

Mikko Mäkitalo

**PUURAKENTEISEN TEOLLISUUSHALLIN TEKNISTALOUDELLI-
NEN SUUNNITTELU**

PUURAKENTEISEN TEOLLISUUSHALLIN TEKNISTALOUDELLI- NEN SUUNNITTELU

Mikko Mäkitalo
Opinnäytetyö
Syksy/2016
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, tuotantotekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä(t): Mikko Mäkitalo

Opinnäytetyön nimi: Puurakenteisen teollisuushallin teknistaloudellinen suunnittelu

Työn ohjaaja(t): Martti Hekkanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: 12/2016 Sivumäärä: 60 + 8 liitettä

Energiamääräykset ja paloturvallisuus ovat keskeisimpiä asioita etenkin puusta rakennettaessa. Hallin rakentamisessa tyypillisesti tärkeää on myös rakennuksen edullisuus ja tarkoituksenmukaisuus.

Opinnäytetyössä tavoitteena oli suunnitella muovituote- ja metallialan tuotantohalli ja arvioida hallin rakentamisesta syntyvät investointikustannukset. Tavoitteena oli myös selvittää, mitä palomääräysten mukaisia vaatimuksia tuotantohallilta edellytetään ja laskea rakennuksen energiankulutus osana vaadittavaa energiaselvitystä. Työ tehtiin Mever Oy:lle uuden tuotantohallin rakennusluvan vaatimien selvitysten tekemiseksi.

Aluksi opinnäytteessä käsiteltiin hallin suunnittelun periaatteet ja esitetään toteutustavat ja rakennushankkeen vaiheet. Kustannusten selvittämisessä laskettiin tilaohjelman perusteella tavoitehinta ja rakennuksen luonnoskuvien pohjalta saatiin laskettua rakennusosien määrät. Rakennusosien määristä tehtiin määräluettelo, jonka perustella saatiin laskettua tarkempi rakennusosa-arvio. Energiaselvityksessä ja paloturvallisuuden tarkastelussa käytettiin voimassa olevia Suomen rakennusmääräyskokoelman ohjeita.

Paloteknisestä tarkastelusta saadut tiedot esitetään rakennuslupakuvissa. Rakennuksen energiankulutuksen laskenta on lähtökohta arvioitaessa rakennuksen energiankulutuksen määräystenmukaisuutta ja taloudellisuutta. Käytetyillä ratkaisuilla rakennuksen kokonaisenergiankulutukseksi eli E-luvuksi saatiin 146 kWh/(m² a). Tavoitehintaa voidaan käyttää yleisemmin arvioitaessa rakennuksen hintaa ja se jättää suunnitteluratkaisuille liikkumavaraa. Rakennusosa-arviossa laskettiin rakennusosien määrät luonnoskuvista ja saatiin tarkempi kustannusarvio. Rakennusosa-arvion perusteella hallin hinnaksi saatiin hieman vuoden 2016 rakennustyyppin keskimääräistä tavoitehintaa alhaisempi neliöhinta, mihin vaikuttivat suunnitteluratkaisut, rakennuspaikka ja aika. Opinnäytetyön tuloksia hyödynnetään rakennuslupamenettelyissä ja arvioitaessa suunnittelu- vaihtoehtoja.

Asiasanat: energiaselvitys, kustannusarvio, paloturvallisuus, rakennussuunnittelu, teollisuusrakennukset

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil Engineering, Production Engineering

Author(s): Mikko Mäkitalo

Title of thesis: Spacial Planning, Fire Safety, Energy Regulations and Budget of Wooden Industrial Hall

Supervisor(s): Martti Hekkanen

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2016 Pages: 60 + 8 appendices

Energy regulations and fire safety are the most important things particularly the when construction material of the building is wood. Typically, when building an industrial hall, the main points are profitableness and practicability.

The object of this thesis was to plan the hall for a plastic product and metal industry company and estimate the construction costs of building. The goal was also to define fire safety regulations by valid articles and to calculate the energy consumption of the building as part of the required energy report. This thesis is made for Mever Ltd to ascertain the requirements to apply for planning permission.

At first this thesis deals with the basics of hall designing, displays executions and stages of building project. The Cost estimation is calculated by a room program to get the target price and the quantity of structural components are calculated from the buildings blueprints. The structural components are listed and used to get more accurate costs estimated for individual structural elements. The energy report and fire safety inspection are made by valid Finnish construction regulations.

The result from fire safety inspection is represented in the application for planning permission. The calculated energy consumption of building is the starting point when estimated the economy of the building. With the used design solutions the total energy consumption of the building or E-number is 146 kWh/(m² a). The target price can be used in estimating construction costs when designing solutions are inexact. In costs estimated for individual structural elements the amount of structural components is calculated from drafts to get more precise estimation for costs. According of the costs for individual structural elements the price of the building is little less than the average target price of building in this type in year 2016. impacts designing solutions, constructing location and time of constructing. The results of this thesis can be used in applying for planning permission.

Keywords: energy report, cost estimate, fire safety, spacial planning, industry structures

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 PUUHALLIN RAKENTAMISEN SUUNNITTELU	7
2.1 Tarveselvitys	7
2.2 Hankesuunnittelu	8
2.3 Luonnossuunnittelu ja esisuunnittelu	9
3 MEVER OY:N TUOTANTOTILAN ONGELMA	11
3.1 Nykyiset tilat	11
3.2 Tilantarve ja hallin paikka	12
3.3 Rakennuksen suunnittelu	14
3.4 Hallin rakentaminen	17
4 HALLIN PALOTURVALLISUUS	19
4.1 Palokuorma	19
4.2 Palovaarallisuusluokka	22
4.3 Suojaustaso	23
4.4 Rakennuksen paloluokka	24
4.5 Hallin paloturvallisuuden vaatimukset	25
5 KUSTANNUSTEN ARVIOINTI	28
5.1 Tavoitehintamenettely ja uudishinta	29
5.2 Rakennusosa-arvio	30
5.1 Rakennustapaselostus	30
6 ENERGIASELVITYS	34
6.1 Energiaselvityksen osat	34
6.2 Hallin energiankulutus	40
6.3 Lämpöhäviöiden määräystenmukaisuus	53
7 HAVAINNOT JA JOHTOPÄÄTÖKSET	54
LÄHTEET	56
LIITTEET	60

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä suunnitellaan muovi- ja metallialan tuotantohalli ja arvioidaan hallin rakentamisesta syntyvät investointikustannukset. Tavoitteena on selvittää, mitä palomääräysten mukaisia vaatimuksia tuotantohallilta edellytetään, ja laskea rakennuksen energiankulutus osana vaadittavaa energiaselvitystä. Työ tehdään Mever Oy:lle uuden tuotantohallin rakennusluvan vaatimien selvitysten tekemiseksi.

Energiamääräykset ja paloturvallisuus ovat keskeisimpiä asioita etenkin puusta rakennettaessa. Hallin rakentamisessa tärkeää on tyypillisesti myös rakennuksen edullisuus ja tarkoituksenmukaisuus. Työssä laaditaan hankkeelle pääpiirustukset, kustannusarvio ja energiaselvitys. Erillistarkasteluna arvioidaan hankkeen paloturvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä.

Toiminnan laajentumisen myötä yritys tarvitsee uusia tuotantotiloja, jotka on tehtävä tilaajan tarpeita vastaavaksi ja voimassa olevien säädösten ja määräysten mukaan. Henkilöstö- ja sosiaalityöohjeistaa työturvallisuuskeskus ja työterveyslaitos. Palotekninen tarkastelu tehdään Suomen rakennusmääräyskoelman osien E1 ja E2 mukaan. Tuotantorakennuksen energiaselvitykseen kuuluu rakennuksen vaipan lämpöhäviöiden määräystenmukaisuuden osoittaminen Suomen rakennusmääräyskokoelman osan D3 perusteella. Energiankulutus lasketaan osan D5 mukaan, josta saadaan rakennuksen kokonaisenergiankulutus eli E-luku.

Hallin rakennuslupakuvat tehdään AutoCAD LT 2004- ja 2012 -suunnittelu- ja piirto-ohjelmistoilla. Lupakuvista saadaan laskettua rakennusosien määrät, joiden perusteella tehdään kustannusarvio. Rakennukselle lasketaan tavoitehintaa ja rakennusosa-arvio. Kustannusarviot tehdään Haahtela-kehitys Oy:n Talonrakennuksen kustannustieto 2015 -kustannusohjelmistolla. Energia- ja palolaskelmissa käytetään MS Excel 2013 -taulukkolaskentaohjelmistoa.

2 PUUHALLIN RAKENTAMISEN SUUNNITTELU

Rakennushankkeessa tuotetaan tilat rakennuksessa tapahtuvalle toiminnalle ja rakennuksen lopullisille käyttäjille. Hankkeeseen ryhtyminen on tilaajan päätös investoida rakennukseen. Tilantarpeen täyttämiseen on myös muita ratkaisuja. Kun päädytään uuden rakennuksen rakentamiseen, alkaa rakennushanke. Rakennushanke muodostuu vaiheista, joita ovat

- tarveselvitys
- hankesuunnittelu
- rakennussuunnittelu
- rakentaminen
- käyttöönotto. (1, s. 8.)

2.1 Tarveselvitys

Tarveselvitys on ensimmäinen kaikista suunnittelutoimenpiteistä. Koko hanke perustuu sille ja on siksi varsinaista suunnitteluakin tärkeämpi. Tässä vaiheessa muodostetaan rakennuksen ominaisimmat piirteet ja vaikutetaan eniten syntyviin kustannuksiin. (2, s. 49.)

Puuhallin tarveselvitys alkaa, kun lisätilan tarve todetaan. Ensimmäinen tehtävä tarveselvityksessä on hankkeen tavoitteiden määrittely. Määrittely pitää sisälleen kuvauksen yrityksen toiminnasta ja sen, mitä tulevassa tilassa tehdään. On myös määritettävä tilassa tapahtuvan toiminnan vaatima tila ja rakennukselle asetettavat toiminnalliset vaatimukset. Rakennuksen sijainti voi asettaa rajoituksia tai vaatimuksia rakentamiselle. (1, s. 13.)

Tarveselvitysvaiheessa mitoitetaan toiminnan vaatimien tilojen pinta-alat, joista saadaan tilaohjelma. Selvitetään myös, onko tilojen korkeudelle tai lämpötilalle vaatimuksia ja tarvitaanko tilassa paineilmaa ja vesipisteitä sekä tuleeko lattian kestää vaihtelevia kuormia. (3, s. 30.)

Toisena on selvitettävä tavat, joilla rakennus hankitaan. Tehdään päätös, rakennetaanko halli omalle tai hankittavalle tontille. Selvitetään myös, voidaanko jo

olemassa olevien tilojen käyttöä tehostaa tai laajentaa. Selvitetään myös, voidaan ostaa tai vuokrata valmiita tiloja. Tässä vaiheessa voidaan vertailla eri vaihtoehtojen kustannuksia ja tuottoja. (1, s. 21.)

Viimeisessä vaiheessa valmistellaan hankepäättös. Hankepäättös voi edellyttää talous- ja riskianalyysijä. Tässä vaiheessa tarkastetaan, onko rakennuspaikalla rakennusluvan myöntämiseksi ehtoja. Lopuksi tehdään päätös hankkeen aloittamisesta. (1, s. 21.)

2.2 Hankesuunnittelu

Hankesuunnittelu on rakennushankkeessa täsmentävä vaihe. Hankesuunnittelu tehdään lähtötietojen ja tulevien tavoitteiden pohjalta. Siinä asetetaan tulevan rakennuksen lopulliset vaatimukset laajuudelle, toimivuudelle, laadulle ja kustannuksille. Päätökset tehdään myös rakentamisen ajoitukselle ja rakennuksen ylläpitoa koskeville tavoitteille. Suunnitteluvaiheen tuloksena on projekti- ja hankesuunnitelma. (4, s. 8.)

Tämän vaiheen lopussa tilaaja myös päättää, kuinka hankkeen haluaa toteuttaa. Päätös vaikuttaa siihen, miten tulevan rakennuksen suunnittelu, rakennuttaminen ja rakentaminen tapahtuvat. Valinnalla on vaikutusta myös siihen, miten vastuut, tehtävät ja valtuudet jakautuvat hankkeen osapuolten kesken. (1, s. 21.)

Hallirakentamiseen soveltuvat parhaiten seuraavat rakennuttamisen käytännöt ja suunnittelun mallit:

- Design & build -toteutus
- perinteinen urakointimalli eli osaurakointi
- osaurakointi sisältäen hallin toteutusurakan. (1, s. 8.)

Design & build -toteutus

Design & build -toteutusmallissa eli suunnittelun sisältävässä urakkamuodossa suunnittelun hoitaa urakoitsija tilaajan asettamien rakennuskohteen toiminnan

vaatimusten mukaan. Lähtötietojen perusteella urakoitsija rakentaa kohteen kokonaan. Tässä toteutusmuodossa tilaaja siirtää vastuun suunnittelusta ja rakentamisesta urakoitsijalle kokonaan urakkasopimuksen myötä. (1, s. 38.)

Perinteinen urakointimalli eli osaurakointi

Osaurakoinnissa hankkeen rakennustyöt on lohkottu jokaiselle toimialalle tai suuremmalle alueelle omiksi urakka- ja hankintakokonaisuuksiksi. Tässä toteutusmuodossa ei ole pääurakoitsijaa, vaan hankkeella on oma projektinjohto-organisaatio, joka teettää rakennustyöt osaurakoina ja tavaran toimituksina. (1, s. 17.)

Osaurakoinnissa on suunnittelussa huomioitava suunnitelmien yhtenevyys ja vaikutus muihin suunnitelmiin. Julkisessa rakennushankkeessa on noudatettava hankintoja koskevia lainsäädännön määräyksiä ja ne on huomioitava myös suunnittelutarjouskilpailussa. (5, s. 16.)

Osaurakointi sisältäen hallin toteutusurakan

Osaurakointi sisältäen hallin toteutusurakan on liki samanlainen kuin hallin toteutusurakan sisältävä osaurakointi. Ainoa ero on, että halliurakka kilpailutetaan kokonaan ja siitä tehdään urakkasopimus ulkopuolisen urakoitsijan kanssa. (1, s. 17.)

2.3 Luonnossuunnittelu ja esisuunnittelu

Puu soveltuu hyvin erikokoisten ja muotoisten rakennusten tekemiseen ja yleensä eri vaihtoehtoista löytyy käytön kannalta sopivin ratkaisu. Hallin rakentamisessa kustannukset ovat aina tärkein tekijä. Hyväksi materiaaliksi puun tekee nopea rakentaminen, esivalmistus ja soveltuvuus moniin ratkaisuihin. Rakentamisen vaikutusta ympäristöön ja rakennuksen koko elinkaareen pidetään myös aikaisempaa tärkeämpänä. (2, s. 10.)

Puisessa teollisuushallissa yleensä, kuten tässäkin kohteessa, tarvitaan avo-
naista tilaa, jonka tilassa tapahtuva toiminta mitoittaa. Usein vaadittavaan tulokseen päästään yksi- tai useampiaukkoisella pilaripalkkirakenteella, jota käytettäessä rakennusta voidaan helposti laajentaa myöhemmin. Teollisuushallia suunniteltaessa on otettava huomioon laajennettavuus, jännemitta, vapaa korkeus,

ripustuskuormat sekä siltanosturin tarve, osastointi ja poistumistiet, ikkunat ja valaistus sekä akustiikka. (2, s. 23.)

Suunniteltava tila toimii osittain myös varastohallina ja sen mitoituksessa on otettava huomioon, miten ja mitä tavaraa varastoidaan ja miten sitä liikutetaan. Huomioon otettavia asioita varastotilan suunnittelussa ovat käyttötarkoitus ja varastointijärjestelmän käyttö, laajennettavuus, liikkuminen tilassa ja tilan lämpötila- ja kosteusvaatimukset. (2, s. 24.)

Puuhallin suunnittelussa pätevät samat periaatteet kuin tavanomaisessakin rakennussuunnittelussa. Tyypillisintä hallirakentamisessa on suuri lattiapinta-ala, joka johtuu rakennuksessa tapahtuvasta toiminnasta. Toimivan lopputuloksen aikaansaamiseksi on tärkeää hankkia ja jäsentää kohteen toteuttamiseen vaadittavat lähtötiedot. (2, s. 30.)

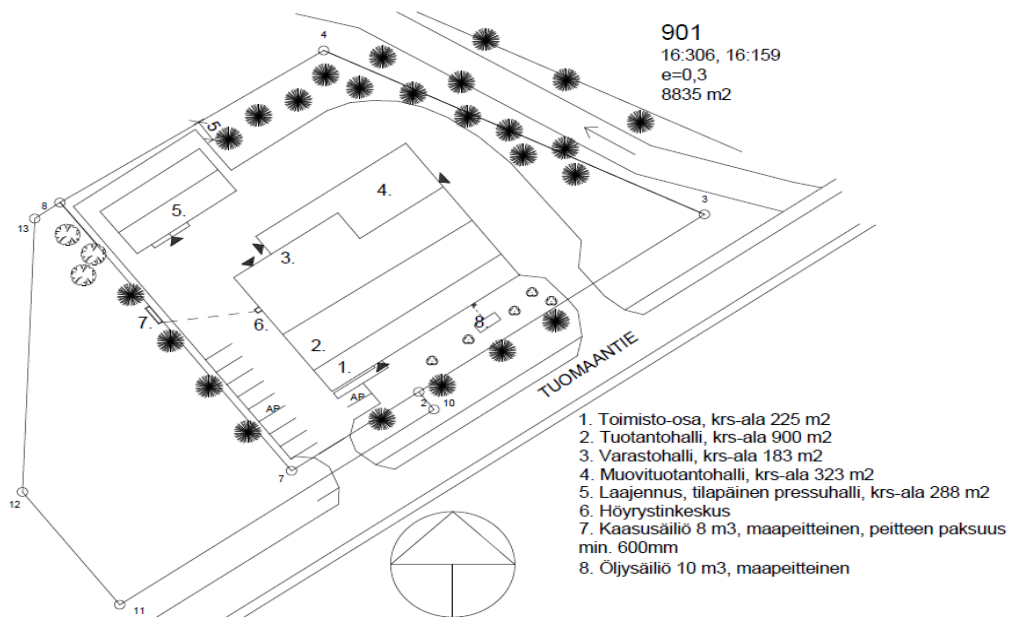
Luonnossuunnitteluvaiheessa tuotetaan rakennuksen vaihtoehtoja, jotka täyttävät hankesuunnitteluvaiheen tavoitteet. Suunnittelu voidaan tehdä eri asiantuntijoiden kanssa ja yleensä kuullaan viranomaisia ja naapureita. Tässä vaiheessa tilaohjelman perusteella luonnostellaan tuleva rakennus ja päätetään tilaajan tai lopullisten käyttäjien kanssa, mikä vaihtoehdoista olisi sopivin. (2, s. 51.)

3 MEVER OY:N TUOTANTOTILAN ONGELMA

Mever Oy on vuonna 1984 perustettu, Lapualla toimiva kodin säilytys- ja lajittelujärjestelmiä valmistava yritys. Tuotteet valmistetaan muovista, rautalangasta ja ohutteräslevyistä. Yrityksellä on useita muovipuristus- ja langantaivutuskooneita, verkkohitsauskone, useita tyssä- ja tavallisia hitsejä, kaksi levyntaivutuskonetta sekä levyntyöstökeskus. Useimpia koneita ohjataan CNC-tekniikalla. Tuotteiden teräsosat pinnoitetaan omalla jauhemaalauuslinjalla joka sisältää pesuja rautafosfointiyksikön, kuivaustunnelin, kaksi automaattista maalausyksikköä, sulatusuunin ja kuljetusradan. (29.)

3.1 Nykyiset tilat

Alkuperäinen tontti (kuva 1), jossa yrityksen nykyinen halli sijaitsee, on ollut 6 000 m² ja. Yritys on ostanut Lapuan kaupungilta naapuritontin vuonna 2013 (liite 2), jonka koko on 2 835 m², ja tontit on yhdistetty yhdeksi 8 835 m²:n tontiksi. Tontin e-luku on 0,3, joten tontille kaavassa sallittu kerrosala on 2 650,5 m² ja se olisi tarkoitus ottaa kokonaan käyttöön. Yrityksen vanha tuotantotila on rakennettu 1980-luvulla ja on kooltaan 1 631m² ja. Tuotantotilaa on laajennettu useasti.



KUVA 1. Mever Oy:n nykyinen tontin järjestys ja laajennettu tontti.

Yhtiöllä on oma 1 631 m²:n ja 8 633 m³:n halli, jonka ensimmäinen osa valmistunut vuonna 1975. Lisäksi yhtiöllä on samalla tontilla tilapäisellä rakennusluvalla 288 m²:n pressuhalli varastokäytössä. Kiinteistö sijaitsee Lapuan kaupungin Härsilän teollisuusalueella osoitteessa Tuomaantie 19, 62100 Lapua. Hankkeen tarkoituksena on suunnitella ja rakentaa tontille lisätilaa kaavan sallimalla määrällä. Pressuhalli puretaan ja siitä vapautuva kerrosala käytetään uudessa hallissa.

3.2 Tilantarve ja hallin paikka

Tilaajan tietojen perusteella tehtiin tilaohjelma (taulukko 1), jonka perusteella lähdettiin suunnittelemaan rakennuksen muotoa ja sijaintia tontilla. Hallitila oli tehtävä siten, että se olisi yrityksen toiminnan tarpeiden täyttämisen lisäksi myös helposti muutettavissa liikuntatilaksi. Tällöin sisätilan tulisi olla vähintään 20 m x 40 m, jotta se täyttäisi salibandykentän vähimmäismitat tilaajan toiveiden mukaisesti. Tuleva kenttä ei täyttäisi sarjatasoisen kilpailuvaatimuksia mutta harjoittelu- ja kuntoilukäyttöön se sopisi. (6, s. 5.)

TAULUKKO 1. Teollisuushallin alustava tilaohjelma

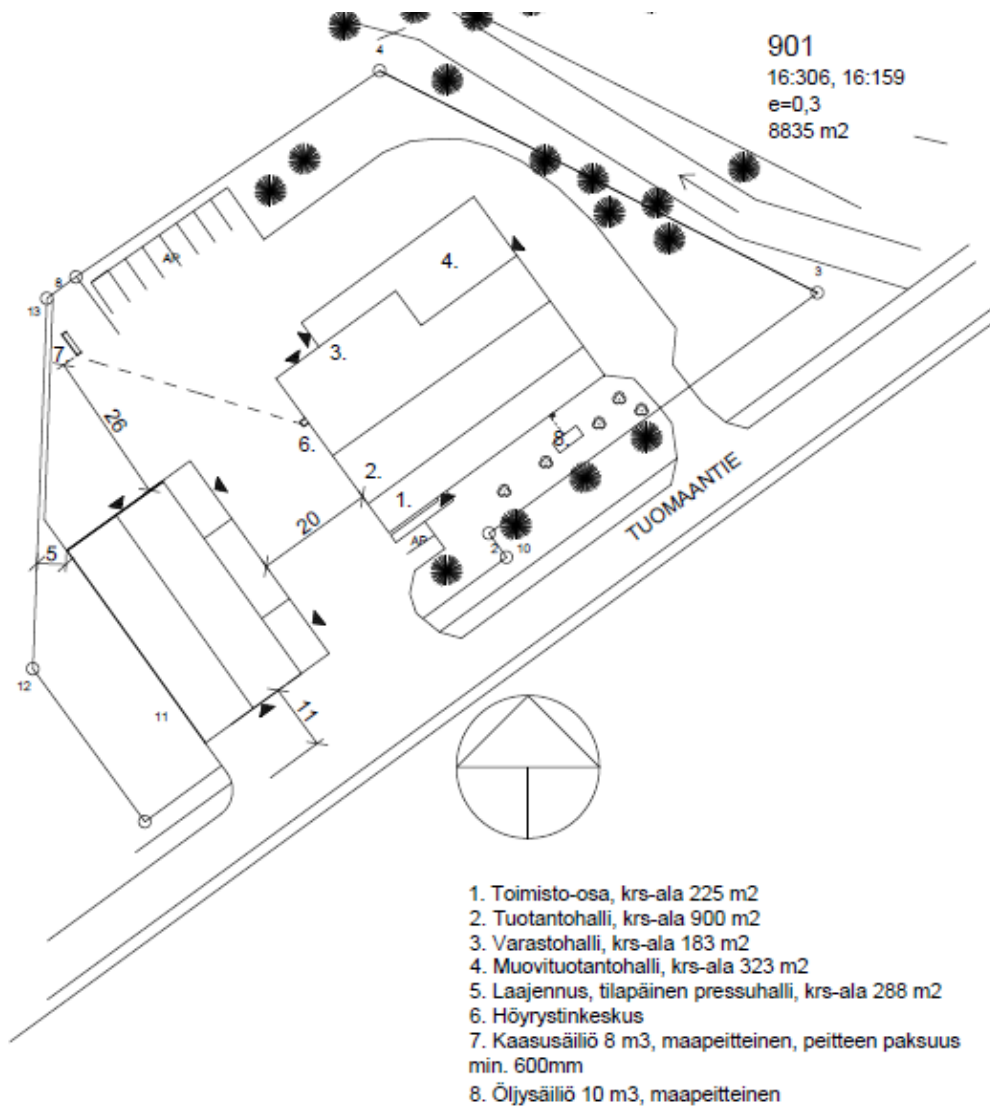
Tilaohjelma		
Tila	Ala (m ²)	Vaatimukset
Tuotanto- ja varastotila	800-900	Riittävä tila varastohyllyille, tuotannolle ja logistiikalle. Paineilma / vesipisteet. Muutettavissa salibandykentäksi.
Sosiaalitila	30	Mahdollisuus peseytymiseen ja muutettavissa pukuhuoneeksi Tila kahdelle työpisteelle ja kaapeille
Wc tilat	15	
Toimistotila	26	
Tekninen tila	8	
Siivouskomero	6	
Tuulikaappi	5	
Jakavatila	30	Erottaa tuotantotilan ja muut tilat

Yhteensä: 1019 m²

Kaavassa sallittu kerrosala täytetään kokonaan, joten laajennettavuudelle ei voida asettaa vaatimuksia. Jännemitta määrää salibandykentän ja tuotantotilojen koot 20 metriksi, jotta saadaan yhtenäinen ja avoin tila ilman pilareita hallitilassa. Hallin sisätilan vapaaksi korkeudeksi riittää 5–6 metriä. Siltanosturi ja ripustuskuormat eivät aiheuta rakenteellisia vaatimuksia. Siltanosturi voidaan

myöhemmin toteuttaa rankarunkoisessa hallissa siten, että nosturin rata kannatetaan omilla pilareilla hallitilassa. Tuotantotila jaetaan käytävällä sosiaali- ja muista tiloista siten, että joudutaan kulkemaan käytävän läpi aputiloista tuotantotilaan. Tuotantotila täytyy valaista hyvin ja tarpeisiin soveltuvasti, koska tuotantotilaan ei haluttu ikkunoita.

Luonnokset tehtiin AutoCAD 2004- ja 2012 -ohjelmilla. Luonnoksista (liite 1) parhaaksi valikoitui vaihtoehto (kuva 2), jossa uusi rakennus on sijoitettu erilleen vanhasta rakennuksesta.



KUVA 2. Toteutettavaksi valikoitunut luonnos

Vanhan pressuhallin vapauttama alue käytettäisiin autojen paikoitukseen. Ras-
kaan liikenteen kulku hallin ympäri säilyy eikä aiheuta ongelmia tehtaan alueelle
tulevan ja lähtevän tavaran kanssa. Huomioitava oli myös uuden hallin etäisyy-
det tontin reunoista, niin että ne ovat sallittujen etäisyyksien rajoissa.

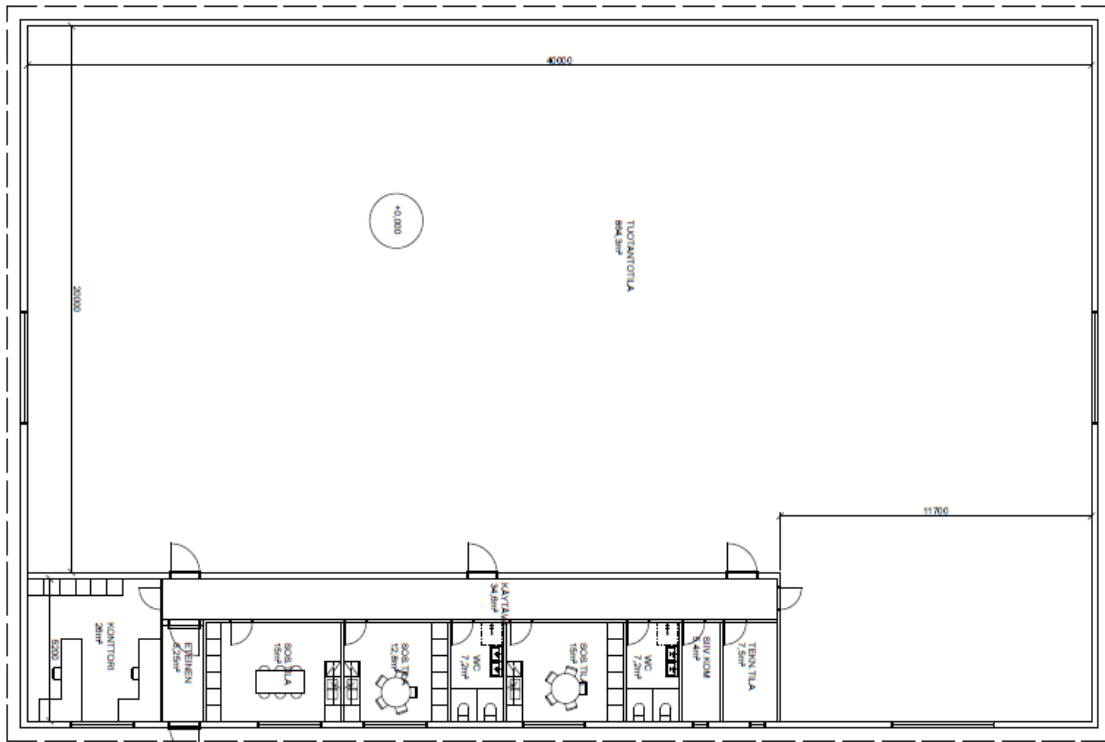
Vaihtoehdossa lisätöitä aiheuttaa maapeitteisen kaasusäiliön siirto. SFS 3350
-standardi ohjeistaa kemikaalivaraston sijoittamisesta, jos säilöttävä aine tai
tehty riskiarviointi ei muuta edellytä. Tontilla sijaitseva kaasusäiliö on kooltaan 8
m², joten se on sijoitettava vähintään 5 m:n etäisyydelle rakennuksista. (7, s. 7.)
(taulukko 2.)

*TAULUKKO 2. Kemikaalivaraston määrittämät varaston vähimmäisetäisyydet
toisiin varastoihin ja rakennuksiin (7, s. 7)*

Varastointimäärä (m ³)	Etäisyys (m)
V < 50	5
50 ≤ V < 200	10
200 ≤ V < 500	15

3.3 Rakennuksen suunnittelu

Rakennusta lähdettiin luonnostelevaan siten, että kuvista olisi helppo muokata
rakennuslupaa varten pääpiirustukset (liite 3). Lähtötietona käytettiin hallin si-
jaintia tontilla ja alustavia tilojen kokoja. Tilojen asettelu sai vaikutteita vanhan
tuotantohallin toimivaksi todetusta pohjaratkaisusta (kuva 3).



KUVA 3. Tuotantohallin ensimmäinen pohjaratkaisun luonnos

Pysyvän työpaikan henkilöstötilat eli puku-, pesu- ja wc-tilat on tehtävä siten, että ne ovat riittävät ja asianmukaiset. Tilojen ja kalusteiden on oltava kulutuksen kestäviä ja helppohoitoisia. Miehillä ja naisilla tulee olla erilliset tilat. Pukutilojen on oltava pesutilojen välittömässä läheisyydessä ja niiden koon mitoittaa työ- ja pitovaatteiden säilytystapa. Jos vaatteet säilytetään samassa kaapissa, pukutilan kooksi riittää $0,8 \text{ m}^2$ / työntekijä. Työ- ja pitovaatteiden säilytys omissa kaapeissaan vaatii $1,3 \text{ m}^2$ / työntekijä. (8, s. 1–2.)

Pesupaikkojen lukumäärä (taulukko 3) riippuu henkilöstön lukumäärästä ja työn likaisuudesta. Hallissa tapahtuva levyntyoöstö on arvioitu likaavaksi työksi, koska ohutlevyjien leikkaamisessa käsiteltävän öljyn on tahraavaa. Mahdollinen muovija metallituotteiden kokoonpano on vain vähäisessä määrin likaavaa. (8, s. 5.)

TAULUKKO 3. Pesupaikkojen määrät (8, s.5)

työn likaavuus	henkilöä/pesupaikka	henkilöä/suihku
likaamaton työ	20...50	50
vähäisessä määrin likaava työ	8...20	50
likaava työ	4	10...25 *
erittäin likaava työ	4	5...25 *
ei tiedossa	5	50

* Tarvittaessa osa pesupaikoista toteutetaan suihkuina, kuitenkin vähintään yksi suihku 25 työntekijää kohti. Jos pesupaikat toteutetaan suihkuina, tulee pesuaitaita kuitenkin olla likaavassa työssä vähintään yksi pesuallas 10 työntekijää kohti ja erittäin likaavassa työssä yksi pesuallas 5 työntekijää kohti.

WC-tilat on sijoitettava työtilojen välittömään läheisyyteen ja ne on varustettava asiaan kuuluvilla kalusteilla ja varusteilla. Matka kauimmaiselta työpaikalta ei saa ylittää kahta minuuttia. WC-tilojen lukumäärä mitoitetaan myös henkilöstön määrän (taulukko 4) perusteella. (8, s. 7.)

TAULUKKO 4. WC- ja urinaalipaikkojen vähimmäismäärät (8, s. 7)

henkilöstöä	wc-paikkaa kohti	urinaalipaikkaa kohti
naiset	15	-
miehet	20	20

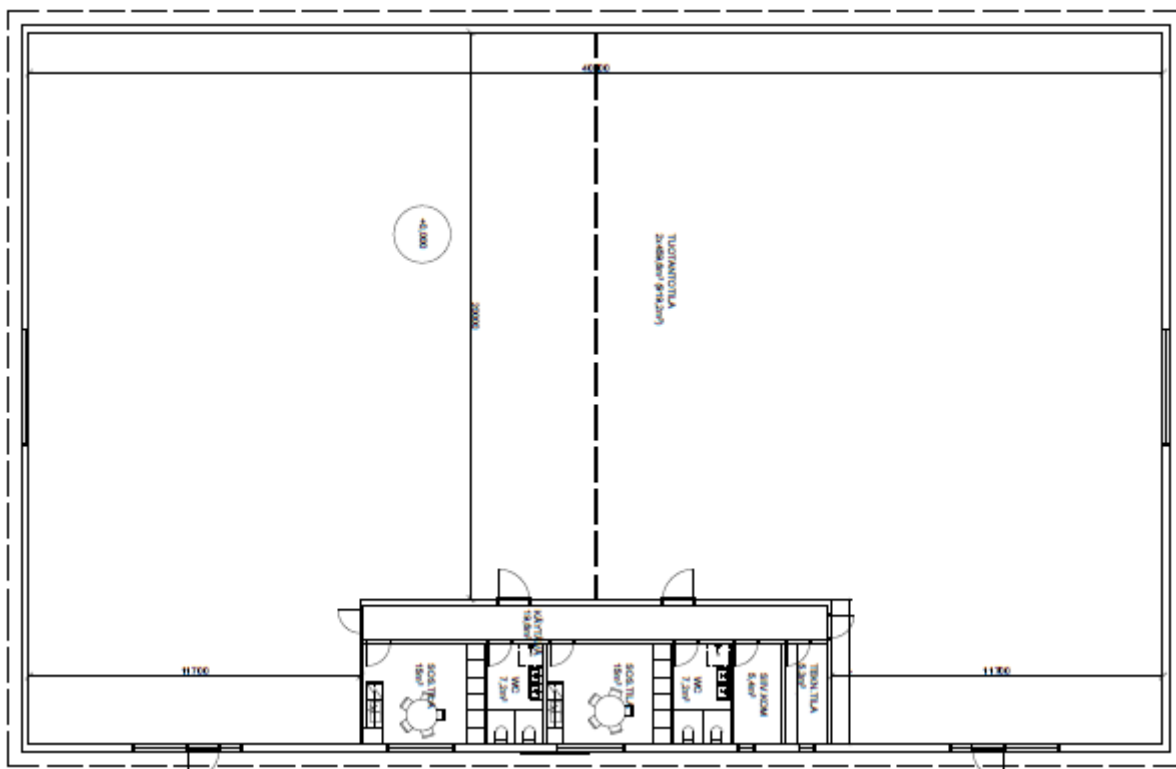
Kutakin alkavaa 15/20-lukua kohti tulee olla yksi wc/urinaalipaikka. Jos urinaalipaikkoja ei ole, käytetään miehille samaa paikkamitoitusta kuin naisillekin. Jos työtiloissa käy asiakkaita, autonkuljettajia yms. tulee heitä varten tarvittaessa olla erilliset wc-tilat työpaikan henkilökunnalle tarkoitettujen wc-tilojen lisäksi.

Ruokailutila on mitoitettava siten, että kaikilla työntekijöillä on mahdollisuus sitä käyttää ruokatauon aikana. Tilaa täytyy olla noin 1 m² ruokailevaa työntekijää kohti. Varusteina täytyy olla pöytiä, selkänojallisia istuimia, jääkaappi ruoan säilyttämistä varten ja mahdollisuus ruoan lämmittämiseen. (9, s. 12.)

Rakennukseen tulisi työnjohdon tila, sosiaalitalat erikseen miehille ja naisille, yhteiskäyttöinen kokoontumistila, tekninen tila ja siivouskomero. Sosiaalitalat voisi hallin käyttötarkoituksen muuttuessa liikuntakäyttöön helposti muuttaa pukuhuoneiksi ja WC-tilat olisi sijoitettava niiden läheisyyteen. Mahdollista olisi järjestää

myös kulku pukutilasta suoraan WC- ja peseytymistiloihin. Rakennuksen ollessa yrityksen tuotantotila arvioitiin työntekijöiden määrän pysyvän alle 10 henkilön, josta kumpaakin sukupuolta puolet. Tällöin sosiaalitalan tulisi olla vähintään $11,5 \text{ m}^2$ / sukupuoli. Pesu- ja WC-paikkojakin riittää 1 kappale / sukupuoli.

Alkuvuonna 2016 suunnitelmat muuttuivat siten, että tuotantotila jaettaisiin kahteen osaan. Toinen puoli hallista vuokrattaisiin. Rakennukseen se vaikuttaa siten, että Mever Oy:n työnjohdon tila pidettäisiin vanhassa hallirakennuksessa. Yhteinen sosiaalitala poistettiin ja jäljelle jäävistä tiloista päätettiin tehdä yhtä suuret (kuva 4).



KUVA 4. Hallin lopullinen pohjasuunnitelma

3.4 Hallin rakentaminen

Halli on tarkoitus toteuttaa perinteisellä osurakointimallilla. Teollisuushallin rakentamisesta on jätetty tarjouspyynnöt kolmelle urakoitsijalle ja vastaukset tarjouspyyntöihin odotetaan viimeistään 15.8.2016. Mever Oy palkkaa projektinjoh-

don. Kohteelle on myös tehtävä rakenne-, LVI- ja sähkösuunnitelmat ja järjestettävä niille tarjouspyyntökilpailu. Tarjouspyyntöjä ei saatu käsiteltäväksi tähän opinnäytteeseen.

Rakentamisen oli määrä alkaa jo alkuvuodesta 2016. Hankkeen edetessä kuitenkin ilmeni, että hallin vaatimasta tontista osa on vielä kolmansien osapuolien omistuksessa. Rakentaminen alkaa, kun se on mahdollista.

4 HALLIN PALOTURVALLISUUS

Tuotantohallin paloteknisellä tarkastelulla saadaan selvitettyä rakennuttajan kannalta optimaaliset palotekniset ratkaisut viranomaisten kanssa käytäviin neuvotteluihin. Rakennuslupahakemuksessa on esitettävä tilan tarpeiden pohjalta arvioitu ihanneratkaisu. Ratkaisu on yleensä määräysten mukainen minimi. Tarkastelun jälkeen on mahdollista käyttää paloteknisesti parempia materiaaleja. (2, s. 114.)

Uudisrakennus täyttää paloturvallisuudelle asetetut vaatimukset, kun se on suunniteltu Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeen E1 ja lisäksi tuotanto- ja varastorakennuksia koskevan E2 mukaan. Olennaisimmat vaatimukset koskevat

- kantavien rakenteiden palonkestoa
- palon ja savun kehittymistä ja leviämistä
- rakennuksessa olevien henkilöiden pelastamista
- pelastushenkilöstön turvallisuutta. (10, s. 8.)

Rakennuksen paloturvallisuus voidaan todeta myös rakennuksessa todennäköisimmin tapahtuvan palotilanteen perusteella. Silloinkin suunnittelussa on käytettävä menetelmiä, jotka on osoitettu toimiviksi. (10, s. 8.)

