

Mikko Kähkönen

ELINKAARITALOUDELLINEN PIENTEOLLISUUSRAKENNUS

Rakennustekniikan koulutusohjelma

2011

ELINKAARITALOUDELLINEN PIENTEOLLISUUS

Kähkönen, Mikko
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
kesäkuu 2011
Ohjaaja: Heinonen, Jarkko
Sivumäärä: 40
Liitteitä: 22

Asiasanat: elinkaari, energiatehokkuus, pienteollisuus, korjaamo

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia arkkitehtisuunnitelmat ja energiatasauslaskelmat elinkaaritaloudelliseen pienteollisuusrakennukseen metsäkonehuollon tarpeisiin. Työssä tarkastellaan myös Suomen rakennusmääräyskokoelmia, jotka vaikuttavat tämän tyyppisen rakennuksen suunnitteluun. Elinkaariajattelua pyritään tuomaan esille teoriassa ja ottamaan huomioon myös käytännön suunnitelmissa.

Työssä tarkastellaan läheisesti rakennussuunnitelman lähtökohtia toimivan metsäkonehuoltorakennuksen aikaansaamiseksi. Tarkastellaan myös asiakas- ja työntekijälähtöisesti suunnitelmien käytännöllisyyttä korjaamo- ja myymälätiloissa.

Elinkaariajattelun soveltamista pienteollisuusrakentamiseen tutkitaan teorian kautta soveltaen sitä tutkimuksen kohteena olevaan rakennukseen. Laskennalla arvioidaan rakennuksen kuluttamat energiamäärät ja vertaillaan maa- ja hakelämmityksen kokonaiskustannuksia elinkaaren aikana.

Rakennuksesta tehdään investointikustannusarvio sekä selvitetään rakennuksen teoreettinen elinkaari ja arvioidaan sen aikana syntyviä ylläpitokustannuksia.

Työn lopputuloksista toivon olevan hyötyä samantyyppisiä projekteja suunnitteleville yrityksille. Kokonaisvaltaisen kuvan saaminen rakennuksen elinkaaresta pyrkii herättämään ajatuksia pienteollisuusalan rakennuskulttuurin siirtymisestä pelkästä kustannusajattelusta laajempiin näkökulmiin.

LIFE CYCLE IN SMALL INDUSTRIAL BUILDING

Kähkönen, Mikko

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

June 2011

Supervisor: Heinonen, Jarkko

Number of pages: 40

Appendices: 22

Keywords: life-cycle, energy efficiency, small scale industry, the workshop

The aim of this thesis was architectural plans and energy balancing calculations for economic lifecycle of small industrial building in harvester maintenance. The thesis also examines the Finnish building code that affect planing the building of this type. The life cycle approach seeks to raise the theory and also to take account of practical plans.

Thesis examine closely the construction plan which are based on effective harvester maintenance of the building to achieve. In thesis the customer and the employees point of view for architectural plans in the workshop and shop premises are consired.

In the theory life-cycle approach to the construction of small-scale industry is examined. Energy consumed by the building and a comparison of earth heating and woodchips application of total heating costs during the life cycle is estimated by calculation.

Building's investment cost evaluation will be done. Lifecycle and building generated maintenance costs also be evaluates.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Tausta.....	5
1.2	Työn tavoitteet.....	6
1.3	Rajaukset.....	6
2	MÄÄRÄYKSET JA OHJEET.....	7
2.1	Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat, määräykset ja ohjeet A2.....	8
2.2	Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot D1.....	8
2.3	Rakennusten sisäilmasto ja ilmavaihto D2.....	8
2.4	Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta D5..	10
2.4.1	Rakennustilavuus.....	10
2.4.2	Ilmatilavuus.....	10
2.4.3	Rakennuksen bruttopintaala.....	10
2.5	Rakennusten paloturvallisuus E2.....	11
2.6	Pelastuslaki.....	12
2.7	Yleinen rakennusuunnittelu F1.....	12
3	SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT.....	13
3.1	Rakennuksen perustiedot.....	13
3.2	Maaperä.....	13
3.3	Arkkitehtuuri.....	14
3.4	Asiakaspalvelu.....	14
3.5	Varastointi.....	15
3.6	Julkisivut.....	15
3.7	Energiatehokkuus.....	16
3.8	Aikataulu.....	17
4	SUUNNITELMAT.....	17
4.1	Lähtötiedot.....	17
4.2	Rakennusuunnittelu.....	20
4.3	Rakenneratkaisujen vertailu.....	21
4.3.1	Runkoratkaisut.....	21
4.3.2	Seinärakenteet.....	23
4.3.3	Rakennukseen valitut ratkaisut.....	26
4.4	Investointilaskelmat.....	27
4.5	Lämpöhäviöiden tasauslaskelma.....	27
5	ELINKAARITARKASTELU.....	30
5.1	Yleistä.....	30
5.2	Elinkaarikustannuslaskenta.....	31
5.3	Lämmitysmuotojen vertailu.....	32
5.3.1	Kustannusvaikutus.....	33

5.3.2	Ympäristövaikutus.....	39
6	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	40
	LÄHTEET.....	41

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Tutkimuksen kohteena oleva pienteollisuusrakennus tullaan rakentamaan vuosien 2011-2012 aikana osoitteeseen Varjuksentie 217, NAKKILA. Rakennuksen omistajana on Konekorjaamo Kähkönen, joka on myös tutkimuksen tilaaja.

Rakennus tullaan rakentamaan kasvavaa metsäkonehuollon tarvetta varten. Nykyiset kaksi korjaamorakennusta ovat ylikäytössä ja tarpeellinen pesuhalli puuttuu yritykseltä kokonaan. Toinen jo olemassa olevista hallirakennuksista tullaan muuttamaan metallityöpajaksi, jossa korjataan ja valmistetaan osia metsäkoneisiin. Myymälä- ja varastointilat ovat myös nykyisessä rakennuksessa ahtaat ja toimimattomat.

Energiatehokkuusmääräysten muuttuessa tulevaisuudessa tiukemmiksi oli yrityksellä tarve rakennuttaa nykyisten määräysten mukainen elinkaari- ja myös energiatehokas rakennus. Muuttuvat jätevesiasetukset haja-asutusalueella määräävät myös erilisen pienpuhdistamon rakentamiseen jo olemassa oleville ja tulevalle rakennuskannalle.

Tutkimuksen kohteena olevan rakennuksen puolilämpimässä osiossa tulee sijaitsemaan metsäkone- ja raskaskonehuolto. Tilaan on suunniteltu lämmin pesuhalli huoltoon tuleville koneille. Hallin toisessa päädyssä tulee sijaitsemaan varaosamyymälä sekä sosiaali- ja neuvottelutilat.

Konekorjaamo Kähkönen on perheyritys, joka on perustettu vuonna 1950. Yritys työllistää noin 10 henkilöä metsäkonehuollossa ja varaosamyynnissä. Yritys on osa maanlaajuista John Deere metsäkonehuoltoverkostoa ja se on myös sitoutunut ympäristösertifikaattien noudattamiseen emoyhtiön määräysten mukaisesti. (Konekorjaamo Kähkönen, 2011)

1.2 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia arkkitehtisuunnitelmat ja energiatasauslaskelmat elinkaaritaloudelliseen pienteollisuusrakennukseen metsäkonehuollon tarpeisiin. Työssä tarkastellaan myös Suomen rakennusmääräyskokoelmaa, jotka vaikuttavat tämän tyyppisen rakennuksen suunnitteluun. Elinkaariajattelua pyritään tuomaan esille teoriassa ja ottamaan huomioon myös käytännön suunnitelmissa.

Työssä tarkastellaan rakennussuunnitelmia toimivan metsäkonehuoltorakennuksen aikaansaamiseksi. Asiakas-, tilantarve- ja työntekijälähtöinen rakennussuunnittelu pyritään saamaan toimivaksi kokonaisuudeksi korjaamo- ja myymälätiloissa.

Elinkaariajattelun soveltamista pienteollisuusrakentamisen suunnittelussa tutkitaan teorian kautta soveltaen sitä tutkimuksen kohteena olevaan rakennukseen. Laskennalla arvioidaan rakennuksen kuluttama kokonaislämmitysenergia ja investointikustannukset lämmityslaitteiden 25 vuoden käyttöiän aikana.

Rakennuksesta tehdään investointikustannusarvio sekä arvioidaan rakennuksen teoreettista elinkaarta ja siitä aiheutuvia ylläpitokustannuksia. Tietojen pohjalta voidaan arvioida rakennuksen aiheuttamat kokonaiskustannukset ja hiilidioksidipäästöt 25 vuoden aikana.

Lopputuloksista toivon olevan hyötyä samantyyppisiä rakennuksia suunnitteleville yrityksille. Rakennuskustannusten määrä suhteessa käyttöaikaisiin kuluihin herättäneen ajatuksia elinkaaritehokkaan suunnittelun tarpeellisuudesta niin rakennus-, rakenne ja LVIS-ratkaisuissa.

1.3 Rajaukset

Tutkimustyössä käsitellään pienteollisuusrakennuksen rakennuttamista Suomen rakennusmääräyskokoelman määräävien säädösten mukaisesti. Työssä vertaillaan yleisesti eri rakenneratkaisuvaihtoehtoja. Työssä vertaillaan myös päälämmitysmuotoina maa- ja puuhakelämmitystä. Tutkitaan lämmitysmuotojen käyttö- ja ylläpitokustannuksia rakennuksen elinkaaren aikana.

Työssä ei käsitellä tarkasti pienteollisuushallin kantavia rakenteita ja niiden mallintamista, koska ne ovat tapauskohtaisia ja riippuvat valituista rakenneratkaisuista.

2 MÄÄRÄYKSET JA OHJEET

Suomen rakennusmääräyskokoelma ohjaa ja määrittää rakentamista. Rakennusmääräyskokoelma on jaettu luokkiin A-G, jotka asettavat maankäyttöön ja rakentamiseen liittyvät asiat:

- A Yleinen osa
- B Rakenteiden lujuus
- C Eristykset
- D LVI JA energiatalous
- E Rakenteellinen paloturvallisuus
- F Yleinen rakennussuunnittelu
- G Asuntorakentaminen
- Eurokoodit

Eurokoodeissa käsitellään yhteiseurooppalaisten Eurocode-standardien käyttöä suomalaisessa talonrakentamisessa. Rakennesuunnittelu tulee siirtymään Eurocode-standardeihin vaiheittain lähivuosien aikana.

Ajanmukaiset määräykset löytyvät ympäristöministeriön internetsivuilta. Rakennusmääräyskokoelma uusiutuu ympäristöministeriön esityksistä ja ne hyväksytään eduskunnassa lainvoimaisiksi. (Ympäristöministeriö, 2011)

2.1 Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat, määräykset ja ohjeet A2

Rakennukseen suunnitteluun vaikuttavat tekijät rakennusmääräyskokoelmassa A2. Suunnittelijoiden pätevyysvaatimukset rakenne- ja arkkitehtisuunnittelussa tulee täytyä Suomen lainsäädännön mukaan. Rakennusmääräyskokoelmassa A2 esitetään vaatimusluokat, jotka tulee täytyä suunnittelussa. Nykyisen A2:n mukaan AMK-

rakennusinsinööri on pätevä arkkitehtisuunnittelemaan pienehkön tai teknisiltä ominaisuuksiltaan tavanomaisen rakennuksen. Arkkitehtisuunnitelmat vastaavat silloin vaatimusluokkaa B. (Suomen RakMK A2 2005, 12)

AMK-rakennusinsinööritutkinto antaa valmiuden A vaatimusluokan rakennesuunnittelutehtäviin Rakennusmääräyskokoelmassa A2:ssa määrätyt opinnot suoritettuaan saa AMK-rakennusinsinööri suunnitella A luokan perusvaatimuksen mukaisia rakenteita. (Suomen RakMK A2 2005, 13-15)

2.2 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot D1

Rakennusmääräyskokoelman D1 osassa esitetään kaikki vesi- ja viemärlaitteistoihin liittyvät määräykset. Kokoelman mukaan ratkaistaan viemäreiden mitoitukset ja niihin liittyvät hiekan- ja öljynerotuskaivot. Vesijohtoputkien painehäviölaskelmat ja putkikoon mitoitukset saadaan myös rakennusmääräyskokoelmasta D1.

2.3 Rakennusten sisäilmasto ja ilmavaihto D2

Rakennusten ilmanvaihto tulee suunnitella rakennusmääräyksen D2 mukaisesti riittäväksi ja toimivaksi. Seuraavissa taulukoissa on esitetty pienteollisuusrakennuksen ilmanvaihdon suunnittelun lähtökohtia. Taulukossa 1 on esitetty toimiston ilmanvaihtovirrat ja taulukko 2 antaa ilmanvaihtovirtojen suunnitteluarvot työtiloille. Taulukossa 3 on määritetty suunnitteluarvot myymälätilalle. Näiden perusteella voidaan valita ilmanvaihtokoneet, jotka täyttävät määräysten antamat laskenta-arvot.

Taulukko 1. Toimistorakennusten ilmanvaihtovirrat. (Suomen RakMK D2 2008, 29)

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Poistoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Äänitaso L _{A,eq,T} / L _{A,max} dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Toimistohuone ja vastaavat tilat	8	1,5	0,35	33 / 38 *	0,20 / 0,30	*C1 ohje
Neuvotteluhuone		4		33 / 38	0,20 / 0,30	#3
Asiakastila		2		38 / 43	0,30 / 0,40	#2,
Käytävätila		0,5		38 / 43	0,30	#2,
Kahvio, taukotila		5		38 / 43	0,25	
Arkisto, varasto						
Tupakointitila: – rakennuksen käyttöaikana – rakennuksen käyttöajan ulkopuolella			20	38 / 43	0,30	#4
Kopiointihuone		1	10 4			#4
#1	Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11 Hygieniatilat.					
#2	Kiinteiden työpisteiden ilman nopeuden ohjearvot kuten toimistohuoneessa.					
#3	Jos rakennuksessa on kolme tai useampia neuvotteluhuoneita, on niiden ilmanvaihto oltava ohjattavissa tarpeen mukaan.					
#4	Tupakointitilan on aina oltava alipaineinen ympäröiviin tiloihin nähden.					

Taulukko 2. Työtilojen ilmanvaihtovirrat. (Suomen RakMK D2 2008, 33)

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Poistoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Äänitaso L _{A,eq,T} / L _{A,max} dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Tehdastyö: – Kevyt – Keskiraskas	10 10	1,5, #4 1,5, #4			0,20 / 0,30 0,25 / 0,50	
Laboratoriot (kemian)	8	1		38 / 43	0,20 / 0,40	#E, T
Autokorjaamo, katsastustilat		7, #5	3	43 / 48	0,25	
#1	Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11 Hygieniatilat.					
#2	Rakennukseen kuuluvissa toimistotiloissa sovelletaan toimistorakennuksen ohjeita.					
#3	Poistoilmavirtaa ja vastaavasti ulkoilmavirtaa suurennetaan kohdepoistojen ja/tai epäpuhtauksien hallitsemisen edellyttämällä määrällä.					
#4	Ilmanvaihtolaitos mitoitetaan vähintään ko. ilmavirralla. Laitosta voidaan käyttää pienemmällä ilmavirralla työtavoista yms. tehtävän selvityksen epäpuhtauspäästöjen ja lämpökuormien perusteella. Ilman nopeudet ovat esimerkkejä. Työn luonne ratkaisee lämpötilatason ja ilman nopeuden tapauskohtaisesti.					
#5	Edellyttää paikallista pakokaasun poistoa, jonka suuruus on vähintään 100 dm ³ /s henkilöautoille ja 300 dm ³ /s kuorma-autoille. Mikäli käytetään pakokaasunpoistokiskoa, joihin ajoneuvot ovat liitettynä koko ajan, voi ilmavirta olla 2 (dm ³ /s)/m ² . Poistoilmavirta mitoitetaan ottaen huomioon pakokaasunpoisto siten, ettei tila ole alipaineinen, ks. myös standardi SFS 3352.					
#E	Tapauskohtainen suunnittelu.					
#T	Ilmanvaihdon tarpeenmukaisen käytön oltava mahdollista.					

Taulukko 3. Myymälätilojen ilmanvaihtovirrat. (Suomen RakMK D2 2008, 31)

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Poistoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Äänitaso L _{A,eq,T} / L _{A,max} dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Myymälä		2		43 / 48	0,25	#2, #T
Teatterin katsomo	8			28 / 33	0,20	#T
Teatterin näyttämö		3		28 / 33	0,25	#2
Aula, lämpiö		5		38 / 43	0,25	#T
Konserttisali	8			25 / 30	0,20	#T
Elokuvateatteri	8			33 / 38	0,20	#T
#1	Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11. Hygieniatilat.					
#2	Kiinteiden työpisteiden ilman nopeuden ohjearvot kuten toimistohuoneessa.					
#T	Ilmanvaihto on oltava ohjattavissa tarpeen mukaan.					

2.4 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta D5

Rakennuksen pinta-alat ja tilavuudet lasketaan Suomen rakennusmääräykokoelman D5 mukaisesti. Tämän perusteella määrittelemään energiantasauslaskelmalle ja ilmanvaihtomäärille tarvittavat suunnitteluarvot.

2.4.1 Rakennustilavuus

Rakennuksen tilavuudella V_{rak} [rakm³] tarkoitetaan tilaa, jota rajoittavat ulkoseinien ulkopinnat, alapohjan alapinta ja yläpohjan yläpinta. Milloin rakennuksessa ei ole yläpohjaa tai yläpohja liittyy ilman ullakkoa vesikattoon, katsotaan rajoittavaksi pinnaksi vesikaton yläpinta suojauksineen. Milloin rakennuksen alapohjan paksuutta ei voida arvioida, lasketaan alapohjan paksuudeksi 200 mm alapohjan yläpinnasta. Rakennuksen tilavuuden laskenta esitetään standardissa SFS 2460. (Suomen RakMK D5 2010, 4)

2.4.2 Ilmatilavuus

Rakennuksen ilmatilavuus V [m³] on huonekorkeuden ja kokonaissisämittojen mukaan lasketun pinta-alan tulo. Välipohjia ei lasketa ilmatilavuuteen. Huoneiston ilmatilavuus on sen sisäpintojen rajoittaman tilakappaleen tilavuus. Väliseiniä ja välipohjia ei lasketa ilmatilavuuteen.

Huoneen ilmatilavuus on sen sisäpintojen rajoittaman tilakappaleen tilavuus. Milloin huoneessa on alakatto, jonka pintaalasta aukkojen osuus on vähemmän kuin puolet, katsotaan huonetta yläpuolelta rajoittavaksi pinnaksi alakaton alapinta. Huoneen tilavuuden laskennassa ei oteta huomioon vähäisten palkkien, pilareiden, ovija ikkunasyvennysten, listojen ja vastaavien vaikutusta. Kaikkien rakennuksen tilojen tilavuus voidaan laskea kuten huoneen tilavuus. Huoneen tilavuuden laskenta esitetään standardissa SFS 2460. (Suomen RakMK D5 2010, 4)

2.4.3 Rakennuksen bruttopintaala

Rakennuksen bruttopintaala eli bruttoala A_{br} [brm²] kuvaa koko rakennuksen laajuutta. Bruttoala lasketaan rakennuksen kaikkien kerrostasojen kerrostasoalojen summana.

Kerrostasoalat lasketaan bruttoalaan kokonaisina riippumatta kerrostason sijainnista ja sen sisältämien huoneiden käyttötarkoituksista.

Bruttoalaan lasketaan kaikki kerrostasoalat riippumatta myös siitä, ovatko huoneet kylmiä vai lämpimiä. Kerrostasoala on kerrostason ala, jonka rajoina ovat kerrostasoa ympäröivien ulkoseinien ulkopinnat tai niiden ajateltu jatke ulkoseinän pinnassa olevien aukkojen ja koristeosien osalla.

Kerrostasoala sisältää myös porrasaukot sekä alat, joissa huonekorkeus on alle 1600 mm. Rakennuksen bruttopintaalan laskenta esitetään standardissa SFS 5139. (Suomen RakMK D5 2010, 4)

2.5 Rakennusten paloturvallisuus E2

Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus määritellään rakentamismääräyskokoelmassa E2. Seuraavassa käsitellään tutkimuksen kohteena olevan rakennuksen paloturvallisuusluokitusta.

Palovaarallisuusluokkaan 1 kuuluvat rakennukset, joiden toimintoihin liittyy vähäinen tai kohtuullinen palovaara. Pienteollisuusrakennus kattaa yleensä

Rakennuksen suojaustasoksi määritellään 1, jolloin tuotanto- ja varastotilat varustetaan aina pelastus- ja sammutustyötä helpottavilla laitteilla suojaustason 1 mukaisesti. Suojaustaso vaikuttaa rakennuksen paloluokkaan, suurimpaan sallittuun osastokokoon, savunpoistoon sekä kantavien ja osastoivien rakennusosien paloluokkavaatimukseen. (Suomen RakMK E3 2005, 3)

Paloluokka vaikuttaa rakenteiden palonsuojausaikeisiin ja osastoivien seinien paloluokitukseen. Rakennus suunnitellaan lähtökohdiltaan P3 luokan rakennukseksi käyttäen seuraavaa poikkeusta määräyksessä: ”P3-luokan rakennus saa olla vain yksikerroksinen ja enintään 14 m korkea. Jos pääosin yksikerroksisessa rakennuksessa on vähäisellä osalla tiloja sijoitettu kahteen kerrokseen, voidaan rakennusta paloteknisessä mielessä tarkastella yksikerroksisen tapaan edellyttäen, että kaksikerroksisessa osassa olevat tilat liittyvät oleellisesti kyseisen rakennuksen

toimintaan. Toisen kerroksen kerrosala saa olla enintään 15 % koko rakennuksen kerrosalasta, ei kuitenkaan yli 200 k-m². Kerros erotetaan omaksi palo-osastoksi.” (Suomen RakMK E3 2005, 4-5)

2.6 Pelastuslaki

Pelastuslaki tulee uudistumaan heinäkuussa 2011. Uudessa pelastuslaissa tämäntyyppisiä rakennuksia koskevat määräykset väestönsuojaksesta muuttuvat seuraavasti:

Voimassa olevan lain mukaan väestönsuoja on rakennettava rakennusta tai samalla tontilla tai rakennuspaikalla olevaa rakennusryhmää varten silloin, kun kerrosala on vähintään 600 neliometriä ja siellä asutaan tai työskennellään pysyvästi. Pelastuslain mukaan väestönsuoja tulee jatkossa rakentaa kaikkiin rakennuksiin, joiden kerrosala on yli 1 200 neliometriä. Teollisuus-, tuotanto-, varasto- ja kokoontumisrakennusten osalta väestönsuojan rakentamisvelvollisuuden aiheuttava raja nousisi 1 500 neliometriin. (Sisäasianministeriö, 2011)

Pelastuslain muuttuminen pienentää pienteollisuushallien rakennuskustannuksia. Tätä monesti tarpeetonta rakennusosaa on käytetty yleisesti varastona ja sosiaalituloina. Kalliit rakennuskustannukset ovat kuitenkin monessa kohteessa aiheuttaneet lainvastaisestikin väestönsuojan rakentamatta jättämisen. Uusi laki tulee jättämään pienteollisuusrakennukset, joiden pinta-ala on alle 1500 neliötä rakentamisvelvoitteen ulkopuolelle ja vähentämään näin rakentamisen kokonaiskustannuksia.

2.7 Yleinen rakennusuunnittelu F1

Rakennuksen kulkuväyliä ja tiloissa liikkumista mitoittaa sekä ulko- että sisäkäyttöön soveltuvan pyörätuolin pyörähdysympyrä, jonka halkaisija on 1500. (Suomen RakMK F1 2005, 5) Pyörähdysympyrä mitoittaa myös tämäntyyppisen julkisen rakennuksen sisä- ja ulkotiloja. Kulkuväylät ja yleiset wc-tilat on mitoitettava ja rakennettava vaatimuksen täyttäväksi.

Pyörätuolin ja pyörällisen kävelytelineen avulla liikkuvien käytettävissä tulee olla tarpeelliseksi katsottava määrä sekä itsenäisesti toimiville että avustettaville liikkumisesteisille mitoitettuja ja varustettuja wc- ja pesutiloja. Tilat on varustettava liikkumisesteisen tunnuksella ja niiden tulee olla sijoitukseltaan käyttäjän tai avustajan sukupuolesta riippumattomia. Tällaisiin tiloihin tulee olla pääsy suoraan aulasta, käytävästä tai muusta vastaavasta tilasta. (Suomen RakMK F1 2005, 9)

Asiakaskäyttöön tarkoitetut wc-tilat on sijoitettava rakennuksen alakertaan suoraan maanpinnan tasolle. Niihin on taattava esteetön kulkuyhteys ilman kynnyksiä ja porrasaskelmia. Myös ulkoalueen luiskat tulee huomioida esteetöntä kulkua suunniteltaessa.

3 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

3.1 Rakennuksen perustiedot

Tutkimuksen kohteena oleva pienteollisuusrakennus rakennetaan vuosien 2011-2012 aikana haja-asutusalueelle Nakkilaan. Tämä aiheuttaa erityistarpeita jätevedenpuhdistuksen suunnittelulle, koska kunnallisenviemäröinti puuttuu rakennusalueelta.

Rakennuksen kerrosala on 1292 m² ja rakennustilavuus 10 366 m³. Päälämmityslähteenä suunnittelussa tullaan käyttämään pintakeruuputkistolla varustettua maalämpöjärjestelmää, jota käytetään myös kesäaikaisen jäähdytyksen tuottamiseen.

Rakennuksessa tullaan suorittamaan metsäkoneiden huoltoa, varaosamyyntiä ja hydrauliletkujen valmistusta. Työntekijöitä yrityksessä on noin 10 henkilöä.

3.2 Maaperä

Maaperätutkimus teetettiin Ramboll Oy:llä ja siitä yritys antoi siitä perustamistapalausannon Rakennus on mahdollista rakentaa maavaraisena

kevytrakenteisena teollisuushallina. Paalutus toisaalta tuo lisävarmuutta perustuksille, mutta tuottaa monesti myös isoja lisäkustannuksia. Tuleekin tarkkaan miettiä paalutuksen tarvetta kokonaiskustannusten kannalta, jollei maaperä välttämättä sitä tarvitse. Paalutus antaa kuitenkin varmuutta rakennuksen perustuksille koko elinkaaren ajalle, koska perustusten korjaaminen isoissa teollisuuskohteissa on monesti erittäin vaikeaa.

Maaperätutkimus ja siitä annettu perustamistapalausunto kannattaa aina teettää isoissa kohteissa, vaikka paikallinen rakennusvalvonta ei sitä välttämättä vaatisikaan.

3.3 Arkkitehtuuri

Rakennuksen arkkitehtuuriin on pyritty saamaan elementtejä, joita jo sitä ympäröivistä erilaisista rakennuksista löytyy. Laajat ikkunat myymäläosassa antavat ilmavuutta ja viihtyisyyttä työskentelyyn. Puujulkisivun käyttö osassa rakennusta vahvistaa positiivista mielikuvaa rakennuksessa suoritettavasta puunkorjuulaitteiden huollosta.

Arkkitehtuurissa on keskitytty yksinkertaisiin ratkaisuihin, joiden toteuttamiseen ei vaadita erityisosaamista tai -materiaaleja. Sopusuhtaiset ja yhtenevät ikkunat julkisivussa antavat rakennukselle harmoonisen ilmeen.

3.4 Asiakaspalvelu

Asiakaspalvelun sujuvuuden kannalta pohjaratkaisu suunnitellaan helppokäsitteiseksi ja toimivaksi. Tarpeeksi laajat ikkunat tuovat valoa ja avaruutta myymälärakennukseen. Asiakkailta tulee olla mahdollisuus liikkua sujuvasti niin varaosamyynnissä, toimistotiloissa kuin hydrauliletkujen valmistuksen tiloissa.

Merkkihuoltojen vähyden vuoksi metsäkoneita tuodaan monesti laajalta alueelta Länsi-Suomea korjattavaksi ja siirtokaluston kuljettaja jää usein odottamaan päivän aikana suoritettavaa huoltoa ja korjausta. Näille asiakkaille on suunniteltu taukuhuone, jossa he voivat viettää aikaa ja huoltaa itseään. Rakennuksen yläkerran taukotilan yhteyteen on suunnitelmassa tila, jossa asiakkaat voivat odottaa työn valmistumista.

3.5 Varastointi

Varastointiratkaisujen onnistunut suunnittelu on yksi tärkeä tekijä toimivan myymälän toteutuksessa. Pientarvikehyllymetrejä on varaosamyynnissä tarpeen noin 200 metriä. Tällaisen hyllytilan järjestäminen selkeästi järjestettynä ja pieneen tilaan mahdutettuna onnistuu parhaiten ns. varastonostureilla.

Rakennukseen on suunniteltu Kardex Oy:n toimittamat varastointijärjestelmät, niin varaosamyyntiin, kuin hydrauliletkujen ja liittimien varastointiin. Varaosajärjestelmää ohjataan suoraan laskutus- ja varastohallintaohjelmasta, jolloin tuotteiden saldot pysyvät ajantasalla ja tarvittavat tavarat löytyvät nopeasti järjestelmästä. Myös tavaroiden tuloutus järjestelmään on yksinkertaisempaa yhden varastoinilaitteen äärellä.

Varastonosturijärjestelmä auttaa pienentämään tarvittavan lattiapinta-alan määrän murto-osaan verrattuna avohyllyihin. Korkeat tilat voidaan ottaa kokonaisuudessa varastointikäyttöön ja nosturi voidaan viedä myös välipohjan läpi. Varastointijärjestelmä on alkuinvestoinniltaan arvokkaampi ratkaisu kuin yksittäiset hyllyt, mutta otettaessa huomioon tilan joka pitää hyllymetreille suunnitella, tulee nosturijärjestelmä muine etuineen järkeväksi ratkaisuksi. Myös järjestelmän elinkaari on pitkä ja siihen voidaan vaihtaa käytössä kuluvat osat, kuten sähkömoottorit. (Kardex, 2011)

3.6 Julkisivut

Teollisuusrakennusten julkisivut valmistetaan yleisesti peltipinnoitteista. Ohutteräslevy antaa muovipinnoitteisena hyvän suojan säätä ja auringon UV-säteilyä vastaan. Elinkaariajatteltuna pitkäikäinen ja huoltovapaa teräslevy on hyvä valinta julkisivumateriaaliksi. Metsäkonehuollossa tulee monesti epäpuhtauksia niin sisä- kuin ulkopuolisille pinnoille, joten teräs on hyvä valinta korjaamupuolen sisä- ja ulkopuolen materiaaliksi. Jos rakennukselle arvioidaan 50 vuoden elinkaari, tulee muovipinnoitettu teräspelti kestävänsä sen ilman uudelleen verhoilua.

Rakennuksen hiilijalanjälkeä ajateltaessa, tulee myös puujulkisivut ottaa vakavasti laajoissakin seinäpinnoissa. Myymälärakennuksen ulkoverhous suunnitellaan

hienosahatusta kuusilaudasta pystyrimoituksella. Oikein pintakäsittelynä, tarpeeksi paksu ja laadukas lauta tarvitsee uusintapintakäsittelyn noin 15-20 vuoden välein, jolloin 50 vuoden elinkaaren aikana tulee verhoilu käsitellä 3 kertaa. Tämä voidaan tehdä ilman maalin poistoa, jolloin kustannuksen eivät nouse kovinkaan suuriksi.

Ovet ja ikkunat tulee valita sellaisiksi, että ne tulevat kestäämään koko rakennuksen käyttöiän. Kolmilasiset täysalumiinikarmiset ikkunat täyttävät elinkaariajattelun asettamat vaatimukset. Oviin kohdistuu suurempi mekaaninen rasitus kuin ikkunoihin, joten niiden vaihtamiseen voidaan joutua ennen suunnitellun elinkaaren täyttymistä. Oviksi tulee kuitenkin valita mahdollisimman kestävä ja laadukkaat täysalumiiniset tai teräksiset ovet.

Suurien kattopinta-alojen kattamisessa bitumihuopakate on taloudellisesti ja rakenneteknisesti järkevä ratkaisu. Kaksikerroskatteella on hyvin tehtynä laadukkaista materiaaleista tavoiteltu 50 vuoden käyttöikä. Näin ollen ei rakennuksen suunnitellun käyttöiän aikana ole odotettavissa katteen osalta korjaustarvetta.

PVC-katteella on myös yksikerroskatteena erityisesti elementtirakentamisessa etuja perinteiseen huopakatteeseen. Väri voidaan valita vähemmän lämpöä kerääväksi ja saumojen tiivistys elementtien asentamisen jälkeen antaa valmiin säänkestävän rakenteen ilman toista kerrosta.

3.7 Energiatehokkuus

Rakennus suunnitellaan voimassa olevien rakennusmääräysten mukaisesti ja pyritään saavuttamaan mahdollisimman energiatehokas, mutta myös elinkaaritehokas suunnitteluratkaisu. Maalämmön käyttö päälämmitysmuotona antaa mahdollisuuden myös jäähdytysenergian tuottamiseen kesäaikana maalämpöpiiristä. Ilmanvaihtokoneiden valinnassa pyritään tehokkaaseen lämmönalteenottoon, koska merkittävä osa rakennuksen kokonaislämpöhäviöistä sen elinkaaren aikana johtuu ilmanvaihdosta.

Rakennukseen suunnitellaankin erilliset lämmönalteenottolla varustetut ilmanvaihtolaitteet korjaamo- ja myymäläpuolelle. Ainoastaan suuren

kosteuskuormituksen tuottavalle pesuhallin osalle järjestetään vain käytönaikainen huippuimuripoisto, jolla taataan tarvittava kosteuden poisto ja rakenteiden kuivana pito.

