



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Petri Luoma

VAAHTO-VESI SPRINKLERIJÄRJES- TELMÄN KONSEPTISUUNNITELMA

Wärtsilä Fuel Treatment House

Tekniikka ja liikenne
2016

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Petri Luoma
Opinnäytetyön nimi	Vaaho-vesi sprinklerijärjestelmän konseptisuunnitelma
Vuosi	2016
Kieli	suomi
Sivumäärä	38 + 2 Liitettä
Ohjaaja	Pekka Ketola

Tämä opinnäytetyö tehtiin Wärtsilä Finland Oy Energy Solutions organisaatiolle. Työ kattaa konseptisuunnittelun vaaho-vesi märkäputki sprinklerijärjestelmälle Wärtsilän polttoaineen käsittely talotyypeille 1 - 5. Tarkoitus konseptisuunnittelussa on, että se auttaa voimalaitosprojekteja myynti- ja suunnitteluvaiheissa.

Märkäputkityyppinen sprinklerijärjestelmä on eniten käytetty kiinteä sammutusjärjestelmä rakennuksissa. Vaaho-vesi sprinklerijärjestelmä on myös pääosin saman tyyppinen järjestelmä, mutta terästettynä alhaisella vaahoutumisella. Vaaho parantaa järjestelmän sammuttavaa vaikutusta, etenkin öljy- ja polttoainepaloissa. Asentamalla automaattinen sprinklerijärjestelmä on tarkoitus suojella voimalaitosta ja sen irtaimistoa tulipalon sattuessa. Projektin teknisenä pohjana on käytetty National Fire Protection Association (NFPA) standardeja, jotka ovat voimalaitospuolella eniten käytetyt amerikkalaiset standardikokoelmat. Sprinklerisuunnittelutyökaluna ja hydraulisten laskelmien tekemiseen on käytetty Progman Oy:n MagiCADia ja 3D-mallinnuksen apuna törmäystarkasteluun Auto deskin Nawisworks Simulate-ohjelmaa.

Hankkeen tuotoksena saatiin modulaarinen konseptisuunnitelma. Suunnitelma kattaa suunnittelun perusteet ja toiminnan kuvauksen, virtauskaavion ja laiteluettelon, yleiset sprinkleriulkoasut, hydrauliset sprinklerilaskelmat, 3D CAD-mallit sprinklerijärjestelmistä, sprinklerijärjestelmien asennuspiirustukset, materiaaliluettelot sekä komponenttien yleiskortit.

Avainsanat	projekti, konseptisuunnittelu, kiinteä sammutusjärjestelmä, sprinklerijärjestelmä
------------	---

ABSTRACT

Author	Petri Luoma
Title	The Conceptual Design of the Foam-water Sprinkler System
Year	2016
Language	Finnish
Pages	38 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Pekka Ketola

This thesis project was done for Wärtsilä Finland Oy Energy Solutions organisation. The thesis covers the conceptual design of a foam-water wet pipe sprinkler system for Wärtsilä fuel treatment house types 1 to 5. The purpose for a concept design is to help power plant projects at sales and design phases.

Wet pipe sprinkler system is most used fixed fire extinguishing system in buildings. Foam-water wet pipe sprinkler system is mainly similar system, but enhanced by a low expansion foam. Foam concentrate in fire extinguishing system to enhance the efficacy, especially in the oil and fuel fires. The purpose for installing an automatic sprinkler system is to provide power plant and asset protection in the event of a fire. The project has been used as a technical basis for the National Fire Protection Association (NFPA) standards, which are the power plant of the most widely used American standard collection. Sprinkler design tool and making hydraulic calculations have been used Progman Oy MagiCAD and for 3D-modeling to help collision examination is used Autodesk Navisworks Simulate program.

The result of the thesis was a modular concept design. The design covers the design basics and function description, flow chart and its device list, general sprinkler layouts, hydraulic sprinkler calculations, 3D CAD models of sprinkler systems, sprinkler system installation drawings, material lists and components detail cards.

Keywords	project, concept design, fixed fire extinguishing system, sprinkler system
----------	--

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

TERMIT SEKÄ LYHENTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

1	JOHDANTO.....	9
2	PROJEKTIN TAUSTA JA TARKOITUS.....	10
	2.1 Konseptisuunnitelmien käyttö Wärtsilässä.....	10
	2.2 Palontorjunnan perustaso Wärtsilän voimalaitoksissa.....	10
	2.3 Laajennettu palontorjunnan taso Wärtsilän voimalaitoksissa.....	11
3	SPRINKLERIJÄRJESTELMÄT.....	12
	3.1 Sprinklerisuuttimet.....	12
	3.2 Märkäputkijärjestelmä.....	14
	3.2.1 Märkäputkijärjestelmän toimintaperiaate normaalitilassa.....	15
	3.2.2 Märkäputkijärjestelmän toimintaperiaate aktivoituneena.....	16
	3.2.3 Märkäputkijärjestelmän testaus ja huolto.....	17
	3.3 Vaahto-vesi sprinklerijärjestelmä.....	18
	3.3.1 Vaahtotiivistetyypit.....	19
	3.4 Voimalaitoksien sprinkleriputkistoissa käytetyt liitostavat.....	20
	3.5 Uraputkijärjestelmä.....	21
4	PROJEKTIN LÄHESTYMISTAPA JA PERUSSUUNNITTELU.....	22
	4.1 Perussuunnittelun alkuvaihe.....	22
	4.2 Alustavat pohjakuvat ja sprinklerilaskelmat.....	23
	4.3 Virtauskaavio.....	27
5	PROJEKTIN DETALJISUUNNITTELU JA TUOTOKSET.....	28
	5.1 Mallinnus.....	28
	5.2 Törmäystarkastelu.....	31
	5.3 Materiaalimääräluettelo.....	33
	5.4 Putkiluettelo esivalmistusta varten.....	34
	5.5 Asennuspiirustukset.....	35

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	37
LÄHTEET	38
LIITTEET	

TERMIT SEKÄ LYHENTEET

NFPA	National Fire Protection Association, Kansallinen palontorjuntayhdistys
CO ₂ sammutin	Hiilidioksidisammutin
CAD	Computer-aided design Tietokoneavusteinen suunnittelu
1D-näkymä	Tässä yhteydessä tietokoneavusteinen yksiulotteinen CAD-suunnitelma tietokoneen kuvaruudulla, jota käytetään mm. virtauskaavioissa ja putkien esittämiseen yksinkertaisella viivalla.
2D-piirustus	Tässä yhteydessä tietokoneavusteinen kaksiulotteinen CAD-suunnitelma tietokoneen kuvaruudulla, jota käytetään mm. putkien esittämiseen tasopiirustuksessa kaksinkertaisella viivalla.
3D-malli	Tässä yhteydessä tietokoneavusteinen kolmiulotteinen CADsuunnitelma tietokoneen kuvaruudulla.
K-kerroin	Suuttimen purkauskerroin, jota käytetään laskettaessa veden virtausmäärää suuttimesta.
Hazen–Williams	Keksijän mukaan nimetty yhtälö, jota käytetään veden virtauksen laskemiseen putkessa, ottaen huomioon putken fyysiset ominaisuudet ja painehäviö kitkan.
DN	Diameter Nominal, Nimellishalkaisija.

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Sprinklerisuuttimien rakenteita	13
Kuvio 2. Sprinklerien laukeamislämpötilojen värikoodeja	13
Kuvio 3. Märkäputkijärjestelmän sprinklerisuuttimen rakenne	15
Kuvio 4. Märkähälytysventtiilin toimintaperiaate normaalioloissa	16
Kuvio 5. Märkähälytysventtiilin toimintaperiaate aktivoituneena	17
Kuvio 6. Helikopterihangaarin vaahdotus käynnissä	18
Kuvio 7. Öljytankkipalon sammutustesti tankin vaahdotuksella	19
Kuvio 8. Vasemmalla kierreliittimiä ja oikealla uraliittimiä	20
Kuvio 9. Vasemmalla uraliitos, oikealla porasatula ja alhaalla urakone	21
Kuvio 10. Sprinklerilaskelman putkimallin isometrinen 1D-näkymä	25
Kuvio 11. Sprinklerilaskelman putkimallin 1D-tasonäkymä	26
Kuvio 12. Virtauskaavion piirrosmerkkejä	27
Kuvio 13. Sprinkleriputkiston osia	29
Kuvio 14. T-haarat jakavat putken tässä putkilinjassa 3 osaan	29
Kuvio 15. Putken tulee jatkua yhtenäisenä käytettäessä porasatulaa	29
Kuvio 16. U-pulttien säätöurat terästuessa	30
Kuvio 17. Valmis 3D-malli putkistosta. jossa rakennus esitetty läpinäkyvänä	31
Kuvio 18. 3D-mallin moduulijako	31
Kuvio 19. Navisworks-malliin linkitettyä MagiCAD-moduulien mallit	32
Kuvio 20. Törmäystarkastelu MagiCAD-ohjelmassa	33
Kuvio 21. Hälytysventtiili ja siihen liittyvät komponentit	34
Kuvio 22. Putkien tiedot lopullisessa esitysformaatissa esivalmistusluettelossa	35
Kuvio 23. Asennuspiirustuksen detaljisuurennoksia	36
Kuvio 24. Piirustuksen komponentti-, putki- ja putkien terästukiluettelot	36

LIITELUETTELO

LIITE 1. Projektin tuntiarvio

LIITE 2. Sprinklerilaskelma MagiCADilla

1 JOHDANTO

Voimalaitoksissa vaaditaan yleensä jonkintasoinen palonsammutusjärjestelmä. Vaillittu palonsammutustaso riippuu paljon asiakkaan vaatimuksista ja missä päin maailmaa kyseinen voimalaitos sijaitsee. Yleensä kehittyneemmissä maissa vallitsee tiukemmat normit ja tämä jo määrää hyvin pitkälle vaaditut palonsammutuslaitteistot, sekä minkä standardien mukaan ne tulee toteuttaa. Voimalaitos saattaa myös sijaita maassa, jossa normit ovat väljemmät, mutta energiayhtiön omistajana on toisen valtion yritys, jonka kotimaassa on totuttu tiukempiin normeihin.

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoituksena laatia sprinklerijärjestelmästä konseptisuunnitelma voimalaitoksen polttoaineen käsittelytaloön (fuel treatment house). Konseptissa noudatellaan NFPA-standardia, koska se on yleisesti ottaen eniten käytetty standardi kansainvälisillä markkinoilla, kun kyseessä on turvallisuus- ja palontorjuntajärjestelmät.

Projektin toimeksiantaja oli Wärtsilä Oyj konsernin Wärtsilä Finland Oy Energy Solutions organisaatio, joka toimii johtavana edelläkävijänä kansainvälisillä voimalaitosmarkkinoilla. Wärtsilä perustettiin vuonna 1834 aluksi sahateollisuuden sektorille. /1/. Nykyään konsernin päätoimialana ovat kansainvälisen merenkulun ja energiasektorin voimaratkaisut sekä näiden huoltotoiminta. /2/.

Konseptisuunnitelma auttaa Wärtsilää projektien myyntivaiheessa kustannuksien kartoituksessa, sekä toteutettavien projektien suunnittelussa, nopeuttaen niiden läpäsyaikaa. Konseptia voidaan käyttää myös vuosiosotosopimuksia laadittaessa, kun pyydetään materiaalitoimittajilta esitarjouksia.

2 PROJEKTIN TAUSTA JA TARKOITUS

Projekti lähti käyntiin Citecin Fire protection teamin kone- ja tuotantotekniikan sekä LVI-tekniikan insinööri, Chief Design Engineer Andreas Mittsin ehdotuksesta, että suunnittelisin Wärtsilän polttoaineen käsittelytaloon sprinklerijärjestelmän konseptin. Asia esiteltiin Wärtsilälle ja he toivoivat, että suunniteltavaan sprinklerijärjestelmän konseptiin otettaisiin mukaan vaahto-vesi sprinklerijärjestelmä, josta oli maininta myös heidän sisäisessä dokumentissa /11/. Olin siinä vaiheessa ollut mukana monessa työnantajani Citecin Wärtsilälle suunnittelemissa projekteissa, jotka ovat sisältäneet erilaisia sprinklerijärjestelmiä. Aiemmista projekteista jonkin verran asioista oppineena, rohkaistuin lopulta ryhtyä haasteeseen.

2.1 Konseptisuunnitelmien käyttö Wärtsilässä

Wärtsilä Finland Oy Energy Solutions-yksikkö käyttää myyntipiirustuksien (sales layout) pohjana konseptipiirustuksia (concept layout). Konseptipiirustuksista muokataan myyntivaiheessa asiakkaan tontille tarpeita vastaavat voimalaitoksen asemakaava-, konehallin taso- sekä leikkauspiirustus (site layout, engine hall plan layout, engine hall section layout). Joissakin myyntiprojekteissa tehdään lisäksi palosuojauksen asemakaavapiirustus (fire protection layout), jossa näytetään palontorjunnan eri järjestelmät karkealla tasolla. Näistä piirustuksista Wärtsilä laskee asiakkaalle myyntitarjouksen. Wärtsilällä löytyy myös voimalaitoksen muista rakennuksista standardipiirustukset (standard layout), eli konseptirakennuspiirustukset. Tässä työssä keskitytään polttoaineen käsittelytalon sprinklerijärjestelmän konseptisuunnitteluun NFPA-standardia noudattaen.