4.1 Palokuorma

Palokuorma on se kokonaislämpömäärä, joka syntyy, kun tilassa oleva aine palaa täydellisesti. Siihen lasketaan rakennuksen runko, runkoa jäykistävät osat ja muut rakennusosat ja irtain tavara. (10, s. 3.)

Palo-osaston palokuorma määritetään yleisimmin palo-osaston käyttötavan perusteella. Palokuorman määrittämiseen voidaan käyttää myös luotettavaa arviota tai laskelmaa. Eri käyttötavat jaetaan palokuormaryhmiin palokuorman tiheyden mukaan (kuva 5).

yli 1200 MJ/m²;

- Varastot, jotka ovat erillisiä palo-osastoja.

Tuotanto- ja varastotilojen palokuorma määritellään tai arvioidaan kohdekohtaisesti.

vähintään 600 MJ/m² ja enintään 1200 MJ/m²;

- Osa kokoontumis- ja liiketiloista kuten myymälät, näyttelyhallit ja kirjastot;
- asuinrakennusten kellariosastot, jotka sisältävät irtaimistovarastoja;
- moottoriajoneuvojen korjaus- ja huoltotilat.

alle 600 MJ/m²;

- Asunnot, majoitustilat ja hoitolaitokset;
- osa kokoontumis- ja liiketiloista kuten ravintolat, enintään 300 h-m²:n myymälät, toimistot, koulut, urheiluhallit, teatterit, kirkot ja päivähoitolaitokset;
- autosuojat.

Yleensä tähän ryhmään saa sijoittaa myös muihin palokuormaryhmiin kuuluvia tiloja, mikäli nämä tilat varustetaan tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla. Tämä ei koske 3–8-kerroksisia P2-luokan rakennuksia.

KUVA 5. Uudisrakennusten palokuormaryhmät (10, s. 10)

Erityistapauksissa palokuorman tiheys lasketaan palo-osastossa olevien palavien aineiden määrän, laadun ja palo-osaston pinta-alan perusteella. Palavien aineiden määrä lasketaan kilogrammoissa ja materiaalien massa kerrotaan sen lämpöarvolla. Saatu lämpömäärä jaetaan tilan pinta-alalla ja saadaan palokuorman tiheys. (11, s. 45–46.)

Mever Oy:n tulevan tuotantohallin palokuorma täytyi arvioida kohdekohtaisesti. Rakenteissa, kuormalavoissa ja kuormalavojen kauluksissa olevalle puulle käytetään arvoa 17,5 MJ/kg ja varastoitaville muovituotteille ja ilman- ja höyrynsululle 30 MJ/kg. Eristeiden lämpöarvot on arvioitu painon perusteella (taulukko 5). Rakennuksessa olevien koneiden, lattialaatan, ohutlevyjen ja siitä tehtyjen tuotteiden ei oleteta aiheuttavan palokuormaa tuotantotilassa. (12, s. 22.)

TAULUKKO 5. Eristeiden ominaisuuksia ja paloteho 200 mm:n eristeille (13, s. 6)

Luokka ja lämmöneristeen tiheys	Palokuorma (MJ/m ²)	Paloteho (kW/m ²) 900 s keskiarvo	Lämpöarvo-oletuksia
A2-s1, d0 50-120 kg/m ³	30 – 70	< 20	A2:n raja 3 MJ/kg
B-s1, d0 30-50 kg/m ³	60 – 200	< 100	6 - 20 MJ/kg
D-s2, d2 25-50 kg/m ³	100 – 200	< 250	10 - 20 MJ/kg
E – F 15-20 kg/m ³	100 – 150	200 – 500	30 - 40 MJ/kg

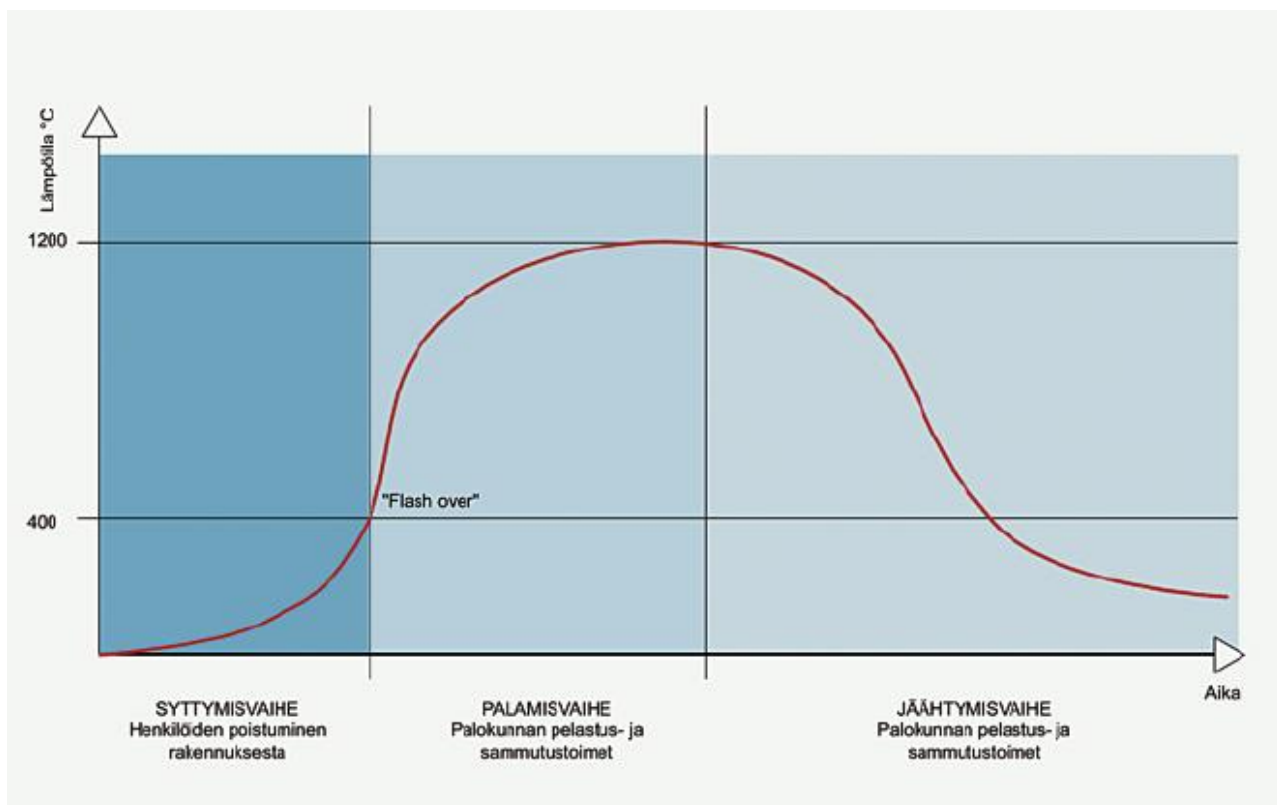
Rakennuksen rakenteiden palokuormaa aiheuttavat massat saatiin arvioitua rakennussuunnitelmien pohjalta (taulukko 6). Irtaimen tavaran määrä arvioitiin vanhassa hallissa olevan levyntyöstökeskuksen yleisemmin tarvitseman tavaramäärän perusteella. Varastoitavan muovitavaran määräksi on arvioitu noin 5 000 kg, mikä tarkoittaa noin viittä suursäkkiä muovituotteiden raaka-ainetta tai siitä määrästä raaka-ainetta tehtyjä valmiita tuotteita. Tarkastelussa metallin ja kipsilevyn oletetaan olevan A1- ja A2-luokan palamatonta materiaalia. (13, s. 6.)

TAULUKKO 6. Palokuorman arviointi.

Kantavat seinät					MJ/kg	kg/m3	MJ
Kartonkipintainen kipsilevy 15 mm	-	m2	-	kg/m2	-	-	-
Ilman- ja höyrynsulku	668,5	m2	0,0003	m3/m2	30	941	5661,527
Viilupuurunko, käytetään k600 51 x 250	668,5	m2	0,0255	m3/m2	17,5	480	143192,7
Lämmöneriste 250 mm	668,5	m2	0,25	m3/m2	20	35	116987,5
Tuulensuoja 25 mm	668,5	m2	0,025	m3/m2	20	230	76877,5
Ruoteet 25 mm	668,5	m2	0,0025	m3/m2	17,5	480	14038,5
Ulkoverhouspaneli 24 mm	668,5	m2	0,024	m3/m2	17,5	0	0
Yläpohja							
Kartonkipintainen kipsilevy 15 mm	-	m2	-	kg/m2	-	-	-
Koolaus 48 mm x 48 mm k400	1019	m2	0,00576	m3/m2	17,5	480	49303,3
Ilman- ja höyrynsulku	1019	m2	0,0003	m3/m2	30	941	8629,911
Lämmöneriste 400 mm	1019	m2	0,4	m3/m2	20	32	260864
Tuulensuoja 50 mm	1019	m2	0,05	m3/m2	20	230	234370
NR-ristikko k900	1019	m2	0,03	m3/m2	17,5	480	256788
Vesikatteen alusrakenne, sahatavara	1019	m2	0,025	m3/m2	17,5	480	213990
Väliseinät							
Kipsilevy 15 mm molemmin puolin	-	m2	-	kg/m2	-	-	-
Väliseinä tolppa k600 39x66x2700	126	m2	0,011583	m3/m2	17,5	480	12259,45
Väliovet	7	kpl	1,24	m3/kpl	17,5	480	72912
Eriste 70 mm	126	m2	0,07	m3/m2	20	32	5644,8
Irtaimisto							
Kuormalavat EUR 800x1200	10	kpl	23	kg/kpl	17,5		4025
Kuormalavojen kaulukset 800x1200x200	30	kpl	10	kg/kpl	17,5		5250
Varastoitava muovitavara	5	kg/m2	1019,5	m2	30		152925
Leikkuöljy	1	kpl	40	kg/kpl	44		1760
					Yhteensä:	1635479	MJ
				Jakaja 1019,5 m2		1604,197	MJ/m2

Arvion perusteella tuotantotilan palokuormaksi saatiin yli 1200 MJ/m². Palokuorman ja paloluokan perusteella vaatimuksia voi muodostua rakennuksen kantaville osille. (10, s. 16.)

Hallissa tapahtuva tulipalo etenee eri tavalla kuin matalissa rakennuksissa (kuva 6). Palossa ei tapahdu koko tilan täyttävää lieskahdusta, vaan palo kohdistuu syttymiskohtaan. Korkeassa hallissa ilmatila on suuri ja lämpötilan nousu hidasta. Hallissa tapahtuva tulipalo kohdistuu irtaimistoon ja erillisiin rakenteisiin ja vain harvoin kantaviin rakenteisiin. (2, s. 109.)



KUVA 6. Normaali palon kehitys (2, s. 109)

4.2 Palovaarallisuusluokka

Palon vaarallisuuden perusteella tuotanto ja varastointi jaetaan kahteen luokkaan. Luokan määräytymiseen vaikuttaa palon syttymisen todennäköisyys, palavan aineen materiaali sekä syttymisherkyys ja savunmuodostus. Palovaarallisuusluokka merkitään rakennuslupakuviin ja hallissa tapahtuvan toiminnan muuttuessa eri paloluokkaan on rakennuksen ja rakenteiden soveltuvuus tarkastettava. (14, s. 3.)

Palovaarallisuusluokka 1

Luokkaan kuuluu toiminta, jonka palovaara on vähäinen. Esimerkkejä: betoniteollisuus, konepajat, metalliteollisuus. (14, s. 9.)

Palovaarallisuusluokka 2

Luokkaan kuuluu toiminta, johon liittyy suuri palonvaara tai räjähdysvaara. Esimerkiksi: bitumiteollisuus, sahateollisuus, lujitemuoviteollisuus. (14, s. 9.)

Pelkällä luokittelulla ei voida yksittäisen tuotantolaitteen palovaarallisuutta arvioida. Yksittäiset palovaaralliset tuotantokohdat kohdesuojataan tai ympäröidään osastoivin rakentein. (14, s. 3.)

Mever Oy:n hallissa tapahtuva toiminta tulee olemaan pääasiassa ohutlevyitä mekaanisella revolveripuristinlevyntyöstökeskuksella. Siihen liittyvien koneiden ja laitteiden toiminta ei aiheuta suurta palon vaaraa, eikä käsiteltävä peltitavara osallistu mahdolliseen paloon. Tuotantolaitetta ei tarvitse kohdesuojata vähäisen syttymisherkkyuden ja pienen savunmuodostuksen vuoksi ja palovaarallisuusluokaksi siten riittää luokka 1.

4.3 Suojaustaso

Tuotantorakennus on aina varustettava asiaankuuluvalla alkusammutuskalustolla. Valittava suojaustaso vaikuttaa rakennuksen paloluokkaan, palo-osastojen kokoon, savunpoistoon ja rakennusosien paloluokkavaatimukseen. Yksityiskohteisesta suojauksesta on sovittava paikallisen pelastusviranomaisen kanssa. (14, s. 3.)

Suojaustaso 1

Suojaustaso 1 käsittää tavallisen ja tehostetun alkusammutuskaluston. Tavalliseen alkusammutuskalustoon kuuluvat yhden henkilön käyttämät alkavien palojen sammutukseen soveltuvat palopostit ja käsisammuttimet. Tehostetussa alkusammutuskalustossa on tehokas palopostiverkko ja kemiallisia sammuttimia. Tavallista alkusammutuskalustoa käytetään paloturvallisuusluokassa 1 ja tehostettua alkusammutuskalustoa paloturvallisuusluokassa 2. (14, s. 3.)

Suojaustaso 2

Suojaustaso 2 sisältää suojaustason 1 alkusammutuskaluston ja lisäksi automaattisen ilmoituksen antavan paloilmoittimen. Paloilmoitin ilmoittaa hätäkeskukseen ja paikallisesti tilassa oleville henkilöille palosta. (14, s. 4.)

Suojaustaso 3

Suojaustasossa 3 on alempien suojaustasojen suojausmenetelmien lisäksi sprinklerilaitteisto tai vaahtolaitteisto. Sprinklerilaitteisto sopii kohteisiin, joissa

voidaan käyttää vettä sammuttamiseen. Vaahtolaitteisto sopii syttyvien nesteiden alkusammuttamiseen. (14, s. 4.)

Halliin sijoitetaan levyntyöstökeskus ja varastoidaan mahdollisesti muovituotteita, puolivalmisteita ja niiden raaka-aineita. Suojaustason valinnalla on vaikutusta P3 -luokan rakennukselle pinta-alaosastoinnin kanssa. Halli tulee olemaan 1019 m², joten suojaustaso 1:llä saadaan jo riittävä osaston koko. (14, s. 6.)

4.4 Rakennuksen paloluokka

Paloluokkia on kolme: P1, P2 ja P3. P1 on luokista tiukin ja siinä oletetaan rakenteiden kestävä palossa sortumatta. Rakennuksen koolle ja rakennuksessa olevalle henkilömäärälle ei ole asetettu rajoituksia. Paloluokkaan P2 kuuluvan rakennuksen kantavien rakenteiden kestävyys voi olla P1 paloluokan tasoa matalampi ja riittävä turvallisuus saadaan rakenteiden pintaosille asetetuilla vaatimuksilla ja rajoittamalla rakennuksen kokoa ja henkilömäärää. P3 paloluokan rakennuksen rakenteille ei ole asetettu vaatimuksia palonkestolle. P3 luokan rakennuksesta saadaan riittävän turvallinen vaikuttamalla rakennuksen kokoon ja rakennuksessa oleilevien henkilöiden määrään rakennuksen käyttötavasta riippuen. (10, s. 10.)

Paloluokan muodostumiseen vaikuttaa yleisimmin rakennuksen käyttötapa ja kerrosluku. Muita tekijöitä ovat rakennuksen korkeus, tilassa oleskeleva henkilömäärä ja kerrosala. Yksikerroksisen tuotantorakennuksen paloluokka muodostetaan rakennuksen korkeuden perusteella, koska rakennuksen käyttötapa ja kerrosluku ovat jo tiedossa. Henkilömäärälle ja kerrosalalle ei ole asetettu vaatimuksia. (2, s. 115.)

4.5 Hallin paloturvallisuuden vaatimukset

Hallin paloturvallisuuden minimivaatimukset (taulukko 7) saatiin palokuorman, palovaarallisuusluokan, rakennuksen paloluokan ja valitun suojaustason perusteella ohjeiden E1 ja E2 mukaan. Muita vaihtoehtoja voi olla tarpeen käyttää henkilö- ja omaisuusturvallisuuden vuoksi.

TAULUKKO 7. Mever Oy:n tuotantohallin paloturvallisuuden minimivaatimukset. (muokattu 2, s.122; 10, s. 11-24; 14, s. 6)

	RakMk taulukot	
Rakennuksen korkeus	E1 taulukko 3.2.1	Enintään 14 m (Halli 9,15 m)
Henkilömäärä	E1 taulukko 3.2.2	Ei rajoitusta
Paloluokka	E1 taulukko 3	P3
Suojaustaso	E2 taulukko 3	Suojaustaso 1
Kerrosala	E1 taulukko 3.2.1	Ei rajoitusta
Pinta-alaosastointi	E2 6.1, taulukko 1	Enintään 2000 h-m ² (Halli 1019 h-m ²)
Kantavat rakenteet	E1 taulukko 6.2.1, E2 5	Ei vaatimusta
Osastointi ja palomuuuri		
Osastoivat rakennusosat pinta-alaosastoinnissa	E2 6.1, taulukko 2	EI-M 90 palamaton
Osastoivat rakennusosat käyttötapaosastoinnissa	E1 taulukko 7.2.1	EI 30
Palomuuuri	E1 taulukko 9.2.2	EI-M 60
Yläpohja		
Rakenteet jotka ovat osa kantavaa runkoa tai jäykisteitä	E1 taulukko 6.2.1, E2 5	Ei vaatimuksia
Rakenteet jotka eivät ole osa kantavaa runkoa tai jäykisteitä	E1 taulukko 6.2.1	Ei vaatimuksia
Käyttämättömän ullakon ja yläpohjan ontelon pinta-ala osastointi	E1 taulukko 5.2.1	Alapuolisen osaston mukaan EI 30
Käyttämätön ullakon ja yläpohjan ontelon yläpinta	E1 taulukko 8.2.2	-
Ulkoseinät		
Ulkoseinärakenne	E1 8.3.1, 8.3.2, 8.3.3	Ei vaatimuksia
Ulkoseinän ulkopinta	E1 taulukko 8.3.4	D-s2, d2
Ulkoseinän tuuletusrakoon rajoittuvat pinnat	E1 taulukko 8.3.4	D-s2, d2(*)
Sisäpinnat		
Seinien ja kattojen sisäpinnat	E1 taulukko 8.2.2	D-s2, d2
Lattiat	E1 taulukko 8.2.2	-
Savunpoisto		
Painovoimainen savunpoisto	E2 7.2	Käyttämällä erillisiä helposti avattavia savunpoistoluukkuja
Savunpoistoaukkojen kokonaispinta-ala	E2 7.2	0,25-2% osaston alasta
(* Koskee tuuletusraon ulkopintaa, sisäpinnalla ei vaatimusta (E1 taulukko 8.3.4)		

Vaatimuksia taulukoiden mukainen palotarkastelu aiheutti pinta-ala- ja käyttötapaosastoinnissa käytettäville rakennusosille. Vaatimuksia muodostui myös palomuurille ja yläpohjan ontelon pinta-alaosastoinnille. Rakennusosien vaatimuksista käytetään merkintöjä R, E ja I (kuva 7).

Rakennusosiin kohdistuvat vaatimukset kuvataan seuraavilla merkinnöillä:

R kantavuus
E tiiviys
I eristävyys

Merkintöjen R, REI, RE, EI, E jälkeen ilmoitetaan palonkestävyysaika minuutteina yhdellä seuraavista luvuista: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 tai 240. Näin muodostuva merkintä on rakennusosan paloluokka, esim. EI 60

Luokkamerkintää voidaan täydentää seuraavilla tunnuksilla:

M iskunkestävyys palotilanteessa
C automaattisella suljinlaitteella varustettu ovi
W rajoitettu lämpösäteilyn läpäisevyys
S rajoitettu savuvuoto

KUVA 7. Rakennusosien vaatimusten selitykset (2, s. 114)

Ulkosienän pinnalle, tuuletusrakoon rajoittuvalle seinäpinnalle ja seinien ja kattojen sisäpinnoille syntyi myös vaatimuksia. Vaatimusten merkkien selitykset ja esimerkit käytettävistä rakennusmateriaaleista (taulukot 8 ja 9).

TAULUKKO 8. Rakennustarvikkeiden luokat (15.)

Euroluokka	Esimerkki
A1, A2	Kivillä, kipsilevy
B	Maalattu kipsilevy
C	Paperitapetoitu kipsilevy
D	Puu
E	Palamista hidastava EPS-eriste
F	Ei-testatut materiaalit, EPS

TAULUKKO 9. Rakennustarvikkeiden lisäluokat (15, knowhow -> palo -> paloluokitus.)

Savumuodostuksen lisäluokat	Palavien pisaroiden lisäluokat
s1 rakenne voi tuottaa erittäin rajoitetun määrän savukaasuja	d0 rakenne ei saa tuottaa palavia pisaroita tai osia
s2 rakenne voi tuottaa rajoitetun määrän savukaasuja	d1 palavia pisaroita tai osia voi muodostua rajallisesti
s3 ei vaatimusta savukaasujen rajallisesta tuottamisesta	d2 ei vaatimusta palavien pisaroiden ja osien rajallisesta muodostumisesta

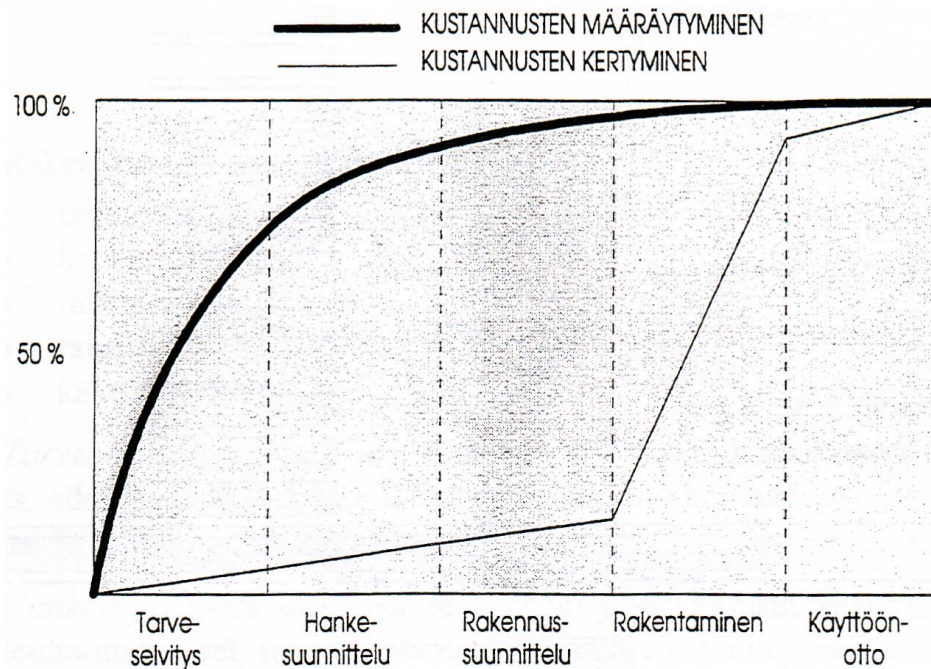
Kaikille pinnoille, joille on asetettu vaatimuksia, voidaan käyttää puuta rakennusmateriaalina. Ulkoverhousmateriaalina puuverhous nostaa tarpeettomasti palokuormaa. Hallissa olevan tavaran arvon ja vakuutusten hinnan perusteella voi olla syytä käyttää muita suojaustasoja tai paloluokkia.

Palomuurin rakentaminen tulee kyseeseen, kun rakennus rakennetaan kiinni toiseen rakennukseen tai toisen rakennuksen lähelle. Rakennusten välisen etäisyyden ollessa alle 8 m tulee palon leviäminen rajoittaa. Palomuuria käytetään etenkin, kun rakennukset sijaitsevat kahdella eri tontilla. Suunnitelmissa uuden hallin etäisyys vanhaan halliin on 17 metriä. Tarvetta palomuurille ei ole (10, s. 26).

Rakennuksen tulisi olla muutettavissa teollisuushallista liikuntatilaksi. Kokoontumis- ja liiketilaksi laskettavalla liikuntatilalla on tiukemmat vaatimukset, kuin teollisuushallilla. Tällöin P3 paloluokka ei riittäisi, koska palo-osastojen enimmäisala on asetettu 400 m²:iin ja salibandykenttä itsessään vie tilaa 800 m². Rakennus olisi tällöin tehtävä P2 paloluokassa. Henkilömäärälle P2 paloluokassa yksikerroksisessa rakennuksessa ei ole asetettu rajoituksia. (10, s. 9.)

5 KUSTANNUSTEN ARVIOINTI

Rakennuksen kustannusten ohjauksessa on tärkeää tietää, kuinka kustannukset määräytyvät hankkeen eri vaiheissa (kuva 8). Kustannusten määräytymiseen on helpoin vaikuttaa suunnitteluvaiheessa, kun tehdään päätökset hankkeen laajuudesta ja laatutasosta. (16, s.10.)



KUVA 8. rakennushankkeen kustannusten määräytyminen ja kertyminen (16, s.10)

Erot saman pinta-alaisen ja tilavuisen hankkeen kustannuksissa johtuvat yleensä

- tiloihin liittyvän toiminnan vaatimista kalusteista, varusteista, pintarakenteista ja täydentävistä rakenteista, kuten LVISA -tekniikka.
- tilojen sijoittelusta, laite- ja rakennusvalinnoista
- rakennuspaikan perustamis- ja tonttiolosuhteista. (16, s. 10–11.)

5.1 Tavoitehintamenettely ja uudishinta

Hankkeelle saatiin laskettua tavoitehintamenettelyllä uudishinta tilaohjelman perusteella Haahtela-kehitys Oy:n Kustannustieto 2015 budjetointiohjelmalla. Ohjelmisto käyttää Haahtela-hintaindeksiä, joka ottaa huomioon rakennusajan ja rakennuksen paikan syntyvien kustannusten laskennassa. (18, s. 1.)

Tavoitehintamenettely on Haahtela-kehitys Oy:n nimitys menettelylle, jossa rakennushankkeen kiinteistön hinta määritellään Haahtela-nimikkeistön mukaan tilassa tapahtuvan toiminnan ja tilaluettelon perusteella. Tarkastelun edellytyksenä on tilaohjelma, tilan vaatimusten ja ominaisuuksien tunteminen. Menetelmää käytetään usein tilahankintaratkaisuja vertailtaessa tai uudis- ja korjausrakennushankkeita budjetoitaessa. (3, s. 89.)

Tavoitehintaa on budjetin kustannusraja. Siinä on liikkumavaraa enemmän kuin tarkemmassa rakennusosa-arviossa. Tavoitehinnassa ei vielä oteta kantaa välittuihin rakenneratkaisuihin tai materiaaleihin. Tavoitehinnan periaatteena on ohjata jatkosuunnittelua ja antaa mahdollisuuden kuitenkin eri suunnitteluvaihtoehtoille. (19, s. 7.)

Uudishinnalla tarkoitetaan rahamäärä, joka tarvitaan halutun rakennuksen toteuttamiseen. Uudishinnassa rakennuksen hintaerät on jaettu nimikkeistöittäin. Uudishinnasta ei voida päätellä rakennuksen kauppai- tai markkina-arvoa. Uudishinnan määrittämiseen tarvitaan tilaohjelma tai luettelo tiloista, tilojen hintatiedot ja tila- ja hanketekijöiden vaikutuksen arviointi hintaan. (20, s. 91.)

Tilaluettelossa esitetään kaikki rakennukseen kuuluvat tilat, sekä tilojen pinta-alat ja käyttötarkoitukset. Pääkäyttötilojen lisäksi esitetään myös aputilat ja yhteiskäyttötilat. Tässä kohteessa pääkäytössä on tuotantotila ja siinä tapahtuvaa toimintaa tukevat sosiaali-, WC- ja tekniset tilat. Kohteen erityisvaatimuksia olivat tuotantotilassa koneiden vaatima paineilma, vesipisteet ja kulutusta kestävä lattia. Kohteen tavoitehintaa on esitetty liitessä 4. (20, s. 92.)

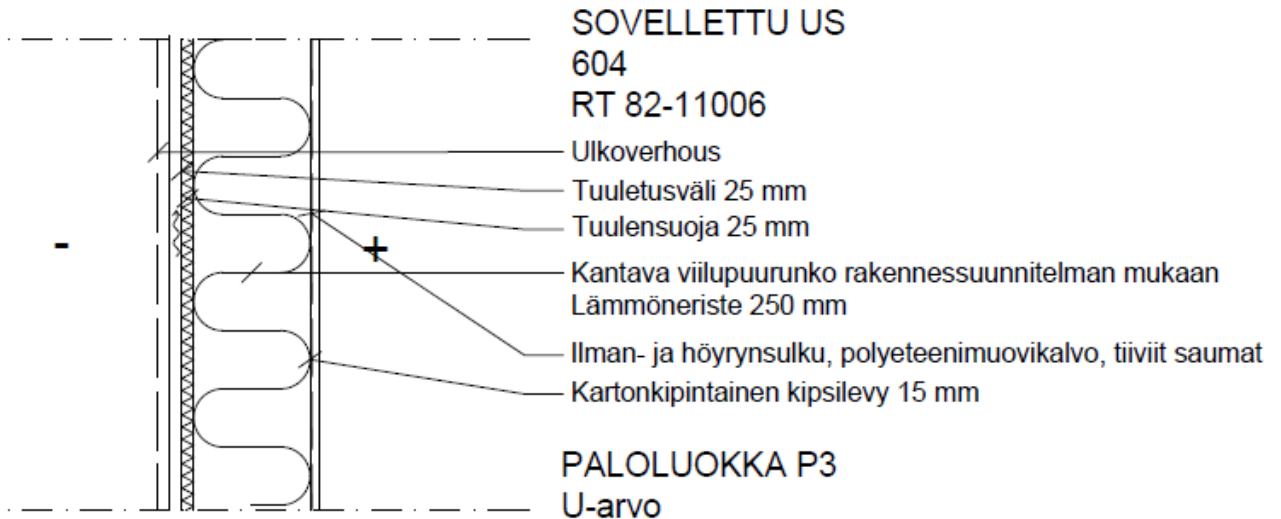
5.2 Rakennusosa-arvio

Rakennusosa-arvio on menettely, jossa rakennuksen hinta arvioidaan jakamalla rakennus nimikkeistön mukaisiin rakennusosiin (liite 5). Rakennusosien määrät mitataan määrämittausohjeen mukaan suunnitelmista ja hinnoitellaan yksikköhinnoin. Rakennusosa-arvio tehdään luonnossuunnitelmien pohjalta ja on tarkempi kuin tavoitehinta. Määrät mitataan mittausperusteita noudattaen ja hinnoitellaan rakennusosahinnaston tai hintakyselyjen perusteella. (20, s. 105.)

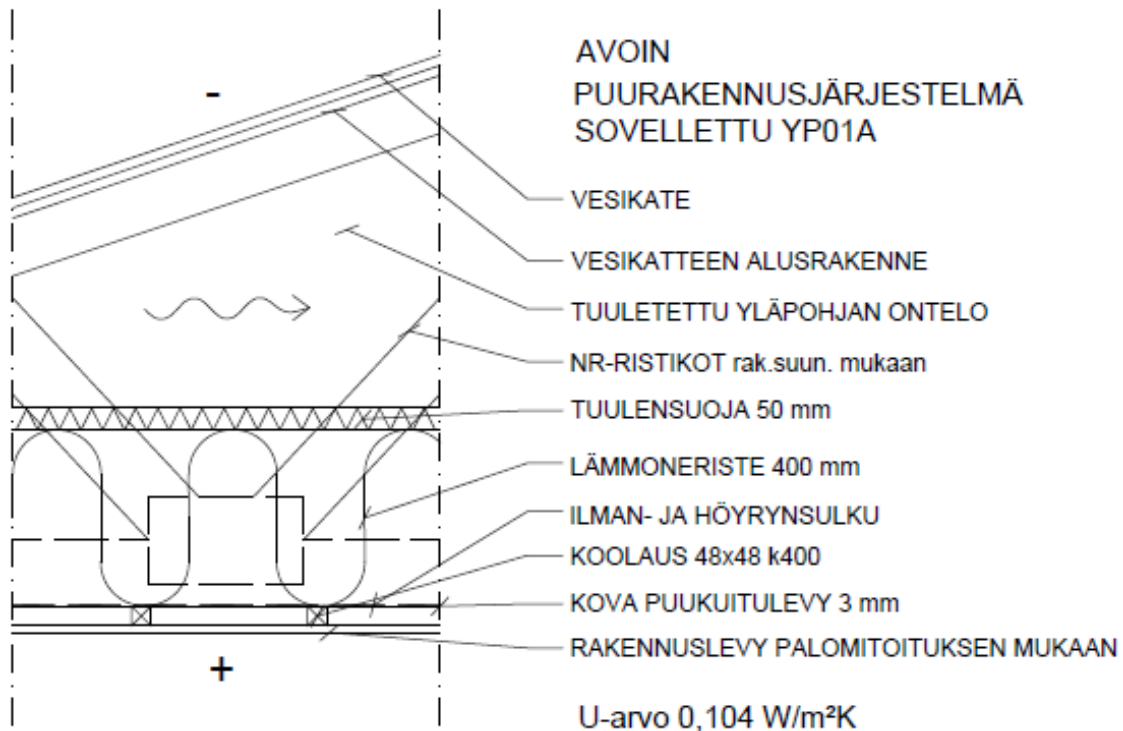
Luonnospiirustuksista nähdään tilaohjelman sijoittelu. Luonnoksista saadaan rakennuksen muoto ja pääpiirteissään rakennuksen muodon vaikutus rakennusosamääriin. Luonnospiirustukset voivat olla karkeita ja puutteellisia. Rakennustapaselostusta tarvitaan määrittämään rakennusosien sisältö. Vaikka luonnosvaiheen suunnitelmat ovat karkeita, on määrien mittaus tehtävä tarkasti ja mitattujen määrien on oltava sopivia käytettävään yksikkökustannustietoon. Pääpiirustuksia tehtäessä rakennusosat mitataan todellisten ulottuvuuksien mukaan. Määrälaskennan tuloksena saadaan rakennusosamääräluettelo, jonka perusteella kustannusarvio voidaan tehdä. Kustannuksia laskettaessa on myös tehtävä kustannuslaskentamuistio (liite 6), jotta voidaan myöhemmin todeta millä perusteilla laskenta on tehty. (16, s. 75.)

5.1 Rakennustapaselostus

Rakennustapaselostuksessa esitetään rakennusosa-arviossa käytettyjen rakennusosien sisältö ja kuvataan rakennusosien koostumus ja laatutavoitteet käytettäville rakenteille. Halli on tarkoitus toteuttaa rankarunkoisena kertopuusta valmistetuilla runkotolpilla (kuva 9) ja katto kannatetaan naulalevyristikkorakenteella (kuva 10). Rakenteita ei voida käyttää kohteessa ilman rakennusvalvonnan vaatimaa kohdekohtaista rakennesuunnittelua. (17, L 17.6.2014/477.)



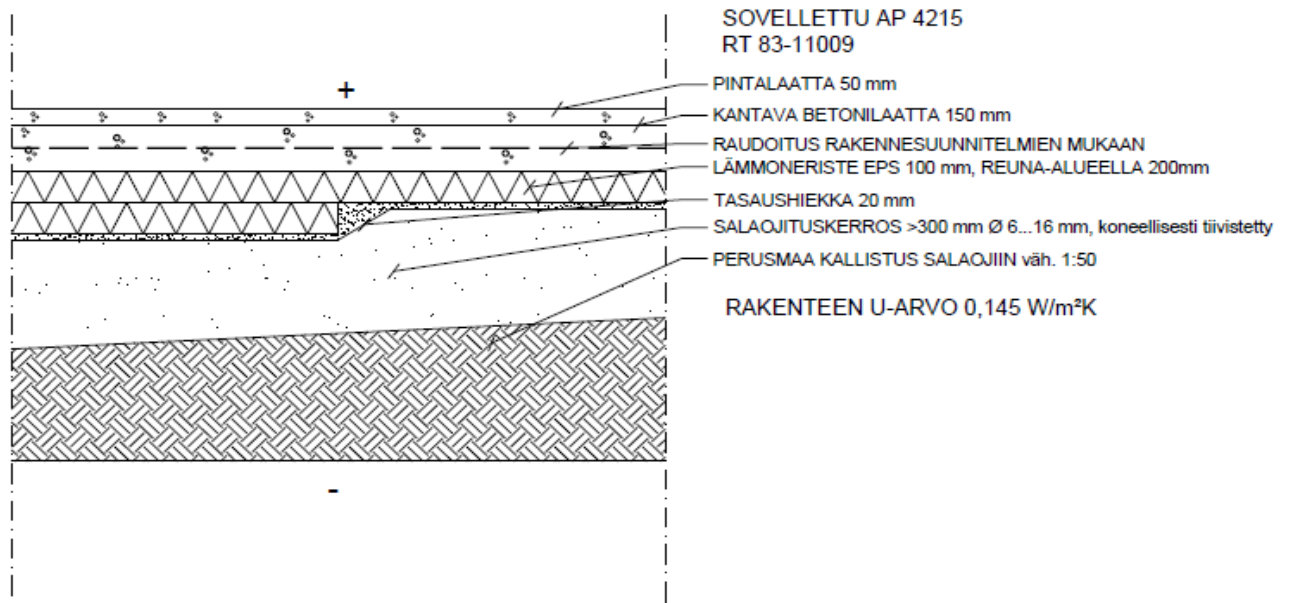
KUVA 9. Hallin ulkoseinärakenne



KUVA 10. Hallin yläpohjarakenne

Alapohjarakenne (kuva 11) on molemmissa tarkasteltavissa vaihtoehdoissa sama 50 mm:n pintalaatta ja 150 mm:n maanvarainen betonilaatta. Laatta raudoitetaan raudoitusverkoilla tarkempien rakennesuunnitelmien mukaan. Maanvarainen lattialaatta eristetään reuna-alueelta 2 x 100 mm:n EPS eristeellä.

Muuten laatta eristetään yhdellä 100 mm:n EPS eristeellä ja rakenteen U-arvoksi saadaan 0,14 W/m²K. Rakennesuunnitelmissa otetaan hankkeen edessä tarkemmin huomioon tarvittavat koneperustusten paikat ja mahdollisesti tulevat vahvistukset.



KUVA 11. Hallin alapohjarakenne

Hankkeen tavoitehinnaksi saatiin 836 000 € eli 798 €/m², mikä on Haahtelan vuoden 2014 rakennustyyppien neliöhintaa, 820 €/m², hieman alhaisempi. Ottamalla huomioon rakentamiseen valitut rakenneratkaisut rakennusosa-arvion mukaan hinnaksi saatiin 762 000 € eli 727 €/m² (taulukko 10). Rakennusosa-arvio on selvästi alhaisempi verrattuna tavoitehintaan, mutta arviota voidaan käyttää, koska määrät ja käytettävät rakennusosat ovat tiedossa. Arvioiden eroja voi selittää myös laskennan tarkkuus ja kohteen laajuuden määrittäminen. Rakennuksen lopulliseen hintaan vaikuttaa eniten rakennustekniset työt, mikä on hallirakennuksille tyypillistä. Rakennustekniset työt käsittävät rakennuksen maa- ja pohjarakenteet, sekä itse rakennuksen. Hankintaeriä voidaan aluksi ohjata perusteellisella suunnittelulla ja riittävän tarkalla tarpeiden määrittämisellä. Rakennusvai-

heessa kustannuseriä voidaan ohjata kustannusten seurannalla ja niiden perusteella tehtävillä korjaavilla toimenpiteillä, kuten korottamalla budjettia tai määrittämällä tarpeet uudelleen. (29.)

TAULUKKO 10. Rakennuksen kustannusarviot

PÄÄTYHMÄT TALO 2000		TAVOITEHINTA TALO 2000, €
1	RAKENNUSOSAT	457 000
2	TEKNIikkaOSAT	137 000
3	HANKETEHTÄVÄT	217 000
4	KIINTEISTÖTEHTÄVÄT	7 000
5	KÄYTTÄJÄTEHTÄVÄT	0
6	HANKEVARAUKSET	17 000
	YHTEENSÄ ALV 0%	836 000
	Jakaja 1048 m2	798
PÄÄRYHMÄT TALO 80		RAKENNUSOSA-ARVIO TALO 80, €
B1	RAKENNUTTAJAN KUSTANNUKSET	11 000
B2	RAKENNUSTEKNISET TYÖT	548 000
B3	LVI-TYÖT	93 000
B4	SÄHKÖTYÖT	105 000
B5	ERILLISHANKINNAT	
	Muut kustannukset	5000
	YHTEENSÄ ALV 0%	762 000
	Jakaja 1048 m2	727

6 ENERGIASELVITYS

Ympäristöministeriö on antanut Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3 määräyksen uudisrakennusten energiatehokkuudesta. Määräykset koskevat uudisrakennusta, jossa energialla lämmitetään tai jäähdytetään tiloja ja ilmanvaihtoa tarpeellisen sisäilmaston aikaansaamiseksi. (21, s. 3.)

Suunniteltaessa rakennusta ja haettaessa rakennuslupaa voidaan osoittaa rakennuksen määräysten mukaisuus tekemällä rakennuksesta energiaselvitys. Energiaselvitykseen kuuluu yleensä seuraavat osat:

- kokonaisenergiankulutus ja energiatehokkuusluokka (E-luku)
- energialaskennan lähtötiedot ja tulokset
- kesäaikainen huonelämpötila ja tarvittava jäähdytysteho
- lämpöhäviön määräysten mukaisuus
- rakennuksen lämmitysteho mitoitustilanteessa
- rakennuksen energiatodistus. (21, s. 26.)

6.1 Energiaselvityksen osat

Kokonaisenergian kulutus (E-luku)

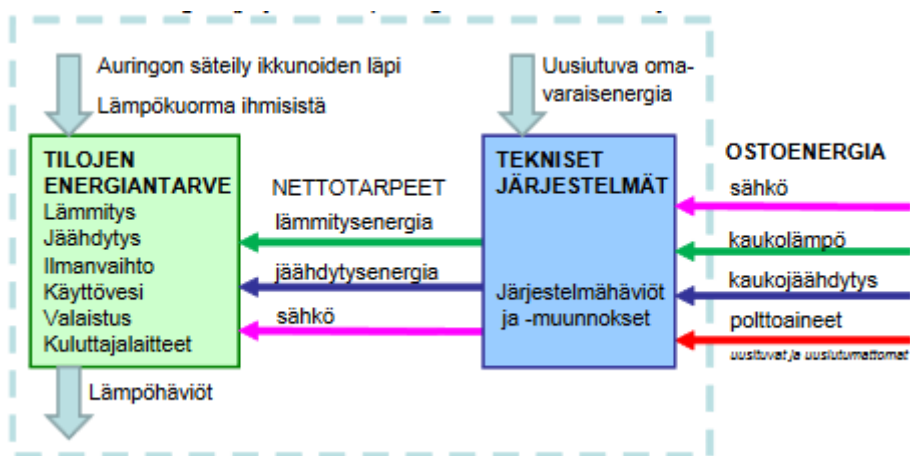
Rakennuksen kokonaisenergian kulutus esitetään lasketulla E-luvulla. E-luku lasketaan ostettavien energioiden ja energiamuotojen kertoimien tulona ja ilmaistaan yksiköllä kWh/m². E-luku ei ota kantaa, kuinka energiatehokkuus saavutetaan, ja sen vuoksi voidaan ratkaisut tehdä hankekohtaisesti ja kustannustehokkaasti. Luvulla ohjataan myös rakentamista siten, ettei investointikustannuksissa säästämällä siirretä käyttäjälle suuria energialaskuja. Energiamuodon kertoimilla ohjataan energiamuodon valintaa ja tehostetaan arvokkaan sähkön käyttöä (kuva 12). (22, s. 8.)

Energiamuotojen kertoimet ovat seuraavat:

- sähkö	1,7
- kaukolämpö	0,7
- kaukojäähdytys	0,4
- fossiiliset polttoaineet	1,0
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

KUVA 12. Energiamuotojen kertoimet (21, s. 8)

Kokonaisenergiankulutuksen laskemiseksi tarvitaan rakennuksen vuoden ostotoenergian kulutus. Rakennuksen ostotoenergian kulutus (kuva 13) on energiaa, joka hankitaan ostamalla esimerkiksi sähköverkosta tai fossiilisena polttoaineen sisältämänä energiana. Ostotoenergia on rakennuksen lämmittämiseen, jäähdyttämiseen, ilmanvaihdon, sekä rakennuksessa käytettävien laitteiden ja valaisimien energiankulutus energiamuodoittain eriteltynä. Ostotoenergiaan ei kuulu uusiutuva omavaraisenergia. (21, s. 6.)



KUVA 13. Ostotoenergian kulutuksen taseraja. (21, s. 6)

Rakennuksen energiankulutus ja ostotoenergiankulutus lasketaan esimerkiksi Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5, SFS-EN-standardien tai muiden yksityiskohtaisempien laskentamenetelmien mukaan ottaen huomioon rakennuksen suunniteltu käyttö ja sijainti. (21, s. 10.)

Rakennukset on jaettu rakennusmääräyksessä energiatehokkuudesta yhdeksään luokkaan (kuva 14) käyttötarkoituksen mukaan. Kahdeksalle rakennustyyppille on annettu vaatimukset E-luvulle. Tuotantorakennus kuuluu luokkaan, jolle ei ole asetettu vaatimusta kokonaisenergiankulutukselle mutta E-luku on laskettava ja todettava. (22, s. 10.)

Luokka 1	Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalo	Lämmitetty nettoala, A_{netto}	kWh/m ² vuodessa
	Pientalo	$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$	204
		$120 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$	$372 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$
		$150 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$	$173 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$
		$A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	130
	Hirsitalo	$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$	229
		$120 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$	$397 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$
		$150 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$	$198 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$
		$A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	155
	Rivi- ja ketjutalo		150
Luokka 2	Asuinkerrostalo		130
Luokka 3	Toimistorakennus		170
Luokka 4	Liikerakennus		240
Luokka 5	Majoitusliikerakennus		240
Luokka 6	Opetusrakennus ja päiväkot		170
Luokka 7	Liikuntahalli pois lukien uima- ja jäähalli		170
Luokka 8	Sairaala		450
Luokka 9	Muut rakennukset ja määräaika-		E-luku on laskettava, mutta sille ei ole asetettu vaatimusta

KUVA 14. Rakennuksen E-luvun rajat käyttötarkoituksen mukaan (21, s. 9)

Energialaskennan lähtötiedot ja tulokset

Energialaskenta suoritetaan rakennustyyppin standardikäytöllä ja kulutuksella, mikä rakennuksessa tapahtuu normaalisti. Tämä on pakollista, että tuloksia voidaan vertailla keskenään. Standarditietoja ovat testivuosi, sisäilmasto-olosuhteet, käyttö- ja käyntiajat sekä sisäiset lämpökuormat. (22, s. 20.)

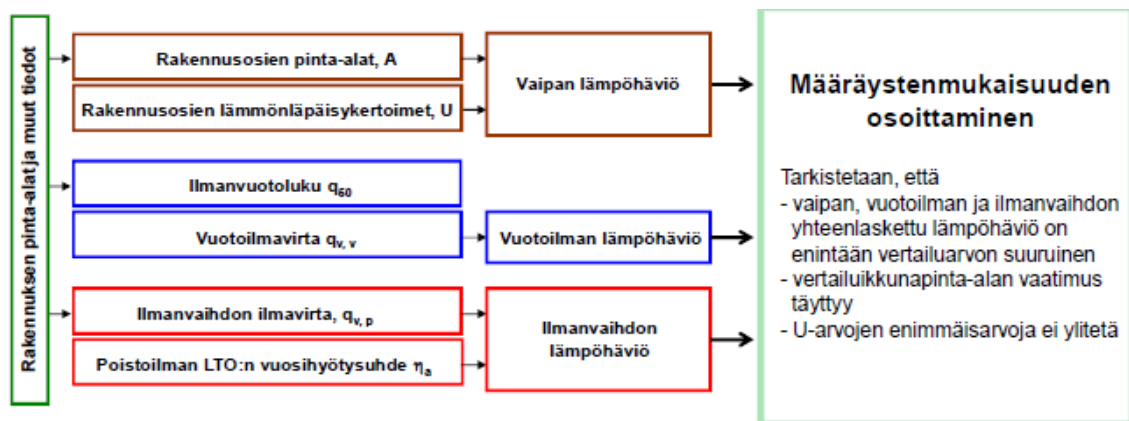
Kesäaikainen huonelämpötila ja tarvittava jäähdytysteho

Rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa on huomioitava, että tilat eivät lämpene haitallisesti. Etenkin keväällä, kesällä ja syksyllä aurinko aiheuttaa rakennuksiin lämpökuormaa, joka saa sisätilan lämpötilan nousemaan epämiellyttäväksi. Ratkaisut on ensin pyrittävä tekemään rakenteellisesti käyttämällä lippoja, markiiseja, kaihtimia ja välttämään suuria auringon paisteelle alttiita ikkunoita. Yliämpenemistä ehkäisee ja lämpötilan vuorokausivaihtelua myös rakenteiden lämmönvarauskyky ja yöllä tehostettu ilman vaihto. Jos nämä passiiviset

menetelmät eivät riitä on tilaan tehtävä koneellinen jäähdytys. Tämä tarkastelu ei kuitenkaan koske pientaloja ja luokan 9 muita rakennuksia, joilla ei ole E-luvun vaatimuksia. (22, s. 15.)

Lämpöhäviön määräystenmukaisuus

Rakennuksen lämpöhäviöön lasketaan yhteen (kuva 15) rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon lämpöhäviö. Määräysten mukaisuus osoitetaan taseuslaskelmalla, joka on laskennallinen tapa osoittaa asetettujen vaatimusten täyttyminen. Taseuslaskenta tehdään erikseen lämpimille ja puolilämpimille tiloille. (21, s.10.)



KUVA 15. Taseuslaskenta (23, s.10)

Taseuslaskelmassa tarkastetaan että, rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon suunnitteluratkaisujen lämpöhäviö on enintään määräyksien mukaisen vertailuarvojen suuruinen. Asuinrakennuksessa ikkunoiden ja ovien pinta-alan on oltava vähintään 15 % maanpäällisestä kerrosalasta ja rakenteiden U-arvojen on myös oltava vertailuarvojen rajoissa (kuva 16, kuva17). Ilmanvuotoluvun q_{50} vertailuarvo on $2,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ ja lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde 45 %. Taseuslaskennan tuloksena saadaan suunnittelu- ja vertailuratkaisujen lämpöhäviöt. (22, s. 17.)

seinä	0,17 W/m ² K
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,40 W/m ² K
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/m ² K
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,17 W/m ² K
maata vastaan oleva rakennusosa	0,16 W/m ² K
ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,0 W/m ² K

KUVA 16. Lämpimän tilan U-arvojen vertailuarvot (24, s.5–6)

seinä	0,26 W/m ² K
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,60 W/m ² K
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,14 W/m ² K
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,26 W/m ² K
maata vastaan oleva rakennusosa	0,24 W/m ² K
ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,4 W/m ² K

KUVA 17. Puolilämpimän tilan U-arvojen vertailuarvot (24, s. 6)

Rakennuksen lämmitysteho mitoitustilanteessa

Rakennuksen lämmitysjärjestelmä suunnitellaan ja rakennetaan käyttöä vastavaksi, että vältytään tarpeettomalta energian kulutukselta. Lämmitysteho mitoitetaan siten, että lämpöolot voidaan ylläpitää rakennuksessa lämmityskaudella. Lämmitystehoon huomioidaan huoneiden lämmitystarve, ilmanvaihtojärjestelmän vaatima lämmitysteho ja käyttöveden lämmityksen tehontarve. Auringon säteilyn lämpötehoa ei huomioida ja sisäiset lämmönlähteet otetaan huomioon vain, jos ne ovat merkittäviä. (21, s. 6.)

Rakennuksen energiatodistus

Energiatodistus (kuva 18) on oltava rakennusta tai sen osaa myytäessä tai vuokrattaessa. Rakennuksen myyjän tai vuokranantajan on näytettävä ostajalle tai vuokranantajalle voimassa oleva energiatodistus. Energiatodistus on osa rakennuksen energiaselvitystä, joka on oltava haettaessa maankäyttö- ja rakennuslain tarkoittamaa rakennuslupaa uudisrakennukselle. (25, s. 7.)

ENERGIATODISTUS																	
Rakennuksen nimi ja osoite:	Mallirakennus Kotikatu 1 00100 Helsinki																
Rakennuslunnum:	427-403-1-17 D 0001																
Rakennuksen valmistusvuosi:	2013																
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	Yhden asunon talot																
Todistustunnus:	-																
<table border="1"><thead><tr><th></th><th>Energiatodistuksen luokitus</th></tr></thead><tbody><tr><td>A</td><td></td></tr><tr><td>B</td><td></td></tr><tr><td>C</td><td>141 kWh / (m²vuosi)</td></tr><tr><td>D</td><td></td></tr><tr><td>E</td><td></td></tr><tr><td>F</td><td></td></tr><tr><td>G</td><td></td></tr></tbody></table>			Energiatodistuksen luokitus	A		B		C	141 kWh / (m ² vuosi)	D		E		F		G	
	Energiatodistuksen luokitus																
A																	
B																	
C	141 kWh / (m ² vuosi)																
D																	
E																	
F																	
G																	
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiakulutus (E _{akku})																	
	141 kWh / (m ² vuosi)																
Todistuksen laatija:	Yritys:																
Eero Energiatodistuksenlaatiija	Oy Yritys Ab Katuosote 1 00100 Helsinki																
Allekirjoitus:																	
<i>Eero Energiatodistuksenlaatiija</i>																	
Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:																
15.6.2013	15.6.2023																

KUVA 18. Esimerkki energiatodistuksesta (25, s. 9)

Rakennuksen käyttötarkoitus määrittää tarvitseeko rakennus tai sen eri osat energiatodistusta. Jos käyttötarkoituksen perusteella rakennus ei tarvitse energiatodistusta, niin sen osat eivät myöskään tarvitse energiatodistusta. Teollisuusrakennuksessa sijaitseville muille tiloille ei laadita energiatodistusta. (25, s. 7.)

6.2 Hallin energiankulutus

E-luvun laskenta aloitettiin hallin ostoenergiankulutuksen laskennalla. Laskentaan on monia työkaluja ja ohjelmia, joilla voidaan suoraan saada arvioitua rakennuksen E-luku. Tuotantorakennukselle ei ole käyttötarkoituseräluokan mukaisia ominaisarvoja, joten täytyy soveltaa voimassa olevia ohjeita. Energiankulutus on arvioitu rakennusmääräyskokoelma D3 ja D5 mukaan ja laskettiin MS Excel-ohjelmalla.

Ostoenergiankulutuksen laskemiseksi selvitettiin rakennuksen energiankulutus. Energiankulutukseen kuuluu rakennuksen vuosittaiseen lämmitykseen, sähkölaitteisiin ja jäähdytykseen yleensä kulutettu määrä energiaa.

Lämmitysenergian laskemisessa huomioidaan rakennusosien läpi johtuva lämpöhäviö, rakennusosien liitosten välisten kylmäsiltojen aiheuttamat lämpöhäviöt, sekä rakenteiden läpi tulevan vuotoilman lämpenemiseen tarvittava energiamäärä. Vaipan läpi johtuvan energiamäärän (taulukko 11) selvittämiseksi tarvittiin rakenteiden pinta-alat ja U-arvot. Lämmityslaskenta täytyi tehdä kuukausittaisten ulkolämpötilojen perusteella ja vuosittaiset laskelmat näiden summana. Vuoden keskiarvolämpötilalla laskettaessa arvot ovat pienempiä.

TAULUKKO 11. Rakennusosien läpi johtuva vuotuinen energiamäärä

Rakennusosa	U_i	A_i	Q_{rakosa}
	W/(m ² ·K)	m ²	kWh/a
US-puolilämmin	0,17	633,2	10778,0
US-lämmin	0,17	35,3	811,1
YP	0,09	985,8	8883,4
AP	0,14	985,8	7773,8
IKK	1,0	13,5	1351,7
OVI	1,0	31,3	3134,0
Lämmin/puolilämmin Qmuu	0,17	72,6	432,6
Yhteensä	Q_{joht} , kWh/a		33164,7

Ulkoseinien, yläpohjien, ikkunoiden ja ovien lämpöhäviöt laskettiin kaavalla 1 D5:n määräysten mukaan (26, s. 16).

$$Q_{rakosa} = \sum U_i A_i (T_s - T_u) \Delta t / 1000$$

KAAVA 1.

Q_{rakosa} = johtumislämpöhäviö rakennusosan läpi, kWh

U_i = rakennusosan i lämmönläpäisykerroin, W/(m² K)

A_i = rakennusosan i pinta-ala, m

T_s = sisäilman lämpötila, °C

T_u = ulkoilman lämpötila, °C

Δt = ajanjakson pituus, h

1000 = kerroin, jolla tulos muutetaan kilowattitunneiksi

Rakennusosien alat mitattiin suunnitelmista. Sisäilman lämpötilana on käytetty hallitilassa 17 °C ja ulkolämpötilana vyöhykkeen mukaista kuukauden keskilämpötilaa. Tarkasteltava ajanjakso on kuukausi eli 744 tuntia. Alapohjan lämpöhäviön laskennassa on huomioitu maanvastaisuus siten, että lämpötilan on oletettu olevan 5 °C korkeampi. Puolilämpimän ja lämpimän tilan välisen seinän lämpöhäviötä laskettaessa muiden tilojen lämpötilana on pidetty 21 °C. Ikkunoiden ja ovien U-arvoina käytettiin määräysten mukaista maksimia.

Hallirakennuksen rakennusosien välisten säännöllisten kylmäsiltojen aiheuttamat lisälämpöhäviöt (taulukko 12) saatiin laskettua kaavalla 2 (26, s. 16).

$$Q_{kylmäsilat} = \sum l_k \Psi_k (T_s - T_u) \Delta t / 1000$$

KAAVA 2.

Ψ_k = viivamaisen kylmäsilan lisäkonduktanssi, W/(m K)

l_k = kylmäsilan pituus, m

TAULUKKO 12. Liitosten väliset lisälämpöhäviöt

Kylmäsiilat	Ψ_k	l_k	Q _{kylmäsiilat}
	W/(m·K)	m	KWh/a
US-US	0,04	20,1	80,6
YP-US	0,05	158,0	791,0
VP-US	0,05	0,0	0,0
AP-US	0,10	132,0	1321,7
IKK&OVI-US	0,04	83,5	334,4
Q _{kylmäsiilat} , kWh/a			2527,7

Rakenteita ei saada täysin tiiviiksi, joten niistä aiheutuu ilman vuotamista. Vuotoilma johtuu lämpötilaeron synnyttämästä paine-erosta ja siihen vaikuttaa ilmanpitävyyden huomioiminen rakentamisessa, rakennuksen paikka ja olosuhteet. Yleensä rakennuksen vaipan ilmanvuotolukuna q_{50} käytetään arvoa $4,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$, jos muuta ei ole hyväksytty tai ilmanpitävyyttä ei tunneta. Vuotoilmavirta $q_{v,vuotoilma}$ saatiin laskettua kaavalla 3 ja vuotoilman lämmittämiseen tarvittava energia (taulukko 13) kaavalla 4. (26, s. 19–20.)

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot x} A_{vaippa}$$

KAAVA 3.

$q_{v,vuotoilma}$ = vuotoilma, m^3/s

q_{50} = rakennusvaipan ilmanvuotoluku, $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$

A_{vaippa} = rakennusvaipan pinta-ala, m^2

x = kerroin, rakennusten kerrosten mukaan, yksikerroksisille 35

3600 = kerroin, jolla muutetaan m^3/h muotoon m^3/s

$$Q_{vuotoilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t / 1000$$

KAAVA 4.

ρ_i = ilman tiheys, $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti, $1000 \text{ J}/(\text{kg K})$

TAULUKKO 13. Vuotoilman aiheuttama lämpöhäviö

Vuotoilma	Qv vuotoilma
	kWh/a
q ₅₀ , m ³ /(h·m ²)	4,0
kerrosten lkm	1
A _{vaiippa} , m ²	2684,9
q _{v,vuotoilma} , m ³ /s	0,0852
Qv vuotoilma, kWh/a	9988,6

Ulko- ja sisälämpötiloina käytettiin samoja kuin edellä. Vuoto tapahtuu koko ajan, joten tarkasteltavana ajanjaksona käytettiin yhtä vuotta.

Vuotoilmavirrassa ei huomioida ilmanvaihtojärjestelmän rakennukseen synnyttämää alipainetta, jonka vaikutuksesta sisään vuotaa korvausilmaa. Korvausilmavirta saadaan laskettua kaavalla 5. Käytettäessä koneellista poistoa ja painovoimaista ilmanvaihtoa ilman lämmittäminen tapahtuu rakennuksen tiloissa, jolloin se lasketaan kaavalla 6 (taulukko 14). (26, s. 20).

$$q_{v,korvausilma} = \sum t_d t_v q_{v,poisto} - \sum t_d t_v q_{v,tulo} \quad \text{KAAVA 5.}$$

$$q_{v,korvausilma} = \text{korvausilmavirta, m}^3/\text{s}$$

t_d = ilmanvaihtolaitteen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24 h

t_v = ilmanvaihtolaitteen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk

$q_{v,poisto}$ = poistoilmavirta, m³/s

$q_{v,tulo}$ = tuloilmavirta

$$Q_{iv,korvausilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,korvausilma} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad \text{KAAVA 6.}$$

$Q_{iv, korvausilma}$ = korvausilman lämpenemisen vaatima lämpöenergia, kWh/a

Koneellisessa poistoilmanvaihtojärjestelmässä ja painovoimaisissa ilmanvaihtojärjestelmissä $q_{v,tulo} = 0$. Tuotantohallin käyttöaikana on käytetty 8 tuntia päivässä ja 5 vuorokautta viikossa.

TAULUKKO 14. Korvausilman lämmittämiseen vaadittu energia

Korvausilma	Q _{korvausilma} kWh/a
q _{v, korvausilma} , m ³ /s	0,0203
Q _{iv, korvausilma} , kWh/a	2378,2

Tilojen lämmitysenergian tarve (taulukko 15) saadaan laskemalla yhteen lämpöhäviöt kaavalla 7 (26, s. 15).

$$Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad \text{KAAVA 7.}$$

Q_{tila} = tilojen lämmitysenergian tarve

TAULUKKO 15. tilojen lämmitysenergian tarve

$Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{kylmäsillat} + Q_{vuotoilma} + Q_{korvausilma}$	kWh / a	47849,0
---	---------	---------

Rakennuksen energian kulutukseen vaikuttaa lisäksi käytettävät sähkölaitteet ja lämmin käyttövesi. Tässä tuotantohallissa on kuluttajalaitteita ja tuotannonlaitteita. Kuluttajalaitteiden sähkönkulutus saatiin arvioitua hallin käytön ja rakennusmääräysten D3 ja D5 ohjearvojen perusteella (taulukko 16).

TAULUKKO 16. Kuluttajalaitteiden vuotuinen sähkönkulutus

Autopaikat	150	kWh/paikka	9	paikkaa	1350	kWh,a
Pihavalaistus	2	kWh / m ²	600	m ²	1200	kWh,a
Mikroaaltouuni	50	kWh / kpl	2	kpl	100	kWh,a
Kahvinkeitin	70	kWh / kpl	2	kpl	140	kWh,a
Jääkaappipakastin	270	kWh / kpl	2	kpl	540	kWh,a
				Yhteensä	3330	kwh,a

Tuotantohalliin sijoitettava levyntyöstökeskus Murata Wiedemann Centrum 1000/Q vaatii toimiakseen 8 kW. Hallin vuokratussa puoliskossa tapahtuva toiminta lasketaan samalla kulutuksella. Kahden levyntyöstökeskuksen paineilman

tarpeeseen pystyy vastaamaan ruuvikompressori 7,5 kW:n teholla. 70 %:in käyttöasteella viitenä päivänä viikossa ja kahdeksan tuntia päivässä saadaan laitteiden sähkön kulutus (taulukko 17).

TAULUKKO 17. Tuotantolaitteiden vuotuinen sähkönkulutus

2 x Murata Wiedemann Centrum 1000/Q	16	kW	2080	h,a	0,7	Käyttöaste	23296	kWh,a
Ruuvikompressori	7,5	kW	2080	h,a	0,7	Käyttöaste	10920	kWh,a
						Yhteensä	34216	kWh,a

Kun sisätiloissa työskennellään jatkuvasti, tila täytyy valaista riittävästi. Tuotantohallissa tehtävän työn perusteella valaistusvoimakkuudeksi riittää 200 lx, jota voidaan käyttää myös käytävissä ja tiloissa, joissa ei työskennellä koko aikaa (27, linkit työympäristö -> valaistus -> valaistusvoimakkuus). Tehdashallin valaistuksen sähköenergian kulutus (taulukko 18) lasketaan kaavalla 8. (26, s. 27.)

$$W_{valaistus} = \sum P_{valaistus} A_{huone} \Delta t f / 1000 \quad \text{KAAVA 8.}$$

$W_{valaistus}$ = valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh

$P_{valaistus}$ = valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho, W/hum²

A_{huone} = valaistavan huoneen pinta-ala, hum²

Δt = valaistuksen käyttöaika, h

f = valaistuksen ohjaustavasta riippuva kerroin, huonekohtaisella kytkimellä 0,9

Rakennuksessa olevat olosuhteet vaikuttavat tilan valaistuksen kokonaissähkötehoon. Kokonaissähköteho huonepinta-ala kohti saadaan laskettua kaavalla 9 (26, s. 28).

$$P_{valaistus} = \frac{1}{\beta \eta \eta_{\phi}} E_i \quad \text{KAAVA 9.}$$

β = valaistuksen alenemakerroin tilan puhtaiden perusteella, tehdashallin keskinkertaisessa ympäristössä käytetään 0,6

η = valaistushyötysuhde, käytetään suoraa ja epäsuoraa valaistusta, 0,35

η_{ϕ} = lamppujen valotehokkuus, loistelampuilla tyypillisesti 80 lm/W

E_i = tilan i valaistusvoimakkuus, käytetään 200 lx

TAULUKKO 18. Tilojen valaistuksen käyttämä sähköenergia

	A_i	Pvalaistus	Δt	Wvalaistus
	m ²	W / lum²	h	kWh
Tuotantotila	919,2	11,90	2500	24621,43
2 x sosiaalitila	30	11,90	2500	803,57
2 x Wc- ja pesutila	14,4	11,90	2500	385,71
Käytävä	19,6	11,90	2500	525,00
Siivouskomero	5,4	11,90	550	31,82
Tekninen tila	5,3	11,90	550	31,23
			Yhteensä	26398,77

Rakennuksen ollessa tehdaskäytössä veden vuosikulutus saatiin arvioitua TAKU – ohjelmalla rakennuksen koon ja käyttötavan perusteella. Veden kuluksesi saatiin sen perusteella 197 m³, mikä on myös hyvin lähellä vuonna 1997 tilastoitua keskimääräistä teollisuushallin vesimenekkiä 0,05 m³/rm³ * 4 580 rm³ = 229 m³ (28, s.1,6). Tästä määrästä 40 % on oletettu lämpimäksi käyttövedeksi. Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve (taulukko 19) saatiin laskettu kaavalla 10 (26, s. 24).

$$Q_{lkv,netto} = \frac{\rho_v c_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv})}{3600} - Q_{lkv,LTO} \quad \text{KAAVA 10.}$$

$Q_{lkv,netto}$ = lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh

ρ_v = veden tiheys, 1000 kg/m³

c_{pv} = veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kg K)

V_{lkv} = Lämpimän käyttöveden kulutus, m³

T_{lkv} = lämpimän käyttöveden lämpötila, 5 °C

T_{kv} = kylmän käyttöveden lämpötila, 55 °C

3600 = kertoimella tehdään laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h

$Q_{lkv,LTO}$ = jäteveden lämmöntalteenotosta ja käyttöveden lämmitykseen käytetty energia, kWh

TAULUKKO 19. Lämpimän käyttöveden nettoenergiantarve

	ρ_v kg / m ³	C_{pv} kJ / (kg K)	V_{lkv} m ³	$(T_{lkv}-T_{kv})$ °C	kWh,a
$Q_{lkv, netto}$	1000	4,2	78,8	50	4596,67

Lämpimän käyttöveden siirrosta ja varastoinnista aiheutuu häviöitä. Kiertojohto vähentää lämpimän veden odottamiseen kuluva aika, mutta voi olla kallis. Tässä tarkastelussa sitä ei huomioida. Siirron hyötysuhteena käytettiin perustason eristettyä liikuntahallille ominaista arvoa. Varastoinnin arvona käytettiin D5 taulukoitua häviötä 100 mm:llä eristetyille 150 l:n suuruiselle varaajalle. Lämpimän käyttöveden kokonaisenergiantarve (taulukko 20) saatiin laskettua kaavalla 11. (26, s. 41.)

$$Q_{lämmitys,lkv} = \frac{Q_{lkv,netto}}{\eta_{lkv,siirto}} + Q_{lkv,varastointi} + Q_{lkv,kierto} \quad \text{KAAVA 11.}$$

$Q_{lämmitys,lkv}$ = lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a

$\eta_{lkv,siirto}$ = lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde

$Q_{lkv,varastointi}$ = lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a

$Q_{lkv,kierto}$ = lämpimän käyttöveden kiertojohtojen lämpöhäviö, kWh/a

TAULUKKO 20. Lämpimän käyttöveden energiantarve

	$Q_{lkv, netto}$ kWh,a	$\eta_{lkv,siirto}$	$Q_{lkv,varastointi}$ kWh,a	$Q_{lkv,kierto}$ kWh,a	kWh,a
$Q_{lämmitys,lkv}$	4596,67	0,91	420	-	5471,28

Rakennukseen tulevat lämpökuormat voidaan osittain hyödyntää rakennuksen lämmittämisessä. Edellytyksenä on, että samanaikaisesti on lämmitystarvetta ja lämmöntuottoa voidaan säätää. Rakennuksen lämpökuorma lasketaan kaavalla 12 ja tarkastelu tehdään kuukausittain. (26, s.34.)

$$Q_{lämpökuorma} = Q_{henk} + Q_{säh} + Q_{aur} + Q_{lkv,varastointi} \quad \text{KAAVA 12.}$$

$Q_{\text{lämpökuorma}}$ = rakennuksen lämpökuorma, kWh

Q_{henk} = henkilöiden aiheuttama lämpökuorma, kWh

$Q_{\text{säh}}$ = valaistuksen ja sähkölaitteiden aiheuttama lämpökuorma, kWh

Q_{aur} = ikkunoista tuleva auringon aiheuttama lämpökuorma, kWh

$Q_{\text{Ikv, varastointi}}$ = lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöstä lämpöuor-
maksi tuleva osuus, kWh

Lämpökuormien energiamäärä, joka hyödynnetään rakennuksen lämmityk-
sessä, lasketaan kaavalla 13 (26, s. 34).

$$Q_{\text{sis.lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}} \quad \text{KAAVA 13.}$$

$Q_{\text{sis.lämpö}}$ = lämmityksessä hyödynnettävät lämpökuormat, kWh

$\eta_{\text{lämpö}}$ = lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste, -

$Q_{\text{lämpökuorma}}$ = rakennuksen lämpökuorma, kWh

Kuukausittainen hyödyntämisasteeseen vaikuttaa lämpökuorman ja lämpöhä-
viön suhde. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat rakennuksen aikavakio, joka on ra-
kennuksen sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin ja ominaislämpöhäviön
suhde. Lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste saadaan laskettua
perustapauksissa kaavalla 14. Tapauksissa, joissa lämpökuorman suhde läm-
pöhäviöön on 1, lasketaan kaavalla 15. (26, s. 35.)

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} \quad \text{KAAVA 14.}$$

$$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{a}{a+1} \quad \text{KAAVA 15.}$$

γ = lämpökuorman suhde lämpöhäviöön

a = numeerinen parametri

Numeerinen parametri a riippuu aikavakiosta τ . Parametri saadaan laskettua
kaavalla 16 ja aikavakio lasketaan kaavalla 17 (16, s.35).

$$a = 1 + \frac{\tau}{15}$$

KAAVA 16.

$$\tau = \frac{C_{rak}}{H_{tila}}$$

KAAVA 17.

τ = rakennuksen aikavakio, h

C_{rak} = rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti, Wh/K

H_{tila} = rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö, W/K

Rakennuksen tilojen lämpöhäviö lasketaan kaavalla 18. Rakennuksen sisäpuolen tehollisena lämpöhäviönä voidaan käyttää SFS-EN ISO 13786 tai SFS-EN ISO 13790 standardien mukaan laskettua lämpöhäviötä. Rakennusmääräyskoelman osassa D5 on annettu myös rakennustyypeille ominaisia arvoja. Tässä laskennassa on käytetty keskiraskaiden rakenteiden ominaisarvoa 70 Wh/(m² K) ja se on kerrottu lämmitetyllä nettopinta-alalla. (26, s. 36.)

$$H_{tila} = \frac{Q_{tila}}{(T_s - T_u)\Delta t} 1000$$

KAAVA 18.

H_{tila} = rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö, W/K

Q_{tila} = rakennuksen tilojen lämmitysenergian tarve, kWh

T_s = sisäilman lämpötila, °C

T_u = ulkoilman lämpötila, °C

Δt = ajanjakson pituus, h

1000 = kerroin, jolla muutetaan tulos, W

Tilojen lämpökuormien laskennassa (taulukko 21) ei huomioitu teollisuuslaitteista tulevaa lämpökuormaa. Loput laskennassa käytetyt laskelmat liitteessä 7 (liite 7). Laskennasta selvisi, että kesäkuukausina lämpökuorma on suurempi kuin lämmitystarve. Tästä voi aiheutua toimenpiteitä, että saadaan pidettyä sisälämpötila suotuisena. Suurimpana lämpökuorman aiheuttajana on valaistus ja se on arvioitu täydellä teholla. Todellisuudessa hallitilaa ei tarvitse valaista yhtä kirkkaasti jokaista neliometriä kohden ja työpisteitä voidaan kohdevalaista.

TAULUKKO 21. Tilojen lämpökuormien hyödyntämisen laskenta

	Q _{henk} , kWh	Q _{säh} , kWh	Q _{aur} , kWh	Q _{lqv} , varastointi, kWh	Q _{lämpökuorma} , kWh
Tammikuu	144,06	2037,42	29,98	35	2246,46
Helmikuu	144,06	2037,42	88,03	35	2304,50
Maaliskuu	144,06	2037,42	243,03	35	2459,51
Huhtikuu	144,06	2037,42	359,12	35	2575,60
Toukokuu	144,06	2037,42	523,70	35	2740,17
Kesäkuu	144,06	2037,42	560,69	35	2777,17
Heinäkuu	144,06	2037,42	581,10	35	2797,58
Elokuu	144,06	2037,42	423,55	35	2640,02
Syyskuu	144,06	2037,42	239,20	35	2455,68
Lokakuu	144,06	2037,42	99,51	35	2315,98
Marraskuu	144,06	2037,42	35,08	35	2251,56
Joulukuu	144,06	2037,42	20,41	35	2236,89

Q _{tila} , kWh	γ	η _{lämpö}	Q _{sis.lämpö}
9102,9	0,25	1,00	2246,46
9319,6	0,25	1,00	2304,50
8534,7	0,29	1,00	2459,51
5640,7	0,46	1,00	2575,60
3081,9	0,89	0,96	2623,41
1663,5	1,67	0,96	2658,98
408,6	6,85	0,96	2677,92
919,6	2,87	0,96	2523,47
3175,9	0,77	0,95	2338,00
4945,8	0,47	1,00	2315,98
7275,8	0,31	1,00	2251,56
8375,3	0,27	1,00	2236,89

	H _{tila}	τ	a
Tammikuu	583,46	322,01	22,467
Helmikuu	582,62	322,48	22,498
Maaliskuu	585,87	320,68	22,379
Huhtikuu	606,53	309,76	21,651
Toukokuu	663,84	283,02	19,868
Kesäkuu	807,19	232,76	16,517
Heinäkuu	-1830,81	-102,62	-5,841
Elokuu	1301,05	144,41	10,627
Syyskuu	659,77	284,77	19,984
Lokakuu	615,52	305,24	21,349
Marraskuu	592,68	317,00	22,133
Joulukuu	586,62	320,28	22,352

Tilojen lämmityksen vaatima lämpöenergian nettotarve (taulukko 22) saadaan tästä laskettua vähentämällä hyödynnettävä lämpökuorma tilojen tarvitsemasta lämmitysenergian tarpeesta kaavalla 19 (26, s.15).

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis.lämpö}}$$

KAAVA 19.

$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$ = tilojen lämmitysenergian nettotarve

Q_{tila} = tilojen lämmitysenergian tarve, kWh

$Q_{\text{sis.lämpö}}$ = hyödynnettävät lämpökuormat, kWh

TAULUKKO 22. Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Q_{tila}	$Q_{\text{sis.lämpö}}$	$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$
kWh,a	kWh,a	kWh,a
62444,5	29212,7	33231,8

Tilojen lämmitysenergian nettotarpeesta täytyy vielä vähentää siirrosta aiheutuvat häviöt, jotta saadaan rakennuksen lämpöenergian kulutus (taulukko 23).

Tämä tapahtuu kaavalla 20 (26, s. 38).

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}} \quad \text{KAAVA 20.}$$

$Q_{\text{lämmitys,tilat}}$ = tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a

$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$ = tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh/a

$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$ = lämmönjakelujärjestelmän hyötysuhde

$Q_{\text{jakelu,ulos}}$ = lämmönjakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan, kWh/a

$Q_{\text{varastointi,ulos}}$ = lämmönjakelujärjestelmän varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a

TAULUKKO 23. Lämmityksen lämpöenergian tarve.

$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$	$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$	$Q_{\text{jakelu,ulos}}$	$Q_{\text{varastointi,ulos}}$	$Q_{\text{lämmitys,tilat}}$
kWh,a	-	kWh,a	kWh,a	kWh,a
33232,2	0,8	-	-	41540,25

Rakennuksessa ei ole jakeluputkia tai lämmön varastointia lämmittämättömässä tilassa. Hyötysuhteeksi otettiin muun lämmityslaitteen, joka rajoittuu sisätilaan,

hyötysuhde rakennusmääräyksen D5 taulukon 6.2 mukaan. Lämmön jakelujärjestelmän pumppujen ja säätölaitteiden sähkönkulutus (taulukko 24) lasketaan tälle lämmityslaitteelle ominaisella arvolla kaavalla 21, jos muuta ei ole tiedossa. (26, s. 40.)

$$W_{tilat} = e_{tilat} A_{netto,i}$$

W_{tilat} = lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus, kWh/a

e_{tilat} = lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutus, kWh/(m² a)

$A_{netto,i}$ = rakennuksen osan i lämmitetty nettoala, m²

TAULUKKO 24. Lämmitysjärjestelmän sähkönkulutus

e_{tilat} kWh/(m ² a)	A_{netto} m ²	W_{tilat} kWh,a
0,5	998,9	499,45

Lasketut lämmön- ja sähkönkulutukset jakamalla lämmitetyille nettoalalle saadaan rakennuksen E-luvun (taulukko 25) laskemiseksi tarpeelliset kulutukset rakennuksen lämmitettyä neliometriä kohti. Hallin tilan- ja lämpimän käyttöveden lämmitys toteutetaan nestekaasulla. Mahdollisuutta lämmittää tilaa vanhassa hallissa olevan maalauslinjan lämmöntuotolla selvitetään. Sähkö otetaan sähköverkosta.

TAULUKKO 25. Tuotantohallin kokonaisenergiankulutus eli E-luku

Energiaskenta	Nettotarve	Ostoenergia	Energiamuotojen kertoimet	
	kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)		
Tilojen lämmitys	62,5	41,6	1,0	41,6
Käyttöveden lämmitys	4,6	5,47	1,0	5,5
Lämmityksen sähkönkäyttö	0,5	0,5	1,7	0,9
Valaistus	21,1	21,1	1,7	35,9
Kuluttajalaitteet	2,0	2,0	1,7	3,4
Teollisuuden laitteet	34,3	34,3	1,7	58,3
Yhteensä	125	105	E-luku	146

6.3 Lämpöhäviöiden määräystenmukaisuus

Lämpöhäviöiden määräysten mukaisuus tarkistettiin Suomen rakennusmääräysten osan D3 mukaisella laskimella (liite 8). Laskennassa käytettiin rakenteiden osalta suunnitteluratkaisuja. Ikkunoiden ja ovien U-arvojen osalta käytettiin määräysten mukaista maksimia. Ilman mittausta tai rakennusvalvonnan hyväksyntää ilmanvuotolukuna käytetään $q_{50} = 4,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$. Todellisuudessa huolellisella rakentamisella on kuitenkin helppo saavuttaa matalampi arvo. Ilman vaihtokoneena käytetään määräysten mukaista minimiä.

7 HAVAINNOT JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössä perehdyttiin Mever Oy:n uuden tuotantohallin rakennussuunniteluun ja rakennusluvan vaatimaan energiaselvitykseen ja palotekniseen tarkasteluun. Opinnäytteessä käsiteltiin myös hallin rakentamisesta syntyvät kustannukset ja tulevan tuotantohallin toteuttaminen. Tavoitteena oli tehdä rakennusluvakuvat ja selvittää energiankulutus ja palotekniset vaatimukset.

Aluksi opinnäytetyössä suunniteltiin tilaajalta saatujen tietojen pohjalta tuleva halli ja sen sijainti tontilla. Suunnittelussa oli otettava huomioon hallin tilan tarve ja sijoittelu tontilla sekä kaasusäiliön sijainti. Haasteita aiheutti myös suunnittelun apuna käytettyjen AutoCAD 2004- ja 2012 -ohjelmien yhteensovittaminen.

Paloteknisessä tarkastelussa käytettiin apuna Puuinfo Oy:n ohjetta ja Suomen rakennusmääräyskokoelman osia E1 ja E2 puuhallin paloteknisesti turvallisten ja määräysten mukaisten ratkaisujen löytämiseksi. Rakennuksessa olevan palokuorman, toiminnan palovaarallisuusluokan, rakennuksen paloluokan ja valitun suojaustason perusteella vaatimuksia muodostui käyttötapaosastoinnissa käytetyille rakennusosille ja yläpohjaontelon pinta-alaosastoinnille. Eristävyydelle ja tiiveydelle, kesto aika palossa on 30 min. Puuta on mahdollista käyttää ulkoseinissä, eikä sen käytölle muodostunut rajoitetta.

Hallin rakentamisen kustannukset laskettiin käyttäen Haahtela-kehitys Oy:n Talonrakennuksen kustannustieto 2015 -kustannusohjelmistoa ja ohjelmiston mukaisia kustannustietoja. Rakennusosien määrät laskettiin lupa- ja luonnoskuvista. Yläpohja ja ulkoseinärakenne poikkesivat hieman perinteisistä ratkaisuista, joten niiden hinnat arvioitiin avoimen puurakennusjärjestelmän puurakenteiden kustannustietojen perusteella. Laskelmista saatiin tavoitehinta ja rakennusosa-arvio. Kohteen valmistuttua olisi hyvä suorittaa kustannuksille jälkilaskenta, jotta voidaan tarkastella kustannusarvioiden oikeellisuutta ja ottaa mahdolliset virheet jatkossa huomioon.

Energiankulutus laskettiin luonnossuunnitelmien ja Suomen rakennusmääräyskokoelman osien D3 ja D5 pohjalta ja lämmitysjärjestelmänä käytettiin määräysten mukaisia ratkaisuja. Laskelmissa on tehty joitain oletuksia, joten laskelmat

tarkentuvat, kun suunnitteluratkaisut täsmentyvät. Rakennuksen kokonaisenergiankulutukseksi eli E-luvuksi saatiin 146 kWh/(m² a).

Opinnäytetyössä pääpiirustusten ja hallin suunnitteluun käytetty aika on noin 110 h, joka käsittää luonnostelut, keskustelut osapuolten kesken ja käynnit Lapualla. Kustannusarvioihin aikaa arvoilta kului 80 h, johon on kuulunut määrälaskentaa ja tiedon hankintaa ja jäsennystä. Haasteellista kustannusarvioiden teossa oli saada luotettava arvio, joka vastaisi todellisuutta.

Energiankulutuksen laskentaan aikaa on käytetty noin 100 h. Aikaa kului, koska kohde oli tavanomaisesta poikkeava ja valmiita laskureita ei voitu hyödyntää. Energialaskenta täytyi suorittaa vaihe vaiheelta ja manuaalisesti. Tuotantorakennus ei varsinaista energiatodistusta määräysten mukaan tarvinnut, mutta energiankulutus on silti osoitettava. Opinnäytetyössä energiankulutus on laskennallinen ja sitä tulee verrata mahdolliseen toteutuvaan energiankulutukseen rakennuksen valmistuttua.

Palotekniseen tarkasteluun aikaa kului noin 90 h. Aiheesta oli hyvin tietoa tarjolla ja sitä oli helppo hyödyntää. Tuotanto- ja hallirakennukselle ei ollut määräyksissä tehty oletuksia, joten paljon aikaa vei manuaalinen kohdekohtainen laskenta palokuormaa arvioitaessa.

Tämän raportin kirjoittamiseen on käytetty arviolta 30 h. Työssä opin tiedon hakua ja käyttämistä sekä määräysten lukutaitoa ja soveltamista käytäntöön. Sain myös hyvän kuvan rakennushankkeen kulusta.

LÄHTEET

1. Männistö, Juha – Takala, Risto – Siltala, Kalle 2005. Hallin rakennuttaminen: rakennushankkeen toteutus. Puuinfo Oy. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/hallin-rakennuttaminen/rakennuttamisohjewe2.pdf>. Hakupäivä 22.3.2016.
2. Salonen, Kari – Keronen, Asko – Lod, Timo 2009. Puuhallin suunnittelu: Esi-suunnittelu ja arkkitehtoniset valinnat. Puuinfo Oy. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/suunnitteluohjeet/puuhallin-suunnittelu-esisuunnittelu-ja-arkkitehtoniset-valinnat>. Hakupäivä 22.3.2016.
3. Haahtela, Yrjänä – Kiiras, Juhani 2015. Talonrakennuksen kustannustieto 2015. Helsinki: Haahtela-kehitys Oy.
4. RT 10-11107. 2014. Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo HJR12. Rakennustieto Oy.
5. Pelttonen, Tommi – Kiiras, Juhani 1999. Rakennuttajan riskit eri urakkamuodoissa. Helsinki: RAKLI ry ja Rakennustieto Oy.
6. RT 97-11146. 2014. Sisäliikuntatilat. Liikuntasalit ja monitoimihallit 2014. Rakennustieto Oy.
7. Vaarallisten kemikaalien varastointi -opas 2015. 2015. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Saatavissa: http://www.tukes.fi/Tiedostot/kemikaalit_kaasu/Vaarallisten_kemikaalien_varastointi.pdf. Hakupäivä 24.3.2016.
8. RT 94-10969. 2009. Pysyvien työpaikkojen puku-, pesu- ja wc-tilat. Rakennustieto Oy.
9. Niskanen, Toivo – Mäkinen, Pirkko 2010. Henkilöstötilat. Opas henkilöstötilasäädösten soveltamisesta työpaikoilla. Työturvallisuuskeskus TTK. Saatavissa: <http://ttk.fi/files/1607/Henkilostotilat.pdf>. Hakupäivä 28.12.2016.
10. E1 (2012). 2011. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2012. E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö,

Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1_2011-fi.pdf. Hakupäivä 18.11.2015.

11. Ympäristöministeriö 2003. 2003. Ympäristöopas 39, Rakennusten paloturvallisuus & paloturvallisuus korjausrakentamisessa. Helsinki: Ympäristöministeriö asunto ja rakennusosasto. Saatavissa: <http://hdl.handle.net/10138/40357> Hakupäivä 28.12.2016.
12. Autio, Veli – Björkman, Jouni – Grönberg, Peter – Heinisuo, Markku – Ylihärtilä, Heikki 2011. Rakennusten palokuormien inventaariotutkimus. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja, B47. Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/24825/B47.pdf?sequence=3> Hakupäivä 28.12.2016.
13. Rakennusvaipan paloturvallisuus – opas suunnittelijalle. 2015. Suomen lämmöneristevalmistajien yhdistys Finnisol ry. Saatavissa: www.paroc.fi/-/media/Files/Campaigns/Finnisol-opas-07052015.ashx?la=fi-FI Hakupäivä 28.12.2016.
14. E2 (2005). 2005. Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus. E2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: www.finlex.fi/data/normit/28207-E2su2005.pdf. Hakupäivä 18.11.2015.
15. Paloluokitus 2016. Paroc Group. Saatavissa: <http://www.paroc.fi/know-how/palo/paloluokitus>. Hakupäivä 5.7.2016.
16. Enkovaara, Esko – Haveri, Heikki – Jeskanen, Pekka 1998. Rakennushankkeen kustannushallinta. Helsinki: Rakennustieto Oy.
17. L 17.6.2014/477. Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140477>. Hakupäivä. 5.7.2016.
18. Haahtela-hintaindeksi 1/2016. 2015. Haahtela-kehitys Oy. Saatavissa: https://www.haahtela.fi/images/documents/indeksit/Haahtela_hintaindeksi_1_2016.pdf. Hakupäivä 4.4.2016.

19. Salla, Pekka 2012. Rakennuttajan kustannusarvioiden laadinta. Lappeenranta: Aalto University Professional Development – Aalto PRO. Saatavissa: http://aaltopro2.aalto.fi/lomakkeet/tilaukset/Rakentaminen/r34/Salla-Pekka_Tutkielma_Rakennuttajan_Kustannusarvioiden.pdf. Hakupäivä 28.12.2016.
20. Haahtela, Yrjänä – Kiiras, Juhani 2014. Talonrakennuksen kustannustieto 2014. Helsinki: Haahtela-kehitys Oy.
21. D3 (2012). 2011. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. D3 Suomenrakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriön rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf. Hakupäivä 12.4.2016.
22. Kurnitski, Jarek 2012. Energiamääräykset 2012 – opas uudisrakennusten energiamääräysten soveltamiseen. Helsinki: Suomen rakennusmedia Oy.
23. Tasauslaskentaopas 2012 – rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden osoittaminen. Ympäristöministeriö 2011. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B4A826B40-9B82-4749-B6BA-7A3537EA9DAE%7D/40514>. Hakupäivä: 17.12.2016.
24. C3 (2005). 2005. Rakennuksen lämmöneristys. Määräykset ja ohjeet 2007. C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa: www.finlex.fi/data/normit/29517-C3_2007.pdf. Hakupäivä 5.7.2016.
25. Energiatodistusopas 2013 – rakennuksen energiatodistus ja kokonaisenergiankulutuksen määrittäminen. Ympäristöministeriö 2013. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B2F479B50-D83D-4A2C-B726-749FBCF5F7CD%7D/91388>. Hakupäivä 17.12.2015.
26. D5 (2012). 2013. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Määräykset ja ohjeet 2012. D5 Suomenrakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriön rakennetun ympäristön osasto.

Saatavissa: www.ym.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468. Hakupäivä 5.7.2016.

27. Työterveyslaitos. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/tyoymparisto/valaistus/valaistusvoimakkuus/sivut/default.aspx>. Hakupäivä 5.7.2016.

28. KH X1-00244, Kiinteistön ylläpidon kustannuksia ja menekkejä. 1998. VTT Rakennustekniikka.

29. Keskustelut hankkeen osapuolten kesken. Mever Oy, Lapua. 2016.

LIITTEET

Liite 1 Tonttiluonnokset

Liite 2 Kuvat tontilta

Liite 3 Pääpiirustukset

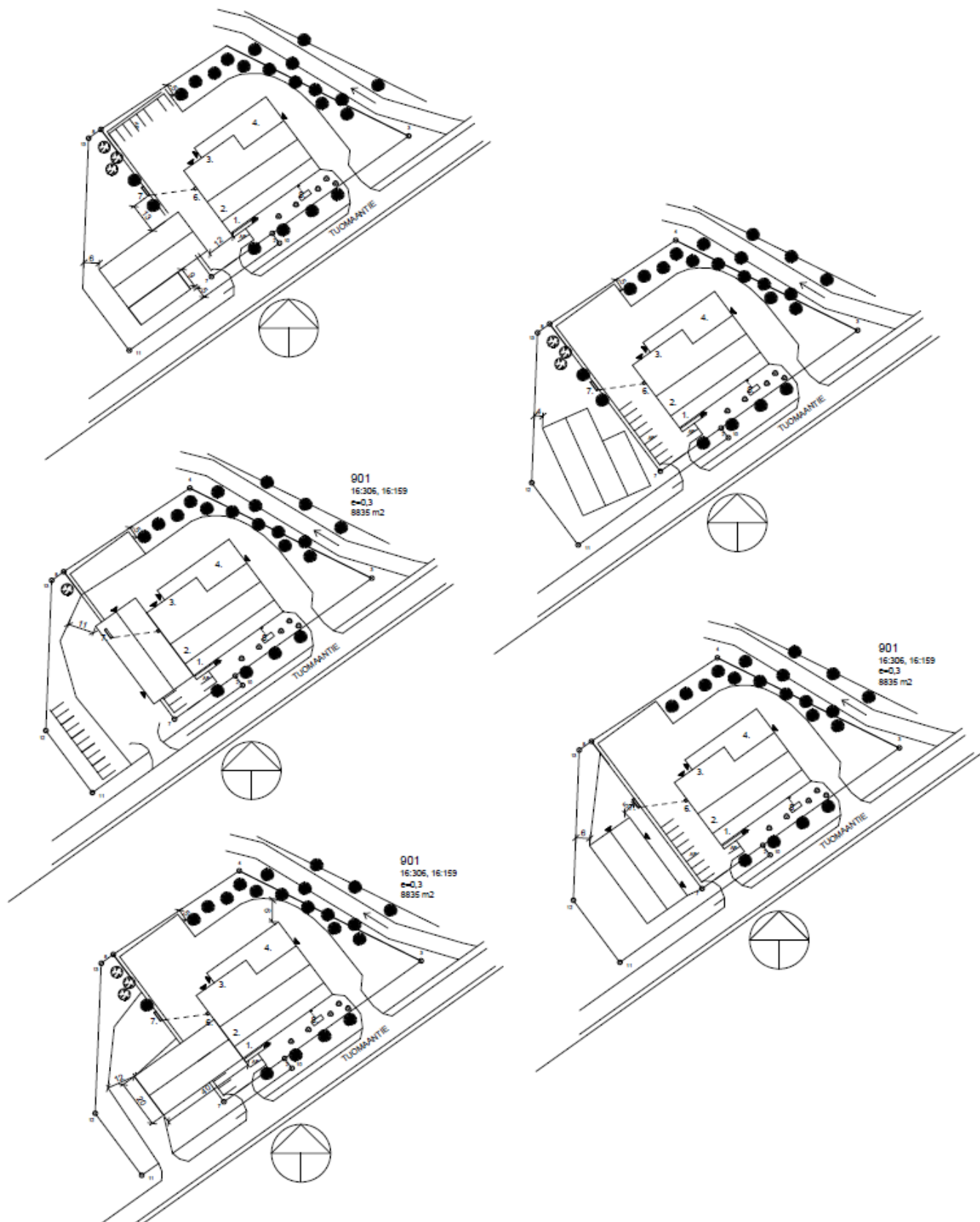
Liite 4 Tavoitehinta

Liite 5 Rakennusosa-arvio

Liite 6 Kustannuslaskentamuistio

Liite 7 Energiankulutuksen laskelmia

Liite 8 Lämpöhäviöiden tasauslaskelma





Vanhan hallin liittymä



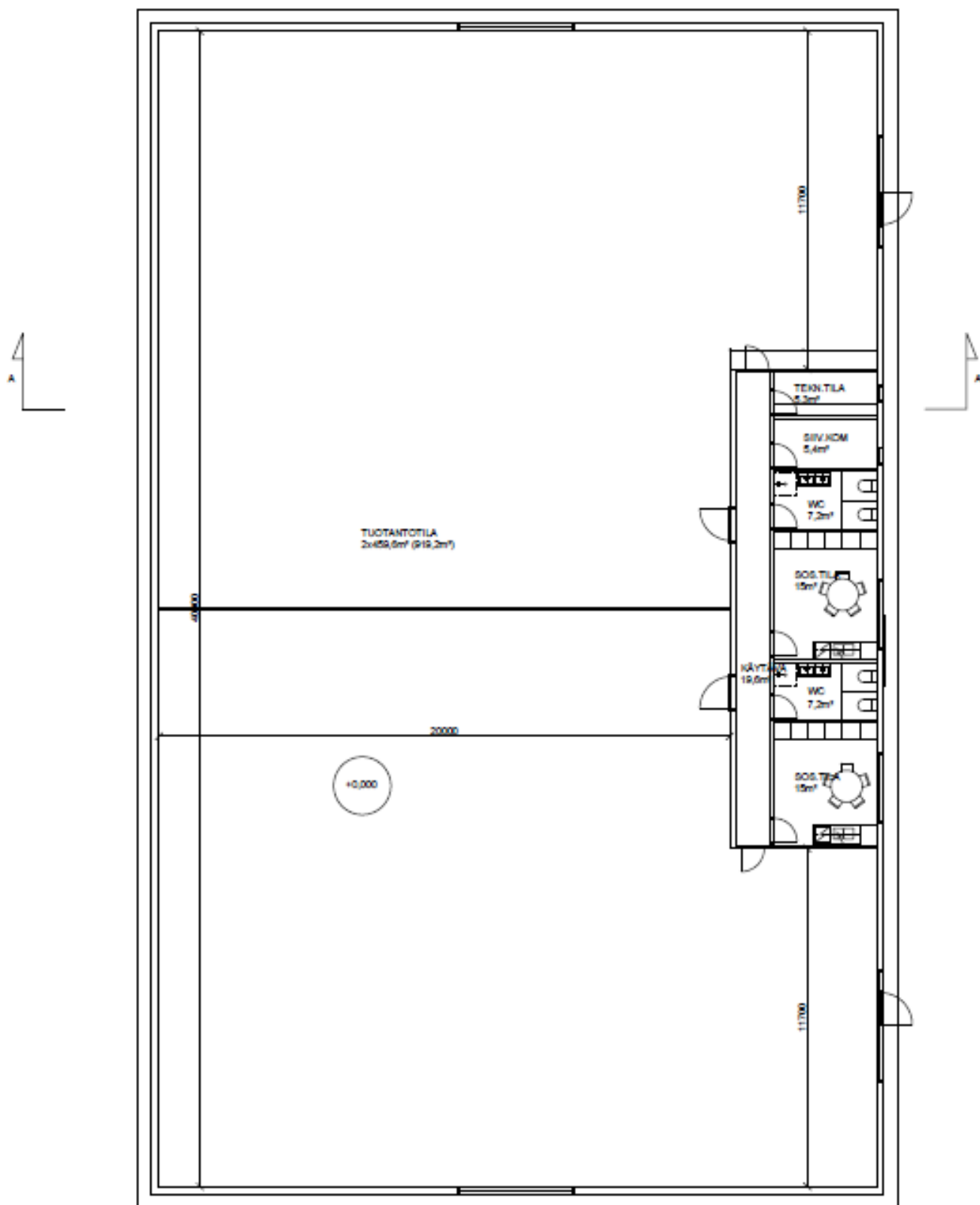
Uuden hallin tontti vanha hallin katolta



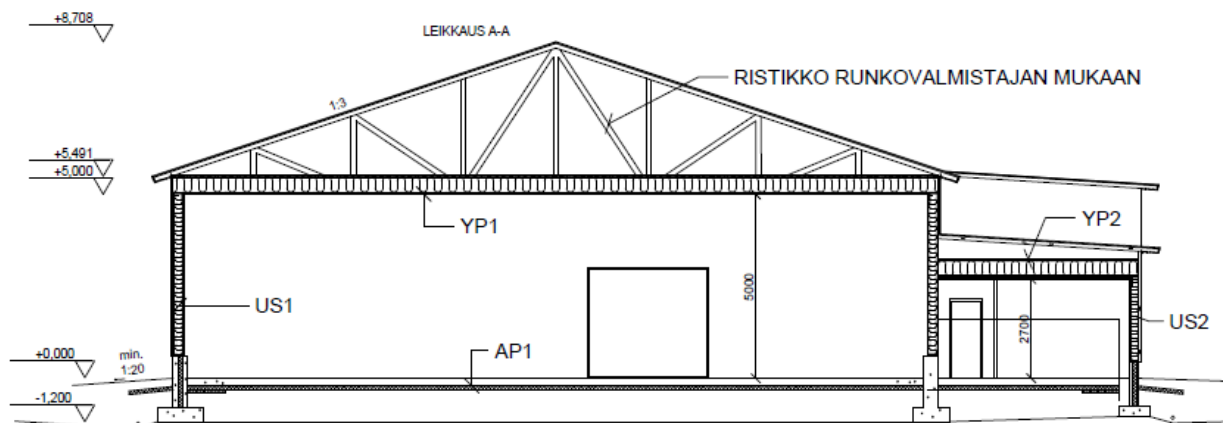
Näkymä vanhan hallin katolta ja kaasusäiliö



