ENERGIAMODERNISOINNIN SUUNNITTELU LEIRIKESKUKSEN KÄYTTÖÖN

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Energiatekniikan diplomityö

LUTin energiajärjestelmien tiedekunta

2025

Aleksi Mehto

Tarkastajat: Tutkijaopettaja Aki Grönman

Vapaa-aikajohtaja Salla Turpeinen, Laukaan kunta

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUTin energiajärjestelmien tiedekunta

Energiatekniikka

Aleksi Mehto

Energiamodernisoinnin suunnittelu leirikeskuksen käyttöön

Energiatekniikan diplomityö

2025

88 sivua, 1 kuva, 14 taulukkoa ja 12 liitettä

Tarkastajat: Tutkijaopettaja Aki Grönman ja Vapaa-aikajohtaja Salla Turpeinen

Avainsanat: energiamodernisointi, energiatehokkuus, käytön optimointi, omaenergiantuotanto, energiatodistus

Diplomityön tavoitteena on energiamodernisoinnin suunnittelu Laukaan kunnassa sijaitsevan Multamäen vapaa-ajan leirikeskuksen käyttöön. Työssä pyritään kartoittamaan leirikeskuksen energiatekninen nykytila sekä luomaan tilaajalle energiateknisiä työkaluja, joita tilaaja voi halutessaan hyödyntää päätöksenteossaan tulevaisuudessa. Työn edetessä tilaajan toiveet muuttuivat omaenergiantuotannon ratkaisuista pääasiallisesti käytön optimointiin kustannussyistä.

Työn tärkeimpänä työkaluna toimii rakennuskohtainen energiantehokkuuslaskenta, joka noudattaa energiatodistuslaskennan mukaista laskentaa. Laskenta huomioi rakennusten käyttöasteet kuluttaja- ja ilmanvaihdollisista näkökulmista. Laskentaan on lisätty osiot, joilla suoritetaan herkkyysanalyysi ilmalämpöpumpun käyttöasteelle, sekä lasketaan lämmöntalteenoton ja osavuotisen tilojen puolilämmittämisen vaikutusta energiantehokkuuteen.

Työssä luotujen työkalujen avulla leirikeskuksesta löydettiin käytön optimoinnista merkittävää potentiaalia. Käytön optimoinnin kannalta merkittävimmät hyödyt löytyvät ilmalämpöpumppujen hyödyntämisestä tilojen lämmityksessä sekä osavuotisen tilojen puolilämmityksen hyödyntämisestä hiljaisen kauden aikana.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

LUT School of Energy Systems

Energy Technology

Aleksi Mehto

Designing of energy modernization for the recreational camp centre

Master's thesis

2025

88 pages, 1 figure, 14 tables and 12 appendices

Examiners: Associate professor Aki Grönman and Director of Recreation Salla Turpeinen

Keywords: energy modernization, energy efficiency, optimization of use, self-produced energy, energy certification

The objective of this master's thesis is to design energy modernization for the recreational camp centre called Multamäki that is situated in municipality of Laukaa. The thesis seeks to chart the current state of energy technology in camp centre and to create technical tools that can help client in their decision-making in the future. As thesis progressed, client adjusted their needs for the thesis from self-energy production to optimization of use due to reason of cost.

The most important technical tool in the thesis is building-specific energy efficiency calculations that mostly follows steps of energy certification calculations. Calculations take into consideration building-specific consumer and ventilation utilization rates. Calculations have additional parts that create sensitivity analysis for utilization rate of air-to-air heat pumps, and parts that calculate effects of heat recovery and semi-warm spaces to energy efficiency.

Via using tools that were created in the thesis, significant amounts of potential for optimization of use were found. The most significant finds for optimization of use were in maximizing utilization rates of air-to-air heat pumps and semi-warm spaces during quiet season.

KIITOKSET

Aivan ensimmäiseksi haluan kiittää Huoltotyö Pentti Oy:n toimitusjohtajaa Jari Penttiä työn tilaajan ja työn suorittajan istuttamisesta saman pöydän ääreen. Ilman sinua tätä diplomityötä ei olisi tapahtunut.

Itse työn suorittamisesta haluan kiittää ammattitaitoista ohjaajaani Akia sekä Laukaan kunnan puolelta merkittävimpiä tukijoitani Sallaa, Hennaa ja Pasia. Te autoitte minua monen kinkkisen kysymyksen kanssa, jonka lisäksi pystyitte myös joustamaan tilanteessa, jossa työn eteneminen taukosi.

Haluan kiittää myös lähipiiriäni, perhettäni sekä ystäviäni. Te olette olleet aina tärkeä osa elämääni, ja olette myös monesti olleet se viimeinen tukipilari, kun usko omaan itseen ei ole enää riittänyt. Tiedän, että tämän jakson päättyminen on myös teille helpotus, joten suurin kiitos kaikesta tästä kuuluu teille.

Haluan kiittää myös tärkeitä henkilöitä työn suorittamisen ajalta. Erityisesti te, Eveliina, Mika ja Vilja, annoitte tärkeää kriittistä palautetta työn edetessä minulle tuntemattomampiin teemoihin.

Haluan osoittaa tämän työn Kassun muistolle.

-Aleksi

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Roomalaiset

A	pinta-ala	m^2
B	suhteellinen lattiamitta	m
d	rakennekerroksen paksuus	m
d'	maanvaraisen reunan ekvivalentti lisäpaksuus	m
d_t	lattian ekvivalentti paksuus	m
E	laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku	$kWh/(m^2a)$
E_tot	kokonaisenergia	kWh/a
e	suhteellisen virheen enimmäisarvo	%
e_i	ominaisenergiankulutus	$kWh/(m^2a)$
f	pinta-alaosuus	m^2/m^2
G	säteilyenergia	kWh
l	pituus	m
Q	lämpöenergia	kWh
q_50	ilmanvuotoluku	$m^3/(m^2h)$
q_v	tilavuusvirta	m^3/s
R	lämmönvastus	Km^2/W
T	lämpötila	K, °C
t	aika	s. h
U	lämmönläpäisykerroin	$W/(Km^2)$
W	sähköenergia	kWh
w	perusmuurin paksuus	m

Kreikkalaiset

η	hyötysuhde	-
λ	lämmönjohtuvuus	W/Km
Φ	lämpöteho	W
Ψ	lämpökonduktanssi	W/(Km²)

Dimensiottomat luvut

F	lämmönjohtuvuuden muuntotekijä
$F_läpäisy$	säteilyn läpäisyn kokonaiskerroin
f_t	lämmönjohtuvuuden lämpötilan muuntokerroin
f_Ψ	lämmönjohtuvuuden kosteuden muuntokerroin
g	ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin
x	rakennuksen kerroskerroin
Ψ_abs	veden absorptiokerroin
Ψ_cor	kosteuspitoisuuden laskenta-arvo

Alaindeksit

a	aika
aur	aurinko
cor	korjattu
D	ilmoitettu arvo
f	lattia
g,e	rakennuksen maanvastainen reuna

i	ilma
iv	ilmanvaihto
joht	johtumis-
k	kylmäsilta
ki	korvausilma
kul	kulutus
lk	lämpökuorma
lkv	lämmin käyttövesi
lp	(ilma)lämpöpumppu
lto	lämmöntalteenotto
läm	lämmitys
m	kosteus
n	perusmuuri
pi	poistoilma
se	ulkopuolinen
si	sisäpuolinen
sp	sisäänpuhallus
T	lämpötila
ti	tuloilma
tot	kokonais-
U	suunnitteluarvo
var	varastointi
vi	vuotoilma

Lyhenteet

CET	Clean Energy Transition eli puhtaan energian siirtymä
CHP	Combined heat and power eli lämmön ja sähkön yhteistuotanto
E-luku	Laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku
EAKR	Euroopan aluekehitysrahasto
ELY	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
EPS	Expanded polystyrene eli paisutettu polystyreeni
ESCO	Energy Service Company eli energiantehokkuuspalveluita tarjoava yritys
ILP	Ilmalämpöpumppu
IVLP	Ilma-vesilämpöpumppu
LENI	Lightning Energy Numeric Indicator eli valaistusenergiantarpeen luku
LTO	Lämmöntalteenotto
PILP	Poistoilmalämpöpumppu
TB	Teräsbetoni
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö
TKI	Ammattikorkeakoulujen tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminta
U-arvo	Lämmönläpäisykerroin

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Kiitokset

Symboli- ja lyhenneluettelo

Ilmoitukset

1 Johdanto 11
1.1 Leirikeskuksen alueen perustiedot 12
2 Rakennuskohtainen tekninen selvitys 17
2.1 Suora sähkölämmitys päälämmitysmuotona 19
2.2 Rakennusten energiatekninen nykytila 20
2.2.1 Katvela 21
2.2.2 Ohjaajarakennus 22
2.2.3 Keittiörakennus 23
2.2.4 Rantasauna ja takkatupa 25
2.2.5 Harrastetila 26
2.2.6 Vessa- ja pyykkihuonerakennukset 27
2.2.7 Huoltorakennus 28
3 Rakennuskohtainen energiatehokkuuslaskenta 30
3.1 Lämmönläpäisykertoimien laskenta 30
3.1.1 Lämmöneristeiden lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon määritys 30
3.1.2 Lämmönvastusten laskenta 33
3.1.3 Rakenteiden lämmönläpäisykertoimen laskenta 35
3.1.4 Laskentaan tehdyt alkuoletukset 37
3.1.5 Lämmönläpäisykertoimen laskennan laskuesimerkki 39
3.1.6 Laskennan tulokset ja johtopäätökset 43
3.2 E-luvun määrittäminen 46
3.2.1 Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve 47
3.2.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia 50

3.2.3 Kokonaisenergiankulutuksen laskenta 52
3.2.4 Energiatehokkuuslaskennan tulokset ja johtopäätökset 54
4 Omaenergiantuotannon pohjustavat tutkimukset 56
4.1 Energiainvestointeja tukevat rahoitusratkaisut 56
4.1.1 Ruokaviraston tuki yleishyödyllisiin ympäristö- ja ilmastoinvestointeihin 56
4.1.2 Työ- ja elinkeinoministeriön energiatuki 58
4.1.3 Ruokaviraston älykäs kylä -yhteistyö 60
4.1.4 Kuntarahoituksen rahoitusvaihtoehdot 61
4.1.5 Muut rahoitusvaihtoehdot 62
4.2 Omaenergiantuotantoa suunniteltaessa huomioitavia seikkoja 64
4.2.1 Sähkön pientuotannon yleiset säännöt 64
4.2.2 Aurinkoenergiainvestoinnit 65
4.2.3 Tuulienergiainvestoinnit 66
4.2.4 Ilmalämpöpumppuinvestoinnit 67
4.2.5 Maalämpöpumppuinvestoinnit 69
4.2.6 Muut uusiutuvan energian investoinnit 70
4.3 Leirikeskuksen omaenergiantuotannon potentiaali 71
5 Tulosten tarkastelu tilaajan tarpeisiin 73
5.1 Leirikeskuksen käytön optimointi 73
5.1.1 Talviaikainen rakennusten osatehoinen lämmitys 74
5.1.2 Ilmalämpöpumppujen hyödyntäminen energiansäästössä 76
5.1.3 Muu leirikeskuksen käytön optimointi 77
5.2 Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton potentiaali 78
5.3 Omaenergiatuotannon potentiaali 79
6 Johtopäätökset 80
Lähteet 81

Liitteet

Liite 1. Multamäen alueen rakennusten valmistumisajankohdat

Liite 2. Rajaamaton kuva leirikeskuksesta

Liite 3. Katvelan pohjapiirustus

Liite 4. Ohjaajarakennuksen pohjapiirustukset

Liite 5. Keittiörakennuksen pohjapiirustus

Liite 6. Rantasauna-takkatupa-rakennuksen pohjapiirustus

Liite 7. Harrastetilan pohjapiirustus

Liite 8. Vessa- ja pyykkihuonerakennusten pohjapiirustus

Liite 9. Huoltorakennuksen pohjapiirustus

Liite 10. Rakennusten laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun E-luvun laskenta

Liite 11. Talviaikaisen rakennusten osatehoisen lämmityksen energiansäästölaskenta

Liite 12. Ilmalämpöpumppujen käyttöasteen vaikutus rakennusten energiatehokkuuteen

ILMOITUKSET

Turnitin

Tämän opinnäytetyön alkuperäisyys on tarkistettu Turnitin – samankaltaisuuden tarkastus-palvelun avulla.

Tekoäly

Tämän opinnäytetyön kirjoittaja Aleksi Mehto ei ole käyttänyt tekoälytyökaluja opinnäytetyön tekemisessä.

Vastuu

Kirjoittaja, Aleksi Mehto, ottaa täyden vastuun tämän opinnäytetyön sisällöstä ja voi hyvällä omatunnolla kertoa kirjoittaneensa työn täysin ilman tekoälyn avustusta.

1 Johdanto

Energiatehokkuuden parantaminen sekä uusiutuvien energiatuotantomuotojen lisääminen on kriittisessä asemassa nykyisessä energiamurroksessa kohti puhtaampaa tulevaisuutta. Tämän diplomityön tarkoituksena onkin tutkia Keski-Suomessa, Laukaassa, Laukaan kunnan omistaman leirikeskuksen Multamäen energiaratkaisujen modernisointimahdollisuuksia. Multamäen leirikeskuksen ensimmäiset rakennukset rakennettiin vuonna 1990, jonka jälkeen leirikeskusta on laajennettu moneen otteeseen, pääasiassa 1990- ja 2000- luvuilla. Liitteestä 1 löytyy valmistumisajankohdat jokaiselle Multamäen leirikeskuksen rakennukselle. Rakennukset ovat pääasiassa ikääntyneitä, jonka lisäksi niissä on hyödynnetty vaihtelevasti eritasoisia rakennus- ja lämmitysratkaisuja, joten energiansäästökohteiden tarkempi tarkastelu on paikallaan.

Työssä kartoitetaan leirikeskuksen nykyinen rakennustekniikka ja energiantuotantomuodot, etsitään potentiaalia energiaratkaisujen modernisointiin sekä rajataan teknisistä ja kustannustehokkaista ratkaisuista vaihtoehdot leirikeskukselle soveltuviin realistisiin ratkaisuihin. Teknistä näkökulmaa tuetaan paikan päällä tehdyllä kartoituksella, jonka perusteella suoritetaan yksinkertainen energiatehokkuuslaskenta alueen rakennuksille. Taloudellista näkökulmaa taustoitetaan kartoittamalla läpi mahdollisia rahoitusvaihtoehtoja ympäristöystävällisiin omaenergiantuotannon investointeihin, millä tehostetaan pienen budjetin omaavan leirikeskuksen investointikapasiteettia. Omaenergiantuotannon vaihtoehdoista käydään tarkemmin investointeihin liittyviä rajoituksia ja kriteereitä. Saaduista johtopäätöksistä kootaan kokonaisuus, josta käydään läpi työn tärkeimmät huomiot realistisimmille vaihtoehdoille antaen näin lähtökohdan työn tilaajalle toteuttaa haluamiansa muutoksia kohteelle tulevaisuudessa.

Työ rajataan keskittymään leirikeskuksen energiamodernisoinnin näkökulmaan, joten muita mahdollisia rakennustekniikan modernisointitarpeita ei työssä kommentoida tai oteta huomioon. Työ rajautuu leirikeskuksen rajallisen budjetin vuoksi pienen kokoluokan kustannustehokkaisiin ja toteuttamiskelpoisiin energia- ja rakennustekniikan ratkaisuihin. Työ pyrkii tuomaan kattavan kuvan työn tilaajalle leirikeskuksen muutostarpeista, joilla alueen energiakulutusta pystyttäisiin optimaalisesti vähentämään huomioiden leirikeskuksen rajalliset budjetointivarat. Työn edetessä valitettavasti kunnan leirikeskukselle määritelty budjetti

ajettiin minimiin, minkä vuoksi työn suunta muuttui omaenergiantuotannon potentiaalin selvityksestä käytön optimoinnin maksimointiin kustannustehokkaasti.

Työn ensimmäisessä johdantokappaleessa tutustutetaan lukija työn tarkoitukseen, menetelmiin ja rajaukseen, joiden lisäksi kerrotaan lukijalle yksinkertaiset perustiedot alueesta sekä jokaisesta työhön kohdistuvasta rakennuksesta. Toisessa kappaleessa kartoitetaan rakennuskohtaisesti tarkemmin energiaan liitännäisiä rakennusteknisiä tietoja, joita hyödynnetään kolmannessa kappaleessa laskettavassa rakennuskohtaisessa energiatehokkuuslaskennassa. Neljännessä kappaleessa keskitytään energiatekniikan näkökulmaan, jota tuetaan ensiksi tarkastelemalla rahoituksen vaihtoehtoja leirikeskuksen käyttöön. Tämän jälkeen tutkitaan pienen kokoluokan omaenergiantuotannossa huomioitavia kriteerejä ja sääntöjä. Seuraavaksi yhdistetään toisessa kappaleessa saaduista tuloksista tarkemmin teknisesti rajautuneita vaihtoehtoja, joista muodostetaan vielä johtopäätökset seuraavaan kappaleeseen. Viidennessä kappaleessa aiemmista kappaleista muodostetaan koherentti tärkeimpien tulosten läpikäynti tilaajalle käytettäväksi työkaluksi. Työ päätetään johtopäätöksiin, joissa käydään työn kokonaisuus läpi ja arvioidaan työn onnistumista tilaajan tarpeisiin.

1.1 Leirikeskuksen alueen perustiedot

Multamäen leirikeskus löytyy Laukaan kunnasta Peurunkajärven rannasta reilun kahdeksan kilometrin päästä Laukaan keskustasta. Leirikeskuksella on maantieteellisesti läheinen sijainti hieman alle 7 km² kokoiseen Peurunkajärveen sekä järven pinnasta noin 105 m korkeuteen yltävään Multamäkeen (Syke 2024) (MML 2024). Leirikeskuksella on kahdeksan ympäri vuoden ylläpidossa olevaa rakennusta sekä 10 kesäkäytössä olevaa majoitusmökkiä. Ympäri vuoden ylläpidettävien rakennusten yhteispinta-ala on hieman yli 700 m². Kuvasta 1 löytyy leirikeskuksen alue, johon on merkattu punaisella ympäri vuoden lämpimänä pidettävät rakennukset. Liitteestä 2 löytää leirintäalueen alkuperäisen rajaamattoman kuvan, josta näkyvät myös Peurunkajärvi sekä Multamäen huippu. Tarkempaa tarkastelua varten yksittäisten rakennusten pohjapiirustukset löytyvät liitteistä 3–9. Alueen perustietoja on kartoitettu paikan päällä allekirjoittaneen toimesta yhteistyössä Laukaan kunnan vapaa-aikapalveluiden henkilöiden kanssa. Multamäen aluekartat, rakennusten pohjapiirustukset sekä muut alueen dokumentit ovat Laukaan kunnan vapaa-aikapalveluiden toimittamia.

Kuva 1. Työn kannalta leirikeskuksen tärkeimmät rakennukset merkattuna punaisilla ympyröillä (mukaillen Muttonen, 2024).

Leirikeskuksen alueelle tietä pitkin tultaessa ensimmäisenä vastaan tulee leirikeskuksen suurin rakennus Katvela, jonka pinta-ala on pohjapiirustuksesta laskettuna 238 m². Katvela on rakennettu vuonna 2000. Kohteessa on sauna- ja peseytymistilat, joiden lisäksi kohteesta löytyy kodinhoitohuone, kaksi vessaa ja keittiö. Loput rakennuksen huonetiloista koostuvat oleskelu- ja makuuhuoneista. Kohteen lämmityksestä vastaa yksi haaroitettu ilmalämpöpumppu sekä kattava sähkökäyttöinen lattialämmitys, jonka voidaan olettaa ulottuvan koko lattiapinta-alalle. Lukijoita selkeyttämään mainittakoon, että leirikeskuksen kaikki nykyiset ilmalämpöpumput ovat ilma-ilma-järjestelmiä, joissa lämmönsiirrinyksiköt lämmittävät huoneilmaa (Hemgren & Wannfors, 2012, s. 348–349). Rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Rakennuksen seinät koostuvat 200 mm pelkkahirrestä, ja ikkunat ovat kolminkertaiset. Käyttöveden lämmitykseen rakennuksesta löytyy yksi 500 l sekä yksi 220 l lämminvesivaraaja.

Katvelasta rantaan tietä pitkin kulkiessa ensimmäisenä oikealla tulee vastaan osittain kaksikerroksinen ohjaajarakennus, jolla ensimmäisen kerroksen lattiapinta-ala on pohjapiirustuksesta laskettuna 95 m². Toinen kerros on mökkimäiseen tyyliin hyödynnetty matalatila, minkä vuoksi virallista pinta-alaa toiselle kerrokselle ei suoraan voi laskea. Toinen kerros kuitenkin ulottuu 79 m² alalle. Alkuperäisen ohjaajarakennuksen rakentaminen on valmistunut vuonna 1996, mutta rakennuksessa on vuonna 2004 rakennettu yhden kerroksen muutosalue, josta löytyy sauna, peseytymistilat sekä vessa. Muutosalueen pinta-ala on 16 m², joka on sisällytetty 95 m² pinta-alaan. Alkuperäisen rakennuksen alakerrasta löytyy keittiö, kaksi makuuhuonetta ja oleskelutilaa. Yläkerrassa on oleskelutilaa, kaksi makuuhuonetta sekä vajaan neljänneksen yläkerran tilasta kattava aidattu avoin tila alakertaan. Kohteen lämmityksestä vastaa monimuotoinen kokoelma erilaisia tekniikoita, joihin kuuluvat ilmalämpöpumppu, koko kattopinta-alan kattava sähkökäyttöinen kattolämmitys sekä sähkökäyttöinen lattialämmitys kaikkialla alakerran tiloissa. Rakennuksesta löytyy näiden lisäksi viisi sähköpatteria yläkerrasta, kaksi alakerrasta sekä yksi muutosalueelta, joiden lisäksi rakennuksessa on yksi vanhanaikainen tarkoituksella lämmittävä valaisin. Rakennuksesta löytyy myös varaava puutakka, jolla tilaa voidaan tarvittaessa lämmittää. Rakennuksen saniteettitiloja varten käytössä on yksi 220 l lämminvesivaraaja. Kohteessa on painovoimainen ilmanvaihto, jossa on käytön mukaan koneellinen poisto liesituulettimessa ja kylpytiloissa. Ohjaajarakennuksen ikkunat ovat alkuperäiset kolmenkertaiset, ja seinät ovat 190 mm pelkkähirttä.

Ohjaajarakennukselta rantaan jatkettaessa löytyy keittiörakennus keskeltä leirikeskusta. Keittiörakennus on valmistunut rantasaunan ohella ensimmäisenä isona Multamäen rakennuksena vuonna 1990. Rakennuksen kokonaislattiapinta-ala on pohjapiirustuksen mukaan 111 m². Keittiörakennus koostuu pääosin keittiö- ja ruokailutiloista, joiden lisäksi rakennuksessa on jälkikäteen rakennetut leiriläisille varattu astiapesutila sekä lämmin eteistila. Keittiörakennuksesta lämmityksestä vastaa haaroitettu ilmalämpöpumppu sekä sähkökäyttöinen lattialämmitys, jonka voidaan olettaa kattavan koko lattiapinta-alan. Näiden lisäksi rakennuksesta löytyy neljä sähköpatteria sekä yksi pieni 40 W seinäsähköpatteri. Rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Rakennuksen seinät koostuvat paneeleista, joissa on 150 mm eristysvilla sekä ohut tuulensuojalevy (Kokko, 1987). Rakennuksen ikkunat ovat alkuperäiset kolminkertaiset. Käyttövettä rakennuksessa lämmittää yksi 300 l lämminvesivaraaja. Keittiötiloissa on kaksi kylmiötä, joista toinen on talvikauden pois käytöstä. (Valkonen, 2004a.)

Keittiörakennuksesta rantaan päin siirtyessä löytyy rantasauna ja takkatupa, jotka sijaitsevat samassa rakennuksessa. Takkatuvan lattiapinta-ala on pohjapiirustuksen mukaan 27 m² ja rantasaunan 30 m². Yhteisrakennus on valmistunut vuonna 1990. Rantasauna koostuu sauna- ja peseytymistiloista, sekä pukuhuoneesta ja vessasta. Takkatupa koostuu oleskelutilasta sekä keittiöstä. Rakennus on remontoitu vuonna 2024, jolloin rakennukseen energiansäästönäkökulmasta uusittiin lattiat ja ulko-ovet. Rantasaunan lämmityksestä vastaa kolme sähköpatteria sekä sähkökäyttöinen lattialämmitys, jonka voidaan olettaa kattavan koko rantasaunan lattiapinta-alan. Takkatuvan puolella lämmityksestä vastaa yksi ilmalämpöpumppu sekä kolme sähköpatteria. Rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto, jota voi tehostaa käytönaikaisella koneellisella liesituulettimen ja peseytymistilojen poistolla. Rakennuksen seinät koostuvat 115 mm lamellihirrestä, jossa ei ole lisälämmöneristettä. Rakennuksesta löytyy alkuperäiset kaksinkertaiset ikkunat. Takkatuvan puolelta löytyy kaksi 300 l lämminvesivaraajaa, jotka lämmittävät koko rakennuksessa tarvittavaa käyttövettä. (Kokko 1988.)

Toisessa suunnassa leirikeskusta rannan läheltä löytyy harrastetila, jonka lattiapinta-ala on pohjapiirustuksen mukaan 103 m². Harrastetila on valmistunut vuonna 1993. Rakennus koostuu pääosin avarasta harrastetilasta, mutta rakennuksesta löytyy myös eteistila, josta on pääsy kahteen vessaan ja kahteen pieneen varastotilaan. Pohjapiirustuksessa varastotilojen paikalla näkyy suihkutilat, mutta näitä ei koskaan toteutettu. Rakennuksen lämmityksestä vastaa yksi ilmalämpöpumppu, yksi sähköpatteri sekä yksi pieni 45 W seinäsähköpatteri. Näiden ohella harrastetilasta löytyy sähkökäyttöinen lattialämmitys, jonka voidaan olettaa kattavan koko lattiapinta-alan. Rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaitho. Rakennuksen seinät koostuvat 230 mm pyöröhirrestä, minkä ohella rakennuksesta löytyy kolminkertaiset ikkunat. Kohteessa on yksi 100 l lämminvesivaraaja vessan käsienpesualtaiden käyttöä varten. (Muhonen, 1992a.) (Muttonen, 2024.)

Harrastetilan ja keittiörakennuksen yhdistävän tien toiselta puolen löytyy vessarakennus, johon on myös yhdistetty pyykki- ja siivoustila. Vessa- ja pyykkirakennuksen molempien lattiapinta-alat ovat pohjapiirustusten perusteella 29 m². Rakennusten välissä on avoin kulkutila, joten rakennukset eivät ole suoraan liitoksissa toisiinsa. Pohjapiirustuksesta löytyvää rakennusten välistä 4 m² kokoista pienvarastoa ei ole koskaan rakennettu. Alkuperäinen vessarakennus on valmistunut vuonna 1998 ja jälkikäteen rakennettu pyykkirakennus vuonna 2013. Vessarakennus jaetaan miesten- ja naistenvessoihin, joiden lisäksi rakennuksen takaa löytyy kulku inva-WC:n. Pyykkihuonerakennus on yksi yhtenäinen avoin tila, jossa on tilat

pyykin kuivaukselle, pyykinpesulle, sekä siivoustarvikkeiden säilytykseen. Rakennusten lämmitys tapahtuu ainoastaan sähkökäyttöisellä lattialämmityksellä, jonka voidaan ulottuvan molemmissa rakennuksissa koko lattiapinta-alalle. Rakennusten välillä kulkee sähkövastuksella lämmitetty lämpimän veden putkisto. Vessarakennuksesta löytyy koneellinen poistoilmanvaihto. Rakennusten seinät koostuvat paneeleista, joissa on tuulensuojalevy. Lisälämmöneristystä vessarakennuksesta löytyy seinästä 120 mm ja katosta arviolta 150 mm, kun pyykkihuonerakennuksesta löytyy seinästä 175 mm ja katosta 300 mm (H. Jari, 1996). Vessarakennuksesta löytyy saniteettikäyttöön yksi 100 l lämminvesivaraaja. (Valkonen, 2008.)

Vessarakennukselta tietä pitkin kohti Katvelaa lähdettäessä löytyy huoltorakennus, joka on alueen uusimpana rakennuksena valmistunut vuonna 2017. Huoltorakennuksen pohjapiirustuksen mukainen 73 m² lattiapinta-ala koostuu kolmesta varastotilasta sekä yhdestä taukotilasta. Rakennuksessa on lämmityksestä vastaa ainoastaan sähkökäyttöinen lattialämmitys, jonka voidaan olettaa ulottuvan koko lattiapinta-alalle. Rakennuksesta löytyy koneellinen poistoilmanvaihto. Rakennuksen paneelisten ulkoseinien eristyksessä on käytetty 200 mm selluvillaa. Katossa eristettä on arviolta 600 mm. Rakennuksesta löytyy varaukset lämpimälle vedelle, mutta ne eivät ole tällä hetkellä käytössä. (Valkonen, 2016.)

Harrastetilalta toista tietä mäkeä kohti lähdettäessä löytyy 10 kappaletta kesäkäytössä olevia pikkumökkejä, joihin leiriläiset majoittuvat leireillä. Mökit ovat tällä hetkellä käytössä, ja tarpeen niin vaatiessa, myös lämmitettyinä käyttökauden mukaan noin toukokuusta lokakuuhun. Pikkumökit ovat vanhimpina leirikeskuksen rakennuksista suunniteltu ainoastaan kausikäyttöön, joten niiden muuttaminen ympärivuotiseen käyttöön ei ole kannattavaa. Mökit ovat valmistuneet keittiö- ja saunarakennusten kanssa ohella vuonna 1990. Jokaisesta mökistä löytyy yksi 550 W sähköpatteri. Rakennuksien seinät koostuvat keskimäärin noin 95 mm pelkkahirrestä. Koska mökit ovat rakennutettu Laukaan kunnan työllistävien työpajojen voimalla, tarkkaa mittaa hirsiseinien paksuudesta ei voida tarkalleen varmuudella sanoa. Näiden edellä mainittujen rakennusten ohella leirikeskuksesta löytyy useita kylminä pidettäviä tiloja, kuten varastoja sekä savusauna.

2 Rakennuskohtainen tekninen selvitys

Leirikeskuksen rakennuksien energiatehokkuuden nykytilanteeseen vaikuttaa monia tekijöitä, joiden summasta tarkastelemalla voidaan kartoittaa kohteita, joita kehittämällä saadaan leirikeskukselle säästökohteita energiankulutukseen. Teknisessä selvityksessä käydään läpi yleisimpiä rakennuskohtaisia kehityskohteita, joilla tavoitellaan käytön kannalta järkevimpiä sähkön- ja lämmönkulutuksen optimointeja. Näihin kuuluu esimerkiksi käyttölämpötilojen tarkemmat määritykset vuodenaikojen mukaan, ilmanvaihdon hukkalämmön minimointi sekä tulevaisuuden kannalta kannattavat rakennuskohtaiset investoinnit. Teknistä selvitystä tuetaan laskemalla yksinkertainen energiatehokkuuslaskenta rakennuskohtaisesti leirikeskukselle, minkä tarkoituksena on löytää energiasyöpöt nykyisestä rakennus- ja lämmitystekniikoista.

Tekninen selvitys aloitetaan kattavalla pohjatietojen keräämisellä, jolla saadaan suuntaa antavat raamit mahdollisuuksiin ja rajoitteisiin rakennuksen energiatehokkuuden parantamissa. Pohjatietona energiakartoitukseen kerätään kattavasti rakennusten tärkeimpiä tietoja energiankulutuksen kannalta, jonka lisäksi tutkitaan alueen aikaisempaa sähkönkulutusta sekä puulämmitystarvetta. Pohjatietoihin arvioitavat rakennusosat ovat Pylsyn mukaan ulkoseinät, -ovet, ikkunat, ylä- ja alapohja sekä muut rakenteet. Pohjatietoihin arvioitavia teknisiä järjestelmiä ovat lämmitys-, käyttövesi-, ilmanvaihto-, ilmastointi- ja jäähdytysjärjestelmät, joiden lisäksi sähköiset erillislämmitykset ja valaistus ovat tärkeä dokumentoida. Myös rakennuksissa ylläpidettävät lämpötilat sekä ympärivuotiset käyttötarpeet ovat tärkeitä seikkoja selvittää, koska niillä voidaan yllättävän tehokkaasti säästää ylläpitokustannuksissa. (Pylsy, 2013, s 43.)

Isosaari et al. mukaan alkutietojen keräämisen jälkeen omakotitalon energiakartoitus kannattaa aloittaa selvittämällä ikkunoiden ja ovien lämmönläpäisevyys sekä tiivisteiden pitävyys. Ikkunoilla on energiansäästöissä iso potentiaali niiden kokonaislämpövuodon ollessa samaa suuruusluokkaa ulkoseinien kanssa. Multamäen leirikeskuksen ikkunat ovat alkuperäisiä 90- ja 2000-lukujen ajalta, joten selvää energiansäästöä uusilla ikkunoilla on mahdollista hankkia. Ikkunaremonttien teettäminen ainoastaan energiansäästösyistä on kuitenkin useiden tuhansien eurojen energiaprojekti, jolla voi olla energiansäästön kannalta liian

pitkän ajan kuoletusaika. Kustannustehokkaimmat tarkastuskohteet löytyvät ikkunoiden ja ovien karmien sekä seinän välisen sauman tiivistämisestä. (Isosaari et al. 2012, s 12.)

Toisena tärkeänä kohteena Isosaari et al. kertoo ala- ja yläpohjan sekä seinien sisäpuolisen lisälämmöneristämisen, joista kustannustehokkaimpana pidetään parannuksia, jotka voidaan tehdä rakenteita purkamatta. Yläpohjan lisälämmöneristys on helpointa ullakollisissa kohteissa. Alapohjan lisäeristämiseen suositaan lisäämään tai vaihtamaan paremmaksi eristekerroksia. Sokkeli voidaan eristää ulkopuolelta esimerkiksi rappauslevyllä, millä vähennetään maanvaraisen lattian seinänvierien lämpöhukkaa. Seinien sisäpuolinen lisäeristäminen on lähinnä ajankohtaista, mikäli sisäverhousta halutaan korjata tai rakenteissa on puutteellinen höyryn- tai ilmansulku. Ulkoista seinien lisälämmöneristystä Isosaari et al. suosittelee ainoastaan ulkoverhousta muutenkin uusittaessa. Koska suuri osa Multamäen rakennuksista on hirsirakenteisia, verhoilun korjaus ei päde näihin kohteisiin. (Isosaari et al. 2012, s 12–15.)

Kolmantena tärkeänä kohteena Isosaari et al. mainitsee talotekniset muutokset, jotka ovat laskettava ja harkittava tarkoin tapauskohtaisesti. Tämä työ keskittyykin pääosin tutkimaan potentiaalia juuri näiden ratkaisujen parissa. Helpon tutkimisen arvoisen esimerkin Multamäen kohteisiin saadaan sähköpattereiden käytön optimoinnista termostaatteja käyttäen. Taloteknisistä muutoksista ilmanvaihtojärjestelmän modernisointi on tärkeä iso osa-alue, joka monessa kohteessa omaa suuren energiansäästöpotentiaalin. Energiansäästöä löytyy esimerkiksi 90-luvun rakennusten kohteisiin koneellisen ilmanvaihdon poistolämmön lämmöntalteenoton avulla tai poistoilmalämpöpumpulla, jotka vähentävät poistoilman lämmönhäviöitä palauttamalla lämmön takaisin kiertoon. (Isosaari et al. 2012, s 14–15.)

Ilmanvaihdon modernisoinnilla on myös energiakartoituksen lisäksi merkittävä vaikutus asumisviihtyvyyteen, mikä on myös oleellinen näkökulma ilmanvaihdon modernisointia ajatellen. Rakennusmääräyksistä löytyy vaatimus, jonka mukaan huoneilman on vaihduttava kertaalleen kahdessa tunnissa. Ilmanvaihdossa tärkeintä on tulo- ja poistoilman likimaisen tasapainon löytäminen. Yleisesti ilmanvaihdon kannalta järkevimpänä ratkaisuna pidetään pientä alipainetta, jolloin rakenteet tai korvausilman käytävät toimivat tehokkaimmin. Perinteisesti rakennusten ilmanvaihto järjestetään joko luonnollisella tai koneellisella ilmanvaihdolla, joiden lisäksi rakenteista reilusti ilmaa läpäisevissä taloissa voidaan olla rakentamatta ilmanvaihtoa ollenkaan. Rakennuksessa, jossa ei ilmanvaihtoa ole ollenkaan järjestetty, ilma kiertää ainoastaan rakenteiden läpi. Luonnollisen painovoimaisen ilmanvaihdon rakennuksissa on rakennettu kanavat lämpimän ilman luonnolliselle poistumiselle

rakennuksesta, kuten hormien kautta. Korvausilma luonnollisen ilmanvaihdon rakennukseen saadaan rakenteiden läpi tai korvausilmakäytäviä pitkin. Ilmanvaihdon kannalta tehokkain ratkaisu on koneellinen ilmanvaihto, jossa ilmanvaihtokone ajaa ilmaa rakennuksesta pois, sekä uudemmissa kohteissa myös sisään rakennuksessa vaihtuvan ilman. Koneellisen ilmanvaihdon tilanteessa Multamäen ikäisten rakennusten kanssa poistoilmalämpöpumppu tai lämmöntalteenottokone ovatkin varteenotettavia investointeja. (Isosaari et al. 2012, s 20.) (Vuolle-Apiala, 2010, s 61.)

2.1 Suora sähkölämmitys päälämmitysmuotona

Multamäen energiamodernisoinnin isoimpana rakennusteknisenä esteenä on suoran sähkölämmityksen laajamittainen käyttö kaikissa alueen rakennuksissa. Suoraa sähkölämmitystä käytetään rakennuksien päälämmitysmuotona hyödyntäen sähköllä lämpiäviä lattialämmityskaapeleita sekä sähköpattereita, minkä vuoksi rakennuksien lämmittäminen on pitkälti riippuvainen sähkön hinnasta. Tästä syystä työssä käydään omasähköntuotannon potentiaalisia investointeja osana alueen energiamodernisointia. Suoran sähkölämmityksen tekniikoiden korvaaminen muilla tekniikoilla on kallista, koska nämä hankinnat vaatisivat paljon pääomaa sekä työtä rakentamisessa. Näiden tekniikoiden muutosinvestointien kuoletukset tulisivat Multamäen tilanteessa liian hitaasti. Näin ollen voidaan todeta esimerkiksi sähköllä toimivien patteri- ja lattialämmitysratkaisujen korvaamisen vesikiertoisilla ratkaisulla olevan epärealistia hankintoja taloudellisesta näkökulmasta. (Kemppainen, 2022, s. 62–63.)

Suoran sähkölämmitteisen rakennuksen lämmityksen tehostamiseen on kuitenkin lukuisia vaihtoehtoja. Yleisesti suositellaan ilmalämpöpumpun hankintaa, jolla voidaan säästää selvästi suorassa sähkölaskussa. Ilmalämpöpumpun tekniikka perustuu ulkoilmaenergian hyödyntämiseen lämmöntuotannossa, joten samalla sähköenergialla saadaan moninkertaisesti enemmän lämpötehoa rakennukseen verrattuna suorasähkölämmitykseen. Ilmalämpöpumput ovat jo valmiiksi kattavasti hyödynnettyjä investointeja Multamäen leirikeskuksella, koska ne löytyvät jo melkein jokaisesta tarkastelun rakennuksesta. (Kemppainen, 2022, s. 63–64.)

Ilmalämpöpumppujen hyödyntämisen lisäksi lämpöpumppuja voidaan hyödyntää myös käyttöveden ja ilmanvaihdon kautta kulkevan huoneilman lämmitykseen. Käyttöveden lämmityksestä Kemppainen antaa esimerkin järjestelmästä, joka käyttää

poistoilmalämpöpumpulla kerättyä poistoilman lämpöä käyttöveden lämmitykseen. Tulopoistoilmanlämmönvaihtojärjestelmää voidaan myös hyödyntää sellaisenaan lämmittämään poistoilmalla sisääntuloilma. Kyseistä järjestelmää voidaan hyödyntää myös ilmalämpöpumpun tavoin tuloilman viilentämiseen kesäisin. Huomioitavaa on, että ilmanvaihtoa hyödyntävä lämmönvaihdinjärjestelmä vaatii koneellisen ilmanvaihdon toimiakseen, joten investointikustannuksissa on huomioitava myös koneellisen ilmanvaihdon rakentamisen kustannukset kohteissa, joissa koneellista ilmanvaihtoa ei löydy. Multamäen rakennuksien rakennusvuosien ollessa 90- ja 2000-luvuilta koneelliseen ilmanvaihtoon siirtyessä lämmönvaihdinratkaisu on erittäin hyödyllinen lisäinvestointi. (Isosaari et al. 2012, s. 15.) (Kemppainen, 2022, s. 64–65.)

Muita huomioitavia kohteita suoran sähkölämmityksen kohteissa ovat termostaattien ja sähkövastuksien tekninen käyttöikä sekä tekniikan uudistuminen. Sähkötermostaatit ovat kehittyneet merkittävästi tuoden selvää säästöä sähkönkulutukseen. Nykyaikaisella älykkäällä sähköpatterin termostaatilla voidaan hallita patteria tehokkaammin tuomaan tasaisemmin lämpöä rakennukseen. Älykkäitä termostaatteja voidaan hyödyntää myös sähkölattialämmityksen ratkaisuissa, joten Multamäen alueella termostaattien tarkempi selvitys on paikallaan. Termostaattien tarkempi säätäminen varsinkin ilmalämpöpumpun omaavissa rakennuksissa on tärkeä vaihe sähkönkulutuksen vähentämisessä, etteivät lämmitysjärjestelmät olisi turhaan käytössä yhdenaikaisesti. (Kemppainen, 2022, s. 63–64.)

2.2 Rakennusten energiatekninen nykytila

Tämä osio kartoittaa Multamäen leirikeskuksen rakennuksien nykytilaa. Tiedot ovat kerätty Laukaan vapaa-aikapalveluiden toimittamien dokumenttien pohjalta, mitä on tuettu tarkastelemalla kohteita tarkemmin paikan päällä allekirjoittaneen toimesta. Ensimmäinen työn aloittava pohjustustarkastelukierros suoritettiin alkuvuodesta 2024. Rakennusdokumenttien tutkimisen jälkeen toinen tarkastelukierros suoritettiin syksystä 2025. Tekstissä maininta arviosta tiettyyn tekniseen seikkaan perustuu tarkastelukierroksen tai yleisesti rakennuksen iän mukaiseen arviointiin, jolloin arvio ei perustu dokumentoituun tietoon, ja siinä saattaa olla virhettä. Tämä johtuu siitä, että kaikkia rakennusteknisiä seikkoja ei voi kohteessa paikan päällä ollessakaan selvittää ilman asianmukaista dokumentaatiota.

2.2.1 Katvela

Vuonna 2000 valmistuneen Katvelan pinta-ala on pääpiirustuksen mukaan 238 m², jossa voidaan olettaa sähköllä toimivan lattialämmityksen kattavan koko lattiapinta-alan. Pohjapiirustuksen mukaan rakennuksella tilavuutta on 856 m³. Rakennuksesta löytyy haaroitettu ilmalämpöpumppujärjestelmä, joka koostuu kahdesta Mitsubishi Electric MSZ-FH35VE-ilmalämpöpumpun sisäyksiköstä sekä yhdestä Mitsubishi Electric MXZ-3D54VA2-ilmalämpöpumpun ulkoyksiköstä. Rakennusta voidaan tarvittaessa lämmittää pääasiassa vain viihdekäytössä olevalla kaakeloidulla pikkutakalla. Käyttöveden lämmityksestä vastaavat yksi 500 l sekä yksi 220 l lämminvesivaraaja. Rakennuksen valaisimet ovat uusittuja led-valaisimia. (J-Ahonen, 1998.)

Rakennuksesta ilmanvaihdosta vastaavat koneelliset tulo- ja poistoilmanvaihdot. Oletettavasti saniteettitilojen poistoilmanvaihto on alkuperäinen ja muut ilmanvaihdon ratkaisut jälkikäteen rakennettuja. Koneellista ilmanvaihtoa voidaan säätää keittiön ulko-oven vierestä. Tuloilmanvaihtokone löytynee tuloilmakäytävän perusteella teknisen tilan luota rakennuksen ullakkotilasta. Koneellinen poisto tapahtuu rakennuksen keskeltä löytyvästä isosta hormista. Erillinen huippuimuripoisto löytyy rakennuksen saniteettitiloista. Tuloilmanvaihtokone tulee tarkastaa, mikäli kohteeseen suunnittelee lämmöntalteenottoa tai poistoilmalämpöpumppua.

Rakennuksen yläpohjassa on 300 mm selluvillaa, kantava puurakenne, koolaus ja panelointi, sekä 13 mm kipsilevy. Rakennuksen yläpohjalle on suunnittelijan toimesta valmiiksi laskettu keskimääräinen lämmönläpäisykerroin eli U-arvo, joka on 0,13 W/(Km²). U-arvo kertoo rakenteiden läpi kulkevasta lämpömäärästä, joten matalamman arvon materiaali toimii parempana eristeenä. Rakennuksen ulkoseinät ovat 3,2 m korkeita 200 mm pelkkahirrestä valmistettuja. Märkätilojen seinistä löytyy laatoitus, oletettavasti märkätilan kipsilevy sekä kosteuseristys. Osa väliseinistä on muurattua tiiliseinää, osa on kipsilevyseinää 50 mm eristeellä, ja osa on laatoitettua sekä kosteuseristettyä väliseinää. Saunan rakenne oletetaan laskentaan yhtäläiseksi muun rakennuksen kanssa. Rakennuksen alapohja koostuu osittain parketista ja osittain lattialaatasta, 80 mm teräsbetoni- eli TB-laatasta, kosteuseristeestä, 50 mm EPS-eristeestä, 300 mm salaojahiekasta, suodatinkankaasta ja pohjamaasta. EPS eli paisutettu polystyreenimuovi tunnetaan yleisesti myös nimellä styrox. Rakennuksesta löytyy 18 kappaletta kolminkertaisia alkuperäisiä hyväkuntoisia laadukkaita ikkunoita. Neljä

ikkunoista on kooltaan 9x4, yksi 6x12, yhdeksän 9x12 + 3x12 ja neljä 12x12 + 3x12. Rakennuksessa on neljä alkuperäistä hyväkuntoista laadukasta ulko-ovea, joista kolme on kooltaan 9x21 ja yksi 10x21. Ikkunoiden ja ovien tiivisteissä ei löytynyt korjattavaa. (J-Ahonen, 1998.)

2.2.2 Ohjaajarakennus

Alkuperäisesti vuonna 1996 valmistuneen ja vuonna 2004 saniteettitiloilla laajennetun ohjaajarakennuksen ensimmäisen kerroksen pinta-ala on pohjapiirustuksesta laskettuna 95 m², jonka lisäksi mökeille tyypillinen matala yläkerta ulottuu pohjapiirustuksen mukaan 79 m² alueelle. Rakennuksen suorasähkötoiminen lattialämmitys kattaa koko ensimmäisen kerroksen lattiapinta-alan. Huomioitavaa, että saniteettitilojen lattialämmitystermostaatti löytyy puisen kaapin sisältä, joten termostaatti ei ole altis tilan lämpötilanvaihteluille. Koko toisen kerroksen kattopinta-alan kattaa suorasähkötoiminen kattolämmitys, jota voidaan säätää ensimmäisen kerroksen vanhanaikaisesta termostaatista. Rakennusta voidaan tarpeen tullen lämmittää yläkerran viidellä 800 W, alakerran yhdellä 1000 W ja yhdellä 500 W, sekä saniteettitilojen 400 W sähköpatterilla. Erikoisuutena vessan edestä löytyy vanhanaikainen tarkoituksella lämmittävä kattovalaisin. Rakennuksesta löytyy varaava puutakka, jota pääasiallisesti lämmitetään viihdekäyttöön. Rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto, jota voidaan tehostaa käytönaikaisella liesituulettimen sekä saniteettitilojen koneellisella huippuimuripoistolla. Saniteettitilojen koneellinen ilmanvaihdon poisto käynnistyy samasta kytkimestä, jolla saniteettitilojen valaistus toimii. Rakennuksen saniteettitiloja varten käytössä on yksi 220 l lämminvesivaraaja. Rakennuksen valaisimet ovat pääasiassa vanhoja energiansäästövalaisimia. (Pietiläinen, 1995.)

Rakennusta voidaan lämmittää ilmalämpöpumppujärjestelmällä, joka koostuu yhdestä Mitsubishi Electric MSZ-SF35VE-ilmalämpöpumpun sisäyksiköstä sekä yhdestä Mitsubishi Electric MUZ-SF35VEH-ilmalämpöpumpun ulkoyksiköstä. Huomioitavaa on, että ilmalämpöpumpun sisäyksikkö löytyy rakennuksesta toisen kerroksen avoimesta kohdasta, noin toisen kerroksen lattiatasosta. Ilmalämpöpumpun ollessa toisen kerroksen tasalla sisäyksikön lapojen säätämisellä voidaan vaikuttaa rakennuksen lämmönkiertoon merkittävästi. Toisella kohdekäynnillä havaittiin huomattavasti normaalia korkeampia lämpötiloja rakennuksen yläkerroksesta, minkä syyksi voidaan johtaa ilmalämpöpumpun lapojen väärä

säätökulmaus. Säätökulmausta ohjeistettiin korjaamaan ensimmäisen kerroksen lämmönsiirtoa tehostamaan.

Rakennuksen katon suuntainen yläpohja koostuu 300 mm puhallusvillaeristeestä, muovisesta höyrysulkupaperista ja sisäkaton puupaneloinnista. Alkuperäisen rakennuksen ulkoseinät koostuvat ainoastaan 190 mm pelkkahirrestä. Alkuperäisen rakennuksen ja muutosalueiden rakenteiden välissä on pieni tuuletusväli. Muutosalueen seinät koostuvat 190 mm pelkkahirrestä, arviolta 13 mm märkäkipsilevystä sekä saniteettitilojen laattapinnoitteesta. Saunatila oletetaan laskennassa identtiseksi muiden rakenteiden kanssa. Muutosalueen päädyn ulkoseinän korkeus on 2,7 m ja vanhan puolen päädyn korkeus on 3,6 m. Rakennuksen alapohja koostuu osittain parketista ja osittain laattapinnoitteesta, 60 mm betonilaatasta, höyrynsulkupaperista, 100 mm EPS-eristeestä, vähintään 300 mm kerroksesta salaojasoraa, sekä pohjamaasta.

Rakennuksesta löytyy alkuperäiset hyväkuntoiset laadukkaat ikkunat sekä ulko-ovet. Rakennuksesta löytyy 13 kappaletta kolminkertaisia alkuperäisiä hyväkuntoisia laadukkaita ikkunoita. Ikkunoiden koot arvioidaan rakennuksen kuvista ja pääpiirustuksesta. Ikkunoista kooltaan neljä on 12x12 + 12x3, kaksi 9x12 + 3x12, yksi 9x12, kolme 6x6 ja yläkerrassa kolme 6x12. Rakennuksessa on kaksi 9x21 ulko-ovea, joista toinen johtaa ulkokautta kuljettaviin saniteettitiloihin. Ikkunoiden ja ovien tiivisteistä ei löytynyt huomautettavaa. (Kokko, 1993.) (Kokko, 1994.)

2.2.3 Keittiörakennus

Vuonna 1990 valmistunutta keittiörakennusta on laajennettu kahteen otteeseen. Vuonna 1995 rakennukseen valmistui tuulikaappieteinen ja vuonna 2005 valmistui leiriläisten astianpesutila. Vanhan osion lattiapinta-ala on pohjapiirustuksesta laskettuna 90 m², tuulikaappieteisen 8 m² ja leiriläisten astianpesutila 12 m². Kokonaisuudessaan rakennuksen lattiapinta-ala on pyöristettynä 111 m². Tilavuutta rakennuksella on pohjapiirustuksen mukaan 395 m³. Rakennuksessa sähkövastuksella toimiva lattialämmitys voidaan olettaa kattavan koko lattiapinta-alan. Lattialämmitystä säädetään ruokailutilan keittiön vastaisen seinän termostaatista. Rakennuksesta löytyy haaroitettu ilmalämpöpumppujärjestelmä, joka koostuu kahdesta Mitsubishi Electric MSZ-SF25VE-ilmalämpöpumpun sisäyksiköstä sekä kahdesta Mitsubishi Electric MUZ-LN25VGHZ2-ilmalämpöpumpun ulkoyksiköstä. Rakennusta

voidaan myös lämmittää neljällä 800 W sähköpatterilla sekä yhdellä pienellä 40 W seinäsähköpatterilla. Rakennuksen käyttövesi lämpenee yhdellä 300 l lämminvesivaraajalla. Rakennuksen valaisimet ovat vanhanaikaisia loisteputki- ja hehkulamppuvalaisimia. (Valkonen, 2004a.)

Rakennuksesta löytyy koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, joita voidaan säätää keittiötiloista. Koneellinen tuloilmanvaihtokone on Ilmaterä Oy:n KSK-15-01-9-S2A vuosimallia 1989. Laitteen kokonaissyöttöteho on 9,2 kW, josta 9 kW tehon omaa tuloilman esilämmityspatteri. Laitteen moottori on teholtaan 200 W. Koneellinen poistoilmanvaihto tapahtuu keittiötasoista huippuimurin kautta.

Rakennuksessa on kaksi kylmiökaappia, joista vain toista käytetään ympärivuotisesti. Kylmiökaapit ovat uusittu vuonna 2021. Toisen kylmiön lämmönvaihdin on sisätiloissa ja toisen ulkoseinällä ilmalämpöpumppujen ulkoyksikköjen vieressä. Sisällä sijaitseva lämmönvaihdin on Modinen mallia EVS131ED. Lämmönvaihtimen lämmittimen teho on 680 W ja moottorin teho on 105 W. Ulkona sijaitsevan lämmönvaihdin on Tecumsekin mallia Silensys SILAE4450ZFZ, jonka kokonaisteho on 850 W.

Alkuperäisen rakennuksen sekä tuulikaappieteisen yläpohjan eristys koostuu 350 mm paksuisesta kerroksesta puhallusvillaa. Yläpohjassa on sen eristeen lisäksi höyrysulku, tuulensuojalevy, harva laudoitus sekä paneeli. Keittiötilassa sisäpaneelina on metalli- ja muissa tiloissa puupaneeli. Astianpesutilalaajennuksessa on yläpohjassa käytetty 200 mm puhallusvillaa, 100 mm mineraalivillaa sekä paneeleina kipsilevyä. Astianpesulaajennuksen yläpohjalle on laskettu keskimääräiseksi U-arvoksi 0,16 W/(Km²). Rakennuksen 2,7 m korkeat ulkoseinät koostuvat vaakapaneeleista, oletettavasti tuuletusvälistä, arviolta 13 mm tuulensuojalevystä, 50x100 k 600 rungosta, 50x50 k 600 vaakarimoista, ja 150 mm mineraalivillamatosta. Astianpesutilalaajennoksessa on käytetty 175 mm mineraalivillaa, ja tilalle on valmiiksi laskettu ulkoseinän keskimääräiseksi U-arvoksi 0,25 W/(Km²). Rakennuksen sisäseinäpinnoissa keittiötiloissa on 9 mm ulkovaneri ja muissa alkuperäisissä tiloissa pystypaneeli, astianpesutilassa on käytetty 13 mm kipsilevyä. Astianpesutilan alapohja koostuu pinnoitetusta 80 mm betonilaatasta, 150 mm EPS-eristeestä, vähintään 300 mm salaojasorasta sekä pohjamaasta. Alkuperäisen rakennuksen alapohjasta ei ole dokumentaatiota, joten alapohjan oletetaan olevan sama astianpesutilan kanssa. Rakennuksen alapohjalle valmiiksi laskettu keskimääräinen U-arvo on 0,19 W/(Km²) Rakennuksen ulko-ovet ovat hyväkuntoisia ja

laadukkaita, mahdollisesti 2000-luvulla uusittuja. Rakennuksesta löytyy kolme 10x21 kokoista ulko-ovea. (Valkonen, 2004c). (Kokko, 1987.) (Valkonen, 2004a.) (Valkonen, 2004b.)

Rakennuksen ikkunat ovat kolminkertaisia, pääosin hyväkuntoisia laadukkaita alkuperäisikkunoita. Osassa ikkunoista oli havaittavissa paneelien sisäkarmien repsotusta. Tuulikaappieteisen ikkunat ovat kokoa 17x12, ja niitä tilasta löytyy kolme kappaletta. Ruokailu- ja keittiötiloista rakennuksesta löytyy kolme 11x13 + 3x13, kaksi 11x11 + 3x11, ja kaksi 11x10 + 3x10 ikkunaa. Astianpesutilasta löytyy yksi 11x13 + 3x13 ikkuna.

2.2.4 Rantasauna ja takkatupa

Vuonna 1990 valmistuneet rantasauna ja takkatupa koostuvat yhteisestä rakennuksesta, joka voidaan jakaa pohjapiirustuksesta laskettuun 33 m² takkatupaan sekä 30 m² rantasaunaan. Tilavuutta rakennuksella on pohjapiirustuksen mukaan 200 m³. Takkatuvan puoli rakennuksesta on pintaremontoitu vuonna 2024. Rantasaunan koko lattiapinta-alan kattaa suorasähkökäyttöinen lattialämmitys. Takkatuvan puolella lämmityksestä vastaa yksi ilmalämpöpumppujärjestelmä, joka koostuu yhdestä Mitsubishi Electric MSZ-SF35VE-ilmalämpöpumpun sisäyksiköstä sekä yhdestä Mitsubishi Electric MUZ-SF35VEH-ilmalämpöpumpun ulkoyksiköstä. Rantasaunaa voidaan lämmittää yhdellä 800 W ja kahdella 400 W sähköpatterilla ja vastaavasti takkatupaa voidaan lämmittää kolmella 800 W sähköpatterilla. Takkatupaa voidaan myös käytön mukaan tarvittaessa lämmittää huonetilasta löytyvällä elementtitakalla. Takkatuvan puolelta löytyy kaksi 300 l lämminvesivaraajaa, jotka lämmittävät rakennuksessa tarvittavaa käyttövettä. Huomioitavaa on, että lämminvesivaraajat löytyvät tällä hetkellä huoneen kylmimmästä takakulmasta, kun ennen pintaremonttia ne löytyivät rakennusten väliseltä väliseinän vierustalta. (Kokko, 1988.)

Takkatuvassa on painovoimainen ilmanvaihto, jota voidaan tehostaa liesituulettimen imurilla tehostaa käytön mukaan. Rantasaunassa on koneellinen poistoilmanvaihto huippuimurin myötä. Rantasaunan tulohormeja säädetään talvisin pienemmälle, jotta lämpöä kuluisi mahdollisimman vähän hukkaan. Rakennuksessa huomioidaan kostean tilan ilmanvaihdon tarpeellisuus, joten tuloilmahormeja ei kokonaan laiteta kiinni. Huomioitavaa myös on, että aiemmin rantasaunan ikkuna on jäänyt asiakkaan toimesta auki kovilla pakkasilla, joten tähän tulee kiinnittää huomiota vastaanottaessa tiloja asiakkailta.

Rakennuksen katonmyötäisessä yläpohjassa on käytetty eristeenä 250 mm puhallusvillaa, jonka lisäksi yläpohjasta löytyy laudoitus, koolaus sekä 16x120 männystä sisäkattopaneeli. Rantasaunan puolella on todellisuudessa pääpiirustuksista poikkeava vaakasuora sisäkatto. Rakennuksen katon kaltevuus on 1:3. Rakennuksen ulkoseinät ovat 3,1 m korkeat, ja ne koostuvat ainoastaan 118 mm lamellihirrestä. Saunatilassa on ylimääräiset välirakenteet. Rakennuksen alapohjan pintakerros remontoitiin vuonna 2024. Takkatuvassa on vinyylilattia ja rantasaunassa karkeapinnoitekerros, mahdollisesti laattalattian päällä. Rantasaunan alemman kerroksen oletetaan koostuvan Kokon rakennesuunnitelman mukaisesti 80 mm pinnoitetusta betonilaatasta (Kokko, 1987). Alapohjasta löytyy betonilaatan alta 100 mm EPS-eristettä, vähintään 300 mm salaojasoraa sekä pohjamaa. (Karesola, 1988.) (Kokko, 1988.)

Rakennuksen ikkunat ja ulko-ovet ovat laadukkaita ja hyväkuntoisia. Ikkunat ovat alkuperäisiä rakennuksen rakentamisen ajalta, mutta ovet on uusittu vuonna 2024 tehdyssä pintaremontissa. Rantasaunan puolelta löytyy kolme kaksinkertaista 6x4 ja yksi kaksinkertainen 6x6 MS-ikkuna. Takkatuvan puolelta löytyy kaksi kaksinkertaista 15x12 sekä yksi kaksinkertainen 21x12 ikkuna. Takkatuvan ovi on kokoa 10x21 ja rantasaunan 9x21.

2.2.5 Harrastetila

Vuonna 1993 valmistuneen harrastetilan lattiapinta-ala on 103 m², josta löytyy koko lattiapinta-alan kattava sähkökäyttöinen lattialämmitys. Rakennuksessa on ilmalämpöpumppujärjestelmä, joka koostuu yhdestä Mitsubishi Electric MSZ-SF35VE-ilmalämpöpumpun sisäyksiköstä sekä yhdestä Mitsubishi Electric MUZ-SF35VEH-ilmalämpöpumpun ulkoyksiköstä. Rakennusta voidaan lämmittää yhdellä 400 W sähköpatterilla sekä yhdellä pienellä 45 W seinäsähköpatterilla. Rakennuksen ilmanvaihto tapahtuu painovoimaisella ilmanvaihdolla. Hirsiseinien läpi on tehty muutamia ilmanvaihtohormeja tehostamaan painovoimaista ilmanvaihtoa. Rakennuksesta löytyy yksi 100 l lämminvesivaraaja käsienpesualtaiden käyttöä varten. Lämminvesivaraaja löytyy vessatilojen päällisestä välikatosta, joka on avoin tila harrastetilaan. (Muttonen, 2024.)

Rakennuksen katonmyötäinen yläpohja koostuu muovisesta aluskatteesta, rimoituksesta, ristikoista, villoituksesta, tuulenohjaimista, höyrysulusta, ristikoolauksista ja 120 mm paneeliverhouksesta. Eristysvillaa yläpohjassa on 200 mm. Rakennuksen 2,8 m korkeat ulkoseinät seinät koostuvat ainoastaan 230 mm pyöröhirrestä. Rakennuksen alapohja koostuu 60 mm

betonilattiasta, 50 mm EPS-eristeestä, vähintään 300 mm salaojasorasta sekä pohjamaasta. (Muhonen, 1992a.) (Muhonen, 1992b.)

Rakennuksen ulko-ovet ja ikkunat on uusittu noin vuonna 2006. Uudistetut ikkunat ja ovet ovat laadukkaita ja hyväkuntoisia. Rakennuksesta löytyy neljä kolminkertaista 11x15 + 5x15 ikkunaa sekä yksi kolminkertainen 12x15 ikkuna. Rakennuksesta löytyy kaksi 10x21 kokoista ulko-ovea.

2.2.6 Vessa- ja pyykkihuonerakennukset

Vuonna 1998 valmistuneen vessarakennuksen ja siihen katolla yhdistyvän vuonna 2013 valmistuneen pyykki- ja siivoushuoneen molempien rakennusten lattiapinta-ala on pohjapiirustuksista laskettuna 29 m². Rakennuksien välissä on pieni kulkuväli, johon laajennusvaiheen pohjapiirroksessa on piirretty varastotila. Varastotilaa ei ole rakennettu. Kummankin rakennuksen tilavuus ovat pohjapiirustuksen mukaan 80 m³. Rakennusten lämmitys tapahtuu ainoastaan sähkökäyttöisellä lattialämmityksellä, jonka voidaan ulottuvan molemmissa rakennuksissa koko lattiapinta-alalle. Pyykkihuoneesta löytyy pyykkien kuivaukseen tarkoitettu kuivaushuonepuhallin, jota käytettäessä huonetila samalla lämpenee. Vessarakennuksesta löytyy saniteettikäyttöön yksi 100 l lämminvesivaraaja. Molemmista rakennuksista löytyy koneellinen huippuimureilla toimiva poistoilmanvaihto. Tuloilma rakennuksiin siirtyy painovoimaisesti. (Muttonen, 2024.)

Pyykkihuonerakennuksen vesikaton kaltevuus on 18,4 astetta (Tuunanen, 2005). Yläpohja koostuu 300 mm lisälämmöneristeestä, 50x50 k 400 koolauksesta, ilmansulusta sekä paneelista. Yläpohjalle on annettu valmiiksi laskettu keskimääräinen U-arvo 0,16 W/(Km²). Rakennuksen 2,45 m korkea ulkoseinä koostuu 21 mm vaakapaneelista, jonka sisäpuolella on ilmaväli 22 mm koolauksella. Ulkoseinän rakenteessa on myös 12 mm tuulensuojalevy, 50x125 k 600 runko 125 mm lisälämmöneristeineen, 50x50 k 600 koolaus 50 mm lisälämmöneristeineen, ilmansulku sekä 13 mm kipsilevy. Ulkoseinän valmiiksi laskettu keskimääräinen U-arvo on 0,24 W/(Km²). Alapohja koostuu lattiapinnoitteesta, 80 mm betonilaatasta, 100 mm EPS-eristeestä, vähintään 300 mm salaojasorasta sekä pohjamaasta. Alapohjan valmiiksi laskettu keskimääräinen U-arvo on 0,17 W/(Km²). Rakennuksesta löytyy kaksi kolminkertaista 5x6 ikkunaa sekä kaksi 10x21 ulko-ovea. Ovet ja ikkunat ovat hyväkuntoisia ja laadukkaita. (Valkonen, 2008.)

Vessarakennuksen tiedot vastaavat moneen otteeseen pyykkihuonerakennusta, mutta eristystasot vessarakennuksen yläpohjassa arvioidaan kahteen kolmasosaan pyykkihuoneen eristysmääristä perustuen rakennusten ikäeroon. Yläpohjassa rakennusten erona arvioidaan vessarakennuksessa olevan kolmasosan vähemmän eli 200 mm lisälämmöneristettä. Vessarakennuksen ulkoseinässä lisälämmöneristettä on kokonaisuudessa 120 mm. Vessarakennuksen sisäpuolisista seinistä löytyy laatoitus korkeuteen 1200 mm. Alapohjasta löytyy oletettavasti puolet pyykkihuonerakennuksen eristeestä, joten EPS-eristettä oletetaan olevan 50 mm. Laskennasta tulee huomioida, että alapohjan lämmönläpäisykerroin perustuu näin ollen vain arvioon. Rakennuksesta löytyy kaksi kolminkertaista 3x6 ikkunaa sekä kaksi kolminkertaista 6x6 ikkunaa. Rakennukseen on kolme ulko-ovea, joista kaksi on pääpiirustuksessa ilmoitettu 10x21 sekä yksi oletetaan samankokoiseksi. Rakennuksen ovet ja ikkunat on todennäköisesti uusittu pyykkihuonerakennuksen rakentamisen yhteydessä. Vessarakennuksen ulko-ovien tiivisteistä puuttuu noin 50 cm pala, mahdollisesti korvausilman tehostamisen vuoksi. (H. Jari, 1996) (Valkonen, 2008.)

2.2.7 Huoltorakennus

Vuonna 2017 valmistuneen huoltorakennuksen lattiapinta-ala on pohjapiirustuksen mukaan 73 m². Tilavuutta rakennuksella on pohjapiirustuksen mukaan 225 m³. Rakennuksen lämmityksestä vastaa ainoastaan suorasähkökäyttöinen lattialämmitys, jonka voidaan ulottuvan koko lattiapinta-alalle. Lattialämmitys on jaettu neljään piiriin huonetilojen mukaan. Rakennuksessa ei ole lämminvesivaraajaa, mutta kohteesta löytyy varaukset lämpimälle vedelle. (Valkonen, 2016.)

Rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto huippuimuria hyödyntäen. Tuloilma rakennukseen siirtyy painovoimaisella ilmanvaihdolla. Huomioitavaa on, ettei rakennuksen huippuimurin säädintä löydetty huonetiloista, joten huippuimuri olettavasti on esisäädetty rakennuksen tarpeisiin rakennusvaiheessa.

Rakennuksen yläpohja koostuu arviolta noin 600 mm lämmöneristeestä, ilmansulusta, 45x45 k 600 koolauksesta sekä 13 mm kipsilevystä. Laskennasta tulee huomioida, että yläpohjan eristemäärä katon reunoilla ei tavoita 600 mm katon kaltevuuden vuoksi. Yläpohjalle on annettu valmiiksi laskettu keskimääräinen U-arvo 0,12 W/(Km²). Rakennuksen 2,96 m korkeassa ulkoseinässä on 23 mm vaakapaneeli, 25x100 k 600 koolaus sekä 25 mm

tuulensuojalevy. Seinien runko on 48x148 k 600, jossa eristettä on 150 mm. Seinien koolaus on 45x45 k600, jossa eristettä on 50 mm. Näiden lisäksi seinissä on ilmansulku ja 13 mm kipsilevy. Ulkoseinän valmiiksi laskettu keskimääräinen U-arvo on 0,20 W/(Km²). Rakennuksen alapohja koostuu lattiapinnoitteesta, 100 mm TB-laatasta, 150 mm EPS-eristettä, vähintään 300 mm salaojasorasta, soratäytöstä sekä perusmaasta. Alapohjan valmiiksi laskettu keskimääräinen U-arvo on 0,19 W/(Km²). Rakennuksesta löytyy kuusi kolminkertaista 9x6 ikkunaa, joiden lisäksi rakennuksessa on kolme 10x21 ulko-ovea sekä yksi 30x21 + 9x21 kaksoisulko-ovi. (Valkonen, 2016.)

3 Rakennuskohtainen energiatehokkuuslaskenta

Tässä kappaleessa lasketaan yksinkertaistaen energiatehokkuus leirikeskuksen rakennuksille. Laskennalla saadaan suuntaa antavia tuloksia rakennuksien nykyisistä energiasyöpöistä, sekä kokonaiskuvaa rakennusten energiamodernisointitarpeesta. Laskenta aloitetaan puuttuvien lämmönläpäisykertoimien eli U-arvojen laskennalla. Yksinkertaistetusta kokonaisenergiankulutuslaskennasta saadaan epävirallinen suuntaa antava luokitus rakennusten energiatehokkuuteen, jota hyödynnetään työn energiainvestointien tehokkaaseen rajaamiseen. Virallinen kattava energiatodistus tulee teettää hyväksytyn ammattilaisen toimesta valvotusti ympäristöministeriön ja asumisen rahoittamis- ja kehittämiskeskuksen ohjeiden mukaan. (Pylsy, 2013, s. 53.)

3.1 Lämmönläpäisykertoimien laskenta

Lämmönläpäisykertoimet lasketaan kaikille rakennusosille, myös rakennusosille, joista lämmönläpäisykertoimet ovat jo laskettu. Tällä tavoin voidaan verrata laskettuja arvoja suunnittelijan arvioihin sekä saadaan yhdenlinjaiset laskennan tulokset. Ikkunoiden ja ovien lämmönläpäisykertoimet oletetaan energiantehokkuuslaskennassa. Laskenta perustuu Suomen rakennusinsinöörien liiton laskentaohjeisiin, jotka perustuvat SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009, SFS-EN ISO 6946:2017 ja SFS-EN ISO 13370:2017 standardeihin. Laskenta koostuu rakenteiden lämmönjohtavuuksien sekä mittasuhteiden määrittelystä, lämmönvastuksien laskennasta sekä lämmönläpäisykertoimien laskennasta tilannekohtaisia yhtälöitä hyödyntäen. Laskennassa lämmönläpäisykertoimet lasketaan rakennusten yläpohjille, ulkoseinille sekä alapohjille. Laskennasta tulokseksi saatuja rakennusosien lämmönläpäisykertoimia käytetään seuraavassa osiossa rakennuksen kokonaisenergiankulutuslaskennassa. (RIL 225-2023.)

3.1.1 Lämmöneristeiden lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon määritys

Laskenta aloitetaan määrittämällä rakennusosassa käytetyn rakennekerroksen lämmönjohtavuudet. Rakennuksessa käytettäville lämmöneristeille lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo

määritellään lämpötilan, kosteuden sekä vanhenemisen muuntotekijöitä hyödyntäen. Standardin SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009 mukaan rakennusmateriaalin lämmönjohtavuus ilmoitetaan vakio-olosuhteissa 10 °C lämpötilassa ja 50 % tai 80 % suhteellisessa kosteudessa (SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009). Ilmatieteen laitoksen havaintojen lataussivulta löytyy Tikkakosken lentokenttä, joka sijaitsee alle 20 km päässä Multamäen leirikeskuksesta. Nämä säätiedot ovat riittävällä tarkkuudella tämän tutkimuksen käyttöön. Ilmatieteen laitoksen mukaan alueen kuukauden keskimääräinen lämpötila viimeisen 20 vuoden aikana on ollut 5,0 °C. Päivän keskimääräinen suhteellinen kosteusprosentti viimeisen vuoden ajalta on ollut 80 %. (Ilmatieteen laitos, 2025.) (RIL 225-2023.)

Tässä työssä lämmöneristeistä vain EPS-eristeelle lasketaan lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo, koska muiden lämmöneristeiden lämmönjohtavuus joudutaan arvioimaan vain suuntaa antavasti. Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo λ_U lasketaan standardissa SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009 esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 1,

$$\lambda_U = \lambda_D F_T F_m F_a \tag{1.}$$

jossa λ_D on ilmoitettu lämmönjohtavuuden arvo, F_T on lämpötilan muuntotekijä, F_m on kosteuden muuntotekijä ja F_a on vanhenemisen muuntotekijä. Vanhenemisen muuntotekijän lukuarvoja ei standardissa SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009 esitetä, ja rakenteen vanheneminen otetaan lähes aina huomioon lämmöneristeiden lämpöteknisen arvon määrittelyssä. Näiden syiden vuoksi tämä työkään ei vanhenemisen muuntotekijää käsittele. (RIL 225-2023.) (SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009.)

Lämpötilan muuntotekijä F_T saadaan laskettua standardissa SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009 esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 2,

$$F_T = e^{f_T(T_2 - T_1)} \tag{2.}$$

jossa f_T on lämpötilan muuntokerroin, T_2 on lämmöneristyksen suunnittelulämpötila ja T_1 on keskilämpötila kohteessa. Lämpötilan muuntokerroin sekä ilmoitettu lämmönjohtavuuden arvo saadaan standardin SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009 liitteen A taulukosta 2 paisutetulle polystyreenille. Rakennuksissa oletetaan käytetyn ainoastaan 50 mm paksuisia EPS-levyjä, minkä perusteella valitaan sopivat lähtöarvot lämmönjohtavuudelle ja lämpötilan muuntokertoimelle. (RIL 225-2023.) (SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009.)

EPS-eriste toimii maanvaraisena routaeristeenä, joten kosteuden muuntotekijä F_m saadaan laskettua teknisen hyväksynnän ohjeen ETAG 031:2010 esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 3,

$$F_m = e^{f_\Psi \Psi_{cor}} \tag{3.}$$

jossa f_Ψ on kosteuden muuntokerroin ja Ψ_cor on kosteuden kosteuspitoisuuden laskenta-arvo. Kosteuden muuntokerroin EPS-eristeelle saadaan standardin SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009 taulukosta 4 (SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009). (ETAG 031:2010.) (RIL 225-2023.)

Kosteuspitoisuuden laskenta-arvo Ψ_cor maanvastaisen alapohjan lämmöneristykselle saadaan laskettua teknisen hyväksynnän ohjeen ETAG 031:2010 esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 4,

$$\Psi_{cor} = 0{,}75\Psi_{abs} \tag{4.}$$

jossa Ψ_abs on ilmoitettu arvo veden absorptiolle upotuskokeessa standardin SFS-EN ISO 16535:2019 mukaisesti (SFS-EN ISO 16535:2019). Teknisen hyväksynnän ohjeesta ETAG 031:2010 saadaan ilmoitettu arvoksi WL(T)2 veden absorptiolle upotuskokeessa EPS-eristeelle. Tämä tarkoittaa kahden prosenttiyksikön pitkäaikaista veden absorptiota EPS-eristeelle. (ETAG 031:2010.)

Lämmönläpäisykertoimien laskennassa oletetaan jokaisen EPS-eristeen olevan identtinen keskenään. Taulukossa 1 löytyy laskennassa käytetyt alkuarvot EPS-eristeelle sekä laskennan tulos sekä välivaiheet. Taulukkoon on myös ilmoitettu tarkat sijainnit lähtöarvoille.

Taulukko 1. EPS-lämmöneristeen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon laskenta.

λ_D	0,035	W/(Km)	SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009, liite A, taulukko 2
f_T	0,0033	1/K	SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009, liite A, taulukko 2
F_T	1,02	-	
f_Ψ	4,00	-	SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009, taulukko 4
Ψ_abs	0,02	-	ETAG 031:2010, 6.7.1.4.2
Ψ_cor	0,02	-	
F_m	1,06	-	
λ_U	0,038	W/(Km)	

Laskennasta huomataan, että ympäristöolosuhteiden vaikutuksesta eristeen lämmönjohtavuus on suunnitteluarvoa suurempi. Lämpötila vaikuttaa eristeen ominaisuuksiin noin 2 %

ja kosteus noin 6 %. Tulokseksi saatu EPS-eristeen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo vaikuttaa realistiselta.

3.1.2 Lämmönvastusten laskenta

Laskennan seuraavassa vaiheessa lasketaan rakennekerrosten lämmönvastus lämmönjohtavuuden ja rakennekerroksen mittojen avulla. Homogeenisessä rakennekerroksessa rakennekerroksen mitoista tarvitsee selvittää ainoastaan kerroksen paksuus. Heterogeenisessä kerroksessa, esimerkiksi harvalaudoituksen ja ilmavälin tapauksessa, tulee selvittää kerroksen eli laudan paksuuden ohella myös harvalaudoituksen laudan leveys sekä koolausväli. Standardissa SFS-EN ISO 6946:2017 mainitaan tapa, jolla homogeenisen rakennekerroksen lämmönvastus R voidaan laskea suoraan lämmönjohtavuudesta sekä rakennekerroksen paksuudesta yhtälöllä 5,

$$R = \frac{d}{\lambda} \tag{5.}$$

jossa d on rakenneosan materiaalikerroksen paksuus ja λ on materiaalin lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo. (RIL 225-2023.) (SFS-EN ISO 6946:2017.)

Homogeenisistä rakennekerroksista koostuvan rakenneosan kokonaislämmönvastus R_tot voidaan suoraan laskea standardissa SFS-EN ISO 6946:2017 esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 6,

$$R_{tot} = R_{si} + R_1 + R_2 + \cdots + R_n + R_{se} \tag{6.}$$

jossa R_si on sisäpuolinen pintavastus ja R_se on ulkopuolinen pintavastus. Yhtälöä hyödynnetään myös heterogeenisiä rakennekerroksia koostuvan rakenneosan laskennassa. Pintavastuksille arvot löytyvät standardin SFS-EN ISO 6946:2017 taulukosta 7. Taulukosta tulee huomioida lämpövirran suunta laskentaa tehdessä. Yläpohjan sisäpuolinen pintavastus on 0,10 Km²/W, ulkoseinän 0,13 Km²/W ja alapohjan 0,17 Km²/W. Ulkopuolinen pintavastus on kaikilla sama 0,04 Km²/W. (RIL 225-2023.) (SFS-EN ISO 6946:2017.)

Mikäli rakenneosassa on yksikin heterogeeninen rakennekerros, tulee kokonaislämmönvastukselle laskea ylä- ja alalikiarvot, sekä suorittaa likiarvoille virhetarkastelu. Ylälikiarvon laskennassa lasketaan jokaiselle osa-alueen rakennekerrokselle kokonaislämmönvastus

yhtälön 6 mukaisesti ennen ylälikiarvon laskentaa. Kokonaislämmönvastuksen ylälikiarvo R_tot,ylä lasketaan standardissa SFS-EN ISO 6946:2017 esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 7,

$$\frac{1}{R_{tot,ylä}} = \frac{f_a}{R_{tot,a}} + \frac{f_b}{R_{tot,b}} + \cdots + \frac{f_q}{R_{tot,q}} \tag{7.}$$

jossa f_i osa-alueen i pinta-alaosuus ja R_tot,i on osa-alueen i kokonaislämmönvastus laskettuna yhtälöllä 6 esitetyllä tavalla. Kun heterogeenisiä rakennekerroksia on enemmän kuin yksi, tulee laskea kaikki rakenneosien heterogeeniset variaatiot. (RIL 225-2023.) (SFS-EN ISO 6946:2017.)

Rakenneosan kokonaislämmönvastuksen alalikiarvon laskenta poikkeaa ylälikiarvolaskennasta tavalla, että osa-alueet summataan ennen kokonaislämmönvastusten laskentaa. Rakenneosan heterogeenisen osuuden kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo R_j lasketaan standardissa SFS-EN ISO 6946:2017 esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 8,

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \cdots + \frac{f_q}{R_{qj}} \tag{8.}$$

jossa f_i on heterogeenisen osa-alueen i pinta-alaosuus ja R_ij on heterogeenisen osa-alueen i lämmönvastus. Rakenneosan kokonaislämmönvastuksen alalikiarvon laskenta jatkuu yhtälön 6 mukaisella tavalla, jossa heterogeenisten osa-alueiden lämmönvastukset summataan homogeenisten lämmönvastusten ja pintavastusten kanssa. (RIL 225-2023.) (SFS-EN ISO 6946:2017.)

Heterogeenisen rakenneosan kokonaislämmönvastus lasketaan standardissa SFS-EN ISO 6946:2017 esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 9,

$$R_{tot} = \frac{R_{tot,ylä} + R_{tot,ala}}{2} \tag{9.}$$

jossa R_tot,ala on rakenneosa kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo. Lasketun heterogeenisen rakenneosan kokonaislämmönvastuksen avulla voidaan suorittaa virhearviointi likiarvomenettelylle. Suhteellisen virheen enimmäisarvo e prosenttiyksiköinä voidaan laskea standardissa SFS-EN ISO 6946:2017 esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 10,

$$e = \frac{R_{tot,ylä} + R_{tot,ala}}{2R_{tot}} 100 \tag{10.}$$

jota tarkastelemalla voidaan arvioida suhteellisen virheen määrää kokonaislämmönvastuksen laskennassa. Yleisesti todellinen virhe on paljon laskennasta saatua virheen enimmäisarvoa pienempi. (RIL 225-2023.) (SFS-EN ISO 6946:2017.)

3.1.3 Rakenteiden lämmönläpäisykertoimen laskenta

Ulkoilmaan rajoittuvan rakenneosan korjaamaton lämmönläpäisykerroin U lasketaan standardissa SFS-EN ISO 6946:2017 esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 11,

$$U = \frac{1}{R_{tot}} \tag{11.}$$

jossa R_tot on homogeenisessä rakenneosassa yhtälöllä 6 ja heterogeenisessä rakenneosassa yhtälöllä 9 laskettu kokonaislämmönvastus. Ulkoilmaan rajoittuvien rakenteiden lämmönläpäisykertoimen laskennassa voidaan huomioida ilmarakojen, mekaanisten kiinnikkeiden sekä käännettyjen kattojen korjaustekijät. Tässä työssä ulkoilmaan rajoittuvan rakenneosan lämmönläpäisykertoimen laskennassa näitä korjaustermejä ei huomioida. Korjaustekijöiden kertoimista löytyy tarkempaa tietoa standardista SFS-EN ISO 6946:2017. (RIL 225-2023.) (SFS-EN ISO 6946:2017.)

Maanvastaisten rakenteiden lämmönläpäisykertoimien laskennassa tulee maaperän lämmönsiirron kolmiulotteisuuden vuoksi laskea suhteellinen lattiamitta. Suhteellinen lattiamitta B lasketaan standardissa SFS-EN ISO 13370:2017 esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 12,

$$B = \frac{A}{0{,}5P} \tag{12.}$$

jossa A on lattian pinta-ala ja P on lattian piiri. Erityishuomiona yhtälöön äärettömän pitkälle lattialle suhteellinen lattiamitta on lattian leveys sekä neliönmuotoiselle lattialle suhteellinen lattiamitta on puolet yhden sivun pituudesta. (RIL 225-2023.) (SFS-EN ISO 13370:2017.)

Maanvastaisten rakenteiden lämmönläpäisykertoimen laskennassa tulee laskea lattian ekvivalentti paksuus. Lattian ekvivalentti paksuus d_t lasketaan standardissa SFS-EN ISO 13370:2017 esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 13,

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}) \tag{13.}$$

jossa w on perusmuurin paksuus, λ on maaperän lämmönjohtavuus, R_si on sisäpuolinen pintavastus, R_f on lattiarakenteen kokonaislämmönvastus ja R_se on ulkopuolinen pintavastus. Lattiarakenteen kokonaislämmönvastus lasketaan summaamalla jokaisen rakennekerroksen lämmönvastus yhteen. Kapillaarikatkokerrosta ei oteta huomioon lämmönvastuksen laskennassa. Maanvastaisessa alapohjassa ulkopuolista pintavastusta ei huomioida. (RIL 225-2023.) (SFS-EN ISO 13370:2017.)

Maanvaraisten rakenteiden lämmönläpäisykerroin lasketaan kahdella tavalla riippuen lattian eristystasoista. Eristystason laadukkuus määritellään vertailemalla suhteellista lattiamittaa B sekä lattian ekvivalenttista paksuutta d_t. Mikäli suhteellinen lattiamitta on lattian ekvivalenttista paksuutta isompi, lattia on eristämätön tai heikosti eristetty. Heikosti eristetyn lattian tilanteessa lämmönläpäisykertoimen U laskennassa tulee käyttää standardissa SFS-EN ISO 13370:2017 esitettyä, tässä työssä yhtälöä 14.

$$U = \frac{2\lambda}{\pi B + d_t} * \ln\left(\frac{\pi B}{d_t} + 1\right) \tag{14.}$$

Tilanteessa, jossa lattian ekvivalenttinen paksuus on suurempi tai yhtä suuri kuin suhteellinen lattiamitta, lattian on hyvin eristetty. Hyvin eristetylle lattialle lämmönläpäisykertoimen U laskennassa käytetään standardissa SFS-EN ISO 13370:2017 esitettyä, tässä työssä yhtälöä 15. (RIL 225-2023.) (SFS-EN ISO 13370:2017.)

$$U = \frac{\lambda}{0{,}457B + d_t} \tag{15.}$$

Maanvaraisten rakenteiden lämmönläpäisykertoimien laskennassa tulee huomioida ulkoreunoilla oleva vaaka- tai pystysuuntainen lisälämmöneristys. Reunalla olevan eristyksen huomioon ottava lämmönläpäisykerroin U lasketaan standardissa SFS-EN ISO 13370:2017 esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 16,

$$U = U_0 + \frac{2\Psi_{g,e}}{B} \tag{16.}$$

jossa U_0 on lattian lämmönläpäisykerroin yhtälöstä 14 tai 15 laskettuna ja Ψ_g,e on reunalla olevan eristeen viivamainen konduktanssi. Vaaka- ja pystysuuntaisille reunalla oleville eristeille käytetään toisistaan poikkeavia laskentatapoja. Tässä työssä kaikkien reunalla olevien eristysten olevan pystysuuntaisia. (RIL 225-2023.) (SFS-EN ISO 13370:2017.)

Pystysuuntainen reunalla olevan eristyksen viivamainen konduktanssi Ψ_g,e lasketaan standardissa SFS-EN ISO 13370:2017 esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 17,

$$\Psi_{g,e} = -\frac{\lambda}{\pi}[\ln\left(\frac{2D}{d_t}+1\right) - \ln\left(\frac{2D}{d_t+d'}+1\right)] \quad (17.)$$

jossa d' on ekvivalenttinen lisäpaksuus reunan eristeestä. Yhtälöstä on huomioitava, että tulos on negatiivinen konduktanssin lämpövirran suunnan ollessa poispäin rakennuksesta. Ekvivalenttinen reunan eristeen lisäpaksuus lasketaan standardissa SFS-EN ISO 13370:2017 esitetyillä, tässä työssä yhdistetyillä yhtälöllä 18,

$$d' = \lambda(R_n - \frac{w}{\lambda}) \quad (18.)$$

jossa R_n on reunan perusmuurin kokonaislämmönvastus. Reunan muurin kokonaislämmönvastus lasketaan summaamalla jokaisen rakennekerroksen lämmönvastus yhteen. Vaakasuuntaisen reunalla olevan eristyksen yhtälö löytyy standardista SFS-EN ISO 13370:2017. (RIL 225-2023.) (SFS-EN ISO 13370:2017.)

3.1.4 Laskentaan tehdyt alkuoletukset

Lämmönläpäisykertoimien onnistunut laskenta vaatii monenlaisia oletuksia jo rakennettuihin rakennuksiin. Yläpohjan laskennassa harvalaudoitus oletetaan löytyvän jokaisesta leirikeskuksen rakennuksesta, mutta harvalaudoituksen mitat kerrotaan vain pyykkihuone- ja huoltorakennusten suunnitelmissa. Muissa rakennuksissa oletetaan olevan pyykkihuonerakennuksen harvalaudoituksen mitoitus. Rungon rakenne oletetaan koostuvan rakennuskohtaisesti kahdesta tyypistä. Ohjaaja-, rantasauna ja takkatupa-, sekä harrastetilarakennuksessa oletetaan olevan vino yläpohjarakenne, josta katon runkopalkit kulkevat eristyskerroksen läpi. Kattopalkin mitoitus oletetaan olevan kokoa 51xh mm² k 900, jossa h on kappaleessa 2.2. ilmoitettu rakennuksen yläpohjan eristekerroksen paksuus. Muissa rakennuksissa oletetaan olevan tasainen tuuletettu yläpohja, jossa eristekerroksen läpi kulkee NR-ristikon alapaarre. Alapaarteen mitoitus oletetaan olevan kokoa 42x98 mm² k 900. Oletukset tehdään käyttäen RIL 225-2023 laskuesimerkeissä käytettyjä rungon mittoja. (RIL 225-2023.)

Leirikeskuksen rakentamiseen on käytetty paljon puumateriaalia eri muodoissa. Osassa rakennuksista ulkoseinät koostuvat vain hirrestä. Harrastetilassa on käytetty 230 mm

pyöröhirttä, jonka pyöreyden vuoksi hirren teholliseksi paksuudeksi oletetaan 200 mm. Mänty ja kuusi ovat Suomessa yleisimmin käytetyt rakennuspuulajit. Männyn tiheys on väliltä 370–550 kg/m³ ja kuusen noin 300–470 kg/m³. Standardista SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009 saadaan lämmönjohtavuuden arvo, kun puun tiheys on 450 ja 500 kg/m³. Laskentaan valitaan jokaisen puurakenteen tiheydeksi hieman korkeahko arvo 500 kg/m³, jotta todelliset lämmönläpäisykertoimet olisivat laskettua pienempiä. Lämmönjohtavuus 500 kg/m³ tiheyden puutavaralle on 0,13 W/(Km). (Puuinfo, 2020.) (SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009.)

Laskentaan täytyy myös huomioida muutamia erityissuureita, joissa noudatetaan edellä mainittujen standardien ohjeita. Katon ilmatilan lämmönvastuksena ei käytetä ulkoilman pintavastusta vaan noudatetaan standardin SFS-EN ISO 6946:2017 taulukon 9 ohjetta. Leirikeskuksen rakennuksissa oletetaan olevan yksinkertainen aluskate, joten katon ilmatilan lämmönvastukseksi saadaan 0,2 Km²/W. Harvalaudoituksessa olevan tuulettumattoman ilmakerroksen lämmönvastus saadaan standardin SFS-EN ISO 6946:2017 taulukosta 8. Ilmakerroksen paksuuden ollessa väliltä 15–300 mm Ulkoseinissä ilmatilan lämmönvastuksena voidaan käyttää sisäpuolen pintavastusta, jos ennen julkisivuverhousta on tuulettuva ilmaväli (RIL 225-2023, s. 68). Maaperän lämpötekniset ominaisuudet löytyvät standardin SFS-EN ISO 13370:2017 taulukosta 7. Leirikeskuksen maaperäksi valitaan hiekka tai soramaasto, jolloin maaperän lämmönjohtavuudeksi saadaan arvo 2,0 W/(Km). (SFS-EN ISO 13370:2017.) (SFS-EN ISO 6946:2017.)

Leirikeskuksella on käytetty varsinaisena eristemateriaalina EPS-eristeen lisäksi puhallus- ja mineraalivillaa. Standardin SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009 liitteen A taulukossa 1 ilmoitetaan mineraalivillan lämmönjohtavuuksia. Mineraalivillamatoilla lämmönjohtavuus vaihtelee väliltä 0,035–0,050 W/(Km) ja levyillä 0,030–0,040 W/(Km). Tähän työhön mineraalivillan lämmönjohtavuus on valittu kaikkialla olevan 0,037 W/(Km), koska rakennuksia tehdessä on panostettu eristeiden laatuun. Puhallusvillalle lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo löytyy SIL 225-2023 liitteen 1 taulukosta 1.1. Puhallusvillan lämmönjohtavuudeksi valitaan 0,041 W/(Km). (SIL 225-2023.) (SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009.)

Jokaisen muun rakennemateriaalin, lukuun ottamatta EPS-eristettä, kohdalla tehdään alkuoletus materiaalin lämmönjohtavuudesta hyödyntäen Suomen rakennusinsinöörien liiton julkaisun RIL 225-2023 sekä standardin SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009 taulukon 3 tietoja. Monelle rakenteelle joudutaan myös arvioimaan rakennekerroksen paksuus verraten

rakennustarvikekaupoista saataviin vaihtoehtoihin. Taulukkoon 2 on kerätty laskennassa käytetyt rakennekerrosten lämmönjohtavuudet sekä rakennekerrosten paksuudet. (RIL 225-2023.) (SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009.)

Taulukko 2. Laskennassa käytettyjen rakennekerrosten lämmönjohtavuudet ja paksuudet.

	λ [W/(Km)]	d [mm]
Puinen sisäkattopaneeli	0,13	16
Alumiininen sisäkattopaneeli	160	5
Kipsilevy	0,25	13
Seinälaatat	1,30	7
Pystypaneeli	0,13	14
Ulkovaneri	0,09	9
Höyrynsulkupaperi	0,50	0,2
Höyrynsulkumuovi	0,33	0,2
Tuulensuojalevy	0,045	13
Lattialaatat	1,30	7
Parketti	0,13	13
Vinyylilattia	0,25	5
Muovinen lattianpäällyste	0,25	3
Lattiapinnoite	1,00	10
Teräsbetonilaatta	2,50	80
Betoni perusmuurissa	2,50	80

3.1.5 Lämmönläpäisykertoimen laskennan laskuesimerkki

Tässä osiossa tuodaan lukijalle konkreettinen esimerkki laskennan vaiheista edellä käytettyjä alkuoletuksia ja yhtälöitä hyödyntäen. Laskennan esimerkkirakennukseksi valitaan huoltorakennus. Taulukoista 3 ja 4 löytyvät laskennassa tarvittavien rakennekerrosten tiedot varsinaista laskentaa varten.

Taulukko 3. Huoltorakennuksen yläpohjan puurakenteiden mitoitus.

Harvalaudoituksen laudan paksuus	45	mm
Harvalaudoituksen laudan leveys	45	mm
Harvalaudoituksen koolaus	600	mm
Alapaarteen laudan paksuus	98	mm
Alapaarteen laudan leveys	42	mm
Alapaarteen koolaus	900	mm

Taulukko 4. Huoltorakennuksen yläpohjan rakennekerrosten lämmönvastukset.

	λ [W/(Km)]	d [mm]	R [Km²/W]
Sisäpuolinen pintavastus			0,10
Kipsilevy	0,25	13	0,05
Tuulettumaton ilmarako			0,16
Harvalaudoitus	0,13	45	0,35
Alapaarre	0,13	98	0,75
Puhallusvilla alapaarteessa	0,041	98	2,39
Puhallusvilla	0,041	502	12,2
Tuulettuva ilmatila			0,20

Puhallusvillaa rakenteessa on 600 mm, josta 98 mm on kattorungon alapaarteen paksuudella. Tuulettuvan ilmatilan ulkopuolisia rakenteita ei laskennassa huomioida. Huomioitavaa on, että laskennan yhtenäistämisen vuoksi puumateriaalin paksuudesta puhuttaessa puhutaan rakenteen lämpövirran suuntaisesta paksuudesta. Puurakenteen muita mittoja käytetään osa-alueen pinta-alaosuuden laskentaan, mikä nähdään taulukossa 5, jossa suoritetaan varsinainen rakennuksen yläpohjan laskenta.

Taulukko 5. Huoltorakennuksen yläpohjan laskennan vaiheet.

Osa-alueet	f [m²/m²]	R [Km²/W]	
Harvalaudoituksen puu ja alapaarteen lauta	0,004	13,70	
Harvalaudoituksen puu ja alapaarteen puhallusvilla	0,072	15,33	
Harvalaudoituksen ilmatila ja alapaarteen lauta	0,043	13,51	
Harvalaudoituksen ilmatila ja alapaarteen puhallusvilla	0,882	15,15	
Kokonaisvastuksen ylälikiarvo	R_tot,ylä	15,07	Km²/W
Harvalaudoituksen kokonaisvastuksen alalikiarvo	R_1,ala	0,167	Km²/W
Alapaarteen kokonaisvastuksen alalikiarvo	R_2,ala	2,170	Km²/W
Kokonaisvastuksen alalikiarvo	R_tot,ala	14,93	Km²/W
Kokonaislämmönvastus	R_tot	15,00	Km²/W
Suhteellinen virhe	e	0,47	%
Yläpohjan lämmönläpäisykerroin	U	0,07	W/(Km²)

Laskennasta huomataan, että suurin osa-alue yläpohjassa koostuu harvalaudoituksen ilmatilasta sekä alapaarteen puhallusvillasta. Laskennan vaiheet noudattavat tekstissä aiemmin ilmoitettuja yhtälöitä. Laskennan suhteellinen virhe on erittäin matala, joten likiarvomenettely soveltuu rakennuksen laskentaan hyvin. Tulokseksi saatu yläpohjan lämmönläpäisykerroin

on hyvin matala, mikä johtuu yläpohjan paksusta puhallusvillaeristekerroksesta. Laskenta ei ota huomioon kattorakenteen reunoilla olevaa matalampaa puhallusvillakerrosta, joten todellisuudessa lämmönläpäisykerroin voi olla hieman suurempi.

Huoltorakennuksen ulkoseinille laskenta suoritetaan vastaavalla tavalla. Ulkopaneelia ei laskennassa huomioida ulkoseinän tuulettuvan ilmavälin vuoksi. Taulukoista 6 ja 7 löytyvät ulkoseinän laskennassa tarvittavien rakennekerrosten tiedot varsinaista laskentaa varten.

Taulukko 6. Huoltorakennuksen ulkoseinien puurakenteiden mitoitus.

Puukoolauksen paksuus	45	mm
Puukoolauksen leveys	45	mm
Puukoolauksen koolaus	600	mm
Puurungon paksuus	148	mm
Puurungon leveys	48	mm
Puurungon koolaus	600	mm

Taulukko 7. Huoltorakennuksen ulkoseinien rakennekerrosten lämmönvastukset.

	λ [W/(Km)]	d [mm]	R [Km²/W]
Sisäpuolinen pintavastus			0,13
Kipsilevy	0,25	13	0,05
Höyrynsulkumuovi	0,33	0,2	0,00
Mineraalivilla puukoolauksessa	0,037	45	1,22
Puukoolaus	0,13	45	0,35
Mineraalivilla puurungossa	0,037	148	4,00
Puurunko	0,13	148	1,14
Tuulensuojalevy	0,045	25	0,56
Tuuletusväli			0,13

Puurakenteissa olevat eristeet tässä tilanteessa pyöristetään puurakenteiden mittoihin, vaikka eristettä puukoolauksessa onkin 50 mm ja puurungossa 150 mm. Ulkoseinän tuuletusvälin ulkopuolista panelointia ei laskennassa huomioida. Laskenta etenee samaan tapaan yläpohjan laskennan kanssa. Taulukossa 8 on esitetty huoltorakennuksen ulkoseinien lämmönläpäisykertoimen laskennan vaiheet.

Taulukko 8. Huoltorakennuksen ulkoseinien laskennan vaiheet.

Osa-alueet	f [m²/m²]	R [Km²/W]	
Puukoolauksen puu ja rungon puu	0,006	2,35	
Puukoolauksen eriste ja rungon puu	0,074	3,22	
Puukoolauksen puu ja rungon eriste	0,069	5,21	
Puukoolauksen eriste ja rungon eriste	0,851	6,08	
Kokonaisvastuksen ylälikiarvo	R_tot,ylä	5,60	Km²/W
Puukoolauksen kokonaisvastuksen alalikiarvo	R_1,ala	1,02	Km²/W
Puurungon kokonaisvastuksen alalikiarvo	R_2,ala	3,33	Km²/W
Kokonaisvastuksen alalikiarvo	R_tot,ala	5,22	Km²/W
Kokonaislämmönvastus	R_tot	5,41	Km²/W
Suhteellinen virhe	e	3,48	%
Ulkoseinien lämmönläpäisykerroin	U	0,18	W/(Km²)

Laskennasta huomataan, kuten yläpohjan laskennassa, että puurakenteiden ympäröivät rakenteet eli eristeet käsittävät suurimman osan puurakenteiden osa-alueista. Suhteellinen virhe on hieman korkeampi kuin yläpohjan laskennassa, mutta edelleen matala, joten likiarvomenettely soveltuu laskentaan. Suhteellinen virhe kertoo kuitenkin likiarvomenettelyn maksimaalisen virheen, jolloin todellinen virhe on yleensä paljon pienempi.

Alapohjan laskenta eroaa huoltorakennuksessa yläpohjan ja ulkoseinien laskennasta, koska alapohjassa jokainen rakennekerros oletetaan homogeeniseksi. Näin on sovellettu myös muiden rakennusten lattialaattojen kanssa, jättäen laskennasta huomiotta laattojen saumausvälit. Taulukosta 9 löytyy tarpeelliset laskennan alkuarvot sekä mitoituslaskennat.

Taulukko 9. Huoltorakennuksen alapohjan laskennan alkuvaiheet.

Rakennuksen piiri	P	35,0	m
Pinta-ala	A	73,0	m²
Suhteellinen lattiamitta	B	4,18	m
Perusmuurin paksuus	w	0,28	m
Sisäpuolinen pintavastus	R_si	0,17	Km²/W
Perusmaan lämmönjohtavuus	λ _s	2,00	W/(Km)

Taulukosta 9 löytyviä suureita hyödynnetään varsinaisessa lämmönläpäisykertoimen laskennassa. Perusmuurin paksuus oletetaan koostuvan 80 cm betonivalusta sekä molemmin puolin betonia ympäröivästä pystysuuntaisesta kahdesta 50 mm EPS-eristelevystä. EPS-eristeen

lämmönjohtavuus saadaan taulukosta 1. Todellisuudessa betonivalun tilalla voi hyvinkin olla esimerkiksi halkaistu harkko, joka on täytetty eristeellä, mutta laskennan yksinkertaistamiseksi jokaisen leirikeskuksen rakennuksen perusmuurin oletetaan koostuvan edellä mainitulla tavalla. Lämmönläpäisykertoimen huoltorakennuksen alapohjalle lasketaan taulukossa 10 esitetyllä tavalla.

Taulukko 10. Huoltorakennuksen alapohjan lämmönläpäisykertoimen laskenta.

	λ [W/(Km)]	d [m]	R [Km²/W]
Lattiapinnoite	1,00	0,010	0,01
Teräsbetonilaatta	2,30	0,10	0,04
EPS	0,04	0,15	3,97
Betoni perusmuurissa	2,30	0,08	0,03
EPS perusmuurissa	0,04	0,10	2,65
Lattiarakenteen lämmönvastus	R_f	4,02	Km²/W
Maanvastaisen alapohjan ekvivalentti paksuus	d_t	8,67	m
Perusmuurin ekvivalentti lisäpaksuus	d'	5,15	m
Perusmuurin viivamainen lisäkonduktanssi	Ψ_g	-0,025	W/(Km²)
Alapohjan lämmönläpäisykerroin	U	0,18	W/(Km²)

Taulukkoon merkitty EPS perusmuurissa tarkoittaa perusmuurin valun yhdeltä puolelta löytyvää eristekerrosta, joten laskennassa lukumäärä kerrotaan kahdella. Laskennassa tulee huomioida, että maanvastaisen alapohjan ekvivalentti paksuus on isompi kuin taulukossa 9 laskettu suhteellinen lattiamitta, joten lattia on hyvin eristetty. Tässä tilanteessa lämmönläpäisykertoimeen hyödynnetään yhtälöä 15 eikä yhtälöä 14, jota käytetään huonosti eristetyn alapohjan lämmönläpäisykertoimen laskentaan. Todellinen lämmönläpäisykertoimen tulos saattaa olla hieman laskettua pienempi, koska laskennassa perusmuurin rakenne koostuu yhtenäisestä betonivalusta, eikä esimerkiksi ilma- tai eristevuoratusta harkosta.

3.1.6 Laskennan tulokset ja johtopäätökset

Lämmönläpäisykertoimien laskenta koostuu yläpohjan, ulkoseinän ja alapohjan lämmönläpäisykertoimien laskennasta jokaiselle leirikeskuksen tarkastelun kohteena olevalle rakennukselle. Tulokset ovat saatu alkuoletuksia ja laskennan yhtälöitä hyödyntäen malliesimerkin mukaisesti. Lämmönläpäisykertoimien laskennan tulokset löytyvät taulukosta 11.

Taulukko 11. Lämmönläpäisykertoimet leirikeskuksen rakennuksille.

	Yläpohja [W/(Km²)]	Ulkoseinä [W/(Km²)]	Alapohja [W/(Km²)]
Katvela	0,13	0,58	0,28
Ohjaajarakennus	0,13	0,61	0,23
Keittiörakennus	0,11	0,23	0,18
Rantasauna ja takkatupa	0,16	0,93	0,23
Harrastetila	0,19	0,54	0,23
Vessarakennus	0,19	0,29	0,37
Pyykkihuonerakennus	0,13	0,22	0,24
Huoltorakennus	0,07	0,18	0,18

Taulukoiduista tuloksista saadaan selville, että hirsirakenteiset seinät päästävät eristettyjä paneeliseiniä tehokkaammin lämpöä lävitseen. Ulkoseinien lämmönläpäisykertoimissa on selvä ero puhtaasti hirsirakenteissa rakennuksissa, jotka ovat Katvela, ohjaajarakennus, rantasauna ja takkatupa, sekä harrastetila. Yläpohjat ovat rakenteista parhaiten eristettyjä, mikä on hyvä, koska sisätiloja lämmittäessä lämmennyt ilma karkaisi rakennuksesta tehokkaimmin yläpohjan kautta. Yläpohjien lämmönläpäisykertoimien laskennassa on huomioitavaa, että vinot yläpohjat oletetaan laskennassa vaakatasoon, joten todelliset lämmönläpäisykertoimet vinoille yläpohjille voi olla hieman suurempi. Alapohjien lämmönläpäisytasot ovat huomattavasti yläpohjia korkeampia, mikä osaltaan johtuu perusmuurin rakenteen konservatiivisesta rakenneoletuksesta, mutta myös maaperän tehokkaasta lämmönjohtuvuudesta.

Tuloksista huomataan keittiörakennuksen lämmönläpäisykertoimien olevan selvästi matalampia kuin monen muun rakennuksen, mikä tulee hieman yllätyksenä, koska keittiörakennus on vanhimpia alueen rakennuksia. Keittiörakennuksen lämmönsiirtokertoimet ovat melkein samaa tasoa vajaa 30 vuotta uudemman huoltorakennuksen kanssa. Keittiörakennus koostuu kahteen otteeseen laajennetusta rakennuksesta, joiden keskiarvot laskennan tulokset kertovat. Tästä syystä todellinen vanhimman alueen lämmönläpäisykerroin on hieman keskimääräistä suurempi. Tuloksista täytyy myös huomioida, että keittiörakennuksen alapohjan alkuperäistietoja ei ole saatavilla, joten ne oletetaan astianpesutilan kanssa yhtenäisiksi.

Pyykkihuone- ja huoltorakennukset noudattavat vuoden 2010 Suomen rakentamismääräyskokoelmaa eristysmääräyksien suhteen, mutta muut alueen rakennukset noudattavat vuoden 1985 lämmöneristysmääräyksiä. Vuoden 1985 lämmöneristysmääräyksien mukaan lämpimille uudisrakennuksille ulkoilmaa vastaan olevassa yläpohjassa rakennusosan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään 0,22 W/(Km²) ja ulkoseinässä 0,28 W/(Km²). Maata vastaan

olevan alapohjan maksimaalinen lämmönläpäisykertoimen sallittu arvo on 0,36 W/(Km²). Puolilämpimille, eli lämmityskaudella +5 °C ja +17 °C lämpötilojen välissä pidettäville tiloille lämmönläpäisykertoimien raja-arvot yläpohjalle ja ulkoseinälle on 0,45 W/(Km²), ja maanvastaiselle alapohjalle 0,45 W/(Km²). Rakentamismääräys ei huomioi erikseen ulkoseinien hirsirakentamisen lämmönläpäisykertoimia. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3, 1985.)

Hirsiseiniä lukuun ottamatta rakennusten rakenneosat noudattavat hyvin aikansa rakennusmääräyksiä puolilämpimän tilan rakennuksille, monessa rakennuksessa niin hyvin, että ne noudattavat jopa lämpimän tilan rakennusmääräyksiä. Tämä kertoo suuntaa, että leirikeskuksen rakenteisiin on ajan rakentamismääräyksiä ajatellen panostettu keskimääräisesti hyvin. Harrastetilan ja vessarakennuksen yläpohjien lämmönläpäisykertoimet ovat heikonlaiset. Vessarakennuksen alapohjassa on kehitettävää, mutta lukijan tulee huomioida, että rakennuksen alapohjaan tehtiin oletus, jossa alapohjan vaakasuuntainen eristystaso olisi vain puolet pyykkihuonerakennuksesta. Näin ollen vessarakennuksen alapohjan lämmönläpäisevyys voi oikeasti olla samaa tasoa pyykkihuonerakennuksen kanssa.

Pyykkihuone- ja huoltorakennukset noudattavat vuoden 2010 lämmöneristysmääräyksiä, joissa on eritelty myös ulkoseinän hirsirakenteelle oma lämmönläpäisykertoimen arvo. Rakentamismääräyksen mukaan lämpimän rakennuksen ulkoilmaan rajoittuvan yläpohjan raja-arvo on 0,09 W/(Km²), ulkoseinän raja-arvo on 0,17 W/(Km²) ja hirsiseinän 0,40 W/(Km²). Maata vastaavan alapohjan raja-arvo on 0,16 W/(Km²). Puolilämpimille tiloille raja-arvot ovat yläpohjalle 0,14 W/(Km²), ulkoseinälle 0,26 W/(Km²), hirsiseinälle 0,60 W/(Km²) ja maanvastaiselle alapohjalle 0,24 W/(Km²). (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3, 2010.)

Huolto- ja pyykkihuonerakennukset noudattavat rakennusmääräyksiä puolilämpimille tiloille hyvin. Huoltorakennuksen yläpohjassa eristettä on 600 mm eli paljon, joten se myös näkyy alhaisena yläpohjan lämmönläpäisykertoimena. Alkuperäisiä suunnittelijan lämmönläpäisykertoimen arvoja vertaamalla laskennan arvoihin voidaan arvioida laskennan todellista onnistumista. Huoltorakennuksen yläpohjan laskettu arvo on alkuperäistä (U = 0,12 W/(Km²) alhaisempi. Tämä johtunee jälkikäteen päätetystä lisämäärästä yläpohjan eristetasoon. Siihen myös vaikuttaa katon reunojen alhaisemman eristystason huomiotta jättäminen. Puhallusvilla voidaan olettaa liian eristäväksi laskennassa. Ulkoseinän alkuperäinen lämmönläpäisykerroin on 0,20 W/(Km²), joka on lähes linjassa lasketun arvon kanssa.

Alapohjan alkuperäinen lämmönläpäisykerroin on 0,19 W/(Km²), joka on hyvin linjassa lasketun arvon kanssa. Pienet erot voivat hyvin johtua yksittäisien muuttujien alkuvalinnoista, kuten eristyksen lämmönläpäisevyyden eroista.

Kokonaisuudessaan laskennan tulokset ovat hyvin linjassa aikansa rakennusmääräysten mukaisia arvoja sekä arvoja, joita suunnittelijat rakennuksille olivat laskeneet. Yleisesti laskennan yläpohjan arvot ovat hieman alkuperäisiä pienempiä ja alapohjan arvot hieman alkuperäisiä suurempia. Ulkoseinien lasketut arvot ovat hyvin keskiarvoisesti kohdillaan. Laskennan tuloksia voidaan näin ollen pitää suuntaa antavasti oikeina arvoina, joita voi tarkentaa muuttamalla laskennan lähtöoletusarvoja. Laskennan tuloksia hyödynnetään alueen energiatehokkuuslaskennassa.

3.2 E-luvun määrittäminen

Tässä osiossa leirikeskuksen rakennuskohtainen energiatehokkuus määritellään energiatodistusmaisesti energiatehokkuuden vertailuluvun eli E-luvun määrittelyn mukaisesti. Myös energiankatselmuslaskelmaa tähän osioon on mietitty, mutta energiatodistusmainen E-luvun määrittely on koettu parhaimmaksi työn tarpeisiin. E-luvun määrittely noudattaa Motivan energiatodistusten laskentaohjeita 2018, joista tähän työhön sovelletaan energiatodistuksen laadintaesimerkkiä omakotitaloon vuodelta 2000 (Ympäristöministeriö, 2013). Osiossa hyödynnetään myös ajankohtaista rakennuslainsäädäntöä sekä ympäristöministeriön asetuksia rakennuksen energiatodistuksesta laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun määrittämiseen (Ympäristöministeriön asetus (1048/2017)) (Ympäristöministeriön asetus (1010/2017)). Laskenta noudattaa ympäristöministeriön Motivan sivuille julkaisemaa opasta rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta (Ympäristöministeriö, 2018).

Tämän työn osio ei ole virallinen rakennuskohtainen energiatodistus, koska virallinen todistus vaatii laatijalta FISE Oy:n toteaman pätevyyden. Viralliset energiatodistuksien laatijat löytyvät asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen hallinnoimasta tietojärjestelmän laatijarekisteristä. Samasta palvelusta löytyy myös viralliset energiatodistukset. Tässä työn osiossa määritellyt E-luvut ja rakennusten energiatehokkuusluokat on näin ollen vain suuntaa antava työkalu tutkimustyön toteutuksessa. Laskennassa joudutaan tehdä lukuisia oletuksia, jotka perustuvat ympäristöministeriön asetuksiin rakennuksien energiantehokkuudesta

(Ympäristöministeriön asetus (1048/2017)) (Ympäristöministeriön asetus (1010/2017)). Laskennassa ei oteta huomioon kesällä tarvittavaa jäähdytysenergian tarvetta, mikä tulee huomioida kesäkuukausien todellisessa kulutuksessa. (Energiatodistusrekisteri, 2025.) (Motiva, 2025a.)

Laskennan suorittamisen tärkein työkalu on ympäristöministeriön julkaisu rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta, johon tämän työn laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun laskennat perustuvat. Laskennat löytyvät kokonaisuudessaan liitteestä 10, joka sisältää myös apurivin laskennan yhtälöiden ja oletuksien lähteistä. Laskenta sisältää myös lisäosion, jossa lasketaan E-luku lämmöntalteenoton tilanteessa Katvelalle ja keittiörakennukselle selventämään lämmöntalteenoton energiansäästöjä myöhempiin työn kappaleisiin. Kuukausikohtainen laskenta on selkeyden vuoksi siirretty omaan aputaulukkoonsa, jotta alkuperäisestä laskentataulukosta ei tule liian sekava. Alkuperäiset Excel-muodossa olevat laskentataulukot ovat ohjeineen toimitettu työn tilaajan käyttöön. Näiden vuoksi itse laskenta selitetään vain yksinkertaisesti tässä osiossa. Lukija voi halutessaan tutustua tarkemmin liitteeseen 10, jossa jokainen laskennan välivaihe perustellaan taulukon apurivillä. (Ympäristöministeriö, 2018.)

3.2.1 Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve

Tilojen lämpöenergian kulutuksen laskenta aloitetaan laskemalla johtumislämpöhäviö rakennuksien jokaiselle rakennusosalle. Johtumislämpöhäviöt summataan alapohjan, ulkoseinien, yläpohjan, ikkunoiden, ovien ja kylmäsiltojen lämpöhäviöistä. Laskennassa määritellään rakennusten vuosittainen lämpimänä pidettävä jakso. Työn rakennuksille oletetaan, että niitä pidetään lämpimänä koko vuoden ympäri. Rakennusosien lämpöhäviön laskennassa hyödynnetään tämän työn osiossa 3.1 laskettua lämmönläpäisykerrointa yläpohjalle, ulkoseinälle ja alapohjalle. Ovien ja ikkunoiden lämmönläpäisykertoimet oletetaan ympäristöministeriön asetuksen 1048/2017 perusteella (Ympäristöministeriön asetus (1048/2017)). Kylmäsiltojen johtumislämpöhäviöitä yksinkertaistetaan, koska ovien ja ikkunoiden lämmönläpäisykertoimet perustuvat oletuksiin. Kylmäsilloiksi oletetaan vaan ylä- ja alapohjan reunojen kylmäsillat, jolloin ikkunoiden ja ovien reunojen kylmäsillat jäävät laskennassa huomiotta. Ympäristöministeriön julkaisun perusteella valitaan arvot kylmäsiltojen

lisäkonduktansseille, ja lasketaan johtumislämpöhäviöt hyödyntäen julkaisussa esitettyjä, tässä työssä yhtälöitä 19, 20 ja 21. (Ympäristöministeriö, 2018.)

$$Q_{joht} = Q_{yläp} + Q_{ulkos} + Q_{alap} + Q_{ikkuna} + Q_{ovi} + Q_{muu} + Q_{kylmäs} \quad (19.)$$

Yhtälössä 19 Q_i on rakennusosan i johtumishäviö. Oletetaan, ettei muita johtumishäviöitä ole.

$$Q_{rakosa} = \sum U_i A_i (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (20.)$$

Yhtälössä 20 T_s on rakennuksen oletettu sisälämpötila, T_u on kuukauden keskimääräinen ulkolämpötila ja Δt on lämpimänä pidettävä käyttöaika tunteina kuukaudesta, tässä laskennassa kokoaikainen käyttöaste. Kuukauden keskimääräinen ulkolämpötila saadaan ympäristöministeriön asetuksen 1009/2017 liitteen 1 taulukosta L1.3 (Ympäristöminiteriön asetus (1009/2017)).

$$Q_{kylmäsillat} = \sum l_k \Psi_k (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (21.)$$

Yhtälössä 21 l_k on viivamaisen kylmäsillan pituus ja Ψ_k on viivamaisen kylmäsillan lisäkonduktanssi.

Tilojen lämpöenergian laskenta jatkuu vuotoilman lämmittämiseen kuluvan energian laskennalla. Alustavana oletuksena määritellään rakennusvaipan ilmanvuotoluku ympäristöministeriön julkaisun taulukosta 3.5. Laskenta tarvitsee ilman ominaisuuksista tiheyden sekä ominaislämpökapasiteetin vakiopaineessa. Ympäristöministeriön julkaisun mukaan pyöristetyt arvot 1,2 kg/m³ ja 1000 J/(kgK) riittävät ilman ominaisuuksille. Laskennassa tarvitaan vuotoilmavirtaa, joka lasketaan ympäristöministeriön julkaisussa esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 22. (Ympäristöministeriö, 2018.)

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50}}{3600x} A_{vaippa} \quad (22.)$$

Yhtälössä 22 A_vaippa on rakennusosien pinta-alojen summa, q_50 on rakennusvaipan ilmanvuotoluku ja x on kerroskerroin. Kerroskerroin on yksikerroksiselle rakennukselle 35 ja kaksikerroksiselle rakennukselle 24. Yhtälöä 22 hyödyntäen lasketaan vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve ympäristöministeriön julkaisussa esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 23.

$$Q_{vuotoilma} = \rho_i c_{p,i} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (23.)$$

Yhtälössä 23 ρ_i on ilman tiheys ja c_p,i on ilman ominaislämpökapasiteetti vakiopaineessa. (Ympäristöministeriö, 2018.)

Seuraavana laskennassa lasketaan ilmanvaihdon ilman lämpenemisen energiankulutus, joka aloitetaan määrittämällä rakennuksen ilmanvaihdon käyttöaste. Rakennusten ilmanvaihdon käyttöaste arvioidaan määritellystä rakennusten vuosittaisesta käyttöasteesta. Rakennusten vuosittainen käyttöaste saadaan Multamäen hallinnoijan arviosta. Kuluttajakäyttöasteiden arvio on Katvelasssa 37 %, ohjaajarakennuksessa 32 %, keittiörakennuksessa 32 %, rantasauna-takkatuvassa 34 %, harrastetilassa 34 %, vessarakennuksessa 20 %, pyykkihuonerakennuksessa 30 % ja huoltorakennuksessa 30 %. Ilmanvaihdon käyttöasteiden arvio on Katvelassa 60 %, ohjaajarakennuksessa 20 %, keittiörakennukselle 75 %, rantasauna-takkatuvalle 55 %, vessa- ja pyykkihuonerakennuksille 100 % sekä huoltorakennukselle kokoaikainen ilmanvaihto. Harrastetilassa ei ole koneellista poistoilmanvaihtoa. Ilmanvaihdon valitut käyttöasteet perustuvat Multamäen hallinnoijan arvioon sekä tarkastuskäynnillä tehtyihin ilmanvaihdon havaintoihin. Rakennuksissa, joissa ei ole koneellista tuloilmavirtaa, voidaan olettaa kaiken tuloilman tulevan kohteeseen korvausilmana. Korvausilma voidaan laskea yhtälöllä 24, joka on mukautettu ympäristöministeriön julkaisusta tähän työhön. (Ahokas, 2025.) (Ympäristöministeriö, 2018.)

$$q_{v,korvausilma} = {}^{\Delta t_i}/_{t_a}\, q_{v,poisto} \qquad (24.)$$

Yhtälössä 24 Δt_i/t_a on ilmanvaihdon vuosittainen käyttöaste ja q_v,poisto on poistoilmavirta. Yhtälö perustuu poisto- ja tuloilman tasapainoon, joten korvausilman tulee virrata hitaammin poistoilmaan verrattuna. Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve lasketaan ympäristöministeriön esittämässä, tässä työssä yhtälöllä 25. (Ympäristöministeriö, 2018.)

$$Q_{iv,korvausilma} = \rho_i c_{p,i} q_{v,korvausilma}(T_s - T_u)\Delta t/1000 \qquad (25.)$$

Koneellisen tuloilmanvaihdon tapauksessa määritetään sisäänpuhalluslämpötila sekä lämpötilan nousu tuloilmapuhaltimessa ympäristöministeriön julkaisusta. Sisäänpuhalluslämpötilalle oletetaan 18 °C ja lämpötilan nousulle puhaltimessa 0,5 °C. Tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve lasketaan ympäristöministeriön julkaisussa esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 26,

$$Q_{iv,tuloilma} = {}^{\Delta t_i}/_{t_a}\, \rho_i c_{p,i} q_{v,tuloilma}\big(T_s - T_{sp}\big)\Delta t/1000 \qquad (26.)$$

jossa T_sp on sisäänpuhalluslämpötila. Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve lasketaan ympäristöministeriön julkaisussa esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 27.

$$Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad (27.)$$

Yhtälössä 27 Q_i on tilan osan lämpöenergian tarve. (Ympäristöministeriö, 2018.)

3.2.2 Lämpökuormista hyödyksi saatu energia

Lämpökuormat vähentävät tilojen lämmityksen lämpöenergian tarvetta. Lämpökuormien määrän laskentaan määritellään kuluttajakäyttöaste, joka oletetaan olevan ilmanvaihdon käyttöasteen kanssa sama. Ensimmäisenä lämpökuormina lasketaan valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus. Valaistuksen sähköenergian kulutus lasketaan ympäristöministeriön julkaisussa esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 28,

$$W_{valaistus} = LENIA_{netto} \quad (28.)$$

jossa LENI on LENI-luku, joka saadaan ympäristöministeriön asetuksesta 1010/2017 luvusta 2 momentista 11. Momentista saadaan valaistuksen sisäiselle lämpökuormalle nettoalaa kohden arvo 0,6 W/m². Luku kerrotaan kuluttajakäyttöasteella ja lämmityksen käyttötunneilla, jolloin luvusta saadaan LENI-luku. Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus lasketaan vastaavalla yhtälön 28 tavalla, mutta momentista saadaan arvoksi 1,8 W/m². Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen summalla lasketaan sähkölaitteiden tuottama lämpökuorma Q_säh. (Ympäristöministeriö, 2018.) (Ympäristöministeriön asetus (1010/2017).)

Ihmisistä muodostunut lämpökuorma lasketaan samalla tavalla kuin sähkölaitteiden tuottama lämpökuorma. Ympäristöministeriön asetuksen 1010/2017 luvun 2 momentista saadaan sisäiseksi lämpökuormaksi nettoalaa kohden arvo 12 W/m². Ihmisistä muodostuneen lämpökuorman yksikkönä käytetään Q_henk. (Ympäristöministeriön asetus (1010/2017).)

Koska leirikeskuksen rakennuksissa ei ole kiertävää lämpimän veden lämmitysjärjestelmää, lämpökuormiin huomioidaan vain lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöt. Varastoinnin lämpöhäviöt määritellään varaajan tilavuuden ja eristetason mukaan ympäristöministeriön asetuksen 1048/2017 liitteen 1 taulukon 8 mukaisesti. Leirikeskuksessa oletetaan olevan 40 mm eristettä lämminvesivaraajissa. Lämpimän käyttöveden varastoinnin

lämpöhäviöistä oletetaan puolet lämpökuormaksi Q_lkv,var,lk ympäristöministeriön asetuksen mukaisesti. (Ympäristöministeriön asetus (1048/2017).)

Merkittävä lämpökuorma muodostuu auringon säteilyn vaikutuksesta rakennusten ikkunapinnoille. Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin saadaan kehä-, verho- ja varjostuskertoimista. Laskennassa yksinkertaistetaan laskentaa ja oletetaan, ettei merkittäviä varjostuksia tai pysyviä verhoja ole, joten kokonaiskorjauskertoimeksi F_läpäisy saadaan ympäristöministeriön julkaisun mukaisesti arvo 0,75. Ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin g saadaan ympäristöministeriön julkaisusta, mikä on rantasauna-takkatuvan kaksinkertaisille ikkunoille 0,68 ja muiden rakennuksien kolminkertaisille ikkunoille 0,59. (Ympäristöministeriö, 2018.)

Auringon kokonaissäteily pystypinnoille lasketaan ympäristöministeriön julkaisussa esitetyssä, tässä työssä yhtälöllä 29.

$$Q_{aur} = \sum G_{säteily,pystyp} F_{lläpäisy} A_{ikk} g \quad (29.)$$

Yhtälössä 29 F_läpäisy on säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin, g on ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin ja G_säteily,pystyp on auringon kokonaissäteily pystypinnoille. Auringon kokonaissäteily pystypinnoille määritellään säävyöhykkeiden mukaan ympäristöministeriön asetuksen 1009/2017 liitteen 1 taulukon L1.3 mukaisesti eri ilmansuunnan ikkunoille. Katvelalle, vessa-, pyykkihuone- ja huoltorakennukselle rakennusten ilmansuunnat ovat pohjoinen, itä, etelä ja länsi, kun muille rakennukselle käytetään väli-ilmansuuntia. (Ympäristöministeriö, 2018.) (Ympäristöministeriön asetus (1009/2017).)

Lämpökuormien kokonaismäärä saadaan summaamalla kaikki muodostuneet lämpökuormat ympäristöministeriön julkaisussa esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 30.

$$Q_{lämpökuorma} = Q_{henk} + Q_{säh} + Q_{aur} + Q_{lkv,varastointi,kuorma} \quad (30.)$$

Lämpökuormista osa energiasta pystytään hyödyntämään tilojen lämmitykseen vuodenajan mukaan. Lämpökuormien keskimääräinen hyödyntämisaste arvioidaan olevan 90 %, joten tilojen lämmitykseen hyödynnetty lämpökuormien energia lasketaan ympäristöministeriön julkaisussa esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 31.

$$Q_{sis,lämpö} = \eta_{lämpö} Q_{lämpökuorma} \quad (31.)$$

Yhtälössä 31 η_lämpö on lämpökuormien keskimääräinen hyödyntämisaste. Tilojen lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus voidaan laskea ympäristöministeriön julkaisussa esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 32,

$$Q_{lämmitys,tilat,kul} = (Q_{tila} - Q_{sis,lämpö})\eta_{tila} \quad (32.)$$

jossa η_tila on tilojen lämmitysmuodon hyötysuhde, suorasähköllä 100 %. (Ympäristöministeriö, 2018.)

3.2.3 Kokonaisenergiankulutuksen laskenta

Tilojen lämmittämiseen tarvittavien lämmönjakojärjestelmien apulaitteet tarvitsevat sähköenergiaa toimiakseen. Ympäristöministeriön asetuksen 1048/2017 liitteen 1 taulukko 9 antaa ohjearvot apujärjestelmien ominaiskulutukselle (Ympäristöministeriön asetus (1048/2017)). Apulaitteiden sähkön kulutus lasketaan ympäristöministeriön julkaisussa esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 33.

$$W_{tilat} = e_{tilat}A_{netto,i} \quad (33.)$$

Yhtälössä 33 e_tilat on lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus ja A_netto,i on rakennuksen osan i lämmitetty nettoala, jonka lämmön jakelujärjestelmä kattaa. Laskennassa oletetaan kaikkien jakelujärjestelmien kattavan koko lattiapinta-ala. (Ympäristöministeriö, 2018.)

Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmän ostoenergiantarpeeseen tulee määritellä lämpimän käyttöveden vakioitu käyttö. Lämpimän käyttöveden vakioitu käyttö saadaan ympäristöministeriön asetuksen 1010/2017 luvun 2 momentista 12. Momentissa sanotaan, että luokan 1 rakennuksissa vuosittainen lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve on enintään 4200 kWh. Käyttöveden lämmitysenergian tarpeeseen vaikuttaa käyttöveden jakelun hyötysuhde, joka määritellään ympäristöministeriön asetuksen 1048/2017 liitteen 1 taulukosta 5. Lämmin käyttövesi oletetaan kuljetettavan suojaputkessa, joten hyötysuhteeksi saadaan 85 %. Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutus lasketaan ympäristöministeriön julkaisussa esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 34,

$$Q_{läm,lkv,kul} = \frac{Q_{lkv,netto}}{\eta_{lkv,siirto}} + Q_{lkv,varastointi} \quad (34.)$$

jossa Q_lkv,netto on lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve, η_lkv,siirto on lämpimän käyttöveden jakelun hyötysuhde, ja Q_lkv,varastointi on lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöenergian häviö (Ympäristöministeriö, 2018). (Ympäristöministeriön asetus (1010/2017).) (Ympäristöministeriön asetus (1048/2017).)

Ilmanvaihdossa puhaltimien sähköenergian kulutus määritellään olettamalla ympäristöministeriön julkaisun ohjeen mukaisesti ominaissähköteho maksimaaliseksi arvoksi 1,8 kW/(m³s) koneellisen tulo-poistoilmanjärjestelmän kohteissa ja koneellisen poiston kohteissa maksimaaliseksi 0,9 kW(m³s) arvoksi. Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve lasketaan kohteissa, joista löytyy koneellinen tuloilmanvaihto. Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve lasketaan ympäristöministeriön julkaisussa esitetyllä, tässä työssä yhtälöllä 35,

$$Q_{läm,iv} = {\Delta t_i}/{t_a}\, \rho_i c_{p,i} q_{v,tulo} \left(\left(T_{sp} - \Delta T_{puhallin} \right) - T_u \right) \Delta t / 1000 \qquad (35.)$$

jossa ΔT_puhallin on puhaltimessa tapahtuva, oletettu 0,5 °C tuloilman nousu. Oletetaan, että lämmitysjärjestelmän hyötysuhde on 100 %, jolloin ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutus on yhtä suuri kuin ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve. (Ympäristöministeriö, 2018.)

Rakennuksen kokonaisostoenergiankulutus lasketaan ympäristöministeriön julkaisussa esitetyillä, tähän työhön yhdistetyllä yhtälöllä 36.

$$E_{tot} = \frac{Q_{läm,tilat,kul} + Q_{läm,lkv,kul} + Q_{läm,iv}}{\eta_{tuotto}} + W_{tilat} + W_{iv} + Q_{säh} \qquad (36.)$$

Yhtälössä 36 η_tuotto on lämmöntuoton hyötysuhde, W_tilat on tilojen lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus ja W_iv on ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus. Lämmöntuoton hyötysuhde saadaan ympäristöministeriön asetuksen 1048/2017 liitteen 1 taulukosta 10, mikä on 100 % huonekohtaiselle suorasähkölämmitykselle. (Ympäristöministeriö, 2018.) (Ympäristöministeriön asetus (1048/2017).)

Laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun eli E-luvun laskennassa rakennuksen kokonaisenergiankulutus tulee jakaa rakennuksen pinta-alalla sekä kertoa energiamuotojen kertoimella, joka ilmoitetaan ympäristöministeriön asetuksessa 1048/2017. Suorasähköä pääenergiatuotantomuotonaan käytettäessä kerroin on 1,2. Energiamuotojen kerrointa käytetään, jotta E-luvun laskennassa huomioitaisiin uusiutuvan energian käytön edistäminen sekä energiantuotantomuodon tehokkuus. Kerroin kannustaa hyödyntämään uusiutuvia

energiantuotantomuotoja rokottaen fossiilisiin polttoaineisiin tukeutuvia rakennuksia. (Pylsy, 2013.) (Ympäristöministeriön asetus (1048/2017).)

3.2.4 Energiatehokkuuslaskennan tulokset ja johtopäätökset

Lasketun E-luvun avulla määritetään rakennuksen energiantehokkuusluokitus. Energiatehokkuusluokan rajat määräytyvät rakennuksen nettopinta-alan mukaisesti. Ympäristöministeriön asetuksen 1048/2017 liitteestä 2 löytyy raja-arvot pienen asuinrakennuksen energiatehokkuusluokille. Taulukossa 12 esitetään rakennuskohtaisesti E-luku sekä rakennuksen energialuokitus energialuokan ylä- ja alarajoineen. (Ympäristöministeriön asetus (1048/2017).)

Taulukko 12. Rakennusten E-luku sekä energialuokka.

	E-luku [kWh/(m²a)]	Energialuokan ala-raja [kWh/(m²a)]	Energialuokan ylä-raja [kWh/(m²a)]	Energialuokitus A-G
Katvela	195	156	236	D
Ohjaajarakennus	280	275	405	E
Keittiörakennus	190	185	265	D
Rantasauna ja takkatupa	381	294	424	E
Harrastetila	279	270	400	E
Vessarakennus	348	315	445	E
Pyykkihuonerakennus	225	198	235	C
Huoltorakennus	234	208	288	D

Osion 3.1.6 lämmönläpäisykertoimien tuloksista huomataan selviä yhtäläisyyksiä rakennusten energialuokitusten kanssa. Laskennan tuloksista tulee huomata, että laskenta ei ota huomioon kesällä tarvittavaa jäähdytysenergiaa ollenkaan. Tästä syystä todelliset energiantehokkuusluvut olisivat hieman laskennasta saatuja arvoja korkeampia.

Tuloksista nähdään, että paras energialuokitus löytyy pyykkihuonerakennuksesta. Tulos on alhaisempi kuin huoltorakennuksella, koska huoltorakennuksessa kokoaikaisesti toimiva koneellinen poistoilmanvaihto kuluttaa merkittävän osan rakennuksen energiasta, kun pyykkihuonerakennuksella koneellinen poistoilmanvaihto tapahtuu käytön mukaan. Rantasaunatakkatuvan heikko energialuokitus johtuu suurimmaksi osaksi rakennuksen ohuesta, 118 mm vahvuisesta ulkoseinästä. Vessarakennuksen heikko energialuokitus johtuu matalista eristetasoista sekä ilmalämpöpumpun puutteesta. Keittiörakennuksen energialuokitus eroaa

alueen muista leirikeskuksen vanhimmista rakennuksista siksi, että keittiörakennuksen seinät ovat kohtuullisesti eristettyjä villaeristeisiä paneeliseiniä.

Tuloksista tulee huomata, että rakennusten tilojen lämmityksestä 50 % oletetaan tulevan ilmalämpöpumppujen toimesta rakennuksissa, joista ilmalämpöpumppu löytyy. Ilmalämpöpumppujen käyttöasteen vaikutusta leirikeskuksessa on tarkasteltu tarkemmin liitteessä 12. Ilmalämpöpumppujen käyttöasteen tarkasteluista huomataan, että ilmalämpöpumpun käyttöasteella on suora verrannollisuus rakennuksen energiatehokkuudessa. Ilmalämpöpumpun käyttöasteen vaikutusta rakennusten energiantehokkuudessa on tarkasteltu tarkemmin osiossa 5.1.2.

4 Omaenergiantuotannon pohjustavat tutkimukset

Tämän kappaleen tarkoituksena on kartoittaa leirikeskuksen omaenergiantuotannon investointipotentiaalia tukemaan leirikeskuksen energiaomavaraisuutta. Kappaleessa käydään läpi tärkeimmät saatavilla olevat rahoitusvaihtoehdot sekä energiantuotantoinvestoinneissa huomioitavat säännöt ja kriteerit, joista kappaleen lopussa luodaan yhteenveto realistisista pienenergiantuotannon vaihtoehdoista leirikeskuksen käyttöön. Kappaleen johtopäätöksiä hyödynnetään energia- ja rakennustekniikan yhdistetyissä tilaajalle tarpeisiin suunnitelluissa johtopäätöksissä.

Laukaan kunnan lähtökohtaisina toiveina projektiin on tuottaa omaa sähköä tai lämpöä leirikeskuksen käyttöön, jolloin kustannukset laskisivat nykyisin pääasiassa suorasähköllä lämmitettävissä rakennuksissa. Kuitenkin piensähköntuotannon investointikustannukset leirikeskuksen kokoiseen kokonaisuuteen ovat suhteellisen korkeat tuotettua sähkötehoa kohden, joten tarkka pohjustava tutkimus on tärkeä rajaamaan soveltuvimmat hankinnat. Leirikeskuksessa löytyy merkittävästi potentiaalia energiatehokkuuden parantamiseen, mutta ainoastaan rakennustekniikan investointien kartoituksella ei saada kohteeseen kattavaa kokonaiskuvaa, joten omaenergiantuotannon tutkiminen on tästäkin syystä tärkeä osa tutkimustyötä. Uusia energiainvestointeja tehdessä ulkopuolelta haettavat rahoitusvaihtoehdot ovat merkittävässä asemassa leirikeskuksen käytettävän budjetin ollessa erittäin rajallinen.

4.1 Energiainvestointeja tukevat rahoitusratkaisut

4.1.1 Ruokaviraston tuki yleishyödyllisiin ympäristö- ja ilmastoinvestointeihin

Valtion ruokaministeriö toteuttaa yleishyödylliset ympäristö- ja ilmastoinvestoinnit – tukea, jonka tarkoituksena on olla osana edistämässä vuoden 2030 EU-tavoitteiden ja vuoden 2035 kansallisten tavoitteiden saavuttamista energiatehokkuuden parantamisessa ja vihreässä siirtymässä. Tuki on pääasiallisesti suunniteltu maaseudun palvelujen ja elinkeinojen kehittämiseen, mikä soveltuu erinomaisesti leirikeskuksen tarpeisiin. Tukea haetaan vuosittain päivittyvien valintajaksojen aikana. Tuen pääkohteet ovat investoinnit ilmastonmuutoksen hillitsemiseen ja siihen sopeutumiseen, joiden tehtävänä on maaseudun energia- ja

resurssitehokkuuden lisääminen, investoinnit luonnonvarojen kestävään hoitoon, joiden tehtävänä on edistää vesistönsuojelun tilannetta, sekä investoinnit luonnon monimuotoisuuden edistämiseksi, joiden tehtävänä on luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen edistäen maaseudun vetovoimaa. (Ruokavirasto, 2025a.)

Tuki on tarkoitettu yleishyödylliseen investointihankkeeseen julkis- tai yksityisoikeudellisille yhteisöille. Tukea voi käyttää erilaisiin investointeihin sekä rakennus- ja kunnostuskustannuksiin, joilla korostetaan vihreitä arvoja sekä lisätään alueen viihtyisyyttä. Ruokaviraston sivuilla tuen sopiviksi investointikohteiksi luetellaan esimerkiksi energiantuotantoa lisäävät investoinnit, kuten aurinkopaneelit, ilmalämpöpumput sekä rakennuksen lämmityksen uusiminen. Tuen kohdekriteerit täyttyvät erittäin hyvin leirikeskuksen investointitarpeissa, joten ruokaviraston tuki on yksi todennäköisimmistä lopullisista investoinnin rahoitusvaihtoehdoista. (Ruokavirasto, 2025a.)

Ruokavirasto myöntää tukea maksimissaan 80 % hankkeen hyväksyttävistä kuluista, mutta tuki maksetaan jälkikäteen, joten hankkeen toteutukseen hakijalla tulee olla tarvittava omarahoitus hankkeen aikana. Ehtona tuen saamiselle mainitaan hyöty alueen ihmisille ja yhteisöille, jotka saadaan perusteltua vapaa-aikapalveluiden tilojen kehittämisellä. Tuelle mainitaan ehtona myös investoinnin kohteen käyttöiän tarpeen olevan vähintään viisi vuotta tuen viimeisen erän maksamisesta. Tukea myönnettäessä julkisoikeudelliselle yhteisölle, kuten kunnalle, muun julkisen rahoituksen osuus julkisesta rahoituksesta hankkeelle tulee olla vähintään 30 %. (Ruokavirasto, 2025a.)

Tukea tulee hakea ottamalla yhteyttä ensin ELY-keskukseen tai Leader-ryhmään, joissa heidän asiantuntijansa auttavat hakemuksen tekemisessä ja jatko-ohjeistuksessa. Laukaan alueella alueellisena Leader-ryhmänä toimii JyväsRiihi ry. JyväsRiihi ry:n sivuilta voi myös hakea avoimen haun kautta rahoitusta yhdistyksille ja yhteisöille (JyväsRiihi, 2025). ELY-keskuksen tai Leader-ryhmän asiantuntijan kanssa keskustellaan rahoitustoimenpiteestä, sopivimmasta kustannusmallista ja hankkeen muusta rahoituksesta. Ruokaviraston tuki toteutetaan valintajaksoittain ELY-keskuksissa, joista vuosien 2025–26 valintajaksot on julkistettu. ELY-keskusten julkistetut valintajaksot ovat 1.5.-30.9.2025, 1.10.2025-31.1.2026, 1.2.-30.4.2026 ja 1.5.-30.9.2026. Leader-ryhmiltä tukea haettaessa haku tapahtuu heidän omien valintajaksojensa mukaan. (Ruokavirasto, 2025a.)

Hankkeen voi käynnistää omalla riskillä hakemuksen jättämisen jälkeen heti ennen rahoituspäätöksen vastaanottamista. ELY-keskus tai Leader-ryhmä saattavat määrätä hankkeelle ohjausryhmän, jolla seurataan hankkeen etenemistä ja tavoitteiden toteutumista. Ohjausryhmä määrätään hankkeelle todennäköisesti, mikäli hankkeen kustannukset ylittävät 50 000 euroa tai mikäli hankkeella on laajoja vaikutuksia alueen toimintaan. Lisätietoja tuesta löytyy ruokaviraston sivuilta yleishyödylliset ympäristö- ja ilmastoinvestoinnit – tuen sivuilla. (Ruokavirasto, 2025a.)

4.1.2 Työ- ja elinkeinoministeriön energiatuki

Työ- ja elinkeinoministeriö toteuttaa yhdessä innovaatiorahoituskeskus Business Finlandin kanssa energiatukea investointeihin ja selvityshankkeisiin, jotka tukevat uusiutuvan energian hyödyntämistä, energiatehokkuutta ja hukkalämmön hyödyntämistä. Nämä kriteerit täyttyvät leirikeskuksen tarpeisiin, mikäli leirikeskuksessa halutaan investoida uuden teknologian energiahankkeisiin. Energiatuessa on käytössä jatkuva haku. Tuen tavoitteena on edistää vuoden 2030 EU-tavoitteiden ja vuoden 2035 kansallisten tavoitteiden saavuttamista energiatehokkuuden parantamisessa ja vihreässä siirtymässä. Energiatuki on tarkoitettu yrityksille ja yhteisöille, kuten kunnille. Ehtona vaaditaan, ettei organisaation toimintaa rahoiteta valtion talousarviosta ja ettei hanke kuulu valtionosuutta saaviin perustamishankkeisiin. Pääsääntöisesti tukea haetaan Innovaatiorahoituskeskus Business Finlandin kautta. Mikäli hankkeen hyväksyttävät kustannukset ylittävät 5 miljoonan euron summan, tulee hakemus hyväksyttää työ- ja elinkeinoministeriön kautta. (TEM, 2024.) (TEM, 2025.)

Työ- ja elinkeinoministeriön energiatuen saamisen ensisijaisesti halutaan tukea uuden teknologian hankkeita, jotka tehostavat energiatehokkuutta uusilla kaupallisilla ratkaisuilla. Rahoituksella halutaan motivoida energiahankintoja, jotka jäisivät ilman tuen saantia toteuttamatta. Tukea arvioidessa on huomioitavaa, että tavanomaiset uusiutuvan energian tuotannon investoinnit eivät yleensä kuulu energiantuen piiriin. Innovaatiorahoituskeskus Business Finlandin kautta haettaviin tukiin hankkeen investointikustannukset tulee olla vähintään 10 000 euroa, kun kyseessä on energiatehokkuuden tehostaminen tai 30 000 euroa, kun kyseessä on uusiutuvan energian uuden teknologian hankinta. Tukea hakiessa on huomioitava, että tukea voidaan myöntää aikaisintaan rahoituspäivästä alkaen. Tukea tulee olla haettuna ennen hankkeen käynnistämistä. Avustus maksetaan vasta hankkeen loppuraportin jälkeen,

joten hakijalla tulee olla riittävä omarahoitus hanketta varten. Hankinnan tilaussopimuksessa täytyy olla ehto, jossa hankinta peruuntuu rahoituspäätöksen ollessa kielteinen. Vuoden 2025 päivitetyt rahoitusehdot energiantuelle listaa Innovaatiokeskus Business Finland. (Business Finland, 2025a.)

Energiatukea jaetaan uuden teknologian ja tavanomaisen teknologian hankkeisiin. Uuden teknologian hankkeissa on keskimäärin korkeammat tukiprosentit hankkeen korkeampien kustannusten tai riskien osalta. Uuden teknologian investointihankkeille tuen määrä arvioidaan tapauskohtaisesti. Tavanomaisen teknologian tuet voidaan jakaa katselmus- ja selvityshankkeisiin sekä investointihankkeisiin. Uusiutuvan energian investoinneille hankkeen investointikustannukset tulee olla 30 000 euroa ja tuen taso määritellään hankekohtaisesti väliltä 15–30 %. Energiatehokkuussopimuksiin liittyneiden kuntien Motiva-tyyppisissä energiakatselmuksissa tuen maksimimäärä on 50 % ja energiatehokkuushankkeissa 20 %, joskin investointia ESCO-palvelua toteutettaessa investointihankkeiden tuen maksimimäärä nousee 25 %:iin. Energiatehokkuushankkeen investointikustannukset tulee olla 10 000 euroa. Energiatehokkuussopimuksiin liittymättömien kuntien on mahdollista hakea maksimissaan 15 % energiatukea käyttäessään ESCO-palvelua. Tuesta löytyy tarkempaa tietoa hakemalla energiatukea muun muassa työ- ja elinkeinoministeriön, Business Finlandin ja Motivan sivuilta. (Business Finland 2025a.)

ESCO-palvelussa ESCO-sertifioitu yritys ottaa asiakkaalle toteutettavista investoinneista toimintavastuun, jossa päätavoitteena on asiakkaan energiasäästön kehittäminen. Palvelun ja investointien kustannukset on tarkoitus maksaa säästöinä, jotka syntyvät muodostuvasta energiansäästöstä. Energiatuen edellytyksenä on vähintään 50 % säästötakuu energiakuluissa ja todennettavien säästöjen osuus tulee olla vähintään 80 % kokonaissäästöistä todentamisaikana. Leirikeskukselle sopivimpia käyttökohteita tuelle ovat muun muassa energian hyödyntämisen edistävät hankkeet tai rakennusten talotekniikkajärjestelmien kehitys. Palvelua käytettäessä palveluntarjoajan kanssa laaditaan palvelusopimus, jolla tilanne kartoitetaan asiakkaan tarpeiden mukaan. Julkisille hankkijoille on laadittu oma ESCO-hankintaohjeistus, jolla isommankin hankkeen toteuttaminen on selkeämmin tehtävissä. (Motiva, 2024a.) (Motiva, 2025d.)

4.1.3 Ruokaviraston älykäs kylä -yhteistyö

Ruokavirasto tukee älykkäät kylät -yhteistyöhanketta, jossa vähintään kaksi toimijaa tuodaan yhteen ratkaisemaan kestävän kehityksen periaatteita, digitalisaatiota ja innovaatioita tehostavia hankkeita. Tuki on tarkoitettu yksityis- tai julkisoikeudellisille yhteisöille, joita hankkeessa on mukana vähintään kaksi. Hankkeella toivotaan edistettävän esimerkiksi kiertotaloutta tai paikallisia energiayhteisöjä. Leirikeskukselle hanketta pystyisi soveltamaan käytön optimoinnin digitalisoinnin ratkaisuissa, kuten tilojen lämmityksen ja ilmanvaihdon etäsäätimien investoinneissa. Ruokavirastolta löytyy myös oma tukensa vesihuoltohankkeiden digitalisaatioon, jota voisi hyödyntää mahdollisesti lämminvesivaraajien tai tulevien vesikiertoisten laitteiden digitaalisessa säädössä, mikäli digitalisaatiota leirikeskukselle halutaan suunnitella (Ruokavirasto, 2025c). Yhteistyönäkökulmaltaan hanke on joustava, jossa voi olla toimijoita paikallisesti, alueellisesti, alueiden välisesti, valtakunnallisesti tai jopa kansainvälisesti. Hankkeen investointeihin tulee hakea tukea erikseen. Tuki myönnetään hankkeen vastuulliselle toimijalle. (Ruokavirasto, 2025b.)

Ruokaviraston älykkäät kylät -yhteistyöhankkeen hyväksyttäviin kuluihin voi saada tukea 60, 80, tai 100 prosenttia, joka maksetaan hankkeen päättyessä. Tukea ei myönnetä organisaatioiden tavanomaiseen tai lakisääteisesti pakollisen perustehtävän suorittamiseen. Tuen saamisen edellytyksenä on yhteistyön kehittäminen hankkeen toimijoiden välillä. Uusien ratkaisujen, toimintamallien ja käytäntöjen käyttöönotto katsotaan tukea haettaessa eduksi. Tuen saamiseen vaikuttaa alueellisen maaseudun kehittämissuunnitelman sekä valtakunnallisen CAP-suunnitelman tavoitteiden edistäminen. Tuen edellytyksenä on ruokaministeriölle toimitettu hankesuunnitelma, jossa arvioidaan hankkeen kestosta. Hankkeen valmisteluun on mahdollista hakea erillistä valmistelurahaa. Tuki toteutetaan valintajaksoittain ELY-keskuksissa, joista vuosien 2025–26 valintajaksot on julkistettu. ELY-keskusten julkistetut valintajaksot ovat 1.5.-30.9.2025, 1.10.2025-31.1.2026, 1.2.-30.4.2026 ja 1.5.-30.9.2026. Leader-ryhmiltä tukea haettaessa haku tapahtuu heidän omien valintajaksojensa mukaan. Tuesta löytyy tarkemmin tietoa ruokaviraston sivuilta. (Ruokavirasto, 2025b.)

4.1.4 Kuntarahoituksen rahoitusvaihtoehdot

Kunnat voivat hakea kuntarahoituksen kautta vihreän – ja yhteiskunnallisen rahoituksen tukia. Molempien rahoituksien tukityyppi on laina, jota voi hakea toistaiseksi voimassa olevalla jatkuvalla hakuajalla. Kuntarahoituksen vihreän rahoituksen tuen motiivina on kannustaa investointeja vihreään siirtymään. Kriteerinä rahoitukselle on selkeät ja mittavat hyödyt ilmastolle ja ympäristölle. Muutoin ehdot vastaavat kuntarahoituksen muita rahoituksia. Rahoituksen piiriin kuuluvat hankekategoriat ovat rakennukset, joukkoliikenne, uusiutuva energia sekä vesi- ja jätevesihuolto. Leirikeskuksen näkökulmasta tärkeät hankekategoriat ovat rakennukset ja uusiutuvan energian investoinnit. Rahoituksen määrä määritellään hankekohtaisesti hankkeen vihreiden arvojen toteutumisen mukaan. (Kuntarahoitus, 2025a.) (Kuntarahoitus, 2025b.)

Kuntarahoituksen vihreän rahoituksen rakennuksien hankekategoria on jaoteltu alahankekategorioihin, jotka ovat rakennukset, peruskorjaukset, yksittäiset energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet, uusiutuva energia rakennuksissa, energiansäästöhanke ESCO sekä luonnon monimuotoisuus ja ilmastonmuutoksen sopeutumisratkaisut. Rakennukset- alakategoriassa kriteerinä vaaditaan joko vähintään 75 % oman energiantarpeen tuottaminen uusiutuvilla energialähteillä tai muiden asiantuntijoiden toteamat ympäristöhyödyt. Vastaavasti rakennuksilla, joiden todettu energialuokka on A, pätee omat energiatehokkuusvaatimukset. Peruskorjaukset- alakategorian rahoituksen kriteerinä vaaditaan peruskorjaus, jolla rakennuksen kokonaisenergiankäyttö vähenee vähintään 30 %. Yksittäisin energiantehokkuutta parantaviin toimenpiteisiin lasketaan yksittäiset hankinnat, kuten ovet, ikkunat sekä ilmatiiviyden parantamisen ratkaisut, joilla saavutetaan vähintään 30 % parannus energiatehokkuudessa. Neljäs alakategoria uusiutuva energia rakennuksissa sisältää uusiutuvaa energiaa hyödyntävät teknologiat, kuten aurinkovoimalat ja lämmön talteenottojärjestelmät. Energiansäästöhanke ESCO -rahoituksen kriteerinä on hankkeet, joilla saavutetaan vähintään 30 % kehitys energiansäästössä. Luonnon monimuotoisuuden ja ilmastonmuutoksen sopeutumisratkaisuihin sisältyy hankinnat, jotka tukevat luonnon monimuotoisuutta, kuten viherkatot- ja seinät, sadeveden talteenotto ja kattomehiläispesät. (Kuntarahoitus, 2025a.)

Vihreän rahoituksen uusiutuvan energian hankekategoriaan kuuluu aurinkoenergia, joka käsittää sähköntuotannon aurinkosähköteknologialla. Uusiutuvan energian alakategoriaan kuuluu tuulienergia, joka käsittää sähköntuotannon tuulivoimalla. Kolmantena

alakategoriana on hukkalämmön hyödyntäminen tilojen lämmitykseen, joka voisi soveltua poistoilmalämpöpumppu- tai lämmöntalteenottokonehankinoihin. Uusiutuvan energian hankekategoria sisältää myös leirikeskukselle epärealistiset bioenergian ja geotermisen energian kategoriat. Tarkemmat tiedot kuntarahoituksen ylläpitämästä vihreästä rahoituksesta löytyy kuntarahoituksen sivuilta vihreän rahoituksen nimellä. (Kuntarahoitus, 2025a.)

Toinen kuntarahoituksen kautta haettava leirikeskukselle mahdollisesti sopiva tuki on yhteiskunnallinen rahoitus. Yhteiskunnallisen rahoituksen motiivina on edistää yhteiskunnallisesti vaikuttavia hankkeita, jotka parantavat yksilöiden ja yhteisön hyvinvointia. Rahoituksen tavoitteena on lisätä yhdenvertaisuutta, yhteisöllisyyttä sekä hyvinvointia. Leirikeskuksen tilanteessa perustelu on selkeä, mikäli rahoitus on tärkeässä osassa leirikeskuksen jatkuvuutta. Kuntarahoituksen viitekehys määrittelee hankkeen sijoittumisen asumisen, hyvinvoinnin tai koulutuksen alueelle. Leirikeskus voidaan olettaa kuuluvan hyvinvoinnin ylläpidon alueelle liikunnan ja mahdollisesti myös kulttuurin ylläpitäjänä. Tarkempaa tietoa kuntarahoituksen yhteiskunnallisesta rahoituksesta löytyy kuntarahoituksen sivuilta. (Kuntarahoitus, 2025b.)

4.1.5 Muut rahoitusvaihtoehdot

Työ- ja elinkeinoministeriö tukee kuntien vapaaehtoisia energiakatselmuksia, joiden tehtävänä on tehostaa energiansäästövaihtoehtoja sekä tuoda taloudellista säästöä. Energiakatselmuksia valmistavat siihen erikoistuneet yritykset, jotka on koulutettu Suomen valtion energiakonsultointiyrityksen Motivan toimesta. Energiakatselmuksessa asiantuntija analysoi kohteen nykytilanteen ja tuo esille raportissaan mahdolliset energiansäästöideat investointilaskelmineen. Työ- ja elinