönotto	15
2.4 Kunnossapito.....	15
3 STANDARDI SFS EN-12845:2015 + A1:2019 JA VAATIMUSTENMUKAISUUS.....	17
3.1 Standardin kuvaus.....	17
3.2 Putkistosuunnittelu	17
3.3 Putkiston kannakointi	19
3.4 Vaatimustenmukaisuus suunnittelussa	19
3.5 Rakennustuotteiden vaatimuksenmukaisuus	20

3.6	CE-merkintä	21
4	MEKANIKKASUUNNITTELU.....	22
4.1	Mekaniikkasuunnittelun perusteet	22
4.2	Tietokoneavusteinen suunnittelu (CAD).....	23
4.3	FEM-analyysi.....	23
5	KORKEAVARASTON SPRINKLERIJÄRJESTELMÄN KANNAKOINTI ...	25
5.1	Mistä tarve suunnitteluun on lähtenyt?	25
5.2	Kannakkeiden suunnittelu	25
5.3	Lujuuslaskenta	26
5.4	Valmiit kannakkeet tilaukseen	28
5.5	Vaatimustenmukaisuuden todentaminen	28
5.6	Suunnitteluohjeistus	29
6	TULOKSET	30
7	YHTEENVETO	31
	LÄHTEET	32

Kuva- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Pesmel korkeavarastorakennus.....	10
Kuva 2. Sprinkleriasennuksen pääosat.....	12
Kuva 3. Sprinklerisuutin	14
Kuva 4. Putkipalkki, jossa elementit ja solmupisteet.	24
Kuva 5. Havainnekuva Inventor-ohjelman FEM-ominaisuuksista.	27
Taulukko 1 Putkikannakkeiden mitoitus	19

Käytetyt termit ja lyhenteet

Ansys Mechanical	FEM-analysointiin, kappaleiden vuorovaikutusten simulointiin, kuormitusten- ja lujuuslaskentaan räätälöity ohjelmisto.
FEM	Finite Element Method. Elementtimenetelmä, jolla ratkaistaan differentiaaliyhtälöitä tietokoneella. Menetelmällä voidaan havainnoida jännityksiä, kuormituksia ja materiaaliominaisuuksia.
Inventor	3D-suunnitteluohjelmisto, jota käytetään mm. mekaaniseen suunnitteluun, simulointiin, visualisointiin ja dokumentointiin.
Navisworks	Autodeskin kehittämä ohjelmisto isojen CAD-mallien simulointiin ja tarkasteluun.
Sovelia	Tuotteen elinkaaren hallintaan tarkoitettu järjestelmä, PLM (Product Lifecycle Management).

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustaa

Pesmel Oy:n korkeavarastoissa käytetään automaattista palosammutusjärjestelmää eli sprinklereitä. Sprinkleriputkien kannakointi on aiemmin ostettu alihankintana, mutta sitä on alettu tehdä nyt myös omana työnä. Putkistosuunnittelun ja -asennuksen hoitaa jatkossakin ulkopuolinen yritys.

Korkeavaraston rakenne aiheuttaa omat haasteensa kannakointiin, koska reikien poraaminen rakenteisiin on kielletty varaston rakenteen lujuusominaisuuksien heikentymisen takia. Korkeavaraston rakenne on pääosin rullamuovattua ohutlevyä. Sprinklaus kuitenkin osaltaan mahdollistaa rakenteen optimointia palokuormituksen keston pysyessä samana, kuin sprinklaamaton kohde, jossa palokuormituksen kesto kasvattaa rakenteen kokoa. Kannakointia rajoittaa myös standardi, jonka mukaan kannakkeet ja niiden lujuusominaisuudet on suunniteltava. Suunnittelun helpottamiseksi ja tehostamiseksi jatkoa ajatellen tehdään suunnitteluohje sekä osakirjasto.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on suunnitella kannakointi sprinkleriputkistolle standardin mukaan eräaseen projektiin siten, että varaston rakenteisiin ei tarvitse tehdä reikiä. Suunnittelussa pyritään pitämään mielessä myös kannakkeiden mahdollisimman helppo asennettavuus. Korkeavarasto on suuri kokonaisuus ja putkistoa tulee runsaasti, joten kannakkeiden helppo asennettavuus nopeuttaa rakennusprosessia merkittävästi ja vähentää asentajien kuormitusta joskus hankalissakin työskentelyolosuhteissa. Lisäksi yrityksen käyttöön tehdään yleispätevä suunnitteluohje standardin mukaiseen kannakoinnin suunnitteluun tulevaisuudessa sekä osakirjasto kannakkeista. Ohjeen on tarkoitus toimia tukena suunnitteluprosessissa ja helpottaa kannakoinnin suunnitteluprosessia. Projektit ovat usein erilaisia, joten ohje ei voi olla liian yksityiskohtainen.

1.3 Työn rakenne

Johdannossa (luku 1) käsitellään työn taustaa, sen tavoitteita ja työn rakennetta. Lisäksi esitellään työn toimeksiantajayritys. Toisessa luvussa käydään läpi sprinklerijärjestelmiä kokonaisuutena ja järjestelmiin liittyviä komponentteja. Myös kunnossapitoa ja huoltoa sekä näihin liittyviä dokumentteja ja vaadittavia asiakirjoja käydään läpi. Lisäksi perehdytään käyttöönottoon liittyviin vaatimuksiin.

Kolmas luku käsittelee sprinklerijärjestelmiin liittyvää standardia. Standardia käsitellään erityisesti suunnittelun kannalta. Lisäksi luku käsittelee kannakkeita sekä vaatimustenmukaisuutta ja niiden osoittamista yleisellä tasolla sekä CE-merkinnän vaatimuksia.

Neljännessä luvussa käsitellään mekaniikkasuunnittelua ja siihen oleellisesti liittyvää lujuuslaskentaa. Lisäksi tarkastellaan tietokoneavusteista suunnittelua sekä lujuustarkastelua FEM- ohjelmistojen avulla.

Viides luku kertoo kannakkeiden suunnittelusta, työn taustasta sekä tarpeesta ja prosessin etenemisestä. Kuudennessa luvussa kerrotaan työn tulokset. Seitsemäs luku tekee yhteenvedon työstä.

1.4 Pesmel Oy

Työn toimeksiantaja Pesmel Oy on perustettu vuonna 1978 ja sen päätoimipaikka on Kauhajoella. Yritys on erikoistunut korkeasti automatisoituihin räätälöityihin materiaalinhallintaratkaisuihin, joista yrityksellä on yli 40 vuoden kokemus. Material Flow How -konseptin ydin on tarjota ratkaisu asiakkaan kaikkiin tarpeisiin älykkästä asiakaslähtöisestä suunnittelusta aktiiviseen elinkaarihuoltoon ja kunnossapitoon.

Yritys tarjoaa konsepteja, jotka kattavat koko tehtaan logistiikan ja materiaalivirran. Yritys toimittaa ratkaisuja esimerkiksi kartonki- ja paperiteollisuuteen, terästeollisuuteen ja rengasteollisuuteen (Pesmel, i.a.). Vuonna 2022 Pesmel Oy:n liikevaihto oli 35,8 Miljoonaa euroa ja se työllisti 190 henkilöä. (Kauppalehti, i.a.). Kuvassa 1 on esitelty havainnekuva Pesmel Oy:n korkeavarastorakennuksesta.



Kuva 1. Pesimal korkeavarastorakennus. (Pesimal, i.a.).

2 SPRINKLERIJÄRJESTELMÄT

2.1 Historia

Ensimmäiset sprinklerijärjestelmät kehitettiin 1800-luvun alkupuolella (Kippola, 2023). Ensimmäiset järjestelmät käynnistettiin käynnistämällä veden virtaus putkistossa, joka oli reiitetty. Ensimmäinen automaattinen sprinklerijärjestelmä patentoitiin vuonna 1872 amerikkalaisen Philip W. Prattin toimesta. Järjestelmässä lasipullo, joka oli täytetty lämmöstä laajenevalla nesteellä, laukaisi veden virtaamaan sprinklerisuuttimen läpi lasin hajotessa. 1970-luvulla suunniteltiin sprinklerisuutin, joka hajottaa veden sumuksi. Näin vettä käytetään vähemmän sammutustehokkuuden silti kärsimättä.

Modernit sprinklerijärjestelmät ovat hyvin kehittyneitä ja monet järjestelmät on mahdollista integroida rakennusautomaatiojärjestelmiin mahdollistaen näin etävalvonnan ja -ohjauksen (Kippola, 2023). Tekniikan kehittyessä joissain järjestelmissä on mahdollista käyttää nykyään jopa tekoälyä ja koneoppimisalgoritmeja.

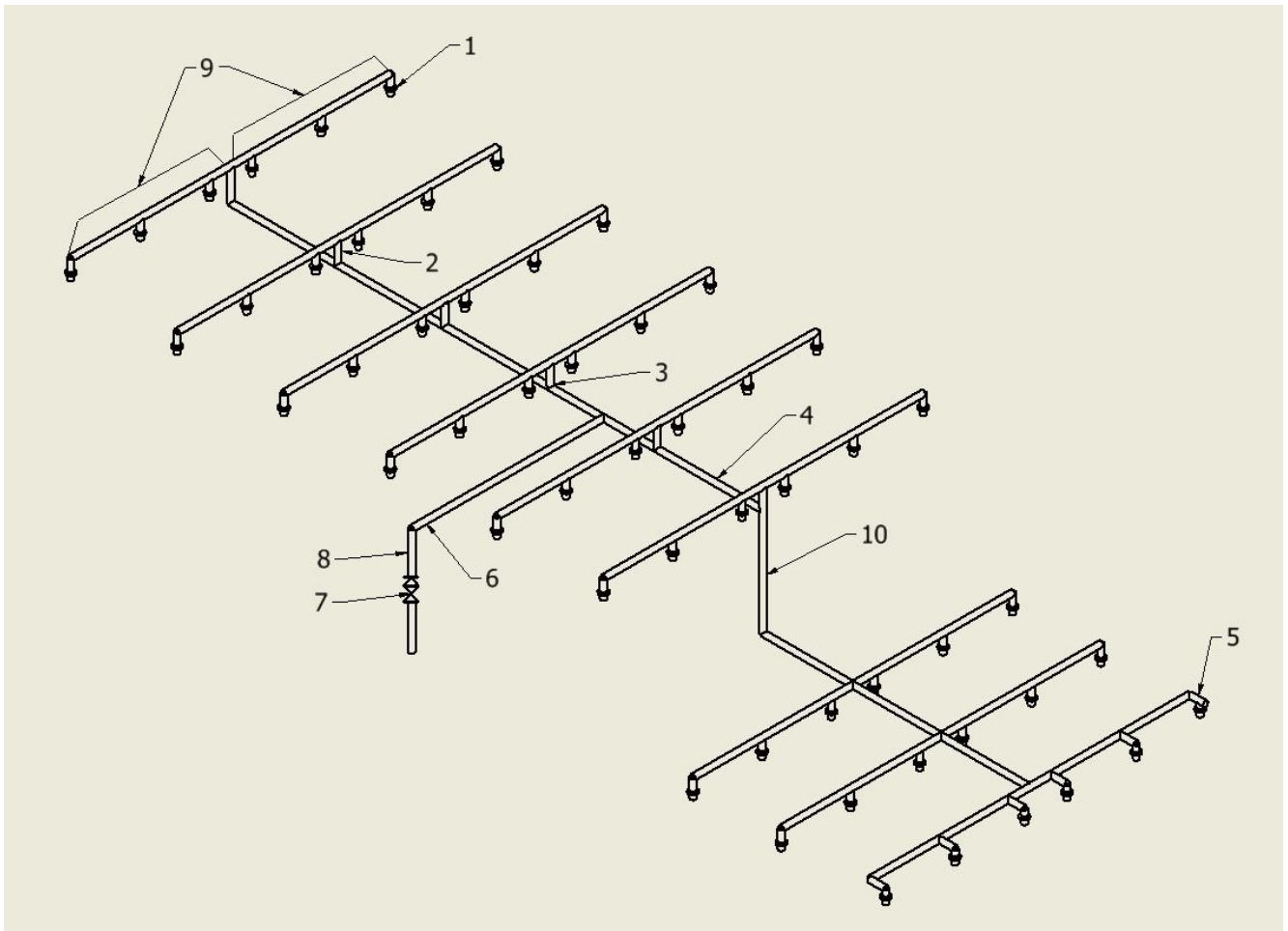
2.2 Sprinklerijärjestelmä

Sprinklerijärjestelmä on automaattinen palosammutuslaitteisto, joka on suunniteltu havaitsemaan ja sammuttamaan tai rajaamaan paloa, kunnes palo on sammutettu muilla keinoin. Sprinklerijärjestelmä ei tee tarpeettomaksi muita sammutustoimenpiteitä (Suomen Standardisoimisliitto (SFS), 2019, s. 7). Yleensä järjestelmä ilmoittaa havaitsemastaan tulipalosta myös hätäkeskukseen (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), i.a.-a).

Sammutuslaitteiston suunnittelussa tulee ottaa erityisesti huomioon suojattavan kohteen käyttötarkoitus, kohteessa harjoitettava toiminta sekä kohteen rakenteelliset tai muut palo- ja henkilöturvallisuuteen vaikuttavat tekijät (Sisäasianministeriön asetus automaattisista sammutuslaitteistoista 744/2000).

Sprinklerilaitteisto koostuu vesilähteestä ja yhdestä tai useammasta sprinkleriasennuksesta (SFS, 2019, s. 7). Sprinkleriasennus puolestaan pitää sisällään asennusventtiilit laitteineen, putkistot sekä sprinklerisuuttimet. Sprinklerit asennetaan tiettyihin paikkoihin

kattoon tai sisäkattoon ja tarvittaessa varastotelineistöihin sekä kuivureihin tai uuneihin. Sprinklereiden laukeamislämpötila määritellään yleensä ympäristön lämpötilan perusteella. Kuvassa 2 esitetään sprinklerilaitteiston pääosat.



Kuva 2. Sprinkleriasennuksen pääosat. (perustuu SFS, 2019, s.7).

1. Sprinkleri
2. Nousuputki
3. Taulukkomitoituspiste
4. Alajakojohto
5. Sovitusputki
6. Pääjakojohto
7. Asennusventtiili
8. Nousuputki
9. Haarajohto
10. Laskujohto

2.2.1 Vesilähteet

Vesilähde on järjestelmä, jolla syötetään sprinklerilaitteistoon vaadittua virtaamaa vaaditulla paineella (CEA 4001:2007-06). Vesilähteet eivät saa altistua millekään sen toimintaa tai tehollista kapasiteettia uhkaavalle olosuhteelle, kuten pakkaselle, kuivuudelle, tulville, tai muille tämän kaltaisille ilmiöille. Vesilähteenä tulee olla yksi tai useampia seuraavista vaihtoehdoista: yleinen vesijohto, vesisäiliö, ehtymätön vesilähde tai painesäiliö. Ehtymättömillä vesilähteillä tarkoitetaan jokia, järviä ja kanavia, joiden voidaan katsoa olevan ehtymättömiä.

2.2.2 Pumput

Pumppujen on toimittava joko sähkö- tai dieselmootoreilla (SFS, 2019, s. 51). Useamman pumppuyksikön asennuksissa vain yhden pumpun tulee toimia sähkömoottorilla (mts. 52). Useamman pumpun asennuksissa pumppujen virtausarvojen tulee olla yhtenäiset. Sähkökäyttöisen pumpun sähkönsyöttö tulee olla erillinen kaikkiin muihin syöttölähteisiin nähden (CEA 4001:2007-06). Dieselmootorikäyttöisen pumpun tulee olla täydessä toimintakunnossa 15 sekunnin sisällä käynnistyksestä. Pumpputila on palosuojattava sprinklereillä (SFS, 2019, s. 52). Pumpun imuputkeen täytyy asentaa sulkuventtiili (mts. 53).

2.2.3 Sprinklerit

Sprinklerin komponentteja ovat runko, lämpöelementti, hattu, suutinaukko ja hajottajalevy. Rungon tehtävä on pitää muita komponentteja paikoillaan. Se kiinnittyy yläpäältä suutinaukkoon. Lämpöön reagoiva, sprinklerin laukaiseva elementti kiinnittyy runkoon ja pitää hattua paikoillaan. Kun lämpöelementti laukeaa, hattu irtoaa ja päästää veden virtaamaan hajotuslevyyn, joka hajottaa vesivirran pienempiin pisaroihin, tällä saavutetaan parempi sammutustulos. Markkinoilla on runsaasti erilaisia sprinklerivaihtoehtoja, mutta perusperiaate on kuitenkin kaikissa sama. Lämpöelementtien rakenne, hajotuslevyn tyyppi ja rungon rakenne poikkeavat valmistajasta riippuen toisistaan. Sprinklerijärjestelmän laukeamisherkkyys riippuu lämpöelementin rakenteesta. Kuvassa 3 on esitetty erään valmistajan sprinklerisuutin.



Kuva 3. Sprinklerisuutin (Leon, 2010).

2.2.4 Venttiilit

Jokaisella sprinkleriasennuksella täytyy olla asennusventtiilisarja (CEA 4001:2007-06). Sulkuventtiilien täytyy olla myötöpäivään suljettavia ja varustettu selkeällä merkinnällä siitä, onko venttiili auki vai kiinni (SFS, 2019, s. 104). Asennusventtiilin jälkeen ei ole suositeltavaa asentaa sulkuventtiiliä, jos näin tehdään, venttiileiden on oltava sähköisesti ohjattuja.

2.2.5 Hälytyslaitteet

Jokaiseen asennusventtiiliin täytyy asentaa vesimoottorilla tai sähköisellä kytkimellä toimiva hälytyslaite, joka ilmaisee järjestelmän laukeamisen (SFS, 2019, s. 105). Hälytyslaitteet on sijoitettava niin lähelle hälytysventtiiliä kuin mahdollista. Hälytys siirretään myös hätokeskukseen.

Paloilmoitin on laitteisto, joka havaitsee automaattisesti ja välittömästi alkavan palon sekä mahdolliset laitteiston toimintavalmiutta vaarantavat viat (Hovinen, 2020a, s. 35). Ilmoitukset välitetään paikallisesti ja samanaikaisesti hälytyskeskukseen tai valvomoon. Pelastuslaitos saattaa vaatia paloilmoittimen asentamista ja se saattaa olla myös rakennusluvan ehtona. (Hovinen, 2020b, s.115).

2.2.6 Putkistot

Maanalaisissa putkituksissa suositellaan käytettäväksi putkityypiksi seuraavia: valurauta, pallografiittivalurauta, linkovalubetoni, lujitettu lasikuitu tai suurtiheyksinen polyeteeni (SFS, 2019, s. 108). Maanpäällisten putkien asennusventtiilien jälkeen on oltava terästä tai kuparia. Kupariputkea saa käyttää ainoastaan teräsputkien jälkeen, ei ennen niitä. Sisäpuolisesti sinkittyjen putkien käyttäminen on ollut kiellettyä vuodesta 2021 alkaen. Sinkki, happi ja vesi muodostavat yhdessä vetykaasua putkiston kohdissa, joissa on ilmataskuja ja tämä aiheuttaa räjähdysvaaran. Putkien nimellishalkaisijat vaihtelevat 50–200 mm:n välillä.

2.3 Käyttöönotto

Sprinklerijärjestelmälle on suoritettava käyttöönottokokeet (SFS, 2019, s. 114). Kaikkia putkia täytyy koeponnistaa vähintään kahden tunnin ajan. Koeponnistuspaineen on oltava 1,5ertainen järjestelmän maksimipaineesta, kuitenkin vähintään 15 bar. Koeponnistuksen jälkeen järjestelmä tutkitaan virheiden varalta ja havaitut virheet korjataan. Korjausten jälkeen koeponnistus tehdään uudelleen.

2.4 Kunnossapito

Asennusliike toimittaa käyttäjälle tarkistusohjelman, josta selviävät viikoittain suoritettavat rutiinitoimenpiteet sekä tärkeimpänä pumppujen käynnistäminen käsikäyttöisellä varakäynnistysjärjestelmällä (SFS, 2019, s. 116). Kunnossapito-ohjelman tulee ottaa huomioon kohteen laitteiston omat suunnitelmat ja asennuskohteen vaikutukset (Lehto, 2023). Laitteiston huollolle ja ylläpidolle on syytä nimetä vastuuhenkilöt. Kunnossapito on tärkeässä roolissa myös väärien hälytysten välttämisessä. Kunnossapitoon kuuluu toimintavalmiuden

valvonta, laitteiston hoito ja huolto. Laitteiston tehokas toiminta tulipalotilanteessa on varmistettava. Kunnossapito sisältää tehtyjen toimenpiteiden ja tapahtumien kirjaamisen.

Veden- ja ilmanpaineet on tarkastettava ja merkittävä ylös huolto-ohjelman mukaisesti (SFS, 2019, s. 116). Pumpuille ja dieselmootoreille on tehtävä käynnistyskokeet. Sprinklereiden, suuttimien, ryhmälaukaisijoiden, putkien ja putkikannakkeiden kunto on tarkastettava silmämääräisesti korroosion ja suuttimien likaisuuden varalta. Tarvittaessa suuttimet on puhdistettava ja korroosio poistettava sekä tehtävä korjausmaalaukset.

Paloilmoittimen haltija vastaa siitä, että ilmoittimella on laadittu kunnossapito-ohjelma ja että ohjelmaa noudatetaan (Hovinen, 2020c, s. 191). Kunnossapito-ohjelma on asiakirja, josta selviää mitä toimenpiteitä paloilmoittimelle on tehtävä ja kuka vastaa mistäkin toimesta. Paloilmoittimien huolto, korjaus ja ylläpito vaatii paloilmoitinoikeudet, joten tilaajan on syytä varmistaa, että palveluntarjoajalla on oikeudet. Osana valvontaa pelastusviranomaisen valvoo myös kunnossapito-ohjelmaa, ja se on viranomaisen pyytäessä esitettävä (mts. 192).

3 STANDARDI SFS EN-12845:2015 + A1:2019 JA VAATIMUSTENMUKAISUUS

3.1 Standardin kuvaus

Standardi on eurooppalainen standardi, joka kattaa seuraavat laitteistot:

- automaattiset sprinklerilaitteistot (EN 12259 ja EN 12845)
- kaasusammutuslaitteistot (EN 12094)
- jauhelaitteistot (EN 12416)
- räjähdysuojalaitteistot (ISO 6184)
- vaahtolaitteistot (EN 13565)
- kaasulaitteistot (EN 12094)
- paloposti- ja pikapalopostijärjestelmät (EN 671)
- savunhallintajärjestelmät (EN 12101)

Standardi korvaa aiemmin voimassa olleet standardit EN 12845:2015 ja EN 12845:2015/AC:2016 (SFS, 2019, s. 6). Standardi käsittää suunnittelun ja dokumentoinnin, vaatimukset kohteen tyyppien mukaan, vesilähdetyypit, sprinklerijärjestelmien vaatimukset, käyttöönoton ja kunnossapidon. Standardi käsittää rakennukset, teollisuuslaitokset ja varastorakennukset. Standardin käytön perusolettamus on, että sitä soveltavat ammattilaiset, joilla on soveltamisalan mukainen pätevyys. On tavallista, että suunnittelijoilla, asentajilla ja kunnossapidosta vastaavilla henkilöillä on riippumattoman sertifiointielimen myöntämä sertifikaatti.

3.2 Putkistosuunnittelu

Ennen varsinaisen putkistosuunnittelun aloittamista on tehtävä tarvittavat esisuunnitelmat (SFS, 2019, s. 17). Suunnittelun jokaisesta vaiheesta on tehtävä dokumentit ja määritellyt tiedot on toimitettava tarvittavilta osin käyttäjälle tai omistajalle. Esisuunnittelussa on syytä ottaa huomioon rakennesuunnittelulliset seikat, jotka vaikuttavat sprinklerilaitteiston vaatimukseen. Huomioon otettavaa on myös, että sprinklerisuojaus on jätettävä pois sellaisista

tiloista, joissa vesi saattaa aiheuttaa lisävaaraa, esimerkiksi teollisuusunit ja sulatusaltaat (mts. 23–24).

Ennen suunnittelun aloittamista täytyy määritellä suunniteltavan kohteen sprinkleriluokka (SFS, 2019, s. 25). Alueet luokitellaan kevyeen (LH), normaaliin (OH) ja raskaaseen (HH) sprinkleriluokkaan. Kevyeen sprinkleriluokkaan kuuluvat kevyen palokuorman kohteet, joiden koko on rajoitettu vähintään 30 minuutin palonkestävyyden takaavilla rakenteilla 126 m². Normaali sprinkleriluokka jaetaan neljään alaluokkaan. Luokka käsittää kohteet, joissa käsitellään palokuormaltaan ja palamisherkkyydeltään normaaleja tuotteita ja materiaaleja. Raskas sprinkleriluokka jaetaan tuotantoon ja varastointiin, joissa kummassakin on neljä alaluokkaa. Raskas sprinkleriluokka käsittää kohteet, joissa materiaali on herkästi palavaa ja tulipalo voi kehittyä nopeasti (mts. 26). Kaikkien edellä mainittujen neljän alaluokan jaottelu perustuu varastointitapaan ja mahdollisten telineiden rakenteeseen sekä varastoitavien materiaalien etäisyyteen toisiinsa nähden (mts. 27).

Sprinklereiden asentaminen alle 2 m:n etäisyydelle toisistaan on kielletty, ellei sprinklereitä estetä esimerkiksi erotuslevyillä kastelemasta toisiaan (SFS, 2019, s. 71). Sprinklerit ovat varastotelineistössä tai ne asennetaan liukuportaiden tai porraskuilujen lähelle. Sprinklerin etäisyydelle seinästä on omat raja-arvonsa, jotka riippuvat kohteen rakenteesta ja sprinklereiden sijoittelusta. Samoin on kattopintojen osalta. Palkit ja muut vastaavat esteet eivät saa vaarantaa sprinklerin tehokasta toimintaa (mts. 72). Asia on ratkaistava joko noudattamalla minimietäisyyksiä tai asennettava sprinklerit esteen molemmin puolin. Tällöin estettä verrataan seinään.

Putkien koot mitoitetaan joko osittain taulukkoarvojen mukaan ja osittain laskennallisella mitoituksella, tai kokonaan laskennallisella mitoituksella (SFS, 2019, s. 81). Suunnittelija saa päättää käyttämänsä menetelmän. Taulukkomitoituksessa sprinkleriputkien koot on määritetty sprinkleriluokituksen mukaan (mts. 84).

Sprinklereiden laukeamislämpötila on asetettava vähintään 30 °C korkeammaksi ympäristön oletettuun korkeimpaan lämpötilaan verraten (SFS, 2019, s. 102). Sprinklereiden herkkyys valitaan taulukkomitoituksen mukaan (mts. 103). Kattosprinklereiden herkkyys ei saa olla nopeampi, kuin telineistössä sijaitsevien sprinklereiden. Sprinklereiden sijaitessa

sellaisella paikalla, jossa on riski niiden mekaaniselle vaurioitumiselle, ne on suojattava metallisuojuksilla.

3.3 Putkiston kannakointi

Putkikannakkeiden tulee olla kiinnitettyinä suoraan rakennukseen tai tarvittaessa koneisiin, varastointitelineisiin tai muihin rakenteisiin (SFS, 2019, s. 110). On tärkeää huomata, että sprinkleriputkien kannakointia ei saa käyttää muiden asennusten kannatukseen. Rakenteiden tai niiden osien, joita käytetään putkien kannakointiin, on kestettävä taulukon 1 mukaiset kuormat. Yli 50 mm:n halkaisijalla olevien putkien kiinnittäminen kevytbetoniin tai aaltopeltiin on kielletty.

Taulukko 1 Putkikannakkeiden mitoitus (SFS, 2019, s. 111).

Putken nimellishalkaisija (d) mm	Kuormankantokyky 20 °C:ssa vähintään kg	Pienin poikkileikkaus pinta-ala mm ²	Ankkuripultin vähimmäispituus mm
$d \leq 50$	200	30 (M8)	30
$50 < d \leq 100$	350	50 (M10)	40
$100 < d \leq 150$	500	70 (M12)	40
$150 < d \leq 200$	850	125 (M16)	50

Jako- ja nousujohdoilla on oltava riittävä määrä kiintopisteitä putken suuntaisten voimien vastaanottoa varten (mts. 110). Teräsputkien kannakkeiden enimmäisetäisyys toisiinsa nähden on 4 m ja kupariputkien 2 m. Käytettäessä mekaanisia putkiliitoksia, 1 m:n päässä liitoksesta on oltava kannake, ja jokaisella putkiosuudella on oltava kannake.

3.4 Vaatimustenmukaisuus suunnittelussa

Rakennuttajan tulee varmistaa, että rakennettava rakennus täyttää paloturvallisuusvaatimukset (Tukes, i.a.-b). Suunnittelutöihin nimettävien henkilöiden tulee olla päteviä ja sammutuslaitteiston suunnitteluun on nimettävä erityissuunnittelija. Erityissuunnittelija määrittelee vaatimukset toteutettavalle laitteistolle rakennusprojektin tietojen perusteella. Suunnittelija dokumentoi sammutuslaitteiston rakentamiselle asetettavat vaatimukset sekä mahdolliset laitevalinnat sammutuslaitteiston suunnitteluperusteita koskevaan selvitykseen. Hän toimittaa tämän selvityksen rakentamista valvoville viranomaisille osana rakennuslu-pakäsittelyä. Sammutuslaitteistojen asennus- ja huoltotöitä saavat suorittaa ainoastaan

sellaiset asennusliikkeet, jotka täyttävät asetetut vaatimukset ja ovat listattuina toiminnanharjoittajarekisterissä. Vastuuhenkilöille on määritelty pätevyysvaatimukset, jotka koskevat koulutusta, tutkintoa ja työkokemusta. Kiwa InspectaL järjestää sammutuslaitteistoihin liittyviä tutkintoja.

Pelastustoimen laitteen maahantuojaan tai toiselle luovuttajaan on varmistettava ja todistettava luotettavasti, että laite täyttää sille asetetut vaatimukset (Tukes, i.a.-b). Laitteen vaatimustenmukaisuus voidaan osoittaa, kun valmistaja antaa asianmukaisen vakuutuksen ja merkitsee laitteen, tai kun arviointilaitos vahvistaa vaatimustenmukaisuuden. CE-merkin käyttö osoittaa, että pelastustoimen laite noudattaa kyseisten säädösten vaatimuksia, ja valmistajalle määrättyjen velvollisuuksien tulee liittyä tähän merkintään.

3.5 Rakennustuotteiden vaatimuksenmukaisuus

Käytännössä vaatimustenmukaisuuden osoittamistapa riippuu sovellettavasta direktiivistä, ja jos käytössä on useita direktiivejä, voidaan tarkastella joko koko direktiiviä tai sen osaa (Tukes, i.a.-b). Alkaen 1.7.2013 rakentajan ja/tai rakennuttajan on laadittava suoritusasointus kaikille niille rakennustuotteille, jotka kuuluvat yhdenmukaistetun standardin piiriin, vaatimustenmukaisuusvakuutuksen sijaan. Tarvittaessa rakentajan ja/tai rakennuttajan on hankittava ilmoitetun tuotesertifiointilaitoksen myöntämä sertifikaatti tuotteen suoritusasteen pysyvyydestä ja CE-merkittävä tuote. Tämä noudattaa EU:n rakennustuoteasetusta.

Rakennustuote on tuote tai tuotejärjestelmä, joka asennetaan pysyväksi osaksi rakennuskohdetta ja vaikuttaa olennaisesti teknisiin vaatimuksiin, jotka on määritelty maankäyttö- ja rakennuslaissa sekä sen perusteella annetuissa asetuksissa (Tukes, i.a.-b). Myyntiin liittyvä turvallisuus- ja vaatimustenmukaisuusvastuu kuuluu valmistajalle, maahantuojalle, valmistajan valtuuttamalle edustajalle tai jakelupalvelujen tarjoajalle. Jakelijalla (myyjällä) on velvollisuudet varmistaa tuotteen turvallisuus, ja rakennustuotteen on oltava turvallinen terveydelle. EU:n rakennustuoteasetus koskee tuotteita, joille on olemassa harmonisoitu tuotestandardi tai joille valmistaja on hakenut eurooppalaista teknistä arviointia (ETA). Jos tuote ei kuulu asetuksen soveltamisalaan, sen vaatimukset ilmenevät maankäyttö- ja rakennuslaista sekä sen perusteella annetuista asetuksista. Tietyille rakennustuotteille ympäristöministeriö on säätänyt asetuksella olennaisia teknisiä vaatimuksia. Laki eräiden

rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä (954/2012) koskee hyväksyntämenettelyjä, kun tuote ei kuulu EU:n rakennustuoteasetuksen soveltamisalaan. Valmistajan on aina selvitettävä kaikki tuotetta koskevat vaatimukset.

3.6 CE-merkintä

CE-merkintä on valmistajan tai valtuutetun edustajan antama vakuutus siitä, että tuote täyttää EU:n direktiivien ja asetusten olennaiset vaatimukset (Tukes, i.a.-c). CE-merkinnällä varustettu tuote voi liikkua vapaasti EU:n alueella. Valmistaja tai valmistajan valtuutettu edustaja kiinnittää merkinnän, ja sitä ei myönnä viranomainen tai muu kolmas taho. CE-merkintä on sallittu ainoastaan niille tuotteille, joita koskeva tuotelainsäädäntö vaatii sen käyttöä. Mikäli CE-merkintää käytetään virheellisesti, valvovat viranomaiset voivat puuttua asiaan. Jos tuote ei sisällä vaadittua CE-merkintää tai merkintä ei täytä vaatimuksia, viranomaiset voivat määrätä tuotteen poistettavaksi markkinoilta. CE-merkinnän väärinkäytöstä voi myös seurata rangaistuksia.

CE-merkintä ei ole yleinen turvallisuusmerkki, eikä se takaa, että tuote olisi erityisen laadukas tai helppokäyttöinen, eikä se myöskään osoita tuotteiden paremmuutta (Tukes, i.a.-c). Joissakin tuotteissa CE-merkinnän lisäksi vaaditaan muita merkintöjä, jotka määrittävät tuotetta koskevissa vaatimuksissa. CE-merkinnän kiinnittäminen ei yleensä edellytä testaus- tai tarkastuslaitoksen käyttämistä. Tietyissä tuoteryhmissä CE-merkinnän kiinnittäminen kuitenkin vaatii, että tuotteen vaatimustenmukaisuus on arvioitu ilmoitetussa laitoksessa. Valmistajan vastuulla on huolehtia tästä arvioinnista, joka voi kattaa tuotteen, sen ominaisuudet, tuotantoprosessin ja laadunvarmistuksen. CE-merkinnän kiinnittäminen on sallittua vasta, kun arviointi on suoritettu onnistuneesti, minkä jälkeen valmistaja voi laatia vaatimustenmukaisuusvakuutuksen tai tietyissä tuoteryhmissä suoritustasoilmoituksen ja kiinnittää CE-merkinnän tuotteeseen.

4 MEKANIKKASUUNNITTELU

4.1 Mekaniikkasuunnittelun perusteet

Fysiikka on perustiede, joka pyrkii ymmärtämään maailmankaikkeudessa tapahtuvia ilmiöitä (Inkinen & Tuohi, 1999, s. 10). Samoin kuin muissa luonnontieteissä, fysiikan tutkimuksessa tehdään kokeellisia havaintoja ja kvantitatiivisia mittauksia. Nykytekniikassa materiaalien ominaisuuksia hyödynnetään vain tarkoin mitattuina tietoina, ja teknisen tiedon kasvaessa tarve tarkemmille mittauksille kasvaa.

Fysiikan tuntemus auttaa matemaattisen mallin tekemisessä sekä ymmärryksessä näiden mallien tarkastelussa (Hautala & Peltonen, 2016, s. 8–9). Matemaattisten mallien avulla voidaan helposti tarkastella muuttujien vaikutusta mallin käyttäytymiseen. Mallien matemaattinen tarkastelu on huomattavasti edullisempaa, kuin koelaitteiden valmistus. Fysiikka kuuluu luonnontieteisiin, ja näiden tietämyksen soveltamista kutsutaan tekniikaksi.

Voimien ja kappaleiden välistä vuorovaikutusta tutkitaan mekaniikassa (Kärkkäinen & Mikkonen, 2006, s. 9–11). Täten mekaniikan voi mieltää luonnollisena perustana klassisen fysiikan tarkastelussa. Mekaniikka jakautuu kahteen pääosaan, statiikkaan eli tasapainooppiin ja dynamiikkaan eli liikeoppiin. Statiikka tutkii levossa olevaan kappaleeseen kohdistuvia ulkoisia voimia. Dynamiikka tutkii liikettä ja liikkeeseen vaikuttavia tekijöitä. Teknisiä sovelluksia tutkivaa solidien mekaniikkaa kutsutaan lujuusopiksi. Lujuusoppi pohjautuu kappaleessa vaikuttavien sisäisten voimien vaikutusten tarkasteluun. Lujuusoppi pohjautuu paljon myös materiaalitieteisiin ja niistä saatuihin tuloksiin kiinteiden aineiden käyttäytymisestä. Lujuusopin avulla selvitetään kappaleeseen syntyvät muodonmuutokset ja se, miten paljon kuormitusta kappale kestää. Muodonmuutosten selvittäminen ilman ulkopuolisten voimien tuntemista ei ole mahdollista, joten lujuusoppi pohjautuu statiikan periaatteisiin.

Kimmoiset aineet ovat muokkautuvia aineita, jotka riittävällä voimalla rikkoutuvat (Inkinen & Tuohi, 1999, s. 286–287). Kaikki aineet ovat jossain määrin muokkautuvia ja täten myös kimmoisia. Kappaleen ulkoiset mitat muuttuvat esimerkiksi taivutettaessa. Kimmoisuus tarkoittaa, että aine pyrkii palautumaan takaisin entiseen muotoonsa. Aineiden kimmo-ominaisuuksien tunteminen on lujuusopin kannalta oleellista.

4.2 Tietokoneavusteinen suunnittelu (CAD)

Tuotesuunnittelu on osa laajempaa tuotekehitysprosessia (Hietikko, 2007, s. 12–13). Tuotesuunnittelun pääasiallisena tavoitteena on luoda valmistuksen tarvitsemat dokumentit, joiden perusteella voidaan valmistaa oikeat ja yhteensopivat osat ja kokoonpanot. Tuotesuunnittelu vaatii aina jossain määrin luovuutta. Kahden eri suunnittelijan toteutukset samasta kohteesta saattavat olla hiukan erilaisia toimintaperiaatteen pysyessä silti samana.

Suunniteltava tuote jaetaan lähes aina osakokoonpanoihin, joita voidaan edelleen jakaa osiin ja alikokoonpanoihin. Suunnitteluprosessi saattaa usein olla sellainen, että ylemmän tason järjestelmää ei saada valmiiksi, ennen kuin alemman tason järjestelmä on loppuun asti suunniteltu.

Tuotesuunnittelun alkuvaiheessa on olemassa enemmän mahdollisuuksia, parametrien tarkentuessa ja prosessin edetessä mahdollisuudet kapenevat jatkuvasti matkalla kohti lopullista tuotetta. Tuotesuunnittelu on pääroolissa tuotteeseen liittyvien materiaali- ja valmistuskustannusten osalta.

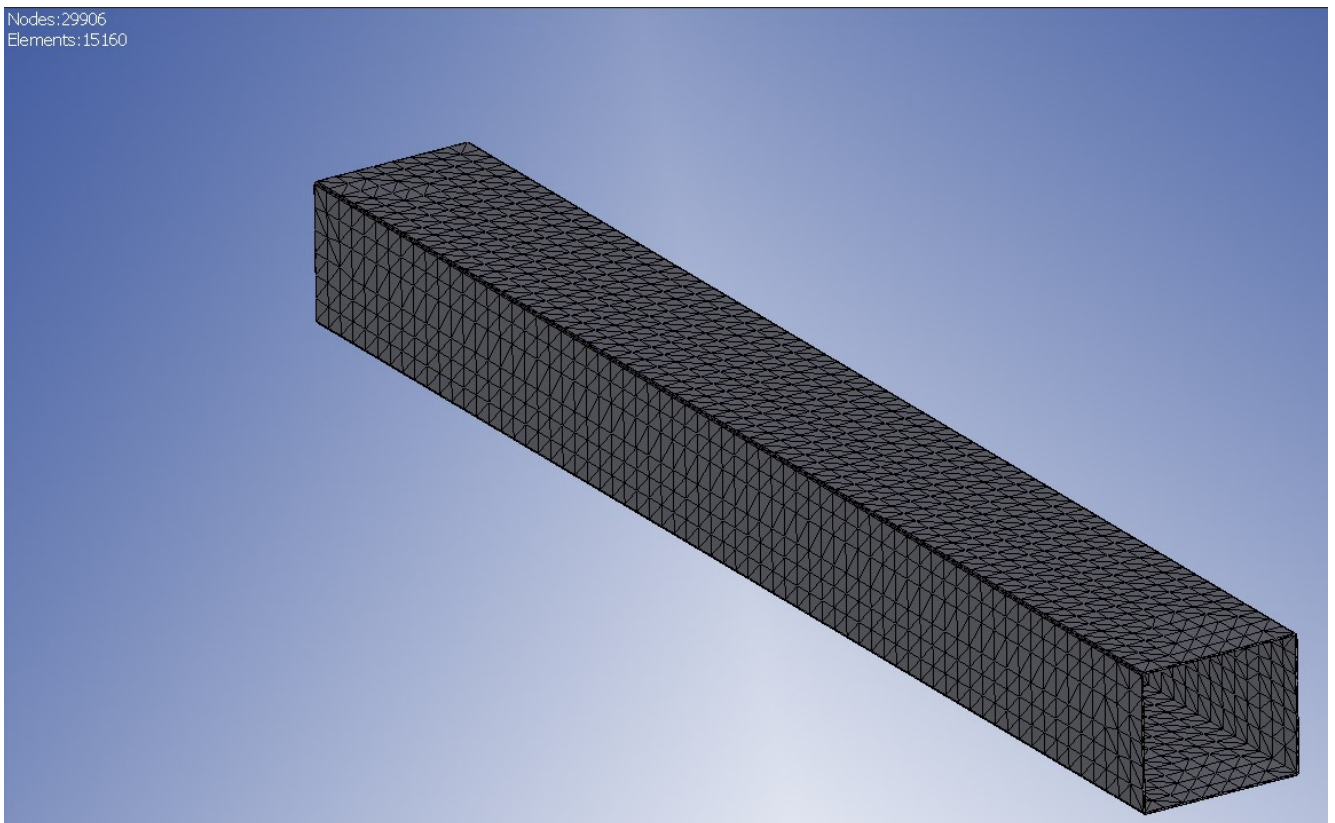
Kolmiulotteista mallia voidaan käyttää tehokkaasti hyödyksi tutkittaessa mekaanisten laitteiden toimintaa (Hietikko, 2007, s. 23). Kolmiulotteisten mallien avulla voidaan havaita myös osien yhteensopivuutta ja välttää täten virheet kokoonpanovaiheessa. Parametriisuus mallissa mahdollistaa mittojen muuttamista siten, että kokoonpanon ja piirustusten mitat muuttuvat vastaavalla tavalla. Piirremallinnuksessa kappaleen malli rakennetaan piirteistä yksi piirre kerrallaan, ja siitä syntyy valmis kappale.

Kolmiulotteinen ja parametrinen mallinnus mahdollistaa NC- ohjelmoinnissa tarvittavat työstöradat, ja FEM- analyysiin tarvittavat elementtiverkot kytkeytyvät helposti mallikappaleeseen (Hietikko, 2007, s. 25). Näin suunnittelutyö ja lujuustarkastelu on helppoa.

4.3 FEM-analyysi

FEM (Finite Element Method) tarkoittaa elementtimenetelmää (Hietikko, 2004, s. 148). Menetelmällä voidaan havainnoida jännityksiä, kuormituksia tai materiaaliominaisuuksia lähes minkälaisesta kappaleesta tahansa. FEM- analyysin myötä kokeellisille analyysille ei ole

enää juurikaan tarvetta. FEM- menetelmässä rakenne jaetaan pienempiin elementteihin, jotka ovat sidoksissa toisiinsa solmuilla. Solmupisteiden koordinaattien ja materiaalin ominaisuuksien avulla ja kuormituksen määrittelyllä saadaan selville solmupisteiden siirtymät. Siirtymien avulla saadaan tulokset kunkin solmupisteiden jännityksistä. Tuloksen tarkkuus riippuu siis solmupisteiden määrästä. Kuvassa 4 esitellään havainnekuva putkipalkista, jossa on elementit ja solmupisteet.



Kuva 4. Putkipalkki, jossa elementit ja solmupisteet.

Kappale täytyy tukea samoin, kuin sen tuet ovat todellisessa tilanteessa (Hietikko, 2004, s. 150). FEM- ohjelmistoissa tämä tapahtuu kiinnittämällä tukia niiden solmupisteiden sijaintiin, joissa kappaleen tukipisteet sijaitsevat. Esimerkiksi niveltuetun palkin tilanteessa taas on käytettävä solmupisteitä, jotka estävät siirtymiset vain tiettyyn suuntaan, ja kiertymien täytyy olla mahdollisia oikean tuloksen saamiseksi.

5 KORKEAVARASTON SPRINKLERIJÄRJESTELMÄN KANNAKOINTI

5.1 Mistä tarve suunnitteluun on lähtenyt?

Aiemmin putkien kannakointi on ostettu ulkopuoliselta toimijalta osana sprinklerijärjestelmän toimitusta, mutta nyt kannakointia on alettu suunnitella ja toimittaa myös itse. Tällöin ulkopuoliselta toimijalta ostettavaksi jää vain putkiston osuus. Yrityksen korkeavarastoratkaisut ovat uniikkeja ja työkohteesta riippuen yksilöllisiä, joten valmiita kaupallisia ratkaisuita kannakointiin ei juurikaan ole olemassa. Eräältä yritykseltä pyydettiin tarjoustusta valmiista kannakeratkaisuista, mutta ne hylättiin kalliin hinnan sekä huonomman asennettavuuden takia verrattuna itse suunniteltuihin ratkaisuihin.

5.2 Kannakkeiden suunnittelu

Kannakkeiden suunnittelutyö lähti liikkeelle perehtymisellä kohteen korkeavarastoon sekä suunniteltuun putkireittiin ja putkikokoihin. Putkikokoihin perehtyminen on tärkeässä roolissa suunnittelua ajatellen, koska mitä isompi putki on kyseessä, sitä enemmän kannakkeen täytyy kantaa kuormaa. Putkireitin on tässä tapauksessa suunnitellut ulkopuolinen tähän erikoistunut yritys. Valmiita kaupallisia ratkaisuita tämän kaltaiseen uniikkiin kohteeseen on tarjolla varsin vähän, mutta tätäkin vaihtoehtoa kartoitettiin. Kuvallisia esimerkkejä tämän kaltaisista projekteista pyrittiin löytämään, jotta ne olisivat voineet toimia tukena suunnittelussa. Hyvin usein teollisuudessa käytetyt sprinklausratkaisut ovat kuitenkin tietyiltä osin betoniin ankkuroituja, mikä ei tässä tapauksessa ole mahdollista.

Tärkeässä osassa oli myös standardiin tutustuminen. Pystykannakkeiden suunnitteluun ja asennustiheyteen standardi jättää vapauksia, mutta suunnittelu toteutettiin niin, että kannakkeet kestävät näitäkin voimia varsin hyvin. Pystykannakkeita sijoitettiin niin tiheästi, kuin rakenteiden osalta oli mahdollista.

Perehtymisen jälkeen tehtiin karkeita ehdotelmia kannakkeista, joita käytiin tiiviissä yhteistyössä läpi mekaniikan pääsuunnittelijan kanssa. Kannakkeiden raakavedoksista tehtiin päätöksiä siitä, mitä kannakkeita valitaan ja mitä hylätään, sekä tehdäänkö jonkinlaisia muutoksia esitettyihin kannakkeisiin. Opinnäytetyön kirjoittaja pitää tämän kaltaista

ajatustenvaihtoa tärkeänä osana suunnittelutyötä ja sen onnistumista. Lujuuslaskijan mielenpitoet olivat myös erittäin tärkeitä suunnittelun eri vaiheissa.

Karkeiden ehdotusten jälkeen aloitettiin varsinainen kannakkeiden suunnittelu standardin pohjalta, joten ensimmäisenä oli syytä pohtia materiaaliratkaisuita. Huomioon otettavaa oli myös, että kaikkiin kannakkeisiin tulee pintakäsittely, mikäli käytetyssä materiaalissa ei ole sellaista jo valmiina. Teräslevyistä 3 mm:iin saakka on saatavana valmiiksi sinkittyinä, joten tätä vahvuutta pyrittiin käyttämään kaikkialla missä se vain oli mahdollista huomattavasti edullisemmän hankintahintansa takia verrattuna jälkikäteen sinkittyihin kappaleisiin. Pintakäsittelyltä ei kuitenkaan runkoputkien kannakkeiden kohdalla voida välttyä, koska kannakkeen täytyy kestää huomattavia kuormia. Pintakäsittelyä ei voi jättää tekemättä, koska korroosionkesto täytyy huomioida. Materiaalina kaikissa kannakkeissa toimi S355.

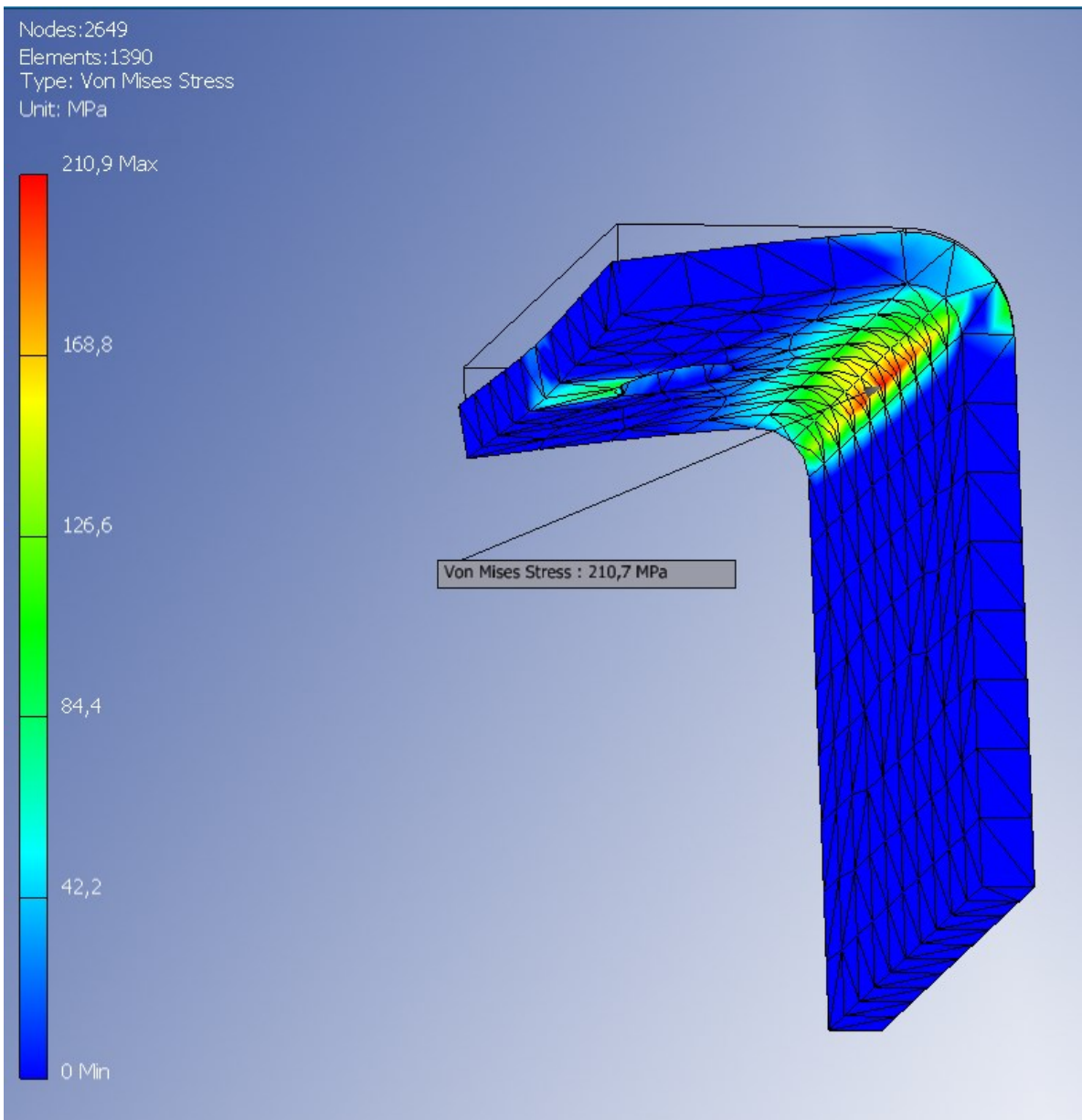
Eräät kannakkeet sijoittuvat palkkien väliin, ja niiden etäisyys toisiinsa nähden on noin 2 metriä. Sprinkleriputket sijaittivat näiden kahden palkin välissä. Tähän valikoitui osaksi kannaketta RHS- palkki, jonka vahvuus varmistettiin FEM-analyysin.

Eräiden runko- ja haaroitusputkien kohdalla varaston rakenteen liikuntasauama aiheutti hieinan suunnittelullisia haasteita. Kannake saa olla kiinnitettynä vain toisesta sauman palkista, johtuen varaston tarvitsemasta tilasta liikkua. Jos kannake olisi kiinni kummassakin palkissa, se todennäköisesti repeäisi irti tai ainakin vaurioituisi. Asia saatiin ratkaistua tiukasmallisella kannakkeella, josta kannatus tulee yläpuolisesti ja kiinnitys on vain toisessa palkissa kannakkeen yläosan levätessä myös toisen palkin päällä riittävän pitkällä matkalla.

5.3 Lujuuslaskenta

Alustavaa lujuuslaskentaa tehtiin materiaaleja valittaessa pitkälti Autodesk Inventor Professional 2021 -3D-suunnitteluohjelmiston FEM-ominaisuudella sekä käsin kuormituksia lasien. Inventor antoi hyvin samansuuntaisia tuloksia kuin myöhemmin lujuuslaskijan toimesta käytetty Ansys Mechanical-ohjelmisto, joka puolestaan on pelkästään lujuuslaskentaan räätälöity ohjelmisto. Kuvassa 5 on esimerkki Inventorin lujuustarkastelusta, solmuja on tässä tapauksessa 2649. Väriskaala kertoo karkean kuormituksen, punainen on

kuormittunein alue. Probe-ominaisuudella saadaan näkyviin halutun solmukohtan kuormitus; kuormituksen yksikkö on megapascal (MPa).



Kuva 5. Havainnekuva Inventor-ohjelman FEM-ominaisuuksista.

Invertor mallinnuksessa runkoputkien kannakointiin valikoitui monilta osin niin kutsuttua L-rautaa. Syy tähän on hyvä kuormituksen kesto ja painonsäästö verraten siihen, että samoja kuormituksia kannattamaan olisi pitänyt valita huomattavasti paksumpaa lattarautaa. Putkipalkkia ei haluttu käyttää sen vaatiman isomman tilantarpeen vuoksi. Myös oletettu

säästö materiaalikuluissa toimi vaikuttimena. L-raudan vahvuus varmennettiin Ansys-ohjelmistolla ja laskennalla.

Joissain tapauksissa kannakkeet saattoivat olla hyvinkin samankaltaisia, vain pienillä muutoksilla toteutettuja, esimerkiksi jokin itse kannatukseen vaikuttamaton mitta muuttui. Tällaisissa tapauksissa tarkempaa lujuuslaskentaa ei nähty tarpeelliseksi, vaan laskenta toteutettiin vain sellaisen kannakkeen osalta, joissa tukipisteiden etäisyys oli suurin.

Kun kannakkeet olivat lujuustarkastelun ja suunnittelun osalta loppusuoralla, pidettiin vielä muutamia katselmointeja, joissa päätettiin viimeiset yksityiskohdat. Tämän jälkeen kannakkeista laadittiin valmistus- ja kokoonpanokuvat.

5.4 Valmiit kannakkeet tilaukseen

Valmiit kannakkeet sijoiteltiin varaston Inventor-malleissa oikeille paikoilleen, ja näin saatiin selville kannakkeiden todellinen menekki. Kannakkeita tarkasteltiin myös Navisworks-mallissa. Navisworks on suurien CAD-mallien tarkasteluun tarkoitettu ohjelmisto. Kaikista kannakkeista sekä varaston malleista tehtiin valmistuskuvat ja pohjapiirustukset. Pohjapiirustusten ja mallien sijoittelussa käytettiin apuna rakennuksen 2D-layout kuvaa, jotta kannakkeet sijoittuvat oikeisiin paikkoihin. Mallit ja piirustukset vietiin Sovelia-tuotetiedonhallintajärjestelmään, jonka kautta ne lähtevät edelleen tilaukseen ja valmistukseen. Kannakkeita kuluu sen verran runsaasti, että ne päätettiin tilata kolmessa erässä. Tämä on hyödyllistä myös siksi, että näin toimien saadaan asennusvaiheesta tietoa ja ideoita siitä, onko asennettavuus hyvä, vai onko jotain kehityskohteita. Jos kehityskohteita ilmenee, voidaan vielä tehdä muutoksia seuraavaan toimituserään.

5.5 Vaatimustenmukaisuuden todentaminen

Vaatimuksenmukaisuuden varmistaminen toteutetaan todennäköisesti yhteistyössä Kiwa Inspectan kanssa. Kiwa on yksi johtavista testaus-, tarkastus- ja sertifiointiyrityksistä. Yritys on myös riippumaton toimija. Yhteistyössä yrityksen kanssa tullaan pohtimaan CE-merkinnän tarpeellisuutta. Alkuvaiheessa kaikkia nimikkeitä ei toimiteta yritykseen tutkittavaksi, vaan vain sellaiset kannakkeet, joiden perusteella voidaan päätellä myös muiden

samankaltaisten kannakkeiden kuormankantokyky. Kannakkeet ovat pääsääntöisesti samankaltaisia pienillä eroavaisuuksilla esimerkiksi palkin mittojen suhteen, joten ensisijaisesti tutkitaan sellaisia kannakkeita, joissa tukipisteiden etäisyys toisiinsa nähden on suurin. Yhteistyökumppani edellyttää kolmannen osapuolen mielipidettä kannakkeista.

5.6 Suunnitteluohjeistus

Kannakkeiden suunnittelusta tullaan laatimaan yrityksen sisäiseen käyttöön suunnitteluohjeistus. Ohjeistuksen tarkoituksena on helpottaa ja olla tukena tulevilla projekteilla sellaisissa tapauksissa, joissa suunnittelijalla ei ole kokemusta vastaavista sprinklereihin liittyvistä kannakkeiden suunnittelusta. Lisäksi toteutettiin myös osakirjasto, jossa on kaikki yleisimmät käytetyt kannakkeet. Vaikka projektit eivät olekaan aina samanlaisia, ovat kannakkeet kuitenkin pienillä muokkauksilla laajasti hyödynnettävissä myös muissa vastaavallisissa projekteissa.

6 TULOKSET

Toimeksiantajan määrittämät standardinmukaiset kannakkeet saatiin tämän työn tuloksena suunniteltua. Asennettavuuden helppoudesta ei tätä kirjoitettaessa vielä ole tietoa, sillä projektina olleen kohteen pystytys on vasta aloitettu. Varaston kanavien sisällä kulkevien putkien kannakkeet, joita kuluu ylivoimaisesti eniten, saatiin suunniteltua erittäin helposti asennettavaksi. Varastossa on 2644 varastointikanavaa, ja yksittäisen kanavan pituus on 11,5 m. Kannake pujotetaan sigmaprofiiliin, ja putken paino estää kannakkeen ylöspäin nousemisen ja varmistuksena taitettu nurkka estää kannakkeen irtoamisen mahdollisen sprinklerin laukeamisen aiheuttaman paineiskun vaikutuksesta.

Muut kannakkeet ovat runkoputkien ja haaroitusputkien kannakkeita. Nämä putket ovat isompia ja ne kiinnitetään ruuvattavilla puristusliitoksilla. Esikokoonpano on näissä tapauksissa tärkeässä roolissa asennettavuuden helpottamiseksi. Näiden kannakkeiden skaala on hyvin laaja johtuen kahdesta erikokoisesta runkoputkesta, haaroitusjohdoista sekä putkilinjalla olevien korkeavaraston palkkien vaihtelevuudesta, joten yleismallisen kannakkeen suunnittelu ei olisi ollut mahdollista eikä kaikissa tapauksissa järkevää. Sellaisten kannakkeiden suunnitteluun, joiden menekki oli hyvin vähäinen (yksi tai kaksi kappaletta), ei käytetty juurikaan aikaa. Nämä ovat hyvin yksinkertaisia ja varustettu reilulla varmuuskertomella, joten tarkkaa lujoustarkastelua ei tarvittu.

Kolmannen osapuolen tarkastusta ei ole vielä tätä kirjoitettaessa tehty, mutta se tuskin tuottaa ongelmia.

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella standardin mukaiset kannakkeet sprinkleriputkille korkeavarastorakennukseen. Työssä selvitettiin standardin vaikutuksia kannakointiin sekä suunniteltiin kannakkeet standardin mukaisesti, pitäen mielessä helppo asennettavuus. Työn tuloksena syntyi osakirjasto kannakkeista myöhempää käyttöä varten sekä nopeuttamaan tulevia projekteja.

Työ eteni aiheen valinnan jälkeen perehtymällä standardiin, sprinklerisuunnitteluun, kaupallisiin kannakevaihtoehtoihin ja materiaaliin vastaavanlaisista projekteista. Standardi rajoittaa suunnittelua varsin paljon kannakkeen materiaalikustannusten optimoinnin kannalta. Tämän jälkeen tehtiin runsaasti karkeita suunnitelmia kannakkeista, joista valittiin parhaat vaihtoehdot jatkokehitykseen. Jatkokehityksessä materiaalivahvuudet optimoitiin lujuustarkastelulla. Valmiit kannakkeet siirrettiin tilattavaksi yhdessä pohjapiirustusten kanssa.

Lopputuloksena saatiin standardin mukaiset kannakkeet sprinkleriputkille. Asennettavuus todennäköisesti tulee varsinkin määrällisesti ylivoimaisesti eniten kuluvan kannakkeen osalta olemaan hyvä. Tavoitteet on siis saavutettu. Yritys voi tulevaisuudessa hyödyntää nyt suunniteltuja kannakkeita tulevissa samanlaisissa projekteissa, vähintäänkin muokattuina. Tämä säästää tulevaisuudessa suunnittelun resursseja.

Opinnäytetyössä tämän työn tekijä oppi paljon standardeista ja erilaisista säädöksistä. Nämä aiheuttavat paljon rajoituksia suunnitteluun, ja toisaalta kokemus varmasti auttaa tulkitsemaan standardeja. Työn tekijä pitää tärkeänä katselmoiteja sekä näissä tapahtuvaa ideointia. Kyseisen projektin mekaniikan pääsuunnittelija Kari Mattila oli opastajana ja tukena kannakkeiden ideoinnissa ja suunnittelussa, kiitos hänelle siitä. Opinnäytetyössä olevan kohteen suunnittelussa työn tekijä oppi paljon siitä, kuinka suunnittelua on järkevää viedä eteenpäin laajoja kokonaisuuksia käsittävissä projektissa.

LÄHTEET

- CEA 4001:2007-06. Omaisuusvakuutuskomitea. Vahingontorjuntavaatimukset, sprinklerilaitteistot, suunnittelu ja asentaminen, EFSAC:in hyväksyntä, CEA-26.
- Hautala, M., & Peltonen, H. (2016). *Insinöörin (AMK) fysiikka osa 1*. (12 painos). Lahden Teho-Opetus.
- Hietikko, E. (2004). *Palkki: lujuuslaskennan perusteet*. Otava.
- Hietikko, E. (2007). *Autodesk Inventor*. Readme.fi.
- Hovinen, R. (2020a). Järjestelmätyypit, keskustekniikka ja ilmoituksensiirto. Teoksessa V. Kauppi, & P. Härkönen (toim.), *Paloilmoitinjärjestelmät* (5. p., s. 33–66). Sähköinfo.
- Hovinen, R. (2020b). Paloilmoittimien määräytymisperusteet ja suunnitteluperiaatteet. Teoksessa V. Kauppi, & P. Härkönen (toim.), *Paloilmoitinjärjestelmät* (5. p., s. 113–148). Sähköinfo.
- Hovinen, R. (2020c). Paloilmoittimen käyttö ja ylläpito. Teoksessa V. Kauppi, & P. Härkönen (toim.), *Paloilmoitinjärjestelmät* (5. p., s. 189–199). Sähköinfo.
- Inkinen, P., & Tuohi, J. (1999). *Momentti 1: insinöörifysiikka*. (4.-11. painos). Otava.
- Kauppalehti. (i.a). *Yrityshaku Pesmel Oy*.
<https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/pesmel+oy/21203130>
- Kippola, S. (8.3.2023). *Miten sprinklerijärjestelmät ovat kehittyneet vuosien varrella*.
<https://sprinkleritarkastus.fi/miten-sprinklerijarjestelmat-ovat-kehittyneet-vuosien-varrella/>
- Kärkkäinen, M., & Mikkonen, P. (2006). *Insinöörin mekaniikka*. WSOY Oppimateriaalit.
- Lehto, L. (2023). *Palotorjuntatekniikkalaitteiston kunnossapito-ohjelman laadintaopas*. Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö. https://www.spek.fi/wp-content/uploads/2023/10/kunnossapito_ohjelman_laadintaopas_F.pdf
- Leon, B. (12.7.2010). *Fire Sprinkler* [valokuva]. Flickr.
<https://www.flickr.com/photos/kaoticsnow/4789002951> CC-BY-SA 2.0 DEED
- Pesmel. (i.a.). *About us*. <https://pesmel.com/about-us/>
- Pesmel. (i.a.). *Insight: Increasing the credibility and validation of flow solutions*.
<https://pesmel.com/insight/increasing-the-credibility-and-validation-of-flow-solutions/>

Sisäasianministeriön asetus automaattisista sammutuslaitteistoista 744/2000.
<https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/200001/5667>

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2019). *Kiinteät palonsammutusjärjestelmät. Automaattiset sprinklerilaitteistot. Suunnittelu, asennus ja huolto. Fixed firefighting systems. Automatic sprinkler systems. Design, installation and maintenance.* (SFS-EN 12845:2015 + A1:2019).

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). (i.a.-a). *Sammutuslaitteistot.*
<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/pelastustoimen-laitteet/sammutuslaitteistot>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). (i.a.-b). *Rakennustuotteet.*
<https://tukes.fi/rakennustuotteet#62d7b616>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). (i.a.-c). *CE-merkintä* <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta#62d7b616>