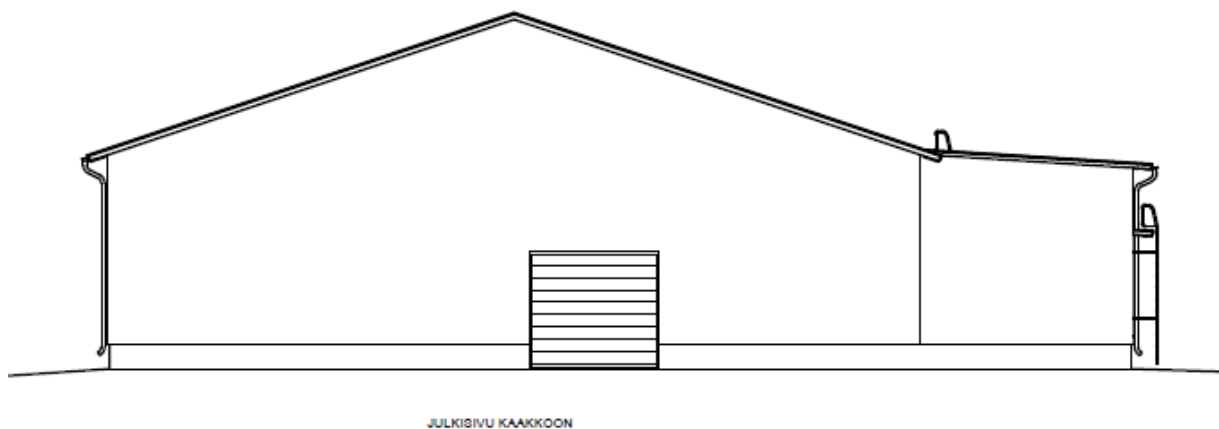
Julkisivut Tuomaantielle

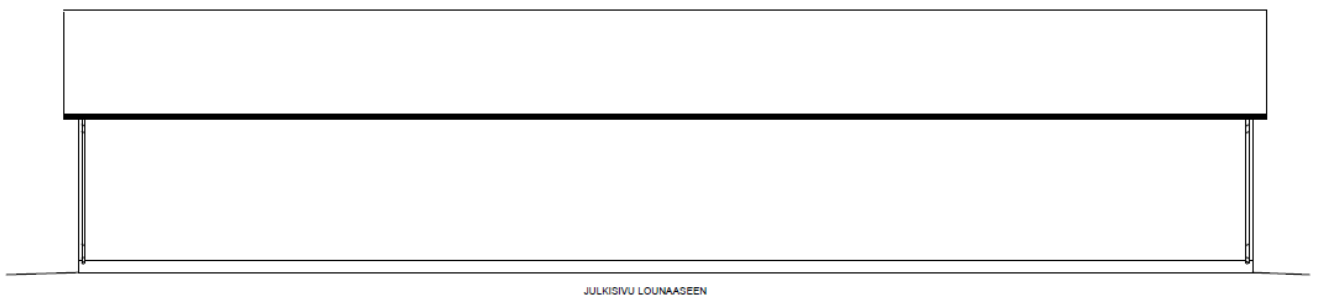
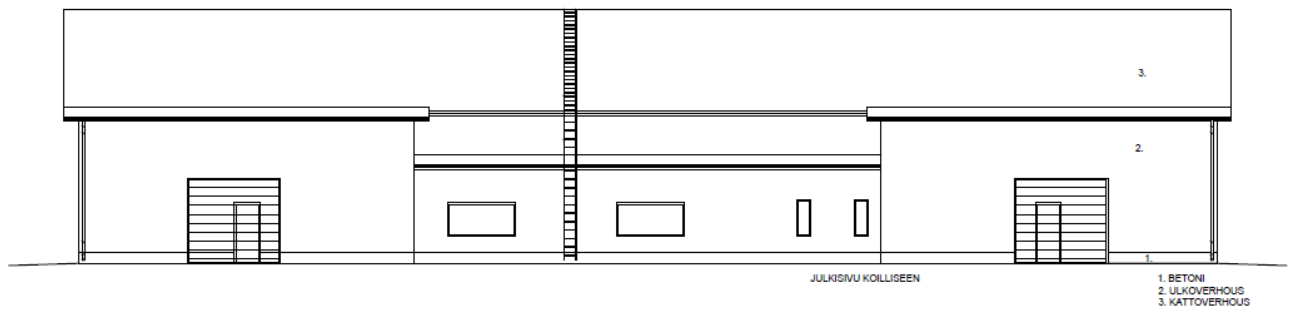
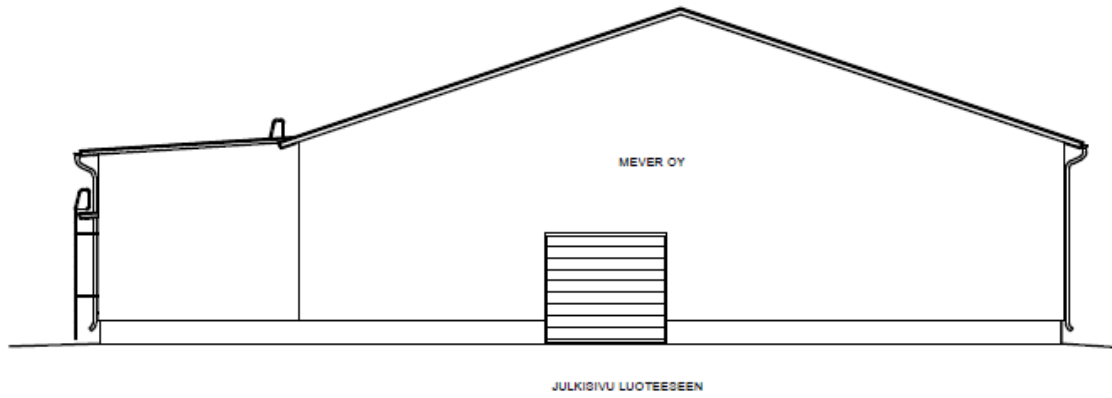


Uuden hallin tasokuva



Leikkaus A-A





TAKU™

TAVOITEHINTA

4.4.2016

Sivu 1/1

Opetuskäyttö

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Hanke:
1 1 Tuotantohalli, Mever Oy

Tuomaantie

Vaihe: Yleissuunnittelu
Paikkakunta: Seinäjoki
Haahtela-ind.: 72,0 / 1.2015
Hintataso: 72,0 / 4.2016
Laajuus: 993 m2, 1 048 brm2, 5 682 rm3
Hankekoko: 1 048 brm2
Jakaja: 993 m2

HANKINTAHINTA, UUDIS - HINTAERITTÄIN

Talo 2000 Hankenimikkeistö	€	€/m2	%
1 Rakennusosat	457 000	460	54,7
2 Tekniikkaosat	137 000	138	16,4
3 Hanketehtävät	217 000	219	26,0
RAKENNUS	811 000	817	97,1
4 Kiinteistötehtävät	7 000	7	0,9
KIINTEISTÖ	819 000	825	98,0
5 Käyttäjätehtävät			
6 Hankevaraukset	17 000	17	2,0
HANKE	836 000	842	100,0
Arvonlisävero 24% (ei sis. tontin hankintaa ja hankerahoitusta)	201 000	202	
HANKE YHTEENSÄ	1 036 000	1 044	

TAKU™

RAKENNUSOSA-ARVIO

11.4.2016

Sivu 1/2

Opetuskäyttö

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Hanke:
1 1 Tuotantohalli, Mever Oy

Tuomaantie

Vahe: Yeissuunnittelu
Pakkakunta: Seinäjoki
Haahtela-ind.: 72,0 / 1.2015
Hintataso: 72,0 / 4.2016
Laajuus: 1 048 brm2

PERUSTAMISKUSTANNUKSET

Talo 80 -nimikkeistö	€	€/brm2	%	Vrt €/brm ²
B1 Rakennuttajan kustannukset				
Suunnittelu ja tutkimukset	3 000	3	0,4	
Rakennuttaminen ja valvonta	3 000	3	0,4	
Liittymismaksut	5 000	4	0,6	
Muut rakennuttajan kustannukset				
Yhteensä	11 000	10	1,4	
B2 Rakennustekniset työt				
1 Alue-työt	39 000	37	5,1	
1 Rakennuksen maatyöt				
2 Perustukset ja kellarin erityisrakenteet	101 000	97	13,3	
3 Runko- ja vesikatkorakenteet	289 000	276	38,0	
4 Täydentävät rakenteet	15 000	15	2,0	
5 Sisäpuoliset pintarakenteet	58 000	56	7,7	
6 Kalusteet, varusteet, laitteet	6 000	6	0,8	
7 Kone-tekniset työt				
8,9 Työmaan käyttö- ja yhteiskust.	35 000	34	4,6	
Kate	3 000	3	0,4	
Yhteensä	548 000	523	72,0	
B3 LVI-työt				
71 Lämmityslaitteet	23 000	22	3,0	
71 Vesi- ja viemärytyöt	47 000	45	6,2	
71 Muut putkityöt				
72 Ilmanvaihtotyöt	23 000	22	3,1	
72 Säätölaitteet				
72 Muut iv-työt				
Yhteensä	93 000	89	12,3	

RAKENNUSOSA-ARVIO

Sivu 2/2

Talo 80 -nimikkeistö	€	€/brm2	%	Vrt €/brm ²
B4 Sähkötyöt				
Valaistus				
Sähkön jakelu				
Sähkökeskukset				
Muu sähkö	105 000	100	13,7	
Yhteensä	105 000	100	13,7	
B5 Erillishankinnat				
B1...B5 Rakennuskustannukset yhteensä	757 000	722	99,4	
Muut kustannukset				
Tontti				
Toiminta varustus				
Toiminnan ylläpito				
Rahoitus	5 000	4	0,6	
Hankevaraukset				
Muut kustannukset	5 000	4	0,6	
PERUSTAMISKUSTANNUKSET	761 000	727	100,0	
Arvonlisävero 24% (ei sis. tontin hankintaa ja hankerahoitusta)	182 000	173		
PERUSTAMISKUSTANNUKSET YHTEENSÄ	943 000	900		

Kustannuslaskentamuistio

11.4.2016

Tämä muistio on tehty laskettaessa Mever Oy:n tuotantohallin uudisrakennuskustannuksia Haahela-kehitys Oy:n Talonrakennuksen kustannustieto 2015- ohjelmalla. Haahelan-hintaindeksialueeksi on valittu rakentamispaikkaa lähinnä oleva kaupunki, joka kattaa myös rakennuspaikan eli Lapuan Härsilän ja rakentamisajaksi on valittu aika jona kustannusarvio tehdään eli 4/2016. Kustannusarvion laatijana toimi rak. ins. opiskelija Mikko Mäkitalo.

Tilojen koot on syötetty ohjelmaan sellaisena kuin ne luonnoksessa on esitetty. Tuotantohallissa pidettävä lämpötila on 17 astetta celsiusasta eli puolilämmin tila. Sosiaali- ja toimistotiloissa pidetään lämpötilana 21 celsiusastetta. Tila lämmitetään ja vetoisuudelle ei ole vaatimuksia. Lämpökuorma on oletuskuorma eikä vetoisuudelle ole asetettu vaatimuksia. Ilmanvaihto on kustannusarviossa huomioitu oletusilmanvaihtojärjestelmänä.

Rakennusosa-arviossa määrät on laskettu siten, kuin luonnoskuvista mahdollista talo 80- nimikkeistön mukaan. Ohjelmassa ei ollut valmiina kaikkia käytettäviä rakenteita, joten ne on arvioitu Avoimen puurakennejärjestelmän - puurakenteiden kustannustietojen perusteella. Rakennuttajan kustannukset B1 tiedot on saatu tilaajalta ja lisätty arvioon niiden tietojen perusteella.

Rakennusosat	Ulkolämpötila	US puolilämmin	US lämmin	YP	AP	IKK	OVET	Lämmin/puolilämmin			
	°C	kWh,kk	kWh,kk	kWh,kk	kWh,kk	kWh,kk	kWh,kk	kWh,kk			Lämpöhäviöt / kk
Tammikuu	-3,97	1679,4	111,48	1384,21	2666,62	210,62	488,33	192,64	6733,3	Tammikuu	9102,9
Helmikuu	-4,5	1721,9	113,85	1419,20	2721,04	215,95	500,67	197,50	6890,1	Helmikuu	9319,6
Maaliskuu	-2,58	1568,1	105,28	1292,46	2523,90	196,66	455,96	179,87	6322,2	Maaliskuu	8534,7
Huhtikuu	4,5	1001,1	73,67	825,11	1796,92	125,55	291,09	114,83	4228,3	Huhtikuu	5640,7
Toukokuu	10,76	499,7	45,72	411,90	1154,13	62,67	145,31	57,32	2376,8	Toukokuu	3081,9
Kesäkuu	14,23	221,8	30,23	182,85	797,83	27,82	64,51	25,45	1350,5	Kesäkuu	1663,5
Heinäkuu	17,3	-24,0	16,52	-19,80	482,60	-3,01	-6,99	-2,76	442,5	Heinäkuu	408,6
Elokuu	16,05	76,1	22,10	62,71	610,95	9,54	22,12	8,73	812,2	Elokuu	919,6
Syyskuu	10,53	518,2	46,75	427,08	1177,75	64,98	150,67	59,43	2444,8	Syyskuu	3175,9
Lokakuu	6,2	864,9	66,08	712,90	1622,36	108,48	251,50	99,21	3725,5	Lokakuu	4945,8
Marraskuu	0,5	1321,4	91,53	1089,15	2207,64	165,73	384,24	151,57	5411,3	Marraskuu	7275,8
Joulukuu	-2,19	1536,9	103,54	1266,72	2483,85	192,74	446,88	176,28	6206,9	Joulukuu	8375,3
Yhteensä		10985,6	826,74	9054,48	20245,60	1377,74	3194,31	1260,08	46944,5	Yhteensä	62444,5

Rakennusosien lämpöhäviöt

Vuotoilma		
Tammikuu	-3,97	1595,8
Helmikuu	-4,5	1636,1
Maaliskuu	-2,58	1490,0
Huhtikuu	4,5	951,2
Toukokuu	10,76	474,8
Kesäkuu	14,23	210,8
Heinäkuu	17,3	-22,8
Elokuu	16,05	72,3
Syyskuu	10,53	492,4
Lokakuu	6,2	821,9
Marraskuu	0,5	1255,6
Joulukuu	-2,19	1460,3
Yhteensä		10438,3

Vuotoilman lämpöhäviöt

Korvausilma		
Tammikuu	-3,97	379,95
Helmikuu	-4,5	389,55
Maaliskuu	-2,58	354,76
Huhtikuu	4,5	226,48
Toukokuu	10,76	113,06
Kesäkuu	14,23	50,19
Heinäkuu	17,3	-5,44
Elokuu	16,05	17,21
Syyskuu	10,53	117,23
Lokakuu	6,2	195,68
Marraskuu	0,5	298,96
Joulukuu	-2,19	347,69
Yhteensä		2485,32

Korvausilman aiheuttamat lämpöhäviöt

Kylmäsillat	Ulkolämpötila	US-US	YP-US	AP-US	IKK & OVI - US			Gsäteily,pystysuunta	Qaur, kWh
	°C	kWh,kk	kWh,kk	kWh,kk	kWh,kk			kWh/m ²	
Tammikuu	-3,97	12,56	123,25	205,94	52,11	393,86	Tammikuu	4,7	29,98
Helmikuu	-4,5	12,87	126,37	211,15	53,43	403,82	Helmikuu	13,8	88,03
Maaliskuu	-2,58	11,72	115,08	192,29	48,66	367,75	Maaliskuu	38,1	243,03
Huhtikuu	4,5	7,48	73,47	122,76	31,06	234,78	Huhtikuu	56,3	359,12
Toukokuu	10,76	3,74	36,68	61,28	15,51	117,20	Toukokuu	82,1	523,70
Kesäkuu	14,23	1,66	16,28	27,20	6,88	52,03	Kesäkuu	87,9	560,69
Heinäkuu	17,3	-0,18	-1,76	-2,95	-0,75	-5,63	Heinäkuu	91,1	581,10
Elokuu	16,05	0,57	5,58	9,33	2,36	17,84	Elokuu	66,4	423,55
Syyskuu	10,53	3,87	38,03	63,54	16,08	121,52	Syyskuu	37,5	239,20
Lokakuu	6,2	6,47	63,48	106,06	26,84	202,85	Lokakuu	15,6	99,51
Marraskuu	0,5	9,88	96,98	162,04	41,00	309,91	Marraskuu	5,5	35,08
Joulukuu	-2,19	11,49	112,79	188,46	47,69	360,43	Joulukuu	3,2	20,41
Yhteensä		82,13	806,23	1347,12	340,86	2576,34	Yhteensä		3203,41

Kylmäsiltojen aiheuttamat lämpöhäviöt ja vuotuinen säteilyntuoma lämpöenergia

Lämpökuorma auringosta	Qaur kWh/a
Aikk	13,5
Gsäteily, pystypinta	502,2
Fläpäisy	0,75
g	0,63
Qaur	3203,40825

Ikkunoista tuleva lämpöenergia

Rakennuskohde	Tuotantohalli, Mever Oy
Rakennuslupatunnus	
Rakennustyyppi	1-kerroksinen teollisuusrakennus, ikkunapinta-alalle ei vaatimuksia
Pääsuunnittelija	
Tasauslaskelman tekijä	MM
Päiväys	30.6.2016
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET JA LÄMPÖHÄVIÖ VASTAA MATALAENERGIATASOA

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	4 779 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasot yhteensä	999 m ²
Kerroskorkeus	5,5 m
Huonekorkeus	5,0 m
Ilmatilavuus, V, lämpimät tilat	183 m ³
Ilmatilavuus, V, puoliämpimät tilat	4 596 m ³

Laskentatuloksia

Julkisivun pinta-ala on 713 m²
 Ikkunapinta-ala on 1 % maanpäällisestä kerrostasosalasta
 Ikkunapinta-ala on 2 % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on 78 % vertailutasosta (lämpimät tilat)
 Lämpöhäviö on 78 % vertailutasosta (puoliämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m ² [A]		U-arvot, W/(m ² K) [U]			Lämpöhäviöiden taseus	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Erimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT							
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä		35	0,17	0,60	0,17	-	6,0
Hirsiseinä			0,40	0,60		-	-
Yläpohja	68	68	0,09	0,60	0,09	6,1	6,1
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,09	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,17	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen)	68		0,16	0,60	0,14	10,8	9,5
Muu maanvastainen rakennusosa			0,16	0,60		-	-
Ikkunat	48,8	13,5	1,00	1,80	1,00	48,8	13,5
Ulko-ovet			1,00	-	1,00	-	-
Kattoikkunat			1,00	1,80		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	184	184				65,7	35,0
Puoliämpimät tilat							
Ulkoseinä	532	633	0,26	0,60	0,17	138,4	107,6
Hirsiseinä			0,60	0,60		-	-
Yläpohja			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,14	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,26	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen)	919		0,24	0,60	0,14	220,6	128,7
Muu maanvastainen rakennusosa			0,24	0,60		-	-
Ikkunat	101,0	0,0	1,40	2,80	1,00	141,4	0,0
Ulko-ovet	31,3		1,40	-	1,00	43,8	31,3
Kattoikkunat			1,40	2,80		-	-
Puoliämpimät tilat yhteensä	1 584	1 584				544,2	267,6
VAIPAN ILMAVUODOT							
		Ilmanvuotoluku, 1/h [n _{le}]	Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _v , v ³ n _{le} /25 x V/3600]			Ominaislämpöhäviö, WK [H _{vuotoilma} = 1200 x q _v , v ³]	
		Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Vuotoilma							
Lämpimät tilat		2,0	4,0	0,0041	0,0081	4,9	9,7
Puoliämpimät tilat		2,0	4,0	0,1021	0,2043	122,6	245,1
ILMANVAIHTO							
		Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v,p}]	LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _{la}]			Ominaislämpöhäviö, WK [H _{lv} = 1200 x q _{v,p} x (1-η _{la})]	
		Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
Hallittu ilmanvaihto							
Lämpimät tilat		0,053		45	45	35,0	35,0
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta				0		-	-
Puoliämpimät tilat		0,053		45	45	35,0	35,0
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta				0		-	-
Rakennuksen lämpöhäviöiden taseus							
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						108	80
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä						702	548

¹⁾ Ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämpöhäviö kerrotaan luvulla 0,8 rakentamismääräykkoelman osan D3 mukaisesti.

Tällä tavalla otetaan huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila.

Ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta.

Rakennuskohde	Tuutantohalli, Miehenväylän tasauslaskelma, D3-2010 (voimassa 1.1.2010 alkaen)
Rakennuslupatunnus	

Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista

Pinta-alat (osa C3)			
Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta	kyllä	ei	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa			
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- puoliämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Rakennusosien U-arvot ja vaipan lämpöhäviö (osa C3)			
U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia	kyllä	ei	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vaipan suunnittelu- ja vertailuratkaisun ominaislämpöhäviön suhde on enintään 1,3			Enimmäisarvo Toteutunut arvo
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>		1,3 0,53
- puoliämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>		1,3 0,49

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus (D3)			
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen	kyllä	ei	Vertailu- Suunnittelu- arvo arvo
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>		106 W/K 80 W/K
- puoliämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>		702 W/K 548 W/K

Tarkistuslistan yhteenvedo			
Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset	kyllä	ei	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Lisäselvitykset

Rakennuksen vuotoilma (osa D3)	
Jos lämpöhäviöselvityksessä vaipan ilmanvuotoluvin n_{50} suunnittelu-arvo on alle 4 l/h, ilmanpitävyydestä on esitettävä selvitys	
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhde (osa D2)	
Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen määrittämisestä on esitettävä selvitys	

Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso (osa D3)			
Kun suunnitellaan matalaenergiarakennusta, tulisi rakennuksen laskennallisen lämpöhäviön olla enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä. Tällöin vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään hirsiseinille lämmönläpäisykerroimen vertailuarvoa 0,17 W/m ² K lämpimissä tiloissa ja 0,26 W/m ² K puoliämpimissä tiloissa.			
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 % vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä			85 % vertailu- Suunnittelu- arvo arvo
	kyllä	ei	
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	90 W/K 80 W/K
- puoliämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	596 W/K 548 W/K
Suunnitteluratkaisu vastaa matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötasoa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	