3.8 Aikataulu

Hallin rakentaminen on tarkoitus aloittaa vuonna 2010 maansiirtotöillä. Pääurakoitsija laatii viikkokohtaisen aikataulun, jolloin projektin etenemistä voidaan seurata myös rakennuttajan toimesta. Kuukausikokouksilla rakennuttajan, pääurakoitsijan ja tarvittavien aliurakoitsijoiden välillä antaa tarkempaa tietoa projektin sujuvuudesta ja sen aikataulussa pysymisestä.

Aikataulussa pysyminen tulee osaksi varmistaa myös suorittamalla maksu määräytyistä töistä, vasta suoritteiden ja tarkastusten valmistuttua. Sitouttamalla pääurakoitsija ja alihankkijat rakennusalan yleisten sopimusehtojen YSE:n piiriin voidaan varmistaa lainopillinen oikeellisuus sopimus-, korvaus- ja ristiriita-asioissa.

4 SUUNNITELMAT

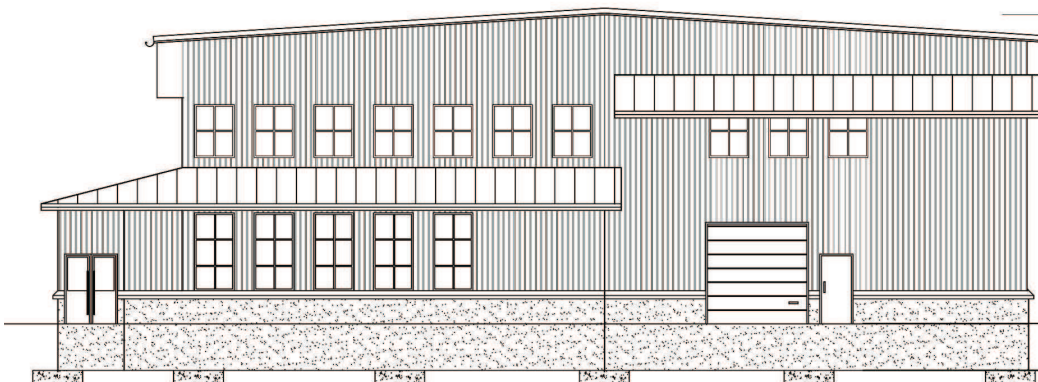
4.1 Lähtötiedot

Rakennuksen arkkitehtisuunnitelmat lähtivät liikkeelle asiakkaan tarpeesta saada ympäristöystävällinen ja energiatehokas korjaamorakennus metsäkoneiden huoltoa ja varaosamyyntiä varten. Suunnittelussa pyrittiin ottamaan huomioon kaikkien rakennuksessa toimivien työntekijöiden tarpeet, sekä varastointiratkaisut, joilla voitaisiin tehostaa tilankäyttöä.

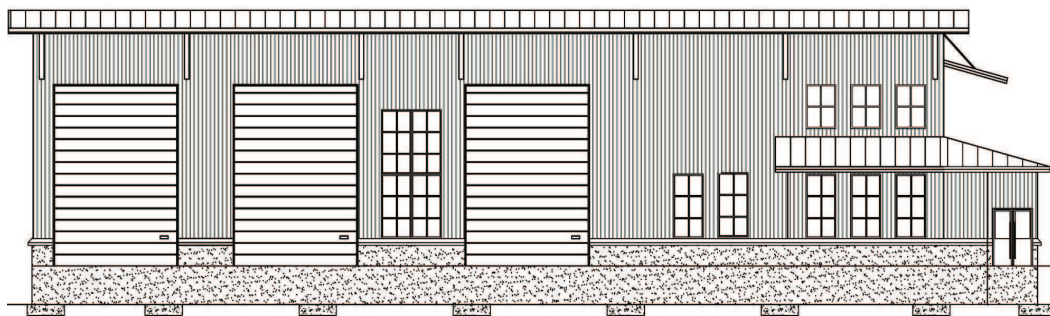
Seuraavassa on esitetty rakennuksen arkkitehtipiirroksat sekä asemapiirros, joista selviää hallin tuleva ulkonäkö, eri tilojen sijainti, sekä rakennuksen sijoittuminen olemassaolevaan rakennuskantaan. Kuvissa 1 ja 2 ovat julkisivupiirroksat rakennuksesta. Niissä on kuvattu rakennus lounaasta ja luoteesta, jotka ovat julkisivut jotka asiakas rakennuksesta tulee näkemään.

Kuvissa 3 ja 4 on kuvattu ala- ja yläkerran huoneiden sijoittuminen rakennukseen. Pohjapiirroksista selviää myös rakennuksen ulkomitat ja suunnitellut palo-osastoinnit.

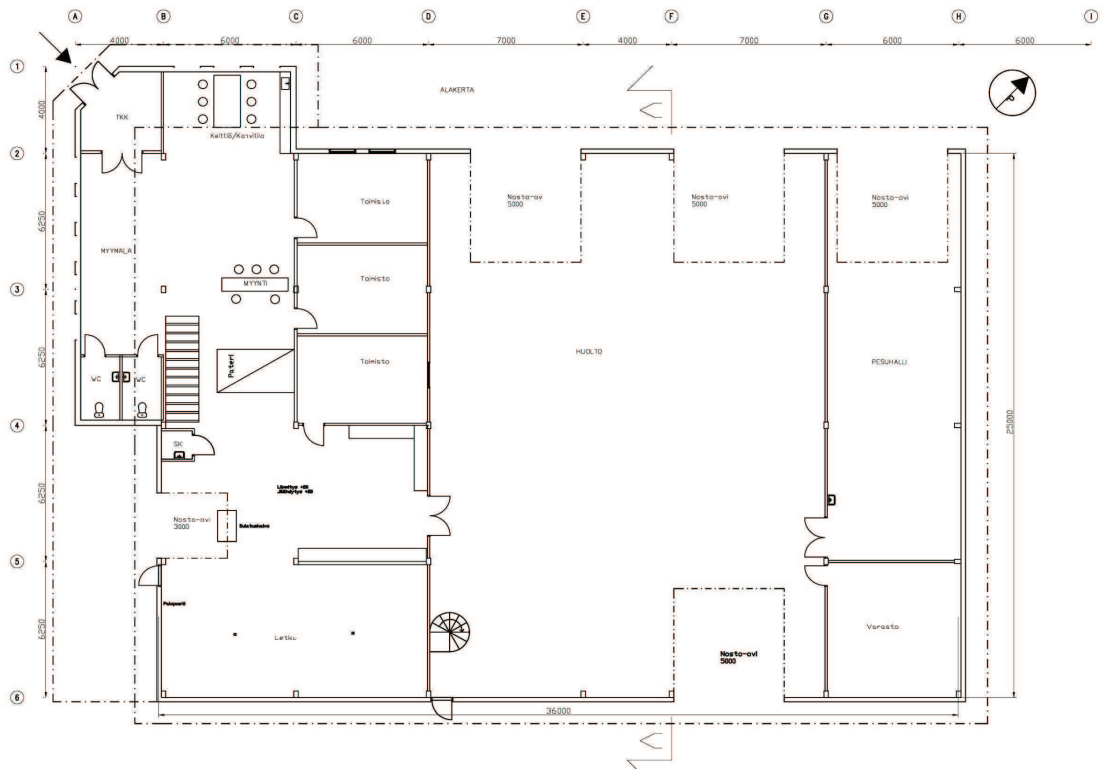
Kuvassa 5 on asemapiirros, josta selviää rakennuksen sijainti rakennuskohteessa. Rakennuksen välittömässä läheisyydessä on peltoa, jota voidaan käyttää maalämmön keruupiirin asentamiseen.



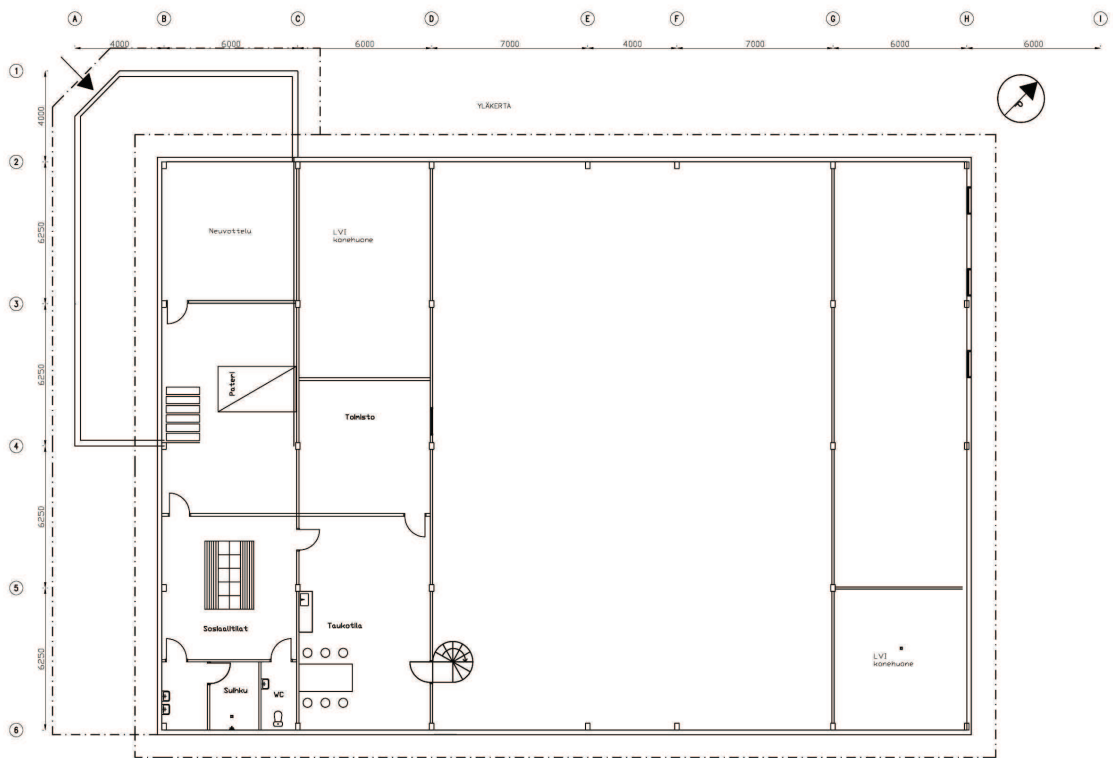
Kuva 1 Julkisivu lounaaseen



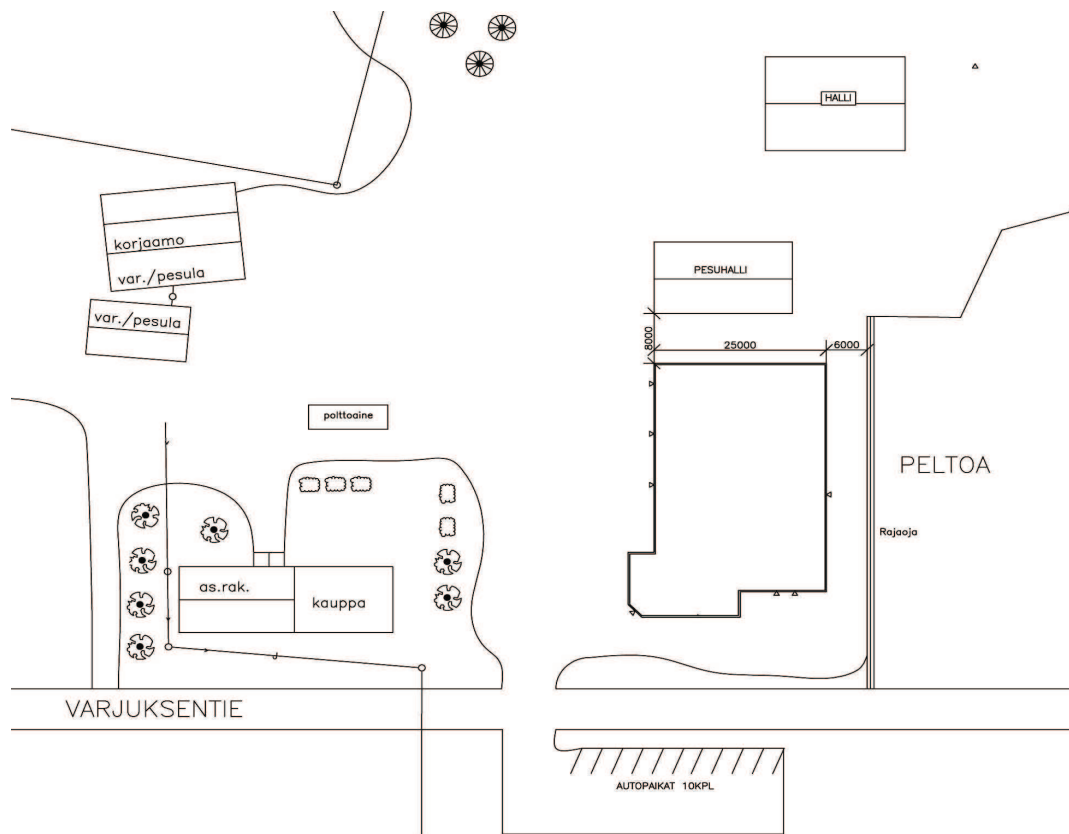
Kuva 2 Julkisivu luoteeseen



Kuva 3 Rakennuksen alakerta



Kuva 4 Rakennuksen yläkerta



Kuva 5 Asemapiirros

4.2 Rakennussuunnittelu

Seuraavassa taulukossa on esitetty rakennuksen mittatiedot, jotka vaikuttavat lämmitysenergiantarpeen laskentaan ja ilmanvaihtomäärien laskentaan. Laskennassa on käytetty Suomen RakMK D5:n mukaista laskentatapaa.

Taulukko 4. Rakennuksen mittatiedot

	Puolilämmin	Lämmin	Yhteensä:
Rakennustilavuus V_{rak} [rakm ³]	4674	5663	10337
Ilmatilavuus V [m ³]	4285	4708	8993
Bruttoala A_{br} [brm ²]	584	708	1292

4.3 Rakenneratkaisujen vertailu

Teollisuushalleja voidaan rakentaa monilla erilaisilla rakenneratkaisuilla. Kokonaiskustannukset erityisesti kantavissa rakenteissa määräytyvät monesti materiaalien maailmanmarkkinatilanteen mukaisesti. Teräksen hinnan ollessa korkealla on puu ja betoni monesti edullisempi tapa rakentaa kantavia rakenteita. Monet muutkin asiat vaikuttavat materiaalin valintaan, kuten paloluokitus ja mekaanisen kulutuksen kestävyys.

Seuraavassa tarkastellaan erilaisten rakenneratkaisujen soveltuvuutta pienteollisuushallien rakentamiseen.

4.3.1 Runkoratkaisut

Pienteollisuushallin runko voidaan valmistaa kantavaksi rakenteeksi perinteisellä puurankarakenteella. Rankarakenne voidaan valmistaa suoraan paikanpäällä pitkästä tavarasta, pien- tai suurelementteinä. Tällaisessa rakenteessa käytetään yleensä kattokannattajina NR-kattoristikoita, jotka ovat teollisesti valmistettuja. Tällä järjestelmällä päästään n. 25 metrin jänneväleihin, mutta useat pienemmät kattotuolitoimittajat eivät pysty toimittamaan näin pitkillä jänneväleillä olevia rakenteita.

Perinteinen rankarakenne on toimivaksi koettu rakenne, mutta korkeita sisäkorkeuksia tarvittaessa tulee vastaan saatavien puiden pituus. Myös nurjahduskestävyys tulee rajaavaksi tekijäksi korkeissa kantavissa rankarakenteissa. Rakenne on kuitenkin ekologinen ja ns. hiilinielu, jossa sidotaan hiilidioksidipäästöjä rakennuksen elinkaaren ajaksi puurakenteisiin.

Liimapuurakenne, jossa pilarit ovat mastojäkisteisiä on yleisesti käytetty kantava rakenne, jossa pilareiden varaan tuetaan puiset tai teräksiset kattokannattimet. Teollisuushalleissa tulee ottaa huomioon puun mahdollinen likaantuminen ja suhteellinen vähäinen kolhujen ja kosteuden kestävyys. Palosuojaus voidaan toteuttaa kasvattamalla rakenteen läpimittaa tai koteloimalla rakenne.

Mastojäkisteisillä pilareilla saadaan kannateltua myös mahdollinen nosturirata, jolloin erillistä pilaristoa nosturille ei tarvita. Nosturin tulee kuitenkin liikkua pitkien seinien suuntaisesti, jotta tukeminen onnistuisi yksillä pilareilla.