2.2 Palontorjunnan perustaso Wärtsilän voimalaitoksissa

Wärtsilällä on jo entuudestaan perustason palontorjuntajärjestelmien standardipiirustukset. Perustasaan kuuluvat voimalaitoksen palovesiverkosto ulkoalueella, sekä voimalaitoksen eri rakennuksissa. Perustason palovesiverkko sisältää vesitykit varastotankkialueella, palopostit letkukaappeineen ulkona ja konehallissa, sekä pikapalopostit joissakin rakennuksissa. Lisäksi perustason palosuojaukseen kuuluvat sammutuspeite ja käsisammuttimet, kuten jauhesammuttimet ja CO₂-sammuttimet.

Joissakin rakennuksissa on pelkästään käsिसammuttimia ja näiden rakennuksien sammuttamiseen tai jäähdyttämiseen käytetään lähimpiä ulkoalueen paloposteja.

2.3 Laajennettu palontorjunnan taso Wärtsilän voimalaitoksissa

Laajennettuun palontorjunnan tasoon kuuluvat erilaiset kiinteät sammutusjärjestelmät, kuten sprinklerijärjestelmät, vaahtosammutusjärjestelmät, jäähdytysjärjestelmät ja kaasusammutuslaitteistot. Wärtsilä on alkanut panostaa palontorjunnan laajennettuihin konseptisuunnitelmiin viime aikoina. Syynä tähän on mm., että asiakkaiden vakuutusyhtiöt vaativat usein näitä järjestelmiä, ennen kuin voimalaitosta saa edes käynnistää. Ensimmäisenä uutena konseptina palontorjuntapuolella on jo tehty konehallin sprinklerijärjestelmän konseptisuunnitelma, jossa olin itse myös mukana suunnittelijan roolissa. Se sisältää järjestelmän kuvauksen ja määrittelyn, virtauskaaviot, piirustukset, 3D-mallit sekä täydelliset materiaalien määräluettelot.

Tämän projektin tarkoituksena oli tuottaa Wärtsilälle polttoaineen käsittelytaloon soveltuva vaahto-vesi sprinklerijärjestelmän (foam-water sprinkler system) konseptisuunnitelma. Wärtsilän valitsema sprinklerijärjestelmä polttoaineen käsittelytaloon, perustuu märkäputki sprinklerijärjestelmään. Järjestelmään on mahdollista liittää vaahtokonsentraation syöttö, mikäli projektissa on vaahtoasema öljyn varastotankkien sammutusjärjestelmää varten. Tavoitteena oli laatia samankaltaiset dokumentit, 3D-mallit, pohjapiirustukset ja materiaalimääräluettelot, kuin konehallin sprinklerikonseptissa on tehty. Tämä helpottaa myyntivaiheessa oikean hinnan arvioimista kyseiselle sprinklerijärjestelmälle. Projektivaiheessa konsepti nopeuttaa lopullisen suunnitelman ja materiaalien lukkoon lyömistä. Kustannuslaskentaosuus rajattiin opinnäytetyön ulkopuolelle. Sen tulevat hoitamaan Wärtsilässä siihen perehtyneet henkilöt.

3 SPRINKLERIJÄRJESTELMÄT

Sprinklerijärjestelmiä on muutamia erilaisia. Tässä työssä keskityttiin märkäputki-tyyppiseen sprinklerijärjestelmään ja mahdollisuuden mukaan terästettynä vaahtotiivisteellä. Perinteiseen sprinklerijärjestelmään on mahdollista syöttää vaahtotiivistettä tehostamaan sammuttavaa vaikutusta. Tästä tulee nimitys vaahto-vesi sprinklerijärjestelmä, joka on automaattisesti toimiva kiinteä palonsammutusjärjestelmä. Alla on lueteltuina erityyppisiä sprinklerijärjestelmiä:

- märkäputki- (wet-pipe system)
- vaahto-vesi- (foam-water system)
- vaahto- (foam system)
- vesisumu- (water mist system)
- kuivaputki- (dry riser system)
- ennakkolaukaisu- (preaction system)
- aluelaukaisujärjestelmä. (deluge system)

3.1 Sprinklerisuuttimet

Jokaisessa edellä luetellussa sprinklerijärjestelmässä on sprinklerisuuttimet (sprinkler nozzle). Suuttimia on erityyppisiä, riippuen minkä tyyppinen järjestelmä on kyseessä, ne voidaan karkeasti jakaa ryhmiin suljetut ja avoimet suuttimet. Sprinklerisuuttimien rakenteita on myös erilaisia, kuten ylöspäin (upright), alaspäin (pendent), seinä (sidewall) ja upotettava (concealed) (**Kuvio 1.**). Sprinklerien laukeamislämpötilaa merkitään standardeihin perustuvilla värikoodeilla (**Kuvio 2.**). Suuttimien laukeamislämpötilan valinta on haastavaa, ettei kohteeseen tule valittua liian matalan tai korkean laukeamislämpötilan suuttimia. Liian matala laukeamislämpötila saattaa aiheuttaa turhaan sprinklerijärjestelmän aktivoitumisen ja liian korkea taas aktivoituu todellisessa palotilanteessa liian myöhään.

Suuttimille on määritelty myös K-kerroin, jota käytetään laskettaessa veden purkautumismäärä suuttimesta. Virtausmäärä suuttimesta voidaan laskea kaavasta:

$$q = k\sqrt{p} \quad (1)$$

jossa

q = virtaus määrä suhteessa aikaan (L/min)

k = suuttimen purkauskerroin eli K-kerroin (L/min / $\sqrt{\text{bar}}$)

p = paine (bar)

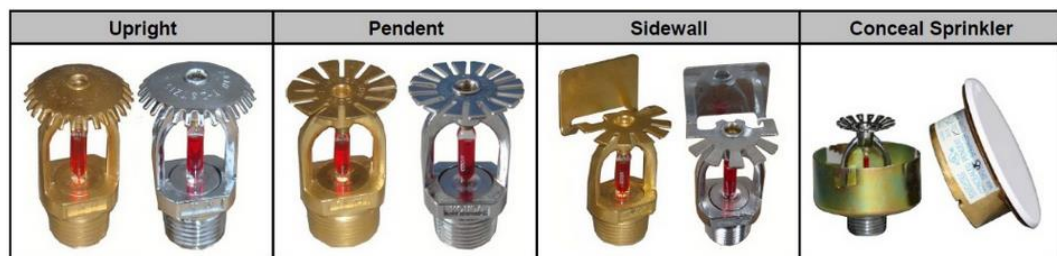
tästä kaavasta voidaan johtaa

$$k = q / \sqrt{p}$$

ja

$$p = (q / k)^2$$

K-kertoimia lasketaan ja julkaistaan myös englantilaisilla yksiköillä PSI ja GPM, joten varovaisuutta tulee noudattaa, ettei yksiköitä sekoiteta metriseen järjestelmään.



Kuvio 1. Sprinklerisuuttimien rakenteita

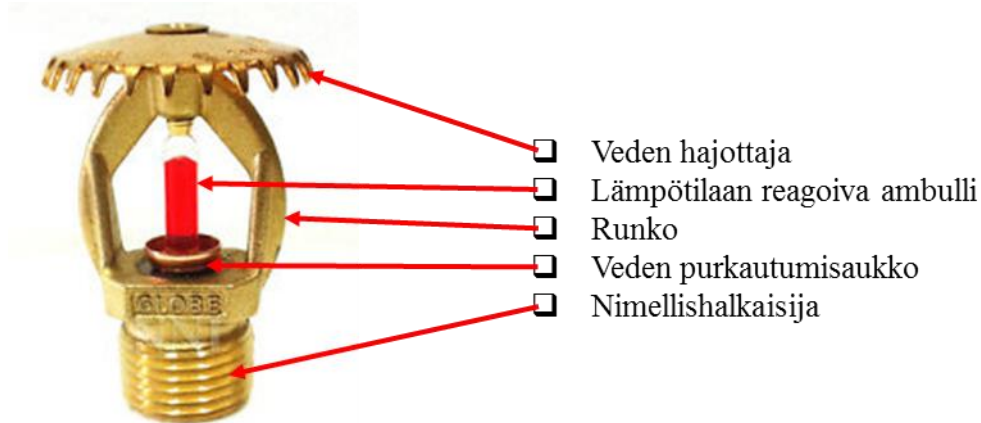


Kuvio 2. Sprinklerien laukeamislämpötilojen värikoodeja

3.2 Märkäputkijärjestelmä

Märkäputkityyppinen sprinklerijärjestelmä on eniten käytössä oleva sprinklerijärjestelmä. Se perustuu lämpötilan vaikutuksesta itselaukeaviin suljettuihin sprinklerisuuttimiin (**Kuvio 3.**), joten se on automaattisesti toimiva sammutusjärjestelmä. Putkistossa on aina vesi heti sprinklerisuuttimien takana. Se ei siis sovellu tiloihin, joissa on jäätyminen tai kiehumisen vaara. Järjestelmässä on märkähälytysventtiili ja siihen kytketty säätöyksikkö varusteineen. Hälytysventtiili on periaatteessa takaiskuventtiili, jossa on hälytysportti (sulkuläppä). Wärtsilän projekteissa suurempi tarve on juuri märkähälytysjärjestelmissä, koska heidän voimalaitosprojektinsa ovat keskittyneet pääasiassa lämpöisiin maihin. Järjestelmän komponentit ovat:

- märkähälytysventtiili (alarm check valve)
- säätöyksikkö (trim unit)
- viivästyskammio (retard chamber)
- vesimoottorikello (water motor gong)
- painehälytyskytkin (pressure alarm switch)
- järjestelmäpainemittari (system pressure gauge)
- syöttöpainemittari (supply pressure gauge)
- paineenalennusventtiili (pressure relief valve)
- sprinkleri (suutin) (sprinkler)
- testi ja tyhjennysventtiili (test & drain valve)
- sulkuventtiili (isolation valve)
- nousujohto (riser)
- päälinja (main line)
- haaralinja (branch line)
- testi ja tyhjennyslinja. (test & drain line)



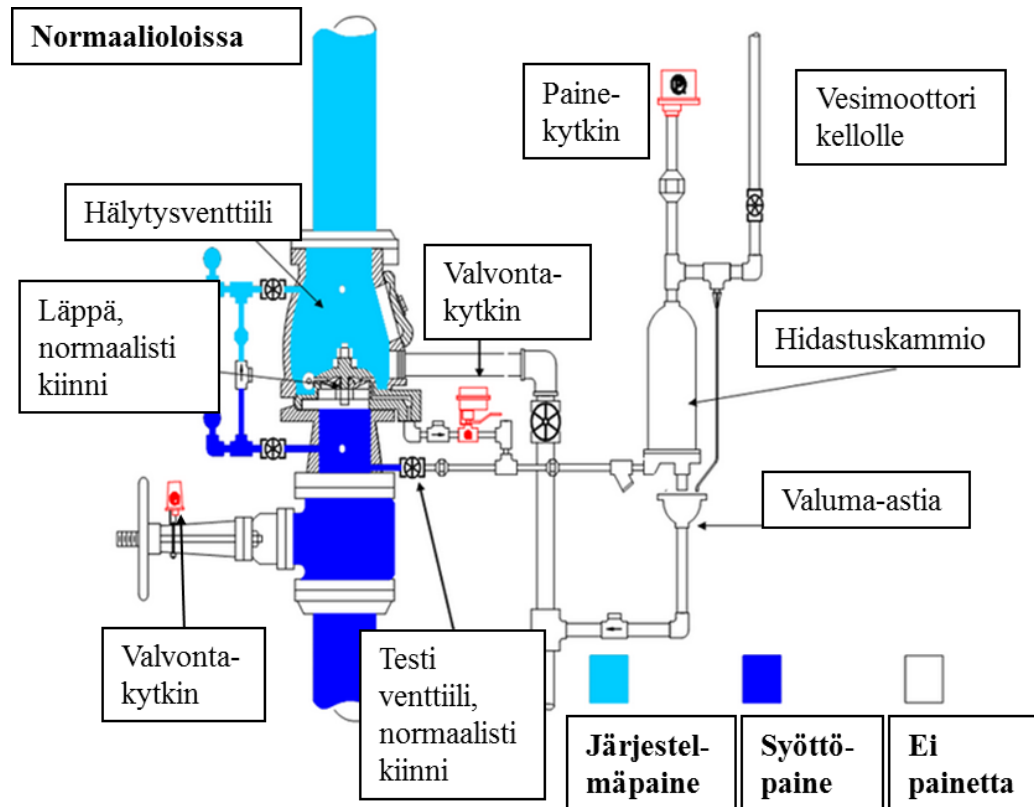
Kuvio 3. Märkäputkijärjestelmän sprinklerisuuttimen rakenne

3.2.1 Märkäputkijärjestelmän toimintaperiaate normaalitilassa

Hälytysventtiilin jälkeisen putkiverkoston paine on normaalitilassa aina suurempi kuin syöttöpaine ennen hälytysventtiiliä. Tämä pitää hälytysventtiilin läpän (clapper) suljettuna lepotilassa, estäen veden virtaamisen hälytysporttiin (**Kuvio 4.**). Hälytysventtiilin läppä estää myös veden virtaamisen sprinklerijärjestelmästä takaisin palovesiverkoston (fire main). Säätyyksikköön on liitetty myös esisäädetty paineenalennusventtiili, jonka tehtävänä on päästää ylimääräinen paine pois järjestelmästä. Ylimääräistä painetta kertyy paineiskuista ja veden lämpötilan vaihteluista verkostossa.

Järjestelmässä on hyvä olla myös viivästyskammio, jonka tarkoitus on auttaa pitämään järjestelmän paine tasaisena ja vähentää mahdollisuutta väärin hälytyksiin. Vääriä hälytyksiä voi syntyä esimerkiksi paineiskuista, jos samaan palovesiverkoston kytkettyä palopostia käytetään. Hälytyslinjaan on kytketty myös mekaaninen vesimoottorikello (water motor alarm gong), joka alkaa soida, mikäli järjestelmä aktivoituu. Hälytysventtiilissä on toimintaperiaatekuvan mukainen ohitus, jossa on sulkuventtiili ja 2 painemittaria. Tämä mahdollistaa pienten paineiskujen virtauksen ohi hälytysventtiilin läpän ja näin ylläpitää järjestelmän painetta aiheuttamatta liiallista läpän kulumista hälytysventtiilissä. Mittarit osoittavat järjestelmäpaineen

ja syöttöpaineen. Järjestelmäpainemittarissa on yleensä suurempi lukema kuin syöttöpainemittarissa ja sen ei pitäisi koskaan olla alempi. Molemmat mittarit näyttävät samaa lukemaa heti paineen noustessa, kunnes syöttöpaine putoaa takaisin alas. /3/.

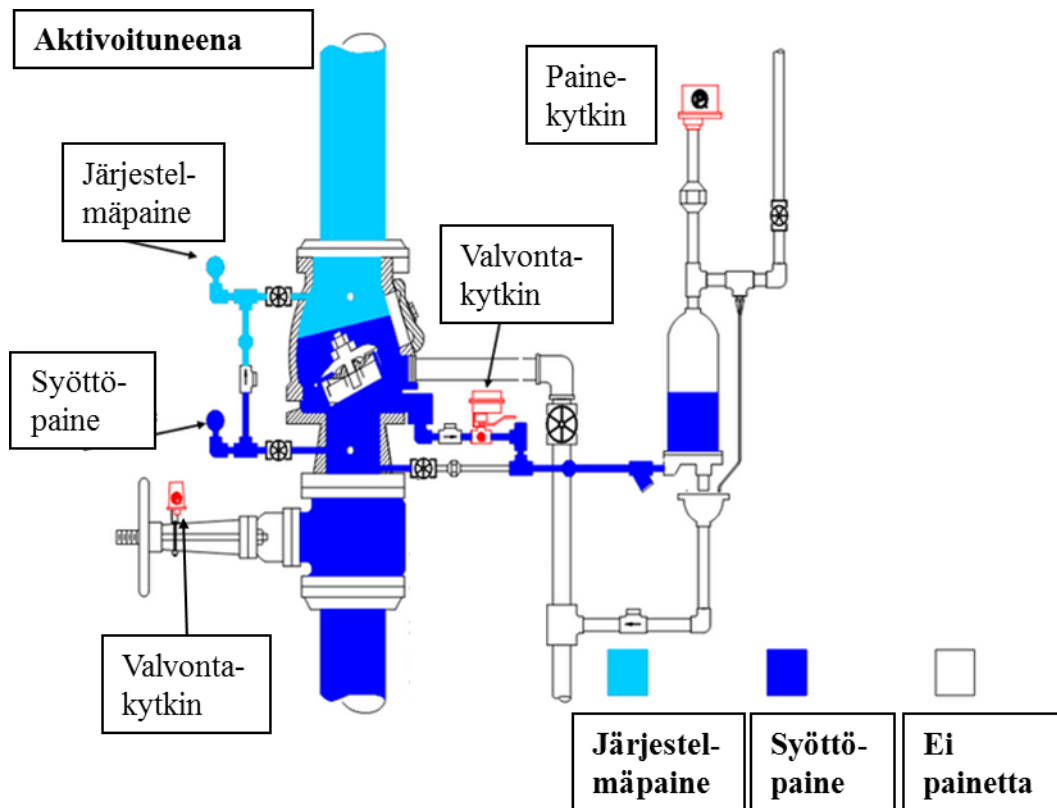


Kuvio 4. Märkähälytysventtiilin toimintaperiaate normaalioloissa

3.2.2 Märkäputkijärjestelmän toimintaperiaate aktivoituneena

Tulipalon sattuessa, kun lämpötila sprinklerin ympäristössä ylittää sprinklerille määritellyn nominaalisen lämpöarvon ja tämän vaikutuksesta sprinklerin lasikupla rikkoutuu, avautuu sprinklerisuutin. Tällöin myös hälytysventtiilin läppä avautuu järjestelmäpaineen laskiessa, syöttöpaineen ollessa täten suurempi (**Kuvio 5.**). Näin vesi pääsee virtaamaan avoinna olevien sprinklereiden kautta. Myös hälytysportin reitti avautuu ja vesi pääsee virtaamaan viivästyskammioon sekä vesimoottorikellolle, joka antaa paikallishälytyksen. Viivästyskammioon asennettu painehälytyskytkin antaa signaalin siihen kytkettynä olevaan sähköiseen palonilmoitinjärjestelmään. Viivästyskammioista lähtee automaattinen tyhjennyslinja, jotta vesi pääsee

valumaan pois ja paine putoamaan takaisin noltaan. Näin painehälytyskytkin voi palautua normaalitilaan hälytyksen jälkeen. /3/.



Kuvio 5. Märkähälytysventtiilin toimintaperiaate aktivoituneena

3.2.3 Märkäputkijärjestelmän testaus ja huolto

Sprinklerijärjestelmän hälytyksen testaukseen on hälytysventtiilin säätöyksikössä testausventtiili. Huoltotoimia varten, ennen hälytysventtiiliä on myös sulkuventtiili, sekä hälytysventtiilin läpän jälkeen järjestelmän tyhjennykseen tarkoitettu tyhjennysventtiili. Hälytysventtiilistä katsottuna on järjestelmässä oltava pisimmän reitin päässä myös testaus- ja tyhjennysventtiili. Testausventtiilin K-kerroin tulee olla sama kuin järjestelmän suuttimien K-kerroin. Jos järjestelmäpainemittarin osoittama painearvo putoaa alemmas kuin syöttöpainemittarin painearvo, silloin läppä hälytyssulkuventtiilissä ei ole kunnossa ja se on huollettava.

Koska viivästyskammiot ovat metallisäiliöitä, jotka ovat jatkuvasti alttiina kastumiselle ja kuivumiselle, ne vaativat huoltoa ja varmistusta, että tyhjennyslinja py-

syy avoinna, eikä tukkeudu korroosion vaikutuksesta. Jos paineisku täyttää viivästyskammion, eikä vesi pääse valumaan kammioista ennen toista paineiskua, voi kammio täytyä ja antaa väärän hälytyksen. Sprinklerijärjestelmien standardin NFPA13 kohdassa 27.1 sanotaan, että järjestelmä on tarkastettava ja testattava säännöllisin väliajoin standardin NFPA 25 mukaisesti. /7/.

3.3 Vaahto-vesi sprinklerijärjestelmä

Perus vaahto-vesi sprinklerijärjestelmä perustuu märkäputkijärjestelmään. Sen pääkomponentit ovat samat, mutta järjestelmän syöttöön lisätään vaahtotiivistettä. Vaahtotiiviste osuus vedessä on yleensä 3% luokkaa. Järjestelmän toimintaperiaate on myös samanlainen kuin märkäputkijärjestelmässä. Kuitenkin sillä erotuksella, että vaahto-vesiliuoksen purkautuessa aktivoituneen sprinkleripään ohjaimen/hajottajan kautta sopivalla paineella, sekoittuu pisaroihin ilmaa ja liuos laajenee vaahtoksi. Vaahto muodostaa palavalle pinnalle kerroksen, joka estää palavien höyryjen pääsyn ilmaan ja näin tukahduttaa paloa. Vaahdotussysteemejä on eri mittakaavassa ja eri tarkoituksiin. Esimerkiksi kokonaisen hallin vaahdotusjärjestelmä (

Kuvio 6).



Kuvio 6. Helikopterihangaarin vaahdotus käynnissä

3.3.1 Vaahtotiivistetyypit

Vaahtotiivisteitä on useita erilaisia ja oikeanlainen vaahtotiivistetyyppi tulee valita olosuhteiden, sekä palavien aineiden ja nesteiden mukaan. Vaahtotiivisteiden täytyy olla luokiteltuja. Esimerkiksi veteen sekoittuvat ja polaariset tulenarat nesteet on suojattava alkoholia kestäväällä tiivisteellä. Tavallisimpien polttoaineiden, kuten hiilivetypolttoaineiden suojaukseen käytettävät vaahtotiivisteet on oltava NFPA11 kohdan 4.3.1.4 mukaan jokin seuraavista (Englanninkielisin termin):

- Protein
- Fluoroprotein
- Aqueous film-forming foam (AFFF)
- Film-forming fluoroprotein (FFFP)
- Alcohol-resistant
- High-expansion
- Medium-expansion
- Others listed for this purpose. /4/.

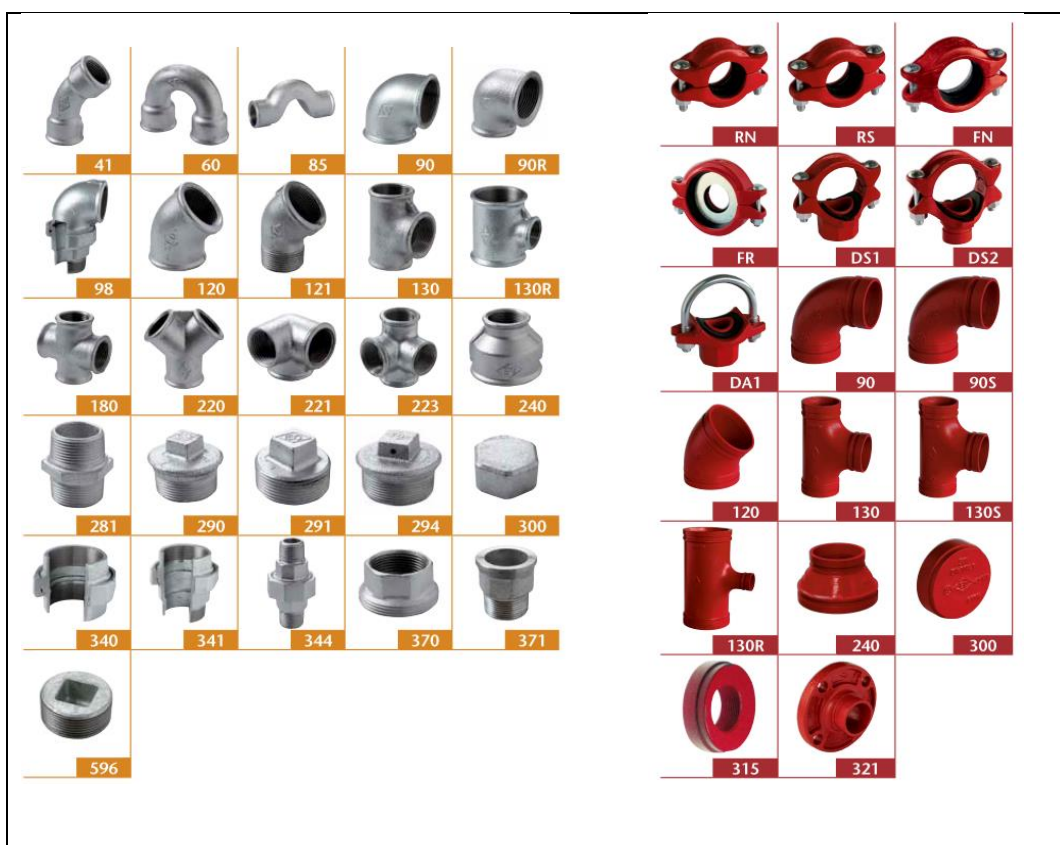
Vaahdon vaikutus sammuttavana elementtinä voidaan havaita kuviossa 7. Vaaho estää palavien höyryjen vapautumisen ja estää hapen pääsyn palokohteeseen.



Kuvio 7. Öljytankkipalon sammutustesti tankin vaahtotuksella

3.4 Voimalaitoksien sprinkleriputkistoissa käytetyt liitostavat

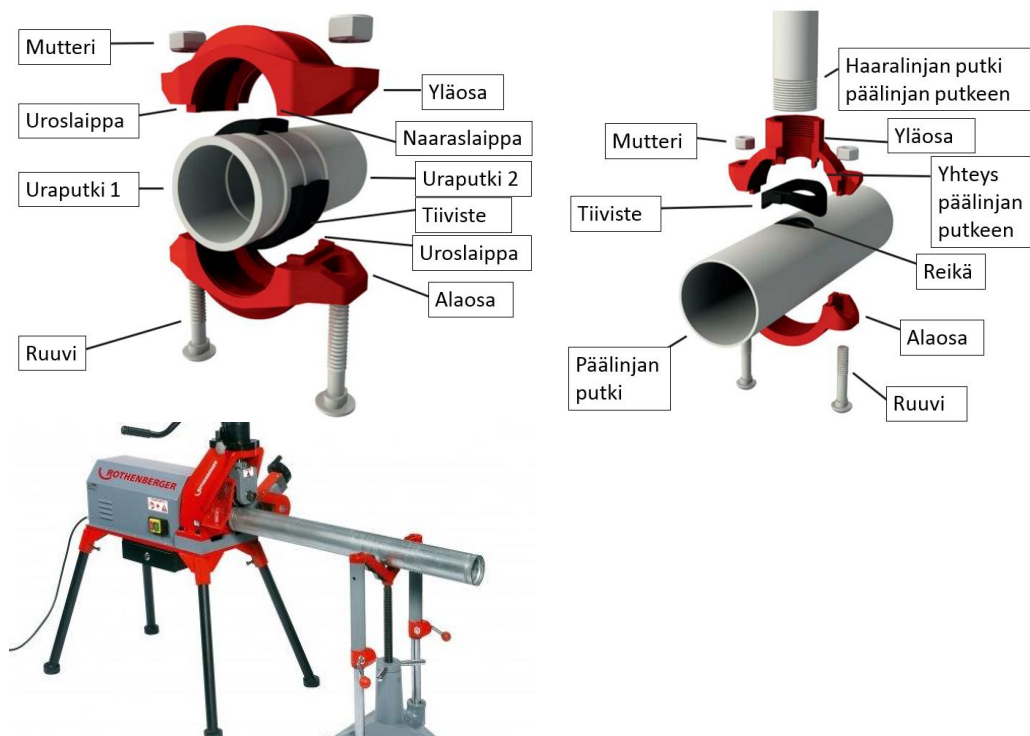
Aikaisemmin palovesiputkistojen isommat putket liitettiin toisiinsa usein hitsaamalla ja pienemmissä putkissa käytettiin kierreltioksia. Nykyään ollaan siirrytty hitsattavista liitoksista uraputkijärjestelmään (grooved pipe system) isoissa putkissa, mutta pienemmät putket liitetään yhä kiertein (**Kuvio 8.**). Käytetyimmät uraputkien koot sprinkleriputkistossa ovat DN150-25 ja kierreputkien koot ovat yleensä DN50-15. Yleensä projektissa on hyvä päättää, mihin vedetään eri liitostapojen raja, ettei tule asennusvaiheessa ristiriitoja. Wärtsilän projekteissa uraputkien koot alkavat yleensä DN40 ja siitä pienemmät ovat kierreputkia. Uraputkiliittimiä löytyy myös useammilta valmistajilta aina kokoon DN300 ja myös tätä suurempia on joillain valmistajilla. Myös kierreltiimiä on aina DN100 saakka, mutta ne ovat harvinaisempia, kalliita ja epäkäytännöllisiä. Markkinoilta löytyy myös puristusliittimiä ja muoviputkijärjestelmiä, mutta ne eivät sovellu voimalaitosympäristöön.



Kuvio 8. Vasemmalla kierreltiimiä ja oikealla uraliittimiä

3.5 Uraputkijärjestelmä

Uraputki on paljon nopeampi asentaa kuin hitsattava putki. Varsinkin mitä isompi putkiliitos on kyseessä, sitä vähemmän asennusaikaa uraputkiliitos vaatii verrattuna hitsattuun liitokseen. Kuviossa 9 on uraliitoksen ja porasatulan kokoonpanossa käytetyt osat, sekä urien valmistukseen käytettävä sähkökäyttöinen uranvalmistuskone. Uranvalmistuskoneita löytyy myös käsikäyttöisenä versiona pienempää käyttöä varten, lähinnä jos työmaalla joudutaan valmistamaan joitain putkia uudelleen.



Kuvio 9. Vasemmalla uraliitos, oikealla porasatula ja alhaalla urakone

4 PROJEKTIN LÄHESTYMISTAPA JA PERUSSUUNNITTELU

Haastavimpana osuutena koin projektia aloittaessa, vaahdon ottamisen mukaan systeemiin, sillä siitä minulla ei ollut niin paljoa kokemusta aiemmin. Järjestelmää kuitenkin rajattiin sen verran, ettei suunnitteluun tarvinnut ottaa mukaan vaahtotiivisteen sekoitusasemaa (foam station). Tämä sen takia, että vaahtotiivisteen sekoitusasema liittyy yleensä polttoainesäiliöiden vaahdotusjärjestelmän yhteyteen ja sieltä voidaan ottaa tarvittava vaahto-vesisyöttö polttoaineen käsittelytaloon. Tehtäväksi siis rajattiin sprinklerijärjestelmän suunnittelu syöttölinjasta eteenpäin.

Lähestyin tätä projektia tekemällä ensin tuntiarvion projektiin mahdollisesti kuluvista tunteista (LIITE 1). Sen jälkeen tein itselleni alustavan aikataulun, johon jaoin arvoidut tunnit. Näin oli helposti nähtävissä projektin mahdollinen kesto. Tunteja arvioon kertyikin suunnittelutyön osalta noin 500 tuntia ja näin heti, että projekti menee pitkälle syksyyn. Koska projektitunnit olivat hankalasti sovitettavissa päivätyön ja koulun kevätkauden kurssien kanssa yhteen, ajoitin suurimman osan suunnittelutyöstä kesäajalle. Projektin toteutuksessa käytettiin useita eri ohjelmistoja, joista seuraavassa on listaus:

- MagiCAD (Progman Oy)
- AutoCAD (Autodesk)
- Inventor (Autodesk)
- Navisworks Simulate (Autodesk)
- Word (Microsoft)
- Excel (Microsoft)
- PIPENET. (Sunrise Systems Ltd)

4.1 Perussuunnittelun alkuvaihe

Suunnittelutyön aloitin opiskelemalla projektissa käytettäviä National Fire Protection Association (NFPA)-standardeja. NFPA13 oli minulle entuudestaan jonkin verran tuttu, mutta erityisesti minua kiinnostivat uusina asioina NFPA11 ja

NFPA16, jotka käsittelivät vaahtoon liittyviä asioita. /5/, /4/, /7/. Aloitin myös projektin suunnitteluperusteena asioita käsittelevän dokumentin kirjoittamisen (Design basis). Dokumentissa kuvataan suunniteltavan systeemin käytetyt standardit, olosuhteet, komponentit, toimintaperiaate, suojausluokan määrittely ja teoreettiset laskelmat.

Suojausluokan määrittelyvaiheessa tutkiskelin standardeja NFPA13, NFPA30, NFPA37 sekä NFPA850. /8/, /9/, /10/. Standardit ovat hyvin laajoja, mutta niistä löytyi lopulta kohta, jossa voimalaitos määritellään luokkaan Extra Hazard Group 1. Tarkastelin myös muutamien aikaisemmin toteutettujen projektien suunnittelun perusta dokumentteja ja niissä oli myös päädytty samaan suojausluokkaan. Suojausluokka määrittelee sprinklerisuuttimien K-kertoimet ja kuinka tiheästi suuttimia vaaditaan kohteessa.

Suuttimille täytyi myös valita oikea laukeamislämpötila ja siinä käytettiin referenssinä aikaisempien vastaavien projektien tietoja, sekä Wärtsilän asiantuntijan suosittelemaa lämpötilaa. Päädyimme käyttämään 93° C lämpötilan suuttimia. Tämä on kuitenkin aina tarkistettava vallitsevien olosuhteiden mukaan, sitten kun todellista projektia tehdään.

4.2 Alustavat pohjakuvat ja sprinklerilaskelmat

Seuraavaksi tein muutamia alustavia sprinkleriputkiston ja suuttimien sijoittelun yleispiirustuksia (general sprinkler pipe layout). Yleispiirustusten pohjakuvina suunniteltaville sprinklerijärjestelmille käytettiin Wärtsilän standardien polttoaineen käsittelytalojen 2D-pohjapiirustuksia. Pohjapiirustukset linkitettiin tyhjiin sprinklerimalleihin ja putkisto suuttimiseen piirrettiin 3D-mallina MagiCAD Sprinkler Designer-ohjelmistolla pohjapiirustuksen päälle. MagiCAD vaatii toimiakseen myös AutoCAD-ohjelman allensa. MagiCAD 3D-mallista voidaan ohjelmassa olevalla sprinklerilaskentatyökalulla tehdä tarvittavat virtaus- ja painehäviölaskelmat.

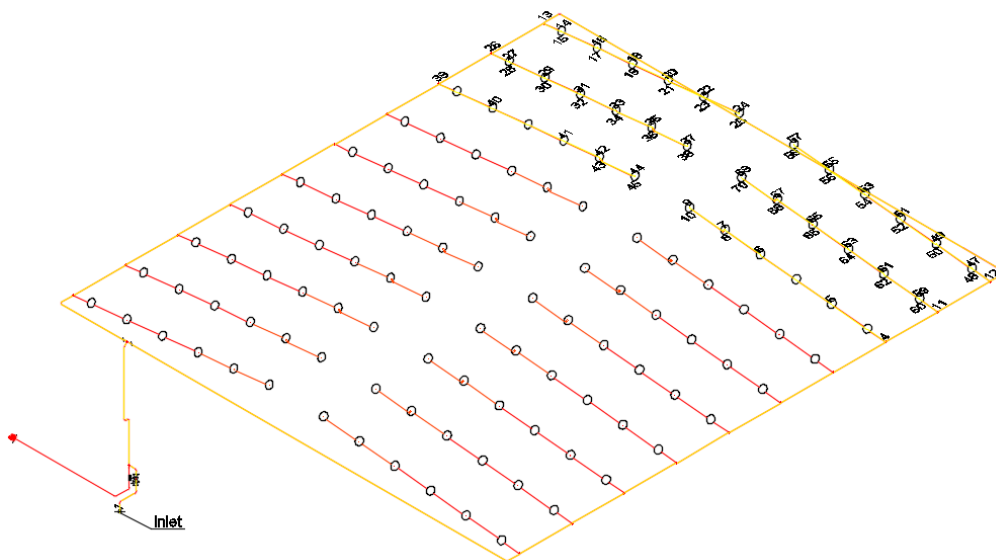
Sprinklerisuuttimien sijoittelussa on omat tarkat sääntönsä, jossa noudatettiin NFPA13-standardia. Lähimpänä seinää olevilla suuttimilla on tietyt minimi- ja

maksietäisyydet seinästä. Myös suuttimien välisissä etäisyyksissä toisiinsa nähden, on noudatettava paloluokan määräämiä minimi- ja maksimietäisyyksiä. Suuttimilla on myös maksimi suojausala, joka vaikuttaa suuttimien välisiin etäisyyksiin, sen määrää myös valittu paloluokka. Mikäli suuttimet joudutaan sijoittamaan jostain syystä minimietäisyyttä lähemmäs toisiaan, täytyy niiden väliin asentaa siihen tarkoitukseen oleva levy. Levyn tarkoitus on, ettei aktivoitunut suutin kastele viereistä suutinta ja näin ollen estä sen lämpötilaan perustuvaa laukeamista. Standardista löytyy myös säännöt tilanteisiin, jos suuttimen välittömässä läheisyydessä sijaitsee kattopalkkeja tai muita esteitä, jotka voivat haitata veden oikeanlaista purkautumista suuttimesta. Suuttimien minimi- ja maksimietäisyydet erilaisiin kattopintoihin on myös määrätty standardissa.

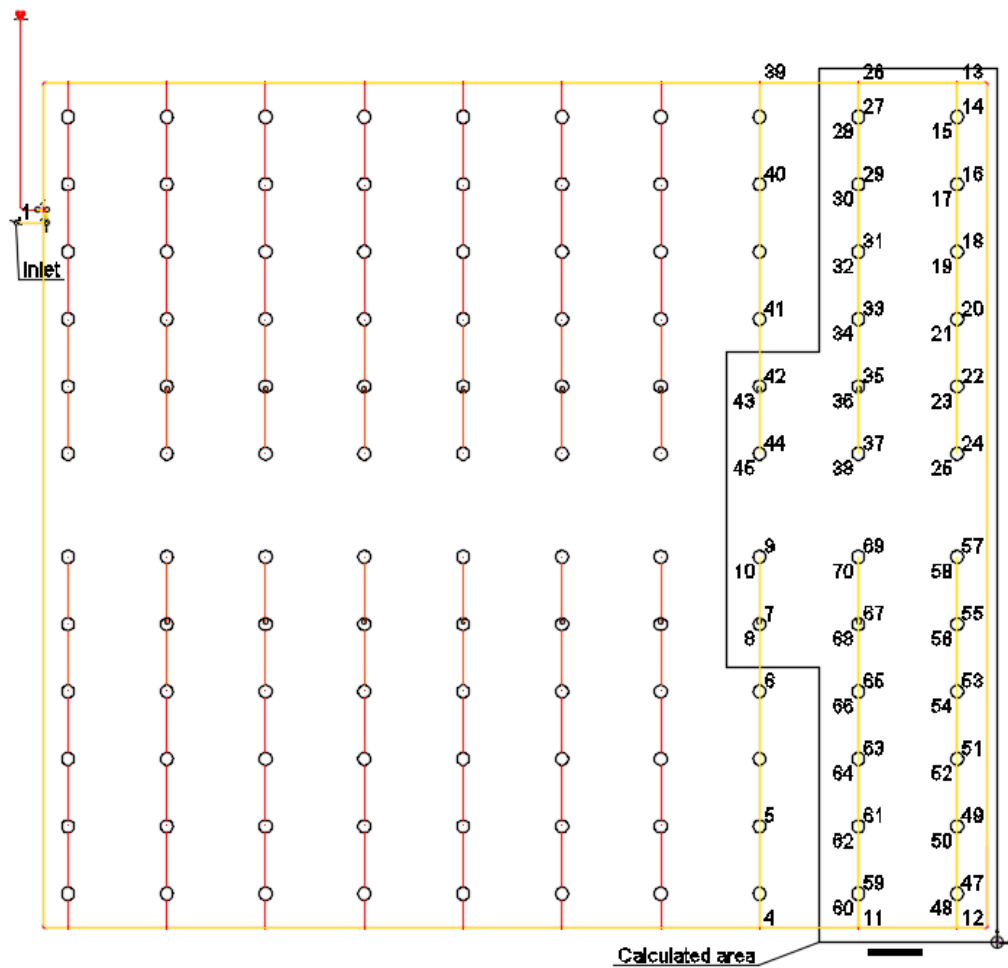
Kun alustavat pohjakuvat olivat valmiit, tehtiin niistä MagiCAD-ohjelmalla alustavat virtaus- ja painelaskelmat. Sprinklerilaskelmassa on omat sääntönsä, jossa noudatettiin NFPA13-standardia. Standardissa määrätään minimi laskenta-alue ja tämä alue tarkoittaa sitä aluetta, missä sprinklerisuuttimet ovat lauenneet. Laskettavan alueen määrittää valittu paloluokka ja alueen tulee sijaita hankalimman reitin päässä. Hankalin reitti sijaitsee yleensä järjestelmän syöttölinjasta katsottuna kauimmaisena. Tässä projektissa pienimmille polttoaineen käsittelytaloille laskettava alue käsitti koko rakennuksen pinta-alan. Suuremmille rakennuksille laskenta-alue muodostui syöttölinjasta katsottuna vastakkaiselta seinältä lähtien yli rakennuksen puoliväliin. Laskelmien tulosten perusteella järjestelmä täytyi tasapainottaa säätämällä pukien nimellishalkaisijat ja suuttimien K-kertoimet siten, että suuttimien virtaama on mahdollisimman tasainen keskenään.

Laskelmien perusteella voitiin tarkastella, mikä putkiston reitti ja suuttimien sijoitteluvaihtoehto tulisi olemaan virtauksen ja paineen kannalta paras jatkokehitettäväksi. Kysyimme kommentit alustaviin pohjakuviin ja laskelmiin myös Citecin yhteistyökumppanilta FS Engineeringiltä. He ehdottivat myös omaa versiotaan putkiston reitistä ja suuttimien sijoittelusta. Kokeilin mallintaa ja laskea myös heidän vaihtoehdon, mutta siinä sprinkleriverkon haarat kulkivat 90° toiseen suuntaan ja se vaihtoehto täytyi hylätä polttoaineen käsittelytalon kattorakenteen vuoksi.

Kun olimme päättäneet millä pohjakuvalla edetään, FS Engineering teki vertailevan sprinklerilaskelman valitusta ratkaisusta, heidän käyttämällään PIPENET-ohjelmistolla. Tulokset laskelmissa olivat hyvin samanlaiset, verrattuna MagiCADillä tehtyihin sprinklerilaskelmiin. Pienet erot johtuivat lähinnä PIPENETillä tehdyn laskelman mallinnustarkkuudesta, verrattuna MagiCADillä tekemääni putkistomalliin. Tämä oli myös Citecille tärkeä vertailulaskelma, sillä MagiCADiä ei ollut aikaisemmin käytetty heillä juuri sprinklerilaskelmiin. Seuraavassa on esitetty tyypillinen sprinklerilaskelman malli, joka on tehty MagiCADillä (**Kuvio 10.** ja **Kuvio 11.**), sekä siitä tehty laskelman raportti (LIITE 2).



Kuvio 10. Sprinklerilaskelman putkimallin isometrinen 1D-näkymä



Kuvio 11. Sprinklerilaskelman putkimallin 1D-tasonäkymä

MagiCAD-laskelmassa veden kulkema reitti näkyy keltaisella linjalla, ympyrät kuvaavat sprinklerisuuttimia ja numerot ovat solmukohtia eli T-haaroja, sekä suuttimien numeroita. Laskelma perustuu Hazen–Williams yhtälöön.

$$h = 10.67 q^{1.85} / (c^{1.85} d_h^{4.8655}) \quad (2)$$

jossa

h = painehäviö per yksikköä putkea (m_{h2o}/m putki)

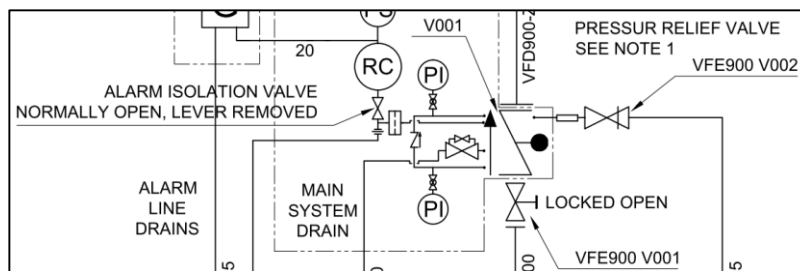
c = suunnittelu kerroin joka määrää putken tai letkun tyyppin – mitä korkeampi kerroin on, sitä tasaisempi on putken tai letkun sisäpinta

q = virtaus arvo (m^3/s)

d_h = putken tai letkun sisähalkaisija (m)

4.3 Virtauskaavio

Valitusta pohjakuvasta tein seuraavaksi virtauskaavion. Virtauskaaviossa näytetään järjestelmän kaikki pääkomponentit piirrosmerkein, eli komponenttisymbolein (**Kuvio 12.**). Komponentit ovat venttiilejä, sprinklerisuuttimia, mittareita ja muita apulaitteita. Lisäksi siinä näytetään putkireitit putkikokoineen. Kun komponentit ja putkireitit on piirretty, annetaan niille laite- ja putkikohtaiset koodit. Näitä koodeja voidaan käyttää laiteluettelossa ja merkitä systeemin komponentit niillä asennusvaiheessa. Kun laitteet merkitään oikein virtauskaavion mukaan, on mahdollinen vianhaku tai varaosien tilaaminen myöhemmässä vaiheessa helpompaa. Tässä vaiheessa Wärtsilä tilasi myös laiteluettelon, koska se oli jäänyt projektia aloitettaessa pois sovittujen dokumenttien listalta.



Kuvio 12. Virtauskaavion piirrosmerkkejä

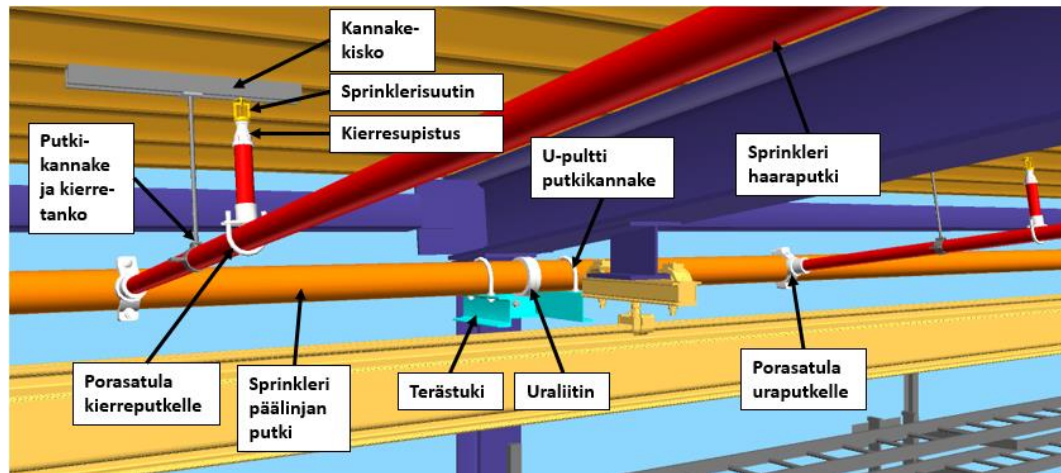
5 PROJEKTIN DETALJISUUNNITTELU JA TUOTOKSET

Kun perussuunnittelu saatiin tehtyä, alkoi detaljisuunnitteluvaihe. Sprinklerisuunnittelun detaljisuunnittelussa muokataan perussuunnittelussa tehtyä 3D-mallia tarkoihin lopullisiin mittoihinsa ja lisätään tarvittavat muut todelliset komponentit. Työ sisältää myös törmäystarkastelun, materiaaLimääräluettelot, asennuskuvat ja perussuunnitelman yleispiirustusten, sekä sprinklerilaskelmien päivitykset. Tässä vaiheessa käytetään apuna myös rakennuksen täydellistä 3D-mallia, joka sisältää kaikki mm. muut rakennuksen laitteet, putkistot ja kaapelihyllyt. Näin voidaan nähdä mahdolliset yhteentörmäykset suunniteltavan järjestelmän ja jo mallinnettujen muiden järjestelmien, sekä rakennuksen rakenteiden välillä.

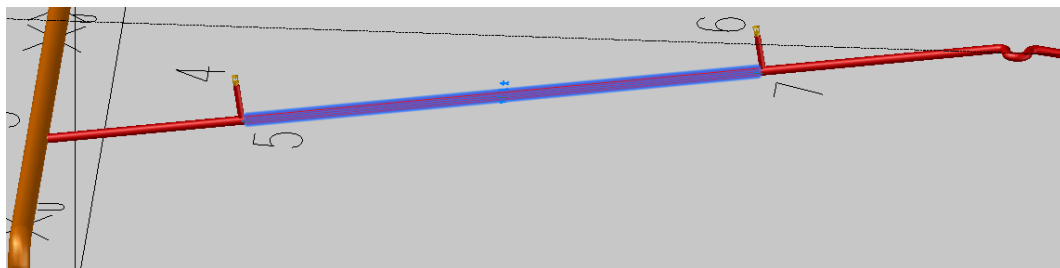
5.1 Mallinnus

Konseptissa sprinkleriputkiston isommat putket DN150 – DN40 koostuvat uraputkista, sekä pienemmät putket DN32 – DN15 tulevat olemaan kierreputkia. MagiCAD-putkiliittimet perustuvat mallinnettaessa hitsattaviin liitoksiin ja Wärtsilä suosii sprinkleriprojekteissa esivalmistettuja putkia asennustyön nopeuttamiseksi työmaalla. Tämän johdosta täytyi joitain MagiCAD vakiomutkia ja T-haaroja vaihtaa omiin todellisiin mittoihin mallinnettuihin liittimiin ja komponentteihin (**Kuvio 13.**). Jollei näitä komponentteja vaihdettaisi, tulisi myöhemmin mahdottomaksi ajaa putkiluettelo putkien esivalmistusta varten. Esim. jos putkeen täytyy porata reikä porasatulaa varten, ei voida käyttää MagiCADin omaa T-haaraa, koska silloin putki katkeaa mallissa T-haaran kohdalta (**Kuvio 14.**), kun todellisuudessa putken täytyy jatkua mallissa myös porasatulan kohdalla (**Kuvio 15.**).

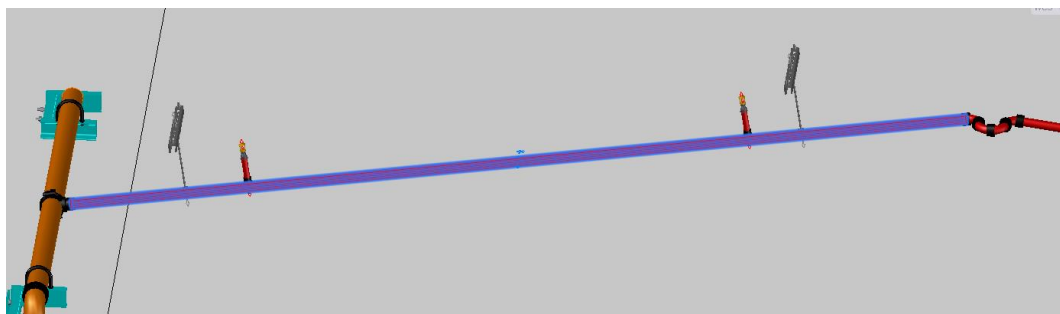
Näistä todellisista liittimistä oli jo muissa projekteissa koottu Citecille valmis kirjasto, josta niitä voitiin helposti kopioida malliin. Aloitin 3D-mallin muokkaamisen vaihtamalla tarvittavat MagiCAD-mutkat ja T-haarat. Seuraavaksi lisättiin tarvittavat uraliittimet isompiin putkiin, kohtiin joissa putket tai mutkat ja T-haarat yhtyvät. Putkien maksimi pituus on 6 m, mutta rakennuksen pilariväli, eli moduulimitta on 5,4 m, joten uraliittimet tulivat pääosin tälle jaolle.



Kuvio 13. Sprinkleriputkiston osia



Kuvio 14. T-haarat jakavat putken tässä putkilinjassa 3 osaan

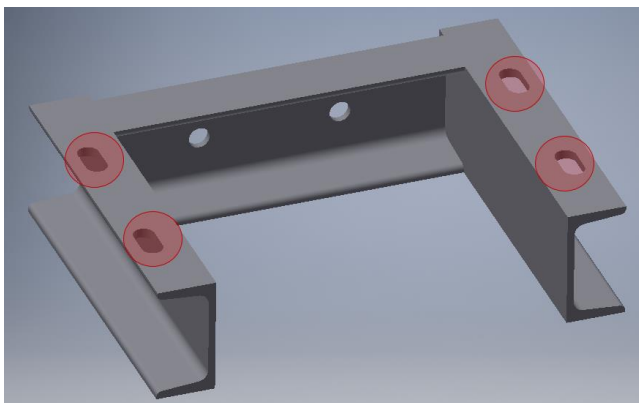


Kuvio 15. Putken tulee jatkuva yhtenäisenä käytettäessä porasatulaa

Seuraavaksi lisättiin putkituet ja siinä täytyi noudattaa standardin NFPA13 sääntöjä, sekä uraliittimien valmistajien suosituksia oikean tuentavälin, sekä pulttien ja kierretankojen koon määrittämisessä. Putkituet jaetaan kahteen alaryhmään:

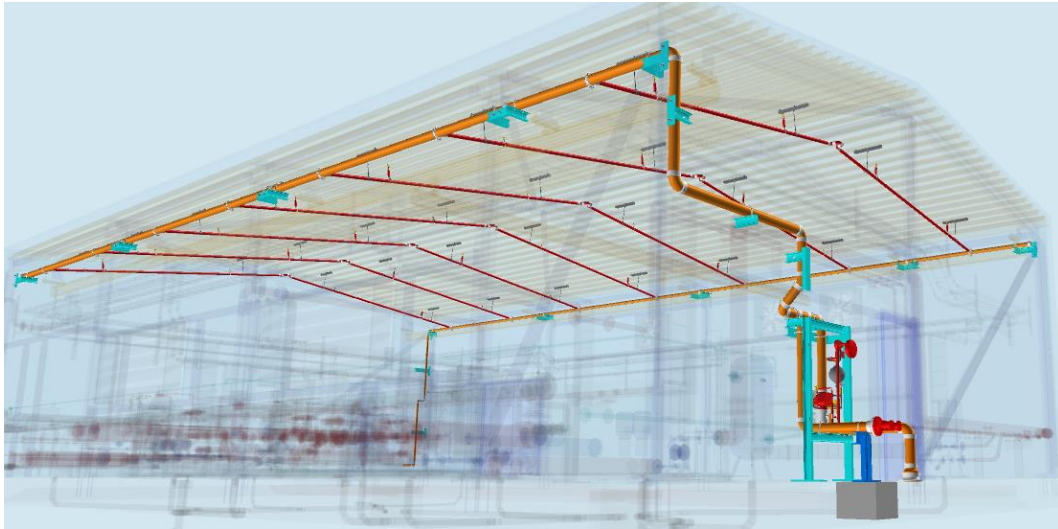
- primäärituet ja (primary supports)
- toissijaiset tuet. (secondary supports)

Primääritukiin kuuluvat mm. putkisangat eli U-pultit ja ripustettavat putkiklemmarit. Toissijaisiin tukiin kuuluvat mm. kannatinkiskot ja valmistettavat tai ostettavat terästuet, joihin primäärituki kiinnitetään. Rakennuksen pilareihin tulevat primääritukien terästuet ja hälytysventtiiliaseman tukirakenteen mallintamisessa käytin apuna Inventor CAD-ohjelmaa, koska sillä on helpompaa tehdä tukien 3D-mallit ja valmistuskuvat, sekä joustavampaa muokata näitä jälkikäteen tarvittaessa. Projektin päätöstilaisuudessa Wärtsilä toivoi, että terästukiin lisätään U-pulteille pienet urat, joilla saadaan toleranssia putkien ja tukien asennukseen (**Kuvio 16**).

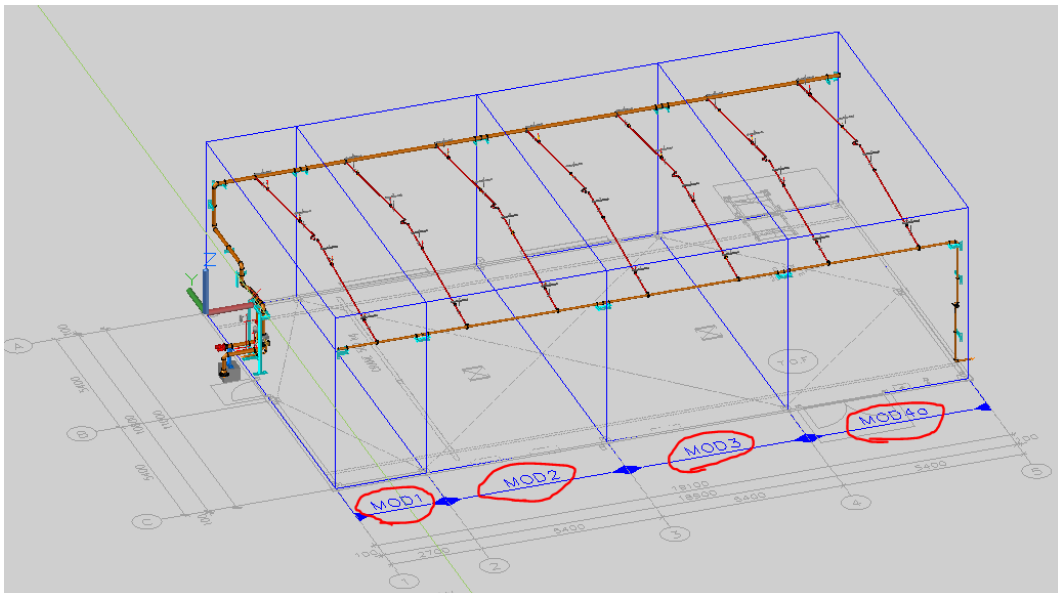


Kuvio 16. U-pulttien säätöurat terästuesta

Sprinkleriputkiston mallinnuksessa käytettiin polttoaineen käsittelytalon 3 tyyppin mallia referenssinä, koska siitä löytyi Wärtsilän standardin mukaisen rakennuksen Navisworks 3D-malli aiemmasta projektista (**Kuvio 17**). Kun 3 tyyppin polttoaineen käsittelytalon sprinklerimalli oli valmis, jaoin mallin moduuleihin rakennuksen pilarijaon perusteella (**Kuvio 18**). Polttoaineen käsittelytalojen eri tyypit 1-5 kasvavat talon pituussuunnassa, aina yhden samanpituisen pilarivälin. Moduulijaon jälkeen oli nopeaa tehdä kaikkien 5 talon sprinklerimallit, kopioimalla oikeat moduulit pilarijaon mukaan peräkkäin.



Kuvio 17. Valmis 3D-malli putkistosta, jossa rakennus esitetty läpinäkyvä

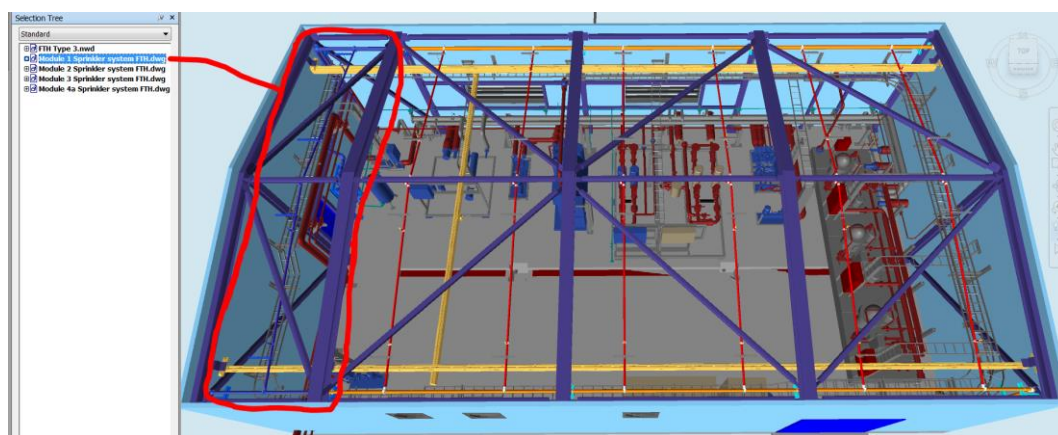


Kuvio 18. 3D-mallin moduulijako

5.2 Törmäystarkastelu

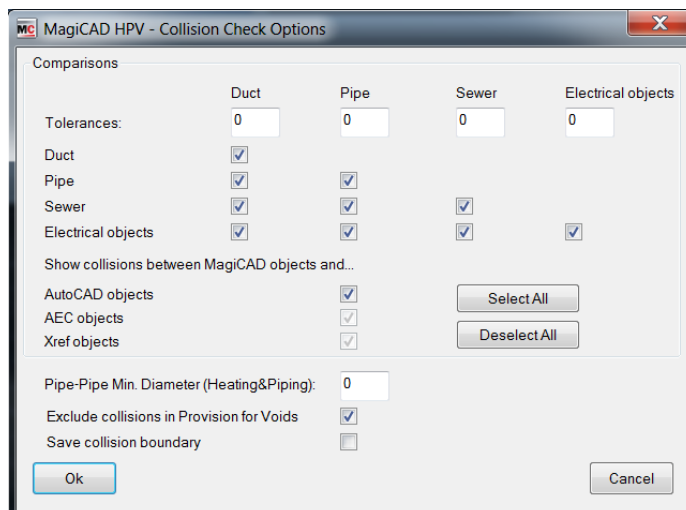
Mallinnuksen ja törmäystarkastelun apuna käytin Navisworks Simulate-ohjelmaa, johon voitiin linkittää polttoaineen käsittelytalon 3D-malli sekä muokattava MagiCAD 3D-sprinklerimalli. Linkitetty mallit tulevat osaksi Navisworks-mallin hierarkiaa ja malleja voidaan tarkastella esim. leikkauskuvanäkymin tai asettaa läpinäkyvyyttä tai piilottaa kokonaan. Kuviossa 19 näkyy aktiiviseksi valittu moduuli 1 Navisworks-hierarkiassa.

Törmäystarkastelu tapahtui käytännössä päivittämällä Navisworks-mallia suunnittelun aikana ja tarkastelemalla sitä silmämääräisesti. Navisworks-mallissa voidaan myös mitata minkä tahansa mallissa olevien pintojen etäisyyksiä. Tästä ominaisuudesta on apua, kun esim. teräksestä valmistettavat putkituet halutaan siirtää pilarin pintaan tarkasti kiinni. Navisworks-mallista voidaan myös viedä mitä tahansa kohteita erilliseen tiedostoon, kuten pilarit. Näin pilarit voidaan linkittää suoraan MagiCAD-malliin ja voidaan heti muokattavassa mallissa kohdistaa putkituet esim. pilareiden pintaan.



Kuvio 19. Navisworks-malliin linkitettyinä MagiCAD-moduulien mallit

Navisworks Manage-ohjelma on Navisworks Simulate-ohjelmasta kalliimpi ohjelman versio ja sillä olisi voitu törmäystarkastelu suorittaa automaattisesti, mutta miunalla ei ollut ohjelman tätä versiota käytettävissäni. MagiCAD-ohjelmassa voitaisiin myös suorittaa törmäystarkastelua automaattisella toiminnolla (**Kuvio 20.**), mikäli olisi saatavilla yhteensopiva 3D-malli rakennuksesta, kaapelihyllyistä, muista putkistoista ja komponenteista.



Kuvio 20. Törmäystarkastelu MagiCAD-ohjelmassa

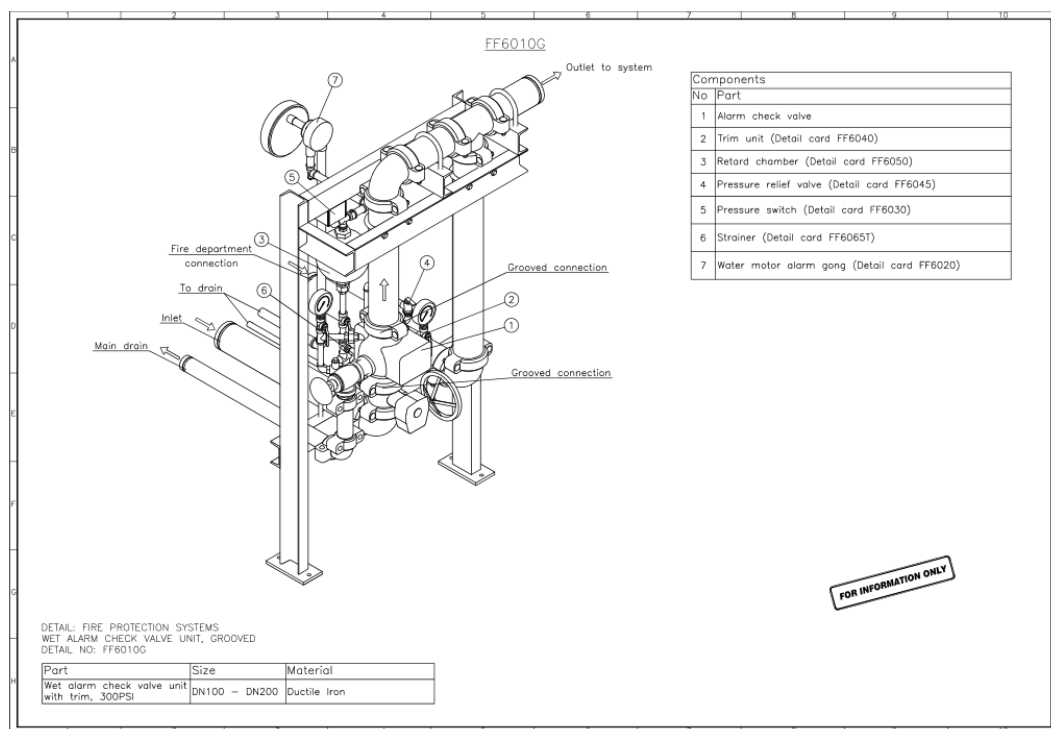
5.3 Materiaalimääräluettelo

Kun sprinklerijärjestelmän moduulimallit olivat valmiit, voitiin malleista ajaa materiaalmääräluettelot. Luettelot sisältävät kaikki mallissa käytetyt putket, putkiliittimet, venttiilit, sprinklerisuuttimet, putkituet ja lisätarvikkeet. Materiaaliluettelon luomisessa käytettiin apuna Citec MagiCAD reportter-työkalua, joka on tehty Excel-tietokantaan pohjautuen Visual Basic-koodilla. MagiCAD-ohjelmalla saadaan ajettua tiedot mallissa käytetyistä putkista ja osista ja ne voidaan liittää materiaalityökalussa sille varatulle tyhjälle Excel-sivulle. Materiaalityökalu vertaa mallista liitettyjä tietoja ohjelman sisäiseen tietokantaan ja generoi niistä valmiin luettelon Wärtsilän otsikkotaululla varustettuna.

Koska projekti toteutettiin modulaariseksi konseptiksi, myös materiaaliluettelo toteutettiin modulaariseen ulkoasuun. Siinä oli jonkin verran manuaalista työtä, kun moduuleista ajettut yksittäiset luettelot täytyi yhdistää yhdeksi kokonaisuudeksi. Lopulliseen luetteloön laitettiin moduulikohtaiset väliotsikot, joiden alle kopioitiin ajettut yksittäiset luettelot.

Wärtsilällä on käytössä palonsuojelujärjestelmien komponenteille omat komponenttikohtaiset ryhmäkoodit, joita käytetään asennuskorteissa / detaljikorteissa. Materiaaliluettelossa viitattiin näihin kortteihin ryhmäkoodeilla ja korteista ajettiin samaisella reportterilla dokumentti, johon kaikki sprinklerijärjestelmässä käytetyt

komponenttien kortit kerättiin. Kortit eivät ole varsinaisia valmistajien mittatarkkoja tuotedetaljeja, vaan niissä määritellään yleiset ominaisuudet tai asennuskokonaisuus järjestelmässä käytettäville komponenteilla (**Kuvio 21.**). Ostaja / asentaja voi korteista tarkistaa, millaisista komponenteista on kyse ja miten komponentit tulee asentaa. Myös asennuskuvissa voidaan viitata näihin kortteihin tapauksessa, johon kortissa oleva detalji on suoraan verrannollinen, eikä itse asennuskuviin välttämättä tarvitse tehdä enää kyseistä detaljikuvaa, jollei se tuo muuten lisäarvoa.



Kuvio 21. Hälytysventtiili ja siihen liittyvät komponentit

5.4 Putkiluettelo esivalmistusta varten

Putkien esivalmistus tarkoittaa ura- ja kierreputkien käsittelyä siihen erikoistuneen yrityksen työpajassa. Putket sahataan esivalmistusluettelon mukaisiin määrämittäihin. Uraputkiin tehdään siihen tarkoitettulla koneella putken molempiin pätyihin urat. Lisäksi uraputkiin tehdään tarvittavat reiät mahdollisia porasatuloita varten, noudattaen esivalmistusluettelon reikämitoitusta. Kierreputkien molempiin pätyihin tehdään putkikierteet. Kierteet tehdään joko Euroopassa käytetyn ISO 7/1-standardin (DIN 2999, BSP 21 tai JIS B0203) tai amerikkalaisen NPT-standardin

(ANSI/ASME B1.20.1) mukaan, riippuen kumman standardin mukaan valmistettuja kierreltiimiä putkistossa tullaan käyttämään.

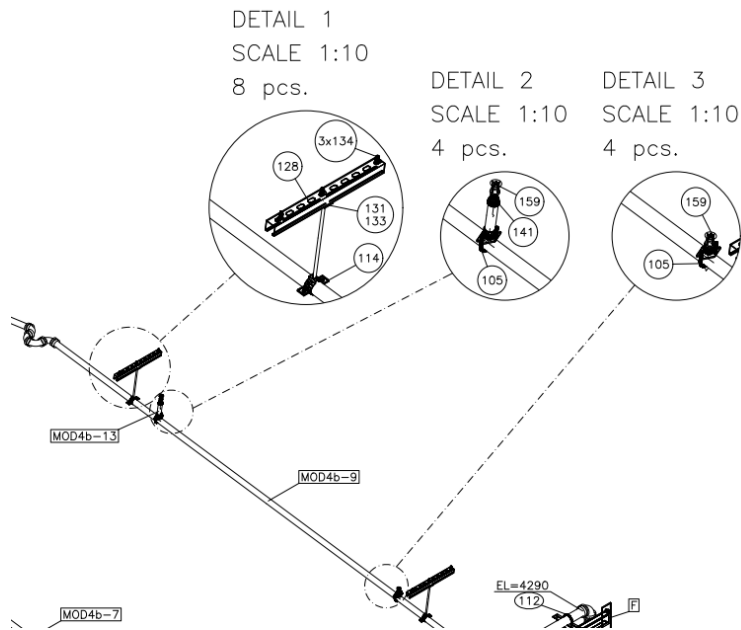
Ennen kuin esivalmistusluetteloa voitiin ajaa mallista, täytyi putkisto ja porasatulat koodata mallissa juoksevilla indeksinumerokoodilla. Porasatuloihin syötettiin sama indeksinumero kuin putkilla, joihin porasatuloiden reiät tullaan poraamaan. Putkiston koodauksen jälkeen voitiin mallista ajaa välimuistiin listaus, joka sisälsi tarvittavat kentät lopullisen esivalmistusluettelon generoimista varten. Välimuistista listaus liitettiin Excel-pohjaiseen esivalmistusluettelolaskuriin, jolla lopullinen luettelo generoitiin (**Kuvio 22.**).

Item	Description	Size [DN]	Length [mm]	Holes location from end of pipe [mm/e-DN(")]	Material/Standard	Qty [pcs]	Index (The pipes must be marked with the index code)	Rev
Pipes for Module 1, one set for one standard engine hall where 2-8 engines								
1	Steel pipe with grooved ends	100	2740		Galv EN10255 medium	1	MOD1-11	
2	Steel pipe with grooved ends	100	1789		Galv EN10255 medium	1	MOD1-7	
3	Steel pipe with grooved ends	100	1154		Galv EN10255 medium	1	MOD1-5	
4	Steel pipe with grooved ends	100	1029		Galv EN10255 medium	1	MOD1-10	
5	Steel pipe with grooved ends	100	875		Galv EN10255 medium	1	MOD1-2	
6	Steel pipe with grooved ends	100	769		Galv EN10255 medium	1	MOD1-3	
7	Steel pipe with grooved ends	100	631	0489/eMTG-DN40	Galv EN10255 medium	1	MOD1-13	

Kuvio 22. Putkien tiedot lopullisessa esitysformaattissa esivalmistusluettelossa

5.5 Asennuspiirustukset

Viimeisiä vaiheita projektissa oli tehdä sprinklerijärjestelmästä asennuspiirustukset. Piirustuksien pohjana käytettiin 3D-mallia, josta generointiin moduulikohtaiset asennuspiirustukset. Piirustuksissa esitettiin detaljitason taso-, leikkaus- ja isometriset näkymät. Kuvanäkymiin lisättiin komponenttien numerot, putkikoodit sekä detaljisuurennot tärkeimmistä yksityiskohdista (**Kuvio 23.**). Asennuspiirustuksissa esitettiin myös komponentti-, putki- ja putkien terästukiluettelot, jotka vastasivat kuvanäkymien numerointia ja koodausta (**Kuvio 24.**). Lisäksi piirustuksiin lisättiin referenssidokumenttien luettelo helpottamaan liittyvien piirustusten ja dokumenttien löytymistä dokumenttienhallintajärjestelmästä.



Kuvio 23. Asennuspiirustuksen detaljisuurennoksia

PART LIST				Pcs
No	FF Code	Description		
103	FF302	Coupling for grooved end pipe		25
105	FF309	Sprinkler outlet, threaded		8
106	FF310	Mechanical tee, grooved outlet		4
111	FF315	Adapter, grooved to thread		2
112	FF400S	Pipe support, sliding, Type J, SFS 5369		4
113	FF400F	Pipe support, fixed, Type J, SFS 5369		2
114	FF401	Sprinkler pipe clamp		8
128	FF421	Strut channel 41x41		8
131	FF424	Square washer (outer)		8
133	FF426	Strut nut		8
134	FF427	Threaded rivet nut		24
141	FF502	Threaded reducing socket		4
159	FF6080-2	Sprinkler Upright, K80-93'		8
168	FF6060T-3	Test and drain valve DN50, K-80, threaded		1

PIPE LIST				
Pipe code	Size	Lenght	Description	Pcs
MOD4a-1	DN100	5309	Pipe with grooved ends	1
MOD4a-2	DN65	5116	Pipe with grooved ends	1
MOD4a-3	DN50	1830	Pipe with grooved ends	1
MOD4a-4	DN50	1754	Pipe with grooved ends	1
MOD4a-5	DN50	427	Pipe with grooved ends	1
MOD4a-6	DN40	4884	Pipe with grooved ends	1
MOD4a-7	DN40	4903	Pipe with grooved ends	1
MOD4a-8	DN40	4884	Pipe with grooved ends	1
MOD4a-9	DN40	4903	Pipe with grooved ends	1
MOD4a-10, 11, 12, 13	DN25	142	Pipe with threaded ends	4

SECONDARY SUPPORT LIST		
No	DESCRIPTION	Pcs
D	Project support FPS3	1
F	Project support FPS5	2
G	Project support FPS6	1

Kuvio 24. Piirustuksen komponentti-, putki- ja putkien terästukiluettelot

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Projektin tarkoitus oli tuottaa Wärtsilälle voimalaitosten polttoaineen käsittelytaloihin sopiva vaahto-vesi märkäputki sprinklerijärjestelmän konseptisuunnitelma. Konseptia tullaan käyttämään myynnin tarjouslaskelmien tueksi, sekä projektien suunnitteluvaiheen toteutuksen nopeuttamiseksi.

Työtä aloittaessani käytin apuna aikaisemmin Wärtsilälle tehdyn voimalaitosten konehallien sprinklerijärjestelmien konseptisuunnitelmia ja pyrin noudattamaan projektissa samanlaista toteutusta, sekä kokonaisuutta dokumenttien osalta. Suunnittelutyö oli kuitenkin tehtävä alusta alkaen kokonaan, vain joitain ideoita ja komponentteja voitiin käyttää konehallien konseptista. Tämä kuitenkin helpotti alkuun pääsyssä, kun kaikkea tietoa ei tarvinnut ihan uutena asiana opetella. Osasin ennestään sprinklerisuunnittelusta tärkeimpiä asioita, mutta projektin myötä opin paljon uutta asiaa, josta minulle tulee olemaan paljon hyötyä jatkossa.

Vaikka työmäärä oli suuri ja haastava sovittaa omalle vapaa-ajalleni, pysyi projekti suunnitellussa aikataulussa ja sovitut dokumentit, sekä piirustukset saatiin toimitettua asettamaani tavoiteaikaan mennessä. Uskon tehtyjen dokumenttien ja piirustusten olevan myös sääntöjen mukaisia, koska sain kommentit suunnitelmiin ja vertailvat sprinklerilaskelmat kansainvälisesti alalla toimivan yrityksen asiantuntijalta.

Jatkokehityssuunnitelmia polttoaineen käsittelytalon palonsammutusjärjestelmään on tarkoitus kehittää, mikäli rakennuksien pohjakuviin tullaan tekemään muutoksia. Myös vaihtoehtoisia sammutussysteemejä tullaan miettimään. Wärtsilällä on tarkoitus laatia myös muihin voimalaitoksien rakennuksiin ja kohteisiin sopivia konseptisuunnitelmia.

Kiitokset hyvistä neuvoista ja vinkeistä annan kokeneelle sprinkleriasiantuntija Eddie Biglandille (FS Engineering & Oilfields Supply Ltd), Wärtsilän palosuojeluasiantuntija Marko Ristimäelle ja konseptivastaava Peter Bergqvistille, sekä Citecin palosuojeluteamin Andreas Mittsille.

LÄHTEET

- /1/ Historia. Wärtsilä Oyj:n verkkosivut. Viitattu 18.9.2015. <http://www.wartsila.com/fi/wartsila/historia>
- /2/ Wärtsilä lyhyesti. Wärtsilä Oyj:n verkkosivut. Viitattu 18.9.2015. <http://www.wartsila.com/fi/wartsila>
- /3/ Wet Systems with Alarm Check Valves. Pottersignal verkkosivut. Viitattu 21.9.2015. <http://www.pottersignal.com/training/presentations/wetpipesprinkler.html#7>
- /4/ NFPA11 Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam. 2010. 88 s.
- /5/ NFPA13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems. 2013. 443 s
- /6/ NFPA16 Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems. 2011. 32 s
- /7/ NFPA25 Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems. 2011. 120 s
- /8/ NFPA30 Flammable and Combustible Liquids Code. 2012. 150 s
- /9/ NFPA37 Standard for the Installation and Use of Stationary Combustion Engines and Gas Turbines. 2010. 25 s
- /10/ NFPA850 Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations. 2010. 73 s
- /11/ DBAD342519 Wet pipe sprinkler system for fuel treatment house. Wärtsilä intranet, Käyttö oikeudet vaadittu.

Projektin tuntiarvio

Tehtävä	Tunti arvio	Toteutu- nut (viitteel- linen)	Tila
Design basis philosophy	50	50	100 %
P&ID diagram	30	30	100 %
General piping layout Type 1	50	50	100 %
General piping layout Type 2	50	50	100 %
General piping layout Type 3	50	50	100 %
General piping layout Type 4	50	50	100 %
General piping layout Type 5	50	50	100 %
Module layouts	40	40	100 %
Detail cards	20	20	100 %
Sprinkler calculation Type 1	20	20	100 %
Sprinkler calculation Type 2	20	20	100 %
Sprinkler calculation Type 3	20	20	100 %
Sprinkler calculation Type 4	20	20	100 %
Sprinkler calculation Type 5	20	20	100 %
All material list	20	20	100 %
Meetings	10	10	100 %
Thesis document	150	113	75 %
Device list (pyydettiin projektin kuluessa)			
Yhteensä	670	633	94 %

SPRINKLERILASKELMA MAGICAD: LLA

General results

Property	Value	Unit
Software version:	MagiCAD 2015.4	
Project:	Common template	
Location:		
Author:	Progman Oy, November 2012	
Design area:	Roof area 232 m ²	
Hazard class:	HHP1, High Hazard Process Group 1	
Hydraulic model:	Hazen-Williams	
Calculation is based on:	NFPA-13	
Note:	Equiv. length of short connection branches is ignored	L < 50 mm
Fluid characteristics:		
Density:	1000	[kg/m ³]
Dynamic viscosity:	1560.2	[kg/ms x 10e-6]
Calculation input values:		
Area of design area:	232	[m ²]
Feed point:	1	H = 0.0 [m]
Weakest sprinkler:	18	H = 10.4 [m]
Pressure at the weakest sprinkler:	973	[mbar]
Max number of iterations:	100	
Max inaccuracy of the pressure:	1	[mbar]
Max inaccuracy of the flow:	0.1	[l/min]
C-factors of the pipes and K-factors of the sprinklers:		
PIP2	120	
SP-K115-93	115	
Calculation results:		
Pressure level at the feed point:	4958	[mbar]
Flow at the feed point:	4151.4	[l/min]
Flow at the weakest sprinkler:	113.5	[l/min]
Number of iterations:	2	
Inaccuracy of the pressure:	0	[mbar]
Inaccuracy of the flow:	0.07	[l/min]
Total area of coverage:	260.4	[m ²]
Average area of coverage:	9.3	[m ²]
Flow density at the weakest sprinkler:	12.2	[mm/min]
Average density of 4 weakest sprinklers:	12.36	[mm/min]
Four weakest sprinklers:	71, 18, 39, 52	
Average flow density:	15.94	[mm/min]
Number of sprinklers:	28	
Average sprinkler height:	10	[m]

Sprinkler results

Level	Node	Product	Size	k-factor	Height [m]	qv dim [l/min]	pt (req) [mbar]	pt (act) [mbar]	dpt [mbar]	Area [m ²]	fd (req) [mm/min]	fd (act) [mm/min]	dfd [mm/min]
Engine hall	8	SP-K115-93	20 (L)	115	9.4	173.7	973	2283	1309	9.3	12.2	18.68	6.48
Engine hall	10	SP-K115-93	20 (L)	115	9.6	166.5	973	2097	1123	9.3	12.2	17.9	5.7
Engine hall	12	SP-K115-93	20 (L)	115	9.9	151.7	973	1740	766	9.3	12.2	16.31	4.11
Engine hall	14	SP-K115-93	20 (L)	115	10.1	142.5	973	1534	561	9.3	12.2	15.32	3.12
Engine hall	16	SP-K115-93	20 (L)	115	10.3	133.4	973	1346	373	9.3	12.2	14.35	2.15
Engine hall	18	SP-K115-93	20 (L)	115	10.4	113.5	973	973	0	9.3	12.2	12.2	
Engine hall	23	SP-K115-93	20 (L)	115	10.3	166	973	2085	1111	9.3	12.2	17.85	5.65
Engine hall	25	SP-K115-93	20 (L)	115	10.4	142	973	1525	551	9.3	12.2	15.27	3.07
Engine hall	29	SP-K115-93	20 (L)	115	9.4	173.8	973	2285	1312	9.3	12.2	18.69	6.49
Engine hall	31	SP-K115-93	20 (L)	115	9.6	166.6	973	2098	1124	9.3	12.2	17.91	5.71
Engine hall	33	SP-K115-93	20 (L)	115	9.9	151.6	973	1738	765	9.3	12.2	16.3	4.1
Engine hall	35	SP-K115-93	20 (L)	115	10.1	142.3	973	1531	558	9.3	12.2	15.3	3.1
Engine hall	37	SP-K115-93	20 (L)	115	10.3	133.1	973	1340	366	9.3	12.2	14.31	2.11
Engine hall	39	SP-K115-93	20 (L)	115	10.6	116.3	973	1023	49	9.3	12.2	12.51	0.31
Engine hall	42	SP-K115-93	20 (L)	115	9.4	174.6	973	2305	1331	9.3	12.2	18.77	6.57
Engine hall	44	SP-K115-93	20 (L)	115	9.6	167.3	973	2117	1144	9.3	12.2	17.99	5.79
Engine hall	46	SP-K115-93	20 (L)	115	9.9	152.4	973	1757	783	9.3	12.2	16.39	4.19
Engine hall	48	SP-K115-93	20 (L)	115	10.1	143.2	973	1550	577	9.3	12.2	15.39	3.19
Engine hall	50	SP-K115-93	20 (L)	115	10.3	134.1	973	1360	387	9.3	12.2	14.42	2.22
Engine hall	52	SP-K115-93	20 (L)	115	10.4	114.1	973	984	10	9.3	12.2	12.26	0.06
Engine hall	57	SP-K115-93	20 (L)	115	10.3	167.6	973	2125	1152	9.3	12.2	18.03	5.83
Engine hall	59	SP-K115-93	20 (L)	115	10.4	143.4	973	1555	582	9.3	12.2	15.42	3.22
Engine hall	61	SP-K115-93	20 (L)	115	9.4	173.4	973	2275	1301	9.3	12.2	18.65	6.45
Engine hall	63	SP-K115-93	20 (L)	115	9.6	166.2	973	2088	1115	9.3	12.2	17.87	5.67
Engine hall	65	SP-K115-93	20 (L)	115	9.9	151.3	973	1730	757	9.3	12.2	16.26	4.06
Engine hall	67	SP-K115-93	20 (L)	115	10.1	142	973	1524	550	9.3	12.2	15.26	3.06
Engine hall	69	SP-K115-93	20 (L)	115	10.3	132.8	973	1333	360	9.3	12.2	14.28	2.08
Engine hall	71	SP-K115-93	20 (L)	115	10.6	116	973	1018	44	9.3	12.2	12.47	0.27

Equivalent length values

Type	Product	Size	Leqv [m]
Other/General	Butterfly valve 763 A-G-*	150	4.2
Other/General	Alarm valve-*	150	8.23
Bend 90° threaded		20	0.57
		25	0.6
Bend 90° welded		100	1.8
		150	2.7
Other/General	FF102G	150	0
Bend 45° threaded		150	2.1
T-Branch threaded		20	1.15
		50	3.1
		150	9.2

System results

Level	From	To	k-factor	C-factor	Height [m]	qv [l/min]	v [m/s]	Size [mm]	L [m]	Leqv [m]	Parts	ptot start [mbar]	ptot end [mbar]	dpt [mbar]	dp Hst [mbar]	dp (dim) [mbar]	dp/m (flow) [mbar]	Warnings
											5xB90, 1xB45, 1xT,							
Engine hall	1	72		120	9.2	4151.4	3.7	154.1	11.1	48.4	2xV	4958	3599	1358	903	456	40.9	
Engine hall	6	7		120	9.3	881.3	6.8	52.5	1.2	4.3	1xT	2739	2288	452	12	439	357.8	vmax
Engine hall	6	26		120	9.2	645.8	1.3	102.3	3.5	3.5		2739	2731	8		8	2.2	
Engine hall	7	9		120	9.6	707.5	5.4	52.5	2.4	2.4		2288	2101	186	24	162	67.6	
Engine hall	7	8	115	120	9.4	173.8						2288	2283		5			
Engine hall	9	11		120	9.8	541	6.9	40.9	2.4	2.4		2101	1744	357	24	333	138.9	vmax
Engine hall	9	10	115	120	9.6	166.6						2101	2097		5			
Engine hall	11	13		120	10.1	389.3	4.9	40.9	2.4	2.4		1744	1539	205	24	181	75.6	
Engine hall	11	12	115	120	9.9	151.7						1744	1740		5			
Engine hall	13	15		120	10.3	246.9	4.3	35.1	2.4	2.4		1539	1351	188	24	164	68.5	
Engine hall	13	14	115	120	10.1	142.5						1539	1534		5			
Engine hall	15	17		120	10.4	113.5	3.4	26.6	2.5	3.7	2xB90	1351	1108	243	9	234	92.5	
Engine hall	15	16	115	120	10.3	133.5						1351	1346		5			
Engine hall	17	18	115	120	10.4	113.5	5.6	20.8	0.1	0.6	1xB90	1108	973	134	5	129	2588.5	
Engine hall	19	6		120	9.2	1527.1	3.1	102.3	3.5	3.5		2777	2739	38		38	10.9	
Engine hall	19	20		120	9.6	308	2.4	52.5	3.6	6.7	1xT	2777	2644	134	36	98	26.9	
Engine hall	20	21		120	10.1	308	3.9	40.9	4.8	4.8		2644	2361	283	48	235	49	
Engine hall	21	22		120	10.3	308	5.3	35.1	2.4	2.4		2361	2090	271	24	248	103.2	
Engine hall	22	24		120	10.4	142	4.3	26.6	2.5	3.7	2xB90	2090	1726	364	9	355	140	
Engine hall	22	23	115	120	10.3	166.1						2090	2085		5			
Engine hall	24	25	115	120	10.4	142	7	20.8	0.1	0.6	1xB90	1726	1525	201	5	196	3920.5	vmax
Engine hall	26	60		120	9.3	881.6	6.8	52.5	1.2	4.3	1xT	2731	2280	452	12	440	358.1	vmax
Engine hall	27	26		120	9.2	235.8	0.5	102.3	32.1	35.7	2xB90	2744	2731	12		12	0.4	
Engine hall	27	28		120	9.3	883.7	6.8	52.5	1.2	4.3	1xT	2744	2290	454	12	442	359.6	vmax
Engine hall	28	30		120	9.6	709.9	5.5	52.5	2.4	2.4		2290	2103	187	24	163	68	
Engine hall	28	29	115	120	9.4	173.9						2290	2285		5			
Engine hall	30	32		120	9.8	543.3	6.9	40.9	2.4	2.4		2103	1743	360	24	336	140	vmax
Engine hall	30	31	115	120	9.6	166.6						2103	2098		5			
Engine hall	32	34		120	10.1	391.7	5	40.9	2.4	2.4		1743	1536	207	24	183	76.4	
Engine hall	32	33	115	120	9.9	151.7						1743	1738		5			
Engine hall	34	36		120	10.3	249.4	4.3	35.1	2.4	2.4		1536	1345	191	24	168	69.8	
Engine hall	34	35	115	120	10.1	142.4						1536	1531		5			
Engine hall	36	37	115	120	10.3	133.2						1345	1340		5			
Engine hall	36	38		120	10.5	116.3	3.5	26.6	2.4	2.4		1345	1163	181	24	158	65.7	
Engine hall	38	39	115	120	10.6	116.3	5.7	20.8	0.1	0.6	1xB90	1163	1023	140	5	135	2709.7	
Engine hall	40	41		120	9.3	885.7	6.8	52.5	1.2	4.3	1xT	2765	2310	456	12	443	361.1	vmax
Engine hall	40	27		120	9.2	1119.5	2.3	102.3	3.5	3.5		2765	2744	22		22	6.1	
Engine hall	41	43		120	9.6	711.1	5.5	52.5	2.4	2.4		2310	2122	188	24	164	68.3	
Engine hall	41	42	115	120	9.4	174.6						2310	2305		5			
Engine hall	43	45		120	9.8	543.8	6.9	40.9	2.4	2.4		2122	1762	360	24	336	140.2	vmax
Engine hall	43	44	115	120	9.6	167.4						2122	2117		5			
Engine hall	45	47		120	10.1	391.3	5	40.9	2.4	2.4		1762	1555	207	24	183	76.3	
Engine hall	45	46	115	120	9.9	152.5						1762	1757		5			
Engine hall	47	49		120	10.3	248.2	4.3	35.1	2.4	2.4		1555	1365	190	24	166	69.2	
Engine hall	47	48	115	120	10.1	143.2						1555	1550		5			
Engine hall	49	51		120	10.4	114.1	3.4	26.6	2.5	3.7	2xB90	1365	1119	246	9	237	93.4	
Engine hall	49	50	115	120	10.3	134.2						1365	1360		5			
Engine hall	51	52	115	120	10.4	114.1	5.6	20.8	0.1	0.6	1xB90	1119	984	136	5	131	2614	
Engine hall	53	40		120	9.2	2005.2	4.1	102.3	3.5	3.5		2828	2765	63		63	18	
Engine hall	53	54		120	9.6	311.1	2.4	52.5	3.6	6.7	1xT	2828	2693	135	36	99	27.4	
Engine hall	54	55		120	10.1	311.1	3.9	40.9	4.8	4.8		2693	2406	287	48	239	49.9	
Engine hall	55	56		120	10.3	311.1	5.4	35.1	2.4	2.4		2406	2130	276	24	252	105	
Engine hall	56	58		120	10.4	143.4	4.3	26.6	2.5	3.7	2xB90	2130	1760	370	9	361	142.6	
Engine hall	56	57	115	120	10.3	167.7						2130	2125		5			
Engine hall	58	59	115	120	10.4	143.4	7	20.8	0.1	0.6	1xB90	1760	1555	205	5	200	3992.6	vmax
Engine hall	60	62		120	9.6	708.2	5.5	52.5	2.4	2.4		2280	2093	186	24	163	67.7	
Engine hall	60	61	115	120	9.4	173.5						2280	2275		5			
Engine hall	62	64		120	9.8	542	6.9	40.9	2.4	2.4		2093	1735	358	24	334	139.3	vmax
Engine hall	62	63	115	120	9.6	166.3						2093	2088		5			
Engine hall	64	66		120	10.1	390.7	5	40.9	2.4	2.4		1735	1529	206	24	183	76.1	
Engine hall	64	65	115	120	9.9	151.3						1735	1730		5			
Engine hall	66	68		120	10.3	248.8	4.3	35.1	2.4	2.4		1529	1338	191	24	167	69.5	
Engine hall	66	67	115	120	10.1	142						1529	1524		5			
Engine hall	68	69	115	120	10.3	132.8						1338	1333		5			
Engine hall	68	70		120	10.5	116	3.5	26.6	2.4	2.4		1338	1157	181	24	157	65.4	
Engine hall	70	71	115	120	10.6	116	5.7	20.8	0.1	0.6	1xB90	1157	1018	140	5	135	2697.1	
Engine hall	72	73		120	9.2	1835.2	1.6	154.1	0.3	9.5	1xT	3599	3579	20		20	70.5	
Engine hall	72	74		120	9.2	2316.2	2.1	154.1	0.3	9.5	1xT	3599	3569	30		30	108.5	
Engine hall	73	19		120	9.2	1835.2	3.7	102.3	50.6	52.4	1xB90	3579	2777	802		802	15.9	
Engine hall	74	53		120	9.2	2316.2	4.7	102.3	29.6	31.4	1xB90	3569	2828	740		740	25	