Teräspilarit toimivat kuten liimapuukin, mutta ovat hoikempia rakenteita. Teräksen käyttöä voi rajoittaa sen korkea hinta ja hankalampi palonsuojaus. Palonsuojaus toteutetaan teräksessä palonsuojausmaaleilla, koteloimalla, tai rakenteen läpimittaa suurentamalla. Voidaankin todeta että kantavien teräsrakenteiden palonsuojaus on hankalampaa ja kalliimpaa kuin puurakenteiden.

Teräksen tuottaminen vaatii ehtyvien luonnonvarojen louhintaa, sekä sähköenergian ja kivihiilen käyttöä. Useasti ulkomailtakin tuotettua terästä ei voida pitää puun kaltaisena ekologisena rakenneratkaisuna. Teräksen monikäyttöisyys, muokattavuus ja lujuus tekevät siitä kuitenkin hyvän vaihtoehdon pienteollisuusrakennusten kantaviin rakenteisiin.

Betonirakenteet ovat olleet suosittuja suomalaisessa teollisuusrakentamisessa. Pienteollisuus kohteisiin betonielementtirakentaminen soveltuu myös hyvin pienin sivuehdoin. Monesti rakenteen omapaino nousee isoksi käytettäessä betonirakenteita. Tämä asettaa maaperälle suuremmat kantavuusvaatimukset ja betonin käyttö edellyttääkin yleensä rakennukselle paaluperustusta. Paloturvallisuus on betonirakenteissa useasti helpoiten hallittaisissa, koska massiivibetonirakenne kestää itsessään vaadittavat palonsuojausmääräykset, kunhan terästen suojaetäisyydet ovat suunnittelussa otettu paloluokituksen mukaisesti huomioon.

Teräsbetonin valmistaminen aiheuttaa teräksen ohella paljon hiilidioksidipäästöjä tuotantovaiheessa. Sementin sekä betonin valmistus vaatii energiaa ja ehtyvien luonnonvarojen käyttöä. Elinkaaren lopussa oleva betoni on kaikista rakennemateriaaleista vaikeinten kierrätettävissä. Murskattua käytettyä betonia on sekoitettu uuden betonin runkoaineen joukkoon vähäpätöisempiin kohteisiin, kuten maankantavuuden lisäämiseen satamissa. Puun ja teräksen kierrättäminen on kuitenkin vielä tänäpäivänä kannattavampaa ja helpompaa.

Suomalainen puu on elinkaaritehokas rakenneratkaisu, jota voidaan kierrättää tehokkaasti rakennuksen elinkaaren lopussa. Uusiutuvien luonnonvarojen käyttöä tulisi suosia pienteollisuusrakennuksissa sekä rakenteissa, että energiantuotannossa.

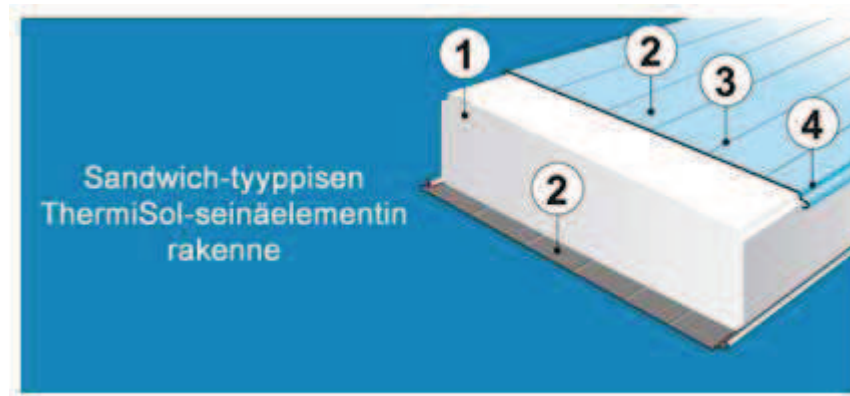
4.3.2 Seinärakenteet

Puurankarakenteen lämmöneristeeksi valitaan usein eristevilla ja tuulensuojaksi kipsi- tai huokolevy. Kovia eristeitä (EPS, XPS, uretaani) voidaan myös käyttää rankarakenteen yhteydessä parempaa U-arvoa tavoiteltaessa. Sisäpuolelle voidaan valita kipsi-, pelti- tai puukuitulevy. Ulkopuolinen säänsuoja voidaan toteuttaa puulla, teräspeltilevyillä, kuitusementtilevyillä sekä muovipinnoitteilla.

Nykyisten eristemääräysten mukaan kasvaa villaeristeisen seinävahvuus yli 300mm paksuiseksi. Rakenne on kuitenkin toimiva tuuletusväleinen ja ilmatiivis erilisen sisäpuolisen höyrynsulun ansiosta. Rankarakenneseinä voidaan toteuttaa myös pien- tai suurelementteinä.

Villa-, EPS-, XPS-elementit ovat suosittuja pienteollisuusrakentamisessa seinä- ja kattorakenteena kun runkorakenne on pilari-palkkirakenne. Molemmilta puolilta peltipinnoitetut elementit antavat valmiin pinnan sisä- ja ulkopuolelle. Suurien pinta-alojen kattaminen on monesti pienteollisuusrakennuksissakin kannatavampaa tehdä elementeistä asennustyön vähentyessä verrattuna puurankarakenteeseen.

Kuvassa 6 on esitetty Thermisol-elementin rakenne. Rakenne on yhteneväinen villa- ja XPS-elementeissä.

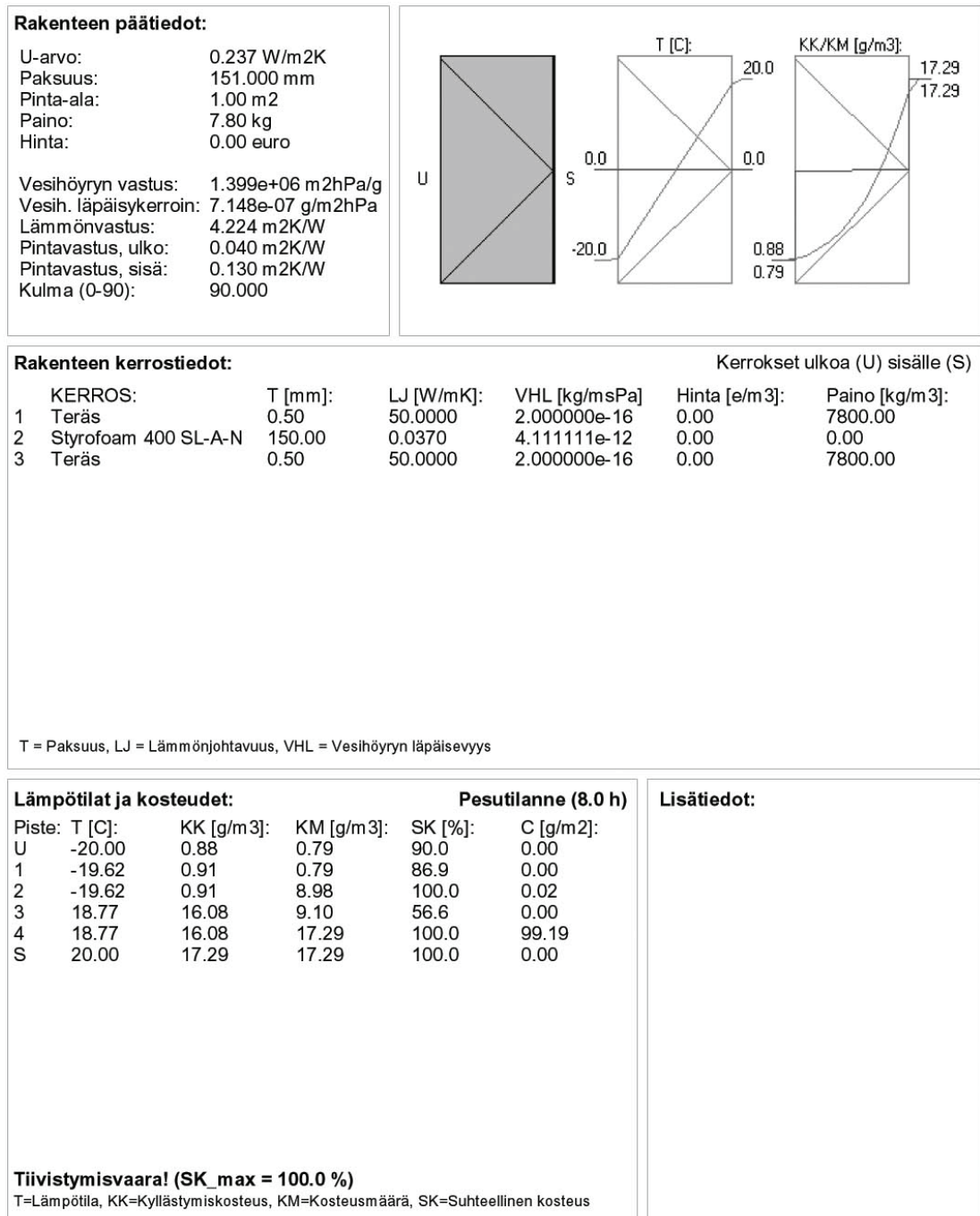


Kuva 6. Thermisol-elementin rakenne (Thermisol Oy, 2011)

1. Ydin solupolystyreeniä (EPS).
2. Sisä- ja ulkopinnat sinkittyä, väripinnoitettua teräsohutlevyä, paksuus 0,5 mm.
3. Matala varjouritus elävöittää muuten sileää, helppohoitoista pintaa.
4. Höyrytiivis saumarakenne ponttiin käännetyn pintalevyn ja elastisen tehdastiivisteen ansiosta.

Tällaiset elementit eivät teoreettisesti tarkasteltuna ole toimivia rakennneratkaisuja rakennusfysikaalisesti. Kastepiste muodostuu rakenteen sisälle kuten seuraavasta laskelmasta voidaan nähdä. (Kuva 7)

Käytäntö on kuitenkin osoittanut ettei tällaisissa elementeissä ole suuria ongelmia esiintynyt. Liimausten irtoaminen eristeistä kosteuden ja jäätyksen vaikutuksesta sekä tuuletuksen puuttuminen eristetilasta ovat ongelmia, jotka voivat tulla vastaan rakenteen elinkaaren aikana.



Kuva 7. EPS-peltielementti 150mm kosteus- ja kastepistekäyrät

Siporex- ja sandwichelementit sopivat betonirunkorakenteen yhteyteen. Sandwich elementeistä on pitkä kokemus kerrostalorakentamisen alalla. Vanhoista virheistä elementtirakentamisessa ollaan opittu ja koviakin eristelaatuja voidaan käyttää tuulettuvassa rakenteessa. Rakenteen jäykkyys ja massiivisuus auttaa myös rakennuksen jäykistyksen suunnittelussa. Yleensä erillisiä teräksisiä jäykistyksiä ei

tarvita vaan rakennuksessa oleva rakenneosia esim. väestösuoja ottaa vastaan sivuttaisia voimia.

Seinärakenteen valinnassa tulee ottaa huomioon rakenteen korjaus- ja huoltotarpeet rakennuksen elinkaaren aikana. Muovipinnoitetut teräsohutlevyt antavat rakenteelle melkein huoltovapaan elinkaaren. Kuitenkin rikkoutuneet elementin vaihtaminen voi olla ongelmallista jälkeinpäin rakennuksessa.

Puuverhoilu vaati uudelleen käsittelyn n.15 vuoden välein. Tämä aiheuttaa laajoissa pinoissa monesti suuria kustannuseriä. Monesti kuitenkin oikeantyyppisen ja sävyisen suojauksen valitseminen antaa pidemmän käyttöiän puuverhoilulle. Puun käyttöä ollaan vältetty teollisuusrakennusten verhoilussa. Mielestäni kuitenkin puu on kansantaloudellisesti ja elinkaaritehokkuuden kannalta hyvä valinta myös pienteollisuusrakennusten verhoiluun.

4.3.3 Rakennukseen valitut ratkaisut

Tutkimuksen kohteena olevaan rakennuksen suunnittelurakenteeksi valittiin kantavaksi rakenteeksi kuumasinkitty teräspilarirunko ja liimapuupalkit. Teräspilarit päätettiin suojata sinkityksellä pesuhallista aiheutuvien kosteuskuormien hallitsemiseksi teräsrakenteessa. Sinkityksellä saadaan teräkselle suoja kosteutta vastaan myös pilarin sisäpuolelle. Yksiaukkoiset liimapuupalkit antavat katolle tarvittavaa vapaata tilaa metsäkoneiden huoltopisteiden yläpuolella.

Kattomateriaaliksi valittiin yksikerros PVC-kate vaalean harmaalla pinnalla. Katteen valinnassa vaikuttivat erityisesti vaalea väri, jolla saadaan vähennettyä kesäaikaista lämpökuormaa rakennuksessa. Myös läpivientien tiivistykset onnistuvat hitsattavaan katteeseen varmasti kun niiden paikat on otettu jo huomioon kattoelementtien suunnittelussa. Myymäläosan kattoon tulee kuitenkin konesaumattu sinkitty peltikate arkkitehtuurisista syistä.

Seinärakenteeksi korjaamo-osassa valittiin villaelementtirakenne, jonka valintaa puolsivat pitkäaikainen käyttöikä, huollon vähäisyys ja kosteudenkestävyys pesutiloissa. Myymäläosaan valittiin lautaverhoiltu ulkovuori ja puurankarakenne

arkkitehtuurista ja ekologisista lähtökohdista. Asiakkaan saama mielikuva rakennuksessa suoritettavasta puunkorjuulaitteiden huollosta välittyy suomalaisen puujulkisivun kautta positiivisesti.

4.4 Investointilaskelmat

Rakennuttajan tulee arvioida kokonaiskustannuksia ennen projektin aloittamista. Tämän perusteella voidaan arvioida tarvittavan pääoman määrää ja hakea erilaisia rakennustukia.

Toimittajilta voidaan pyytää myös KVR-urakka (kokonaisvaltainen rakennusurakka) tarjous, jolloin saadaan tarkka arvio kustannuksista. Kuitenkin monet erikoislaitteet ja kalusteet vaativat myös tarkempaa tarjouspyyntöjen hankkimista. Monesti suuntaa-antavien ohjelmien kuten Haahtelan Kustannustieto TAKU:n käyttö antaa riittävän tiedon kokonaiskustannuksista. Tätä kustannusarviota voidaan myös verrata esim. KVR-urakkatarjouksiin, jolloin rakennuttaja saa käsityksen kustannusten suuruudesta ja tarjousten oikeellisuudesta. (Haahtelayhtiöt, 2011)

Tutkimuksen kohteena olevalle rakennukselle on laskettu kyseisellä ohjelmalla kustannusarvion. Kustannusarvio löytyy kokonaisuudessaan liitestä 1.

4.5 Lämpöhäviöiden tasauslaskelma

Lämpöhäviöiden tasauslaskelma suoritetaan uudisrakennukselle rakennuslupavaiheessa, jolloin saadaan selville tarvittava lämmitystarve. Laskennassa otetaan huomioon seinien, ala- ja yläpohjien, sekä ikkunoiden ja ovien U-arvot, jotka vaikuttavat rakennuksen lämmitystarpeeseen. Ilmanvuotoluvun oletusarvo on 4,0 l/h 50 pascalin ylipaineella. Suunnittelussa tullaan käyttämään arvoa 2,0 l/h. Pienemmän ilmanvuotoluvun käyttö edellyttää rakennuksen valmistumisen jälkeisiä mittauksia, jotka kuitenkin voidaan suorittaa rakennuksen omilla ilmanvaihtokoneilla tai erillisellä ulkopuolisella ylipaineistuksella.

Ilmanvaihdon määrä määritellään Suomen RakMK D2 mukaan. Taulukossa 5 määritellään rakennuksen eri tilojen ulkoilmavirrat ja poistoilmavirrat.

Taulukko 5. Rakennuksen ulko- ja poistoilmavirrat

Tila / käyttötarkoitus	Pinta-ala m ²	Ulkoilmavirta (dm ³ /s)/m ²	Ulkoilmavirta (dm ³ /s)	Poistoilmavirta (dm ³ /s)/m ²	Poistoilmavirta (dm ³ /s)
Lämmintila alakerta:					
Toimisto	70	1,5	105		0
Asiakastila	105,5	2	211		0
Tuulikaappi	12,5	2	25		0
Kahvitila	20	5	100		0
Hydr.letku valmistus	142	1,5	213		0
WC	10,5		0	30	315
Yhteensä:	360,5		654		315
Lämmintila yläkerta:					
Toimisto	34	1,5	51		0
Taukotila	57,5	5	287,5		0
Käytävä	39	0,5	19,5		0
Neuvottelu	39	4	156		0
Varasto/arkisto	28		0	0,35	9,8
Sosiaalitalat	40,5	2	81	2	81
WC	4,5		0	20	90
Pesuhuone	6,5	3	19,5	5	32,5
Pukuhuone	6	5	30	4	24
Siivoustila	1,5		0	4	6
Yhteensä:	256,5		644,5		243,3
Lämmintila yhteensä:	617		1298,5		558,3
Puolilämmin tila:					
Korjaamotyö	444,5	5	2222,5	3	1333,5
Pesuhalli	111,5	3	334,5	5	557,5
Varasto	35			0,35	12,25
Puolilämmin tila yhteensä:	591		2557		1903,25

Kuvassa 8 on esitetty Motivan laatimalla rakennusten lämpöhäviöiden tasauslaskelmaohjelmalla tehty laskelma rakennuksesta. (Motiva Oy, 2011)

Laskelmassa on otettu huomioon rakenteiden pinta-alat, U-arvot ja ilmanvuotoluku, jotka vaikuttavat energian kulutukseen. Suurena lämpöhäviöiden aiheuttajana on ilmanvaihtokoneet, joiden lämmöntalteenoton hyötysuhde on ratkaisevassa asemassa rakennuksen kokonaisenergiakulutuksessa.

Rakennuskohde	Pienteollisuusrakennus
Rakennuslupatunnus	
Rakennustyyppi	Lue ohjeet
Pääsuunnittelija	
Tasauslaskelman tekijä	Mikko Kähkönen
Päiväys	20.03.2011
Tulos: Suunnitteluratkaisu	TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	10 336 rak-m ³
Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä	1 292 m ²
Kerroskorkeus	4,0 m
Huonekorkeus	3,5 m
Ilmatilavuus, V, lämpimät tilat	4 708 m ³
Ilmatilavuus, V, puoliämpimät tilat	4 285 m ³

Laskentatuloksia

Julkisivun pinta-ala on 1109 m²
 Ikkunapinta-ala on 6 % maanpäällisestä kerrostasoalasta
 Ikkunapinta-ala on 7 % julkisivun pinta-alasta
 Lämpöhäviö on 93 % vertailutasosta (lämpimät tilat)
 Lämpöhäviö on 93 % vertailutasosta (puoliämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m ² [A]		U-arvot, W/(m ² K) [U]			Lämpöhäviöiden taseus	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
RAKENNUSOSAT							
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä	373	464	0,17	0,60	0,16	63,5	74,2
Hirsiseinä			0,40	0,60		-	-
Yläpohja	397	397	0,09	0,60	0,09	35,7	35,7
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,09	0,60		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,17	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen)		397	0,16	0,60	0,12	63,5	47,6
Muu maanvastainen rakennusosa			0,16	0,60		-	-
Ikkunat	150,1	59,5	1,00	1,80	1,00	150,1	59,5
Ulko-ovet		13,6	1,00	-	1,00	13,6	13,6
Kattoikkunat			1,00	1,80		-	-
Lämpimät tilat yhteensä	1 331	1 331				326,4	230,7
Puoliämpimät tilat							
Ulkoseinä	421	447	0,26	0,60	0,22	109,4	98,3
Hirsiseinä			0,60	0,60		-	-
Yläpohja	584	584	0,14	0,60	0,14	81,8	81,8
Alapohja (ulkoilmaan rajoittuva)			0,14	0,60	0,00	-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva) ¹⁾			0,26	0,60		-	-
Alapohja (maanvastainen)		584	0,24	0,60	0,12	140,2	70,1
Muu maanvastainen rakennusosa			0,24	0,60		-	-
Ikkunat	43,7	17,3	1,40	2,80	1,00	61,2	17,3
Ulko-ovet		107,4	1,40	-	1,10	150,4	118,1
Kattoikkunat			1,40	2,80		-	-
Puoliämpimät tilat yhteensä	1 740	1 740				542,9	385,6
VAIPAN ILMAVUODOT							
	Ilmanvuotoluku, 1/h [n ₅₀]		Vuotoilmavirta, m ³ /s [q _{v,v} = n ₅₀ /25 x V/3600]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{vuotoilma} = 1200 x q _{v,v}]		
Vuotoilma	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	
Lämpimät tilat	2,0	2,0	0,1046	0,1046	125,5	125,5	
Puoliämpimät tilat	2,0	2,0	0,0952	0,0952	114,3	114,3	
ILMANVAIHTO							
	Poistoilmavirta, m ³ /s [q _{v,p}]		LTO:n vuosihyötysuhde, % [η _p]		Ominaislämpöhäviö, W/K [H _{pv} = 1200 x q _{v,p} x (1-η _p)]		
Hallittu ilmanvaihto	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	
Lämpimät tilat		1,299	45	45	857,0	857,0	
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-	
Puoliämpimät tilat		2,557	45	45	1 687,6	1 687,6	
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-	
Rakennuksen lämpöhäviöiden taseus					Ominaislämpöhäviö, W/K [H = H _{ohi} + H _{vuotoilma} + H _{pv}]		
Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä					1 309	1 213	
Puoliämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä					2 345	2 188	

Kuva 8. Rakennuksen lämpöhäviön taseuslaskelma

5 ELINKAARITARKASTELU

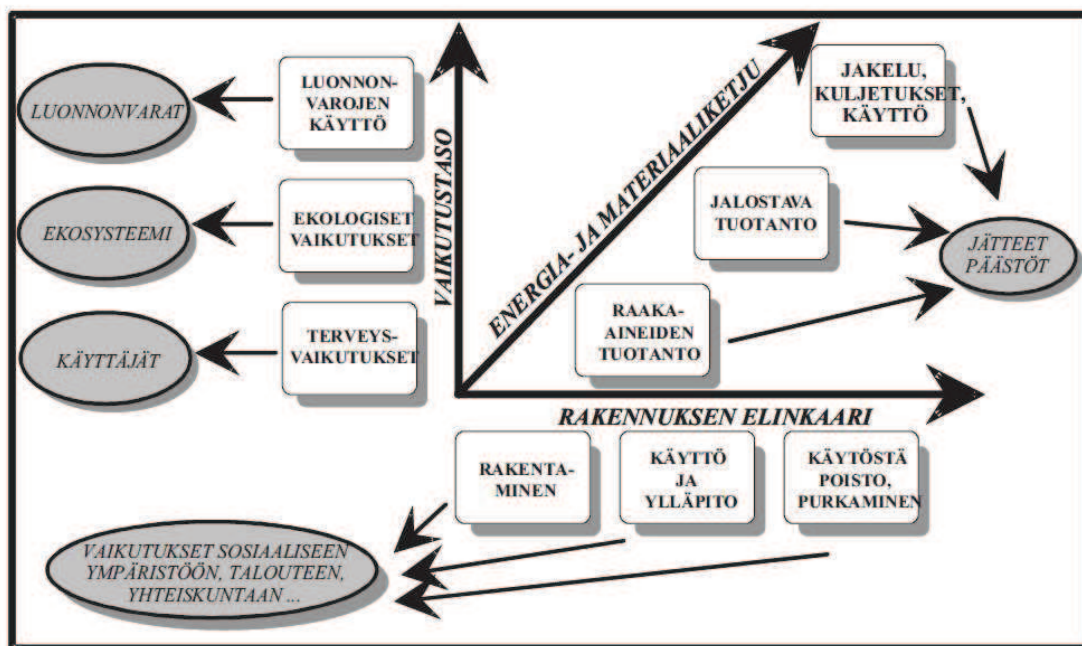
5.1 Yleistä

Kiinteistöjen ja talotekniikan elinkaariarvioinnin päätavoite on ohjata tuotantoa, suunnitteluratkaisuja sekä käyttöä ja ylläpitoa ympäristön kannalta kestäviin ratkaisuihin.

Rakennuksen elinkaari käsittää materiaalien ja komponenttien tuotannon, rakentamisen, käytön ja ylläpidon sekä käytöstä poiston, purkamisen ja jätteiden loppukäsittelyn. (Talotekniikan elinkaaritarkastelut, 2001, 17)

Laadukkaiden materiaalien käyttö vaikuttaa ylläpidon aikana rakennuksen aiheuttamaan energiakulutukseen ja rakenteiden uusimisen tarpeeseen.

Oheisessa kuvassa on tarkasteltu rakennusten aiheuttamaa ympäristövaikutusta elinkaaren aikana. Kuvasta voidaan päätellä, että rakennus aiheuttaa moninaisia vaikutuksia ympäristöön ja sen vaikutuksen piirissä oleviin ihmisiin.



Kuva 9. Rakennusten ympäristövaikutusten ulottuvuudet. (Talotekniikan elinkaaritarkastelut, 2001, 18)

Talotekniset ratkaisut vaikuttavat merkittävästi sekä rakennusten energiankäyttöön että sisäilmastoon, jotka puolestaan molemmat ovat ekologisesti kestävästä rakentamisen päätavoitteita. (Talotekniikan elinkaaritarkastelut, 2001, 22)

5.2 Elinkaarikustannuslaskenta

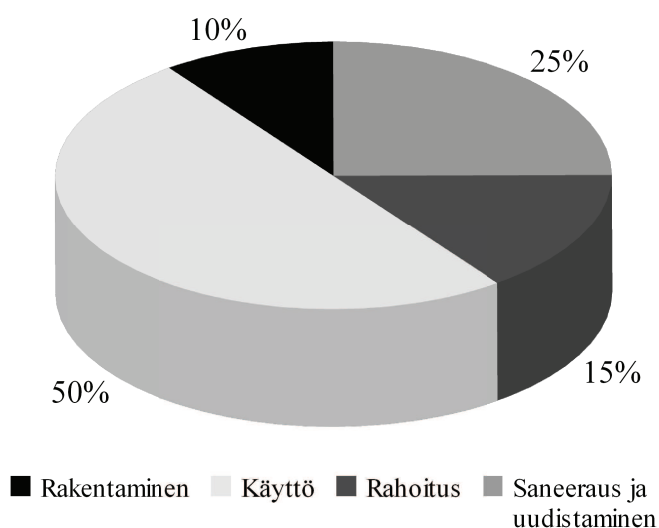
Elinkaaren aikaisia kokonaiskustannuksia nimitetään elinkaarikustannuksiksi. Suuri osa kiinteistön elinkaarikustannuksista muodostuu käytön aikana. Merkittävin kiinteistön käytön aikainen kustannuserä syntyy kiinteistön energian ja osin myös veden kulutuksesta. Energian kulutus synnyttää jopa 80–90 % kiinteistön koko elinkaaren aikaisista ympäristöpäästöistä ja potentiaalisista ympäristövaikutuksista. (Talotekniikan elinkaaritarkastelut, 2001, 27)

Taloteknisen kokonaistoimivuuden ja ylläpidon merkitys korostuu elinkaaritarkasteluissa. Mitä pitempi on kiinteistön elinkaari ja käyttöikä, sitä suurempi merkitys on taloteknisten järjestelmien käytöllä. Laitteiden oikea käyttö ja säännöllinen huolto varmistavat suunnitellut ja matalat käyttökustannukset ja energiankulutuksen. (Talotekniikan elinkaaritarkastelut, 2001, 27)

Nykytekniikalla varustettujen rakennusten ilmanvaihtolaitteistot vaativat säännöllistä huoltoa ja kunnossapitoa. Kannattaakin harkita huollon hankkimista ulkopuolisesta yrityksestä, joka osaa ylläpitää ja huoltaa valittuja laitteita. ATK-ohjattuihin ilmanvaihtolaitteisiin voidaan toteuttaa kulunvalvonnan yhteyteen toteutettu käynnistys- ja sammutusautomaatiikka, jolloin saadaan ilmanvaihtolaitteiden toimintaa ohjattua tarpeen mukaan.

Kuvassa 10 on esitetty toimistokiinteistön 40 vuoden kustannusjakauma. Elinkaaren aikana aiheutuvat kustannukset aiheutuvat suurimmalta osaltaan 50% käytön aikaisista kustannuksista. Rakentamisen aikaiset kustannukset ovat vain 10% kokonaiskustannuksista. Kokonaisvaltainen kuva rakennuksen elinkaaren aikana syntyvistä kustannuksista herättää ajatuksia pienteollisuusalan rakennuskulttuurin siirtymisestä pelkästä kustannusajattelusta laajempiin näkökulmiin.

Keskimääräisen toimistokiinteistön 40 vuoden kustannusjakauma



Kuva 10. Keskimääräinen toimistokiinteistön 40 vuoden kustannusjakauma.

(Talotekniikan elinkaaritarkastelut, 29)

5.3 Lämmitysmuotojen vertailu

Lämmitysmuotojen vertailussa tarkastellaan maalämmön ja polttohakelämmityksen rakennusaikaisia kustannusrakenteita ja pitkäaikaisia käyttökustannuksia. Maalämpö on vähän käytetty pienteollisuusrakennusten päälämmitysmuotona. Lämmitysmuoto on kuitenkin helppohuoltonen ja pitkäaikaisessakin käytössä toimivaksi havaittu. Polttohake on erityisesti haja-asutusalueella suosittu energialähde, jos hake voidaan tuottaa omasta metsästä, jolloin käytönaikaiset kustannukset tulevat pienentymään.

5.3.1 Kustannusvaikutus

Taulukossa 6 on esitetty energialähteiden hintakehitys vuosina 1995-2005. Taulukosta voidaan päätellä energianhintojen kehitys 10 vuoden aikana.

Taulukko 6. Energialähteiden hinnankehitys vuosina 1995 – 2005. (Energianet, 2011)

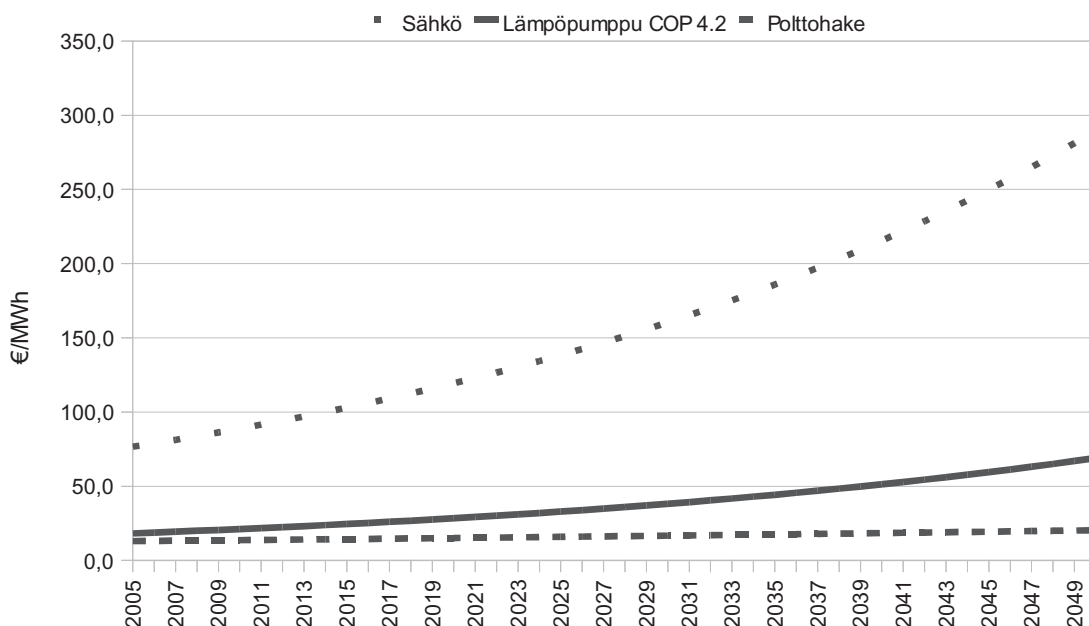
Lämpöenergiälähteiden hintakehitys (kesäkuun hinta, sis. alv 22 %)

	Kaukolämpö	Sähkö	Kevyt polttoöljy	Raskas polttoöljy	Maakaasu	Polttohake
	eur/MWh	c/kWh	eur/MWh	eur/MWh	eur/MWh	eur/MWh
1995	35,2	5,85	25	17	12,6	12,3
1996	35,4	6,37	26	17	13,5	11,7
1997	36,4	6,54	32	18	14,5	10,9
1998	37,3	6,69	27	16	14,5	9,3
1999	37,8	6,49	25	16	14,3	9,4
2000	38,2	6,37	38	27	16,8	9,4
2001	40,4	6,30	41	24	19,4	10,0
2002	42,1	6,76	35	23	18,7	11,1
2003	43,8	7,08	40	29	19,6	12,2
2004	44,7	7,88	42,7	26,2	18,7	11,7
2005	46,7	7,66	60,7	33,5	20,7	13,0
Nousu/v	3 %	3 %	9 %	7 %	5 %	1 %

Edellisen taulukon 6 perusteella on tehty ennuste sähkön ja polttihakkeen hinnankehityksestä 2005-2050. Nousuarvion avulla on pyritty ennustamaan energianhinnan kohoaminen rakennuksen odotetun elinkaaren aikana. (Kaavio 1)

Liitteessä 3 on laskettu vielä kaikille taulukossa 6 oleville lämmitysenergiälähteille ennustettu hinnankehitys vuosille 2005-2050. Liitettä 3 voidaan käyttää apuna muiden lämmitysmuotojen kustannusten arvioinnissa.

Kaavio 1. Ennuste lämpöenergianhinnan kehityksestä vuosina 2005 – 2050



Kaaviosta 1 voidaan huomioda sähkön hinnan jyrkempi kasvu tulevaisuudessa. Kotimaisen polttohakkeen hintakehitys on tasaisempaa ja lämpöpumpulla tuotettu energia seuraa sähköhinnan kehitystä maltillisemmalla nousulla.

Rakennusaikaisia investointikustannuksia laskettaessa otetaan huomioon rakennuksen kokonaislämmitysenergiatarve. Tutkimuksen kohteena olevan rakennuksen laskettu kokonaistehontarve lämmityslaitteille on 68 kW ja energiatarve 176 Mwh/vuosi. (Liite 2)

Taulukossa 7 on esitetty polttohakelaitoksen investointikustannuksia eri tehontarpeella.

Taulukko 7. Hakelämmityskeskuksen rakentamiskustannukset vuoden 2008 kustannusarvoilla. (Metsäkeskus, 2011)

	50 kW	100 kW	250 kW
Pannuhuone	7 000	7 000	12 000
Kattila	4 000	6 000	13 000
Syöttölaitteet, automatiikkaja poltin	10 000	15 000	30 000
Syöttöhuone	7 000	12 500	19 000
Savupiippu	1 500	2 000	3 000
Sähkötyöt + tarvikkeet	1 500	2 500	4 000
LVI – työ + tarvikkeet	3 000	4 000	13 000
Rakennusluvut ja piirustukset	1 000	1 000	1 000
YHTEENSÄ	35 000	50 000	95 000

Tutkimuksen rakennus tarvitsee hakelämpölaitoksen 50-100kW tehon väliltä. Voidaan arvioida että vuoden 2011 rakennuskustannuksilla hakepolttolaitoksen rakentaminen kustannusarvio on noin 45 000€.

Maalämpölämmitykseen rakennuskustannusarvionti on suoritettu seuraavassa taulukossa. Kompressorin laskennallinen hyötysuhde on 4.2. (Liite 2)

Taulukko 8. Maalämmitysjärjestelmän investointikustannukset vuoden 2011 tasolla. (Nibe Energy System Oy, 2011)

Nibe Fighter 1330-60, MSR 60	11 000
Nibe UKV 500 lämpöpuskurisäiliö	600
Nibe EP 26 sähkökattila	1 600
Nibe Compact 300 R	600
Maalämmitysputkisto	4 000
Lämmönsiirtoneste	2 000
Sähkötyöt	2 000
LVI – työt	3 000
Maalämpöputken kaivuutyö	4 000
YHTEENSÄ:	28 800

Laskelmassa ei ole huomioitu tarvittavan keruupiirin maapinta-alaa, vaan on oletettu tarvittavan pelto-alan olevan käytössä ilman erilisiä kustannuksia tutkittavassa kohteessa. Maalämpöpiiriä on tarkoitus käyttää kesäaikana jäähdytyksen apuna ja ladata näin maaperää tulevaa kylmää kautta varten. Myöskään tätä ilmaisenergiaa ei laskelmissa huomioida. Hakelämmityksen tarvitsemaa raaka-aineevarastoa ei ole myöskään laskelmissa huomioitu.

Lopuksi on tehty laskelma lämmityslaitteiden elinkaaren aikana kuluttumasta energiasta, ottaen huomioon energianhinnan nousun laaditun ennusteen mukaisesti. (Taulukot 9 ja 10) Laskelmasta voidaan todeta polttohakkeen olevan noin 3 000€ halvempi lämmitysmuoto 25 vuoden aikavälillä, joka on kohtuullinen käyttöikä tutkimuksen kohteena oleville lämmityslaitteille. Sähkönhinnan kehitystä on vaikea arvioida tarkasti ja se riippuu monesta asiasta, kuten maailmanmarkkinatilanteesta, luonnonolosuhteista ja poliittisista päätöksistä.

Voidaan kuitenkin todeta että polttohakkeen hinnank kehitys lähivuosina on maltillisempaa raaka-aineen kotimaisuusasteesta ja valtiollisista tukitoimista johtuen. Hakelaitos tarvitsee myös viikottaista huoltoa ja ylläpitoa. Huoltokustannuksiksi on arvioitu laskelmassa hakelämmitykselle 120€ /kk ja maalämmölle 20€ /kk. Huoltokustannusten indeksikorotukseksi on otettu vuosittainen 1% nousu. Pääomakustannusten maksuun on sovellettu annuiteetilainalaskelmaa 4% vuosittaisella korolla ja 25 vuoden takaisinmaksuajalla.

Taulukko 9. Maalämmön kustannusjakauma 25 vuoden käyttöiälle.

Investointikustannukset 28800				
Vuosi	Euro / MWh Lämpöpumppu COP 4.2	Energia kustannukset Euro / vuosi	Käyttö- kustannukset Euro / vuosi	Annuiteetti- lyhennys / v Korko 4%
2011	21,8	3832,8	240,0	1824,2
2012	22,4	3947,8	242,4	1824,2
2013	23,1	4066,2	244,8	1824,2
2014	23,8	4188,2	247,3	1824,2
2015	24,5	4313,8	249,7	1824,2
2016	25,2	4443,3	252,2	1824,2
2017	26,0	4576,6	254,8	1824,2
2018	26,8	4713,9	257,3	1824,2
2019	27,6	4855,3	259,9	1824,2
2020	28,4	5000,9	262,5	1824,2
2021	29,3	5151,0	265,1	1824,2
10 VUOTTA YHTEENSÄ:		49089,6 71932	2776,0	20066,2
2022	30,1	5305,5	267,8	1824,2
2023	31,0	5464,6	270,4	1824,2
2024	32,0	5628,6	273,1	1824,2
2025	32,9	5797,4	275,9	1824,2
2026	33,9	5971,4	278,6	1824,2
2027	34,9	6150,5	281,4	1824,2
2028	36,0	6335,0	284,2	1824,2
2029	37,1	6525,1	287,1	1824,2
2030	38,2	6720,8	289,9	1824,2
2031	39,3	6922,5	292,8	1824,2
2032	40,5	7130,1	295,8	1824,2
2033	41,7	7344,0	298,7	1824,2
2034	43,0	7564,4	301,7	1824,2
2035	44,3	7791,3	304,7	1824,2
2036	45,6	8025,0	307,8	1824,2
25 VUOTTA YHTEENSÄ:		147765,9 202281	7086,2	47429,3

Taulukko 10. Hakelämmityksen kustannusjakauma 25 vuoden käyttöiälle.

Investointikustannukset		45000		
Vuosi	Euro / MWh Polttohake	Energia- kustannukset Euro / vuosi	Käyttö- kustannukset Euro / vuosi	Annuiteetti- lyhennys / v Korko 4%
2011	13,8	2428,8	1800,0	2850,3
2012	13,9	2453,0	1818,0	2850,3
2013	14,1	2477,6	1836,2	2850,3
2014	14,2	2502,4	1854,5	2850,3
2015	14,4	2527,4	1873,1	2850,3
2016	14,5	2552,6	1891,8	2850,3
2017	14,6	2578,2	1910,7	2850,3
2018	14,8	2604,0	1929,8	2850,3
2019	14,9	2630,0	1949,1	2850,3
2020	15,1	2656,3	1968,6	2850,3
2021	15,2	2682,9	1988,3	2850,3
10 VUOTTA YHTEENSÄ:		28093,0	20820,3	31353,5
2022	15,4	2709,7	2008,2	2850,3
2023	15,5	2736,8	2028,3	2850,3
2024	15,7	2764,2	2048,6	2850,3
2025	15,9	2791,8	2069,1	2850,3
2026	16,0	2819,7	2089,7	2850,3
2027	16,2	2847,9	2110,6	2850,3
2028	16,3	2876,4	2131,7	2850,3
2029	16,5	2905,2	2153,1	2850,3
2030	16,7	2934,2	2174,6	2850,3
2031	16,8	2963,5	2196,3	2850,3
2032	17,0	2993,2	2218,3	2850,3
2033	17,2	3023,1	2240,5	2850,3
2034	17,3	3053,3	2262,9	2850,3
2035	17,5	3083,9	2285,5	2850,3
2036	17,7	3114,7	2308,4	2850,3
25 VUOTTA YHTEENSÄ:		71710,6	53146,1	74108,3

5.3.2 Ympäristövaikutus

Pitkäaikaiset ympäristövaikutukset lämmitysmuotojen vertailussa on otettava myös huomioon. Keskitetyllä sähköntuotannolla voidaan paremmin vähentää hiilidioksidia ja pienhiukkaspäästöjä. Pienvoimaloissa ei vielä tänäpäivänä ole vaadittu savukaasujen puhdistusta, vaan palokaasut saadaan päästää puhdistamattomana ympäristöön. Siksi polttohakkeen polttaminen suurvoimaloissa ja sähkön käyttö energian siirtämiseen loppukäyttäjälle on ympäristön kannalta parempi vaihtoehto.

Suurissa polttohakevoimaloissa voidaan hallita palamista ja siitä syntyviä palokaasuja huomattavasti tehokkaammin. Pienhiukkasten poisto onnistuu nykytekniikalla savukaasuista ja tulevaisuudessa voidaan hiilidioksidikin ottaa talteen suurissa voimaloissa.

Ympäristövaikutuksena voidaan pitää myös metsien harvennusta ja hoitamista metsähakkeen tuottamiseksi. Talousmetsä vaatii hoitoa ja harvennusta useasti elinkaaren aikana. Tällaisen metsähakkeen tuottaminen omasta metsästä antaa myös positiivisia vaikutuksia ympäristöön, jos hake käytetään pienpolttolaitoksessa. Toisaalta voidaan ajatella metsähakkeen korjuuta ja myymistä ulkopuoliselle urakoitsijalle, jonka välityksellä hoituvat logistisesti korjuu ja kuljetus suurvoimaloiden käyttöön. Näin jää tarpeettomaksi pienkuluttajan tarve hankkia korjuu- ja haketuslaitteet omaan käyttöön.

Tutkimuksen kohteena olevan rakennuksen laskettu energiakulutus aiheuttaa 25 vuoden aikavälillä maalämmöllä toteutettuna 150 000€:n käyttökustannukset. (Taulukko 9) Sitä vastaava lämmitysenergiankulutus on 25 vuoden aikana 1050Mwh. Keskimääräinen CO₂-päästö-kerroin on 200 kgCO₂/MWh. (Motiva, 2011,11) Tästä saadaan rakennuksen CO₂-päästöiksi 210 tCO₂.

Maalämpöä voidaan pitää ympäristöystävällisenä tapana tuottaa energiaa niin lämmitykseen kuin jäähdytykseen. Sen tarvitsema sähkö voidaan tuottaa keskitetysti suurissa voimaloissa, jolloin paikalliset hiukkaspäästöt alenevat.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Elinkaaritehokkaan pienteollisuusrakennuksen suunnittelussa tulee huomioida monia eri näkökulmia alkaen lämmitysmuodon valinnasta aina käyttäjien tarpeiden täyttämiseen. Laadukkaiden ja hyväksi todettujen rakennusmateriaalien suosiminen vähentää käytönaikaista korjaustarvetta ja pienentää näin elinkaaren aikana syntyviä käyttökustannuksia.

Rakennuksen elinkaaren aikana rakennuskustannukset ovat vain noin 10% kokonaiskustannuksista. Tämä pitää huomioida rakennusta suunniteltaessa ja lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteita valittaessa. Käytönaikainen kustannus on viisinkertanen rakennuskustannuksiin. Siksi kannattaa suunnittelussa kiinnittää erityistä huomiota rakennuksen eri osien lämpötaloudellisiin ratkaisuihin ja ilmanvaihtolaitteiden hyötysuhteisiin.

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää elinkaaritehokas ratkaisu metsäkonehuollon tarpeisiin. Laskelmien kautta arvioitiin elinkaarikustannuksia ja rakennusmateriaalien vaikutusta lopputulokseen. Suunnitteluratkaisussa päädyttiin tarpeet täyttävään rakennukseen, jonka energiataloudelliset ratkaisut ovat myös mietitty koko elinkaaren ajan tehokkaasti toimiviksi.

Metsäkonehuollon erityistarpeet suunnitelun lähtökohtana ohjasi rakennuksen kantavien rakenteiden valinnassa, varastointiratkaisussa ja asiakaspalvelun suunnittelussa.

Samantapaiseen hankkeeseen ryhtyvien yritysten kannattaa tutkia investointitukimahdollisuuksien olemassaoloa paikallisesta elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksesta.

LÄHTEET

Energianet, 2011, lämpöjärjestelmänvalinta. Viitattu 2.4.2011.
<http://www.energianet.fi/index.php?page=lampohuolto&osa=6>

Haahtela yhtiöt, 2011, Kustannustieto TAKU. Viitattu 2.4.2011
<http://www.haahtela.fi>

Kardex, 2011, Megamat paternosturi varastointijärjestelmä. Viitattu 2.4.2011
<http://www.kardex.fi/fi/tuotteet-palvelut/teollisuusratkaisut/paternosterit/kardex-megamat-rs.html>

Konekorjaamo Kähkönen, 2011. Viitattu 9.5.2011.
<http://www.kahmar.net>

Metsäkeskus, maatilan hakelämmitysopas, 2011. Viitattu 2.4.2011.
http://www.metsakeskus.fi/NR/rdonlyres/DF1214EA-4540-4CDF-9B86-6C92B4093E84/10994/Maatilan_hakelammitysopas.pdf

Motiva Oy, 2011, pienille rakennuksille tarkoitettu energiatodistus. Viitattu 21.3.2011.
<http://energiatodistus.motiva.fi/energiatodistukset/pienetasuinrakennukset>

Motiva Oy, 2011, yksittäisen kohteen CO₂-päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO₂-päästökertoimet . Viitattu 21.3.2011.
http://www.motiva.fi/files/209/Laskentaohje_CO2_kohde_040622.pdf

Sisäasianministeriö, 2011, uusi pelastuslaki. Viitattu 2.4.2011

<http://www.intermin.fi/intermin/bulletin.nsf/PFBD/3CEDEE2F0F06090BC2257880002C7BA2>

Ympäristöministeriö, 2011. Viitattu 21.3.2011.

(www.ymparisto.fi/rakentamismaaraykset, 13.4.2011)

Suomen rakennusmääräyskokoelman osa A2, 2005. Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat, määräykset ja ohjeet. Viitattu 2.4.2011.

<http://www.finlex.fi/data/normit/10970-a2.pdf>

Suomen rakennusmääräyskokoelman osa D2, 2008. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Viitattu 21.3.2011.

http://www.finlex.fi/data/normit/34164-D2-2010_suomi_22-12-2008.pdf

Suomen rakennusmääräyskokoelman osa D5, 2007. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Viitattu 21.3.2011.

<http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf>

Suomen rakennusmääräyskokoelman osa E2, 2005. Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus. Viitattu 25.3.2011

<http://www.finlex.fi/data/normit/28207-E2su2005.pdf>

Thermisol Oy, 2011. Sandwich elementti. Viitattu 16.5.2011

<http://www.thermisol.fi/tuotteet-ja-palvelut/elementti/thermisol-sein%C3%A4elementit/sein%C3%A4elementti>

Talotekniikan elinkaaritarkastelut, Talotekniikan käsikirja 1, SUOMEN TALOTEKNIIKAN KEHITYSKESKUS OY (TAKE), 2001

LIITTEET

- Liite 1 Kustannusarvio Haahtelan TAKU-ohjelmalla
- Liite 2 Maalämpö tarjouslaskelma (Nibe OY)
- Liite 3 Energian hinnankehitysennuste vuosille 2005-2050

Hanke:
Konekorjaamo Kähkönen

Varjuksentie 219
29250 NAKKILA

Vaihe: ARK, RAK
Paikkakunta: Pori
Haahela-ind.: 73,0 / 1.2009
Hintataso: 65,7 / 3.2011
Laajuus: 1 319 brm2

RAKENNUSOSA-ARVIO

Rn	Nimike	Yks	Määrä	€/yks	€	€	Määrä	€/yks
RAKENNUSOSAT								
ALUEOSAT								
111 Maosot								
1111	Raivaustehtävät	m2	1 000	0,7		708		
	pintamaan poisto, ei kuljetusta	m2	1 000	0,7	708			
1112	Kaivannot	rm2	50	29		1 439		
	kaivu, rak.sis, suuri ant. syv. 1.0m	km2	50	6,8	342			
	kaivu, US-linja, sokkelip. syv. 0.8m	jm	130	7,0	915			
	kanaalikaivu, tila > 300 m2	jm*	10	18	182			
1113	Kanaalit	rm2						
1114	Täyttöosat	rm2				1 197		
	routaeristys 100mm	m2*	130	9,2	1 197			
1115	enkerieet	rm2						
1116	Kuivatusosat	rm2						
1117	Erityiset maosot	brm2						
	Maosot					3 345		
112 Tuennat ja vahvistukset								
1121	Paalut	rm2						
1122	Tuennat	brm2						
1123	Vahvistukset	rm2						
1124	Erityiset tuennat ja vahvistukset	brm2						
	Tuennat ja vahvistukset							
113 Päällysteet								
1131	Liikennealueiden päällysteet	urm2						
1132	Päiköitusalueiden päällysteet	urm2				4 229		
	sora/kivituhka,routiva pohjamaa	m2	500	8,5	4 229			
1133	Oleskelu- ja leikkialueiden päällysteet	urm2						
1134	Kasvillisuus	urm2				731		
	istutettava puu,tavanomainen	k.pl*	5	60	299			
	luonnonvaraisen alueen kunnostus	m2	1 000	0,4	432			

Ro	Nimike	Yks	Määrä	€/yks	€	€	Määrä	€/yks
1135E	rityisalueiden päällysteet	erä						
	Päällysteet				4 960			
114	Alueen varusteet							
1141T	alovarusteet	brm2						
1142O	leskeluvarusteet	brm2						
1143L	leikkivarusteet	erä						
1144A	alueopasteet	erä						
1145E	rityiset aluevarusteet	erä						
	Alueen varusteet							
115	Alueen rakenteet							
1151P	ihavarastot	brm2						
1152P	ihakatokset	brm2						
1153A	aidat ja tukimuurit	brm2						
1154A	alueen portaat, luiskat ja terassit	brm2				5 611		
	lastauslaituri	m2*	20	281	5 611			
1155A	alueen pysäköintirakenteet	brm2				784		
	valaisinpylvään perustus	kpl*	5	157	784			
1156E	rityiset aluerakenteet	brm2						
	Alueen rakenteet					6 395		
	Alueosat					14 699		
TALO-OSAT								
121	Perustukset							
1211A	anturat	rm2				9 073		
	seinäantura, kokol. b (0,6x0,3 m2)	jm*	130	36	4 639			
	pilariant., kokol. C (2,0x2,0x0,0,6 m)	mkpl*	10	443	4 433			
1212P	erismuurit, peruspilarit ja peruspalkit	rm2				16 223		
	sokkelipalkkielementti h= 1,2m	jm*	130	125	16 223			
1213E	rityiset perustukset	rm2						
	Perustukset					25 296		
122	Alapohjat							
1221A	alapohjalaatat	rm2	960	49		47 225		
	tb 180 raud.12kg/m2, lämmöner. +pi	rm2	600	63	37 684			
	bet.laatta 120, raud.4kg/m2 (hallit ym 2	rm2	360	27	9 541			
1222A	alapohjaka-naalit	rm2						
1223E	rityiset alapohjat	rm2						
	Alapohjat					47 225		
123	Runko							

Ro	Nimike	Yks	Määrä	€/yks	€	€	Määrä	€/yks
1231	Väestönsuojat	vssm						
1232	Kantavat seinät	m ²						
1233	Pilarit	bm ³				12 643		
	teräspilari 30 kg/jm	kg*	4 830	2,2	10 612			
	teräsprofiilit <20 kg/jm	kg*	840	2,4	2 031			
1234	Palkit	brm ²				60 148		
	liimapuupalkki, yli 10m ³	m ³ *	68	751	51 037			
	nosturipalkki q=10t k 6m	jm*	50	156	7 798			
	teräspalkki 120kg/jm (ruutu 6,0x7,2)kg*		840	1,6	1 313			
1235	Väli pohjat	m ²	300	46		13 712		
	ontelolaatta 265, jv7m, norm.kuorm.m ²		300	46	13 712			
1236	Yläpohjat	m ²						
1237	Runkoportaat	kpl	1	16 744		16 744		
	teräsporras vaativa 1500/3600, lasi	kpl	1	16 744	16 744			
1238	E rityiset runkorakenteet	kpl						
	Runko					103 247		
124	Julkisivut							
1241	Ulkoseinät	m ²	5 000	62		310 358		
	hallin peltiverhottu ulkoseinä	m ²	5 000	62	310 358			
1242	Ikkunat	m ²	300	237		71 033		
	teräspref ikkuna 3-las., kpa 3,0m ²	m ²	300	237	71 033			
1243	Ulko-ovet	kpl	5	5 287		26 434		
	alumiinirakenteinen ulko-ovi 10x24	kpl	5	1 410	7 051			
	nosto-ovi, käsikäyttöinen	m ²	90	159	14 300			
	konekäyttöinen nosto-ovi lisähinta	kpl*	3	1 694	5 083			
1244	Julkisivuvarusteet	brm ²						
1245	E rityiset julkisivurakenteet	brm ²						
	Julkisivut					407 824		
125	Ulkotasot							
1251	P arvekkeet	m ²						
1252	Katokset	m ²						
1253	E rityiset ulkotasot	brm ²						
	Ulkotasot							
126	Vesikatot							
1261	Vesikattorakenteet	m ²	960	46		43 844		
	prof100+polyuretaani (tasak.) h	m ²	960	46	43 844			
1262	R äystäs rakenteet	jm						
1263	Vesikatteet	m ²	960	21		20 139		
	konesaumattu pelti helppo	m ²	960	21	20 139			
1264	Vesikattovarusteet	m ²						
1265	Lasikattorakenteet	m ²						
1266	Kattoikkunat ja luukut	m ²	10	723		7 229		

Ro	Nimike	Yks	Määrä	€/yks	€	€	Määrä	€/yks
	savunpoisto umpinainen 2m2	m2	10	723	7 229			
1267E	erityiset vesikattorakenteet	brm2						
	Vesikatot					71 213		
	Talo-osat					654 806		

TILAOSAT

131 Tilan jako-osat

1311	Väliseinät	m2	200	25		4 977		
	met70m m 2-kipsilevyä, 30 dB	m2	200	25	4 977			
1312	Lasiväliseinät	m2						
1313E	eritysväliseinät	m2						
1314	Kaiteet	jm						
1315	Väliovet	kpl	9	564		5 079		
	puuovi 30db maalattu	kpl	7	350	2 453			
	lankalasiovi EI30 10x21	kpl	2	1 313	2 626			
1316E	erityisovet	m2						
1317T	Tilaportaat	m2				1 893		
	teräsporras säde 100cm, vaatimatokpl		1	1 893	1 893			
1318E	erityiset tilajako-osat	brm2						
	Tilan jako-osat					11 949		

132 Tilapinnat

1321	Lattioiden pintarakenteet	m2						
1322	Lattiapinnat	m2	1 235	70		86 759		
	Pinnan lk 1	m2						
	Pinnan lk 2	m2	35	11	387			
	Pinnan lk 3	m2						
	Pinnan lk 4	m2	116	33	3 874			
	Pinnan lk 5	m2	1 000	44	43 961			
	Pinnan lk 6	m2	14	36	497			
	Pinnan lk 7	m2	20	82	1 650			
	Pinnan lk 8	m2	50	48	2 408			
	Pinnan lk 9	m2						
	Pinnan lk 10	m2						
	mosaiikkibet. laatta harmaa, huonetilm2*		300	37	11 125			
	vesieristys, lisähinta	m2*	30	18	528			
	akryylibetoni 4mm	m2*	600	37	22 328			
1323	Sisäkattorakenteet	m2				15 996		
	akustointilevy 30mm, liimattu (teoll.)m2*		600	9,0	5 417			
	alakatto kipsilevy, sileä, maalatom2*		300	35	10 579			
1324	Sisäkattopinnat	m2	1 235	21		26 077		
	Pinnan lk 1	m2	820					

Ro	Nimike	Yks	Määrä	€/yks	€	€	Määrä	€/yks
	Pinnan lk 2	m2	79	6,8	534			
	Pinnan lk 3	m2	26	39	1 006			
	Pinnan lk 4	m2	110	59	6 494			
	Pinnan lk 5	m2	200	87	17 450			
	tasote tai maalaus h	m2*	300	2,0	593			
1325	Seinien pintarakenteet	m2						
1326	Seinäpinnat	m2	1 985	12		24 204		
	Pinnan lk 1	m2						
	Pinnan lk 2	m2	1 890	8,4	15 827			
	Pinnan lk 3	m2						
	Pinnan lk 4	m2	95	40	3 833			
	Pinnan lk 5	m2						
	laatoitus, tavanomainen, kuvioitu	m2*	50	38	1 876			
	vesieristys, lisähinta	m2*	50	18	880			
	maalaus 2 x lateksi, ei pesukestävä m2*	500	3,6	1 788				
1327E	erityiset tilapinnat	m2						
	Tilapinnat					153 036		
133	Tilavarusteet							
	Tilaluettelon mukaan	m2	1 235	7,6	9 401	9 401		
1331	Vakiokiintokalusteet	m2						
1332E	erityskiintokalusteet	m2						
1333	Varusteet	m2						
1334	Vakiolaitteet	m2				573		
	jääkaappi/pakastekaappi 350 l	kpl*	1	573	573			
1335T	Tilaopasteet	m2						
1336E	erityiset tilavarusteet	m2						
	Tilavarusteet					9 973		
134	Muut tilaosat							
1341	Hoitotasot ja kulkurakenteet	m2						
1342T	Tulisijat ja savuhomit	kpl						
1343M	Muut erityiset tilaosat	kpl						
	Muut tilaosat							
135	Tilaelementit							
1351K	Kylpyhuone-elementit	m2						
1352K	Ylähuone-elementit	m2						
1353S	Saunaelementit	m2						
1354T	Alotekniikan tilaelementit	m2						
1355H	Hormielementit	m2						
1356E	erityiset tilaelementit	m2						
	Tilaelementit							
	Tilaosat					174 958		

Ro	Nimike	Yks	Määrä	€/yks	€	€	Määrä	€/yks
TEKNIikkaOSAT								
PUTKIOSAT								
211 Lämmitys								
2111	Lämmön alueosat	brm2						
2112	Lämmön tuotantolaitteet	rm3						
2113	Lämmön siirtoputkisto	brm2				36 363		
	lattiaämmitys, bet.lattia, 500 m2	m2*	980	23	22 696			
	lattiaämmitys, puu rak., 100 m2	m2*	295	46	13 667			
2114	Lämmönluovuttimet	brm2				1 117		
	tuulikaapin kiertoilmakojie	kpl*	1	1 117	1 117			
2115	Eriytynen lämmitys	brm2						
	Lämmitys					37 480		
212 Kylmä								
2121	Kylmän alueosat	brm2						
2122	Kylmän tuotantolaitteet	brm2						
2123	Kylmän siirtoputkisto	brm2						
2124	Kylmänluovuttimet	kpl						
2125	Eriytynen kylmä	brm2						
	Kylmä							
213 Käyttövesi								
2131	Käyttöveden alueosat	brm2						
2132	Käyttöveden tuotantolaitteet	brm2						
2133	Käyttövesiverkosto	brm2	1 275	2,1	2 666			
	vesijohdot teoll. ym. hall. kesk. 0,015	brm2	1 275	2,1	2 666			
2134	Eriytynen käyttövesi	brm2						
	Käyttövesi					2 666		
214 Jätevesi								
2141	Jäteveden alueosat	brm2				1 131		
	jätevesiviemärijohdot 1 000 brm2	jm*	50	23	1 131			
2142	Jätevesiverkosto	brm2	1 275	2,5	3 143			
	viemäriputkisto, teoll. ym. hall. kesk. 0	brm2	1 275	3,1	3 990			
	koko viem. verkosto muovina	brm2	1 275	-0,7	-847			
2143	Jäteveden käsittely	brm2				10 624		
	lietteenerotin /pesupaikka	kpl	1	3 458	3 458			
	bens.erotuskaivo 7 l/s	kpl	1	7 166	7 166			
2144	Eriytynen jätevesi	brm2						
	Jätevesi					14 898		

Ro	Nimike	Yks	Määrä	€/yks	€	€	Määrä	€/yks
215 Vesi- ja viemärikalustus								
2151	Hanat ja sekoittajat	kpl	9	386		3 474		
	suihku 1-otes.lattiak hl3	kpl	2	376	752			
	pesuallas 1-otesekoitt hl3	kpl	5	376	1 879			
	astianpesupöydän var. hl4	kpl	2	422	844			
2152	Pesu- ja wc-kalusteet	kpl	9	276		2 484		
	WC-kulho/irtsalo n	kpl	3	450	1 349			
	erillinen lattiakaivo	kpl	6	189	1 135			
2153	Laitteiden liitokset LV-järjestelmiin	brm2						
2154	Eriytynen vesi- ja viemärikalustus	brm2						
	Vesi- ja viemärikalustus					5 958		
216 Sadevesi								
2161	Alueen sadevesijärjestelmät	urm2				2 277		
	rännikaivo, lisähinta	kpl*	6	100	599			
	sadevesiviemäri	jm*	150	11	1 677			
2162	Rakennuksen sadevesijärjestelmät	brm2						
2163	Eriytiset sadevesijärjestelmät	brm2						
	Sadevesi					2 277		
217 Eriytiset putkiosat								
2171	Palontorjuntajärjestelmät	brm2						
2172	Höyryjärjestelmät	brm2						
2173	Kaasujärjestelmät	brm2						
2174	Muut putkijärjestelmät	brm2				2 292		
	teoll.rak.paineilmapiiste, teräsp.	kpl	10	229	2 292			
2175	Muut putkiosat	brm2						
	Eriytiset putkiosat					2 292		
	Putkiosat					65 570		
ILMANVAIHTO-OSSAT								
221 Tuloilma								
2211	Tuloilman alueosat	brm2						
2212	Tuloilmakoneet	kpl	2	7 282		14 563		
	perustuloilmakoje koko 4 3,0...4,0	kpl	1	7 300	7 300			
	levylämmönvaihdin LTO 3	kpl	1	7 263	7 263			
2213	Tuloilmakanavat	brm2	1 275	5,0		6 397		
	tuloilmakanavat, konekoht-iv 1.7	brm2	1 275	5,0	6 397			
2214	Tuloilmanpäätelaitteet	brm2	1 275	3,1		3 980		
	tilakohtainen ilmanjako	brm2	1 275	3,1	3 980			
2215	Eriytynen tuloilma	brm2						

Ro	Nimike	Yks	Määrä	€/yks	€	€	Määrä	€/yks
	Tuloilma					24 940		
222	Poistoilma							
2221P	oistoilman alueosat	brm2						
2222P	oistoilmakoneet	kpl						
2223P	oistoilmakanavat	brm2	1 275	3,3		4 265		
	poistoilmakanavisto,konekoht.iv 1.7brm2		1 275	3,3	4 265			
2224P	oistoilman päätelaitteet	brm2	1 275	1,3		1 703		
	tilakohtainen ilmanpoisto	brm2	1 275	1,3	1 703			
2225E	rytinen poistoilma	brm2						
	Poistoilma					5 968		
223	Erityiset ilmanvaihto-osat							
2231E	rytyiset ilmastointijärjestelmät	brm2				10 093		
	pakokaasupiste	kpl	4	2 523	10 093			
2232E	rytyiset ilmastointilaitteet	brm2						
	Erityiset ilmanvaihto-osat					10 093		
	Ilmanvaihto-osat					41 002		
	SÄHKÖ OSAT							
231	Sähköenergian tuotto ja syöttö							
2311	Muuntamo	erä						
2312P	pääkeskus	brm2						
	pääkeskus	erä	1					
2313	Varavoima	erä						
2314K	käyttömaadoitus	erä						
2315E	rytinen sähkön tuotto	erä						
	Sähköenergian tuotto ja syöttö							
232	Sähkön asennusreitit ja jakelu							
2321S	sähkön asennusreitit	brm2						
2322S	sähkön pääjakelu	brm2						
2323T	tilojen sähköistys	brm2						
2324	Laitteistojen sähköistys	brm2						
2325E	rytyiset sähkön asennusreitit	brm2						
	Sähkön asennusreitit ja jakelu							
233	Sähkön päätelaitteet							
2331	Alueen sähkölaitteet	urm2						
2332S	sähköliitäntäjärjestelmät	brm2						
2333S	sähkökojeet ja laitteet	brm2						
2334E	rytyiset sähkön päätelaitteet	brm2						

Ro	Nimike	Yks	Määrä	€/yks	€	€	Määrä	€/yks
	Sähkön päätelaitteet							
234	Valaistus							
2341	Alueen valaistus	urm2						
2342	Ulkovaistus	brm2						
2343	Tilojen valaistus	m2						
2344	Eriytynen valaistus	m2						
	Valaistus							
235	Sähkölämmitys							
2351	Alueen sähkölämmitys	urm2						
2352	Tilojen sähkölämmitys	m2						
2353	Eriytynen sähkölämmitys	m2						
	Sähkölämmitys							
236	Eriytyiset sähköosat							
2361	Eriytyiset sähköjärjestelmät	brm2	1 300	62		80 141		
	sähkötyöt toimistorakennus	brm2	700	59	41 050			
	sähkötyöt kevyteoll.rak.	brm2	600	65	39 092			
2362	Eriytyiset sähkölaitteet	brm2						
	Eriytyiset sähköjärjestelmät					80 141		
	Sähköosat					80 141		
	TIETO-OSAT							
241	Rakennusautomaatio							
2411	Säätökeskukset	brm2						
2412	Säädön päätelaitteet	brm2						
2413	Eriytynen automaatiikka ja säätö	brm2						
	Rakennusautomaatio							
242	Turvallisuus							
2421	Rikosilmoitusjärjestelmät	brm2						
2422	Valvontajärjestelmät	brm2						
2423	Palontorjuntajärjestelmät	brm2						
2424	Eriytyiset turvallisuusjärjestelmät	brm2						
	Turvallisuus							
243	Viestintä							
2431	Tiedon aluejärjestelmät	brm2						
2432	Tiedonsiirtojärjestelmät	brm2						
2433	Tietoverkkojärjestelmät	brm2				447		
	datapiste yhteiskaapelointina	kpl*	5	89	447			

Ro	Nimike	Yks	Määrä	€/yks	€	€	Määrä	€/yks
2434P	uhelinverkkojärjestelmät	brm2				486		
	puhelinvaihte. normaali	nro*	1	274	274			
	puhelinpiste	kpl	5	42	212			
2435	Antennijärjestelmät	brm2				109		
	antennipiste	kpl	1	109	109			
	antennijärjestelmä	erä	1					
2436	Av-järjestelmät	brm2				4 718		
	videoprojektori, kiinteä esim. luokkakpl	kpl	1	1 480	1 480			
	AV-laitteet, neuvottelila	erä	1	3 238	3 238			
2437E	rityiset viestintäjärjestelmät	brm2						
	Viestintä					5 759		
244	Merkinanto							
2441	Sisäänpyyntöjärjestelmät	brm2						
2442	Kutsujärjestelmät	brm2						
2443	Ajannäyttöjärjestelmät	brm2						
2444	Opastevalojärjestelmät	brm2						
2445E	rityiset merkinantojärjestelmät	brm2						
	Merkinanto							
245	Erityiset tieto-osat							
2451	Muut tietojärjestelmät	brm2						
2452	Muut tietolaitteet	brm2						
	Erityiset tieto-osat							
	Tieto-osat					5 759		
LAITE OSAT								
251	Siirtolaitteet							
2511	Hissit	kpl						
2512	Kujettimet	kpl						
2513E	rityiset siirtolaitteet	kpl				42 631		
	siltanosturi 10 t jv 25 m	kpl*	1	42 631	42 631			
	Siirtolaitteet					42 631		
252	Tilalaitteet							
2521	Keittiölaitteet	erä						
2522	esulalaitteet	erä						
2523	Väestönsuojalaitteet	erä						
2524	Allaslaitteet	erä						
2525E	rityiset tilalaitteet	erä						
	Tilalaitteet							

Ro	Nimike	Yks	Määrä	€/yks	€	€	Määrä	€/yks
	Laiteosat				42 631			
	HANKETEHTÄVÄT							
	Osat 11 ... 24 yhteensä				1 036 935			
	Osat 11 ... 25 + 34 yhteensä				1 108 222			
	Osat 11 ... 25+ 33 +34 yhteensä				1 232 650			
	HANKKEEN JOHTOTEHTÄVÄT							
	311 Rakennuttaminen							
	3111Hankkeen valmistelu							
	3112Suunnittelun valmistelu ja ohjaus							
	3113Rakentamisen valmistelu							
	3114Rakentamisen ohjaus							
	3115Vastaa- ja käyttöönoton ohjaus							
	3116Takuuajan rakennuttaminen							
	3117Muu hankkeen rakennuttaminen							
	Rakennuttaminen							
	312 Paikallisvalvonta							
	3121Rakentamisen työmaavalvonta							
	3122Tekniikan työmaavalvonta							
	3123Muu paikallisvalvonta							
	Paikallisvalvonta							
	313 Hankkeen hallinto							
	3131Hankkeen hallintotehtävät							
	3132Lupatehtävät					500		
	lupatehtävät	€	1	500	500			
	3133Rakentamisen vakuuttaminen							
	3134Muu rakennuttamisen hallinto							
	Hankkeen hallinto					500		
	Hankkeen johtotehtävät					500		
	SUUNNITTELUKATEHTÄVÄT							
	321 Tilasuunnittelu							
	3211Toiminnallinen tilasuunnittelu							
	3212Tilayhteyssuunnittelu							
	Tilasuunnittelu							

Ro	Nimike	Yks	Määrä	€/yks	€	€	Määrä	€/yks
322 Rakennussuunnittelu								
3221P	ääsuunnittelu					5 000		
	pääsuunnittelu	€	1	5 000	5 000			
3222	Arkkitehtisuunnittelu							
3223	Rakennesuunnittelu							
3224	LV-suunnittelu					2 758		
	LV-suunnittelu	€	1	2 758	2 758			
3225	Sähkösuunnittelu					2 758		
	sähkösuunnittelu	€	1	2 758	2 758			
3226	Sisustus suunnittelu							
	Rakennussuunnittelu					10 516		
323 Suunnittelun asiantuntijatehtävät								
3231	Geotekniset asiantuntijatehtävät					2 758		
	asiantuntijatehtävät	€	1	2 758	2 758			
3232	Akustiset asiantuntijatehtävät							
3233	Maisema-asiantuntijatehtävät							
3234	Palo-asiantuntijatehtävät							
3235	Talousasiantuntijatehtävät							
3236	Muut suunnittelun asiantuntijatehtävät							
	Suunnittelun asiantuntijatehtävät					2 758		
324 Hanketietotehtävät								
3241	Kopiointitehtävät							
3242	Tietokantatehtävät							
3243	Huoltokirjatehtävät							
3244	Eriytyiset hanketietotehtävät							
	Hanketietotehtävät							
	Suunnittelutehtävät					13 274		
RAKENTAMISEN JOHTOTEHTÄVÄT								
331 Rakentamisen yleisjohto ja hallinto								
3311	Työmaan yleisjohto							
3312	Laskentatehtävät							
3313	Hankintatehtävät							
3314	Yritystehtävät					110 822		
	työmaakate, Muu-Suomi	%	10,0		110 822			
3315	Muut rakentamisen yleisjohto- ja hallintotehtävät							
	Rakentamisen yleisjohto ja hallinto					110 822		
332 Työmaan johtotehtävät								
	Työmaan johtotehtävät erittelemättöminä		7	1 839		13 606		

Ro	Nimike	Yks	Määrä	€/yks	€	€	Määrä	€/yks
3321	Vastava työnjohto							
	työnjohto	kk	10					
3322	Työnsuunnittelu ja ohjaus							
3323	Työmaan työturvallisuus							
3324	Rakennustyön työnjohto ja valvonta							
	Työmaan johtopalvelut					13 606		
	Rakentamisen johtotehtävät					124 428		
TYÖMAATEHTÄVÄT								
341	Työmaapalvelut							
	Työnaikaiset rakenteet, asennukset ja koneet		,5			5 185		
	Käyttöaineet ja energia	%	1,0			10 369		
	Muu käyttö ja ylläpito	%	1,0			10 369		
	Muut erillisisät (talviliisätyö, aluevuokrat yms.)		1					
3411	Työmaarakennukset							
3412	Työmaa-alue							
3413	Avustavat rakennustyöt							
3414	Käyttöaineet ja energia							
3415	Työmaan lämmitys ja kuivaus							
3416	Työmaan puhtaanapito ja suojaus							
3417	Työmaan vartiointi							
3418	Muut työmaan palvelut							
	Työmaapalvelut					25 923		
342	Työmaakalusto							
	Nostot ja siirrot	kk	1	5 467		2 734		
3421	Nostot ja siirrot							
	nostot ja siirrot	kk	1					
3422	Telineet							
	telineet	kk	4					
3423	Työmaakuljetukset							
3424	Muu työmaan kalusto							
	Työmaakalusto					2 734		
	Työmatehtävät					28 657		
	Osat 11... 34 yhteensä					1 246 424		

KIINTEISTÖTEHTÄVÄT

MAA-ALUETEHTÄVÄT

Ro	Nimike	Yks	Määrä	€/yks	€	€	Määrä	€/yks
	411 Tonttitehtävät							
4111	Tontin hankinta ja vuokraus							
	tontin hankinta ja vuokraus	€	1					
4112	Verot ja rasitteet							
4113	Eriytyiset tonttitehtävät							
	Tonttitehtävät							
	412 Liittymät							
4121	Liittyminen rakennuksiin							
4122	Liittyminen verkostoihin					1 379		
	vesi- ja viemäri liittymä	€	1	1 379	1 379			
4123	Eriytyiset liittymät							
	Liittymät					1 379		
	413 Maa-alueen kehittäminen							
4131	Kiinteistökehitys							
4132	Kaavoitus							
	Maa-alueen kehittäminen							
	Maa-alueetehävät					1 379		
	RAHOITUS JA MARKKINOINTI							
	421 Rahoitustehtävät							
4211	Lainoitustehtävät							
4212	Yhtiötehtävät							
4213	Eriytyiset rahoitustehtävät							
	Rahoitustehtävät							
	422 Markkinointitehtävät							
4221	Asuntomarkkinointi							
4222	Toimittamarkkinointi							
4223	Muu markkinointi							
	Markkinointitehtävät							
	Rahoitus ja markkinointi							
	KÄYTTÄJÄTEHTÄVÄT							
	TILAVARUSTUS							
511	Irtainisto							

Ro	Nimike	Yks	Määrä	€/yks	€	€	Määrä	€/yks
MUUT VARAUKSET								
621	Riskit							
6211	Sijaintiriskit							
6212	Olosuhderiskit							
6213	Muut riskit							
	Riskit							
622	Erityiset varaukset							
6221	Toteutusmuotovaraus							
6222	Muu erityinen varaus							
	Erityiset varaukset							
	Muut varaukset							
HANKE YHTEENSÄ (alv 0%)					1 247 803			
Arvonlisävero (ei sisällä tontin hankintaa ja hankerahoitusta)					274 517			
HANKE YHTEENSÄ					1 522 319			



ENERGIALASKELMA

20.10.2010

NIBE VPDIM 2.4.4

YLEISTIEDOT

Myyjä/Asentaja	Kohde/Asiakas
	Kähkönen Markku
NAKKILA	

TUOTE

Lämpöpumput:	NIBE F1330-60	Lämmönlähde	Pintamaa
--------------	---------------	-------------	----------

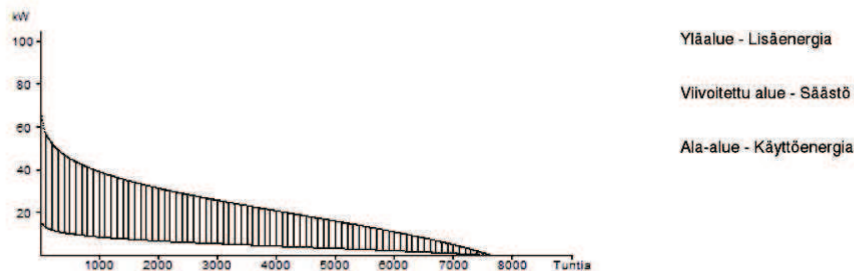
TIEDOT JÄRJESTELMÄSTÄ

Kokonaistehontarve lämmitys	68 kW	Vuoden keskilämpötila	5 °C
		Mitoitettava ulkolämpötila MUT	-26 °C
		Sisälämpötila	21 °C
Nettoenergiantarve (ei sis. taloussähkö)	176 453 kWh/vuosi	Ilmaislämmöt kattavat alkaen	17 °C
Lämpimän veden tarve (sis. edelliseen)	1 000 kWh/vuosi	Menolämpötila MUTssa	35 °C
Tehontarve	68,1 kW	Paluulämpötila MUTssa	30 °C

ENERGIANKULUTUS NIBE-LÄMPÖPUMPULLA

Lämpöpumpun tuottama energia	176 312 kWh/vuosi	Energianpeittoaste	100 %
Lämpöpumpun käyttämä energia	41 830 kWh/vuosi	Tehonpeittoaste	92 %
Lisäenergia, netto	143 kWh/vuosi	Lämpökerroin, vain LP	4,2
Lisäenergia Sähkö, 98 %	146 kWh/vuosi	Lämpökerroin, Yht.	4,2
Lisäteho, netto	5,6 kW	Lauhdutus	Vaihteleva
Energiankulutus, sähkö brutto	41976 kWh/vuosi	Lämminvesi lämpöpumpusta	100 %
Säästö lämpöpumpulla	134 480 kWh/vuosi	Extra savings low energy pump heating	0 kWh/vuosi

ENERGIKAAVIO



KERUUPIIRIN TIEDOT

Putkiston pituus (keskeltä keskelle) m)	3 897 m	Lambda-arvo	2,6 W/mK
Ominaisenergianotto	35 kWh/m	Tulevan keruuaineen keskilämpötila	1 °C
Ominaisstehonotto	13 W/m	Keruuaineen lämpötilaero	3 °C

NIBE - HAATO, PL 257, FI-01510 VANTAA, +358 9 274 69 70

(Laskelma perustuu saatuihin tietoihin, tulosten saavuttamista ei luvata sitovasti)

LIITE 3

ENERGIAN HINNANKEHITYSENNUSTE VUOSILLE 2005-2050

Euro / MWh	Kaukolämpö	Sähkö	Lämpöpumppu COP 4.2	Kevyt polttoöljy	Raskas polttoöljy	Maakaasu	Polttohake
Nousu vuosittain	3,00%	3,00%		9,00%	7,00%	5,00%	1,00%
2005	46,7	76,6	18,2	60,7	33,5	20,7	13,0
2006	48,1	78,9	18,8	66,2	35,8	21,7	13,1
2007	49,5	81,3	19,3	72,1	38,4	22,8	13,3
2008	51,0	83,7	19,9	78,6	41,0	24,0	13,4
2009	52,6	86,2	20,5	85,7	43,9	25,2	13,5
2010	54,1	88,8	21,1	93,4	47,0	26,4	13,7
2011	55,8	91,5	21,8	101,8	50,3	27,7	13,8
2012	57,4	94,2	22,4	111,0	53,8	29,1	13,9
2013	59,2	97,0	23,1	120,9	57,6	30,6	14,1
2014	60,9	99,9	23,8	131,8	61,6	32,1	14,2
2015	62,8	102,9	24,5	143,7	65,9	33,7	14,4
2016	64,6	106,0	25,2	156,6	70,5	35,4	14,5
2017	66,6	109,2	26,0	170,7	75,4	37,2	14,6
2018	68,6	112,5	26,8	186,1	80,7	39,0	14,8
2019	70,6	115,9	27,6	202,8	86,4	41,0	14,9
2020	72,8	119,3	28,4	221,1	92,4	43,0	15,1
2021	74,9	122,9	29,3	241,0	98,9	45,2	15,2
2022	77,2	126,6	30,1	262,7	105,8	47,4	15,4
2023	79,5	130,4	31,0	286,3	113,2	49,8	15,5
2024	81,9	134,3	32,0	312,1	121,2	52,3	15,7
2025	84,3	138,3	32,9	340,2	129,6	54,9	15,9
2026	86,9	142,5	33,9	370,8	138,7	57,7	16,0
2027	89,5	146,8	34,9	404,2	148,4	60,6	16,2
2028	92,2	151,2	36,0	440,6	158,8	63,6	16,3
2029	94,9	155,7	37,1	480,2	169,9	66,8	16,5
2030	97,8	160,4	38,2	523,4	181,8	70,1	16,7
2031	100,7	165,2	39,3	570,5	194,5	73,6	16,8
2032	103,7	170,2	40,5	621,9	208,2	77,3	17,0
2033	106,8	175,3	41,7	677,8	222,7	81,1	17,2
2034	110,1	180,5	43,0	738,9	238,3	85,2	17,3
2035	113,4	185,9	44,3	805,3	255,0	89,5	17,5
2036	116,8	191,5	45,6	877,8	272,9	93,9	17,7
2037	120,3	197,3	47,0	956,8	292,0	98,6	17,9
2038	123,9	203,2	48,4	1042,9	312,4	103,6	18,1
2039	127,6	209,3	49,8	1136,8	334,3	108,7	18,2
2040	131,4	215,5	51,3	1239,1	357,7	114,2	18,4
2041	135,3	222,0	52,9	1350,6	382,7	119,9	18,6
2042	139,4	228,7	54,4	1472,2	409,5	125,9	18,8
2043	143,6	235,5	56,1	1604,7	438,2	132,2	19,0
2044	147,9	242,6	57,8	1749,1	468,8	138,8	19,2
2045	152,3	249,9	59,5	1906,6	501,6	145,7	19,4
2046	156,9	257,4	61,3	2078,1	536,8	153,0	19,5
2047	161,6	265,1	63,1	2265,2	574,3	160,7	19,7
2048	166,5	273,0	65,0	2469,0	614,5	168,7	19,9
2049	171,5	281,2	67,0	2691,3	657,6	177,1	20,1
2050	176,6	289,7	69,0	2933,5	703,6	186,0	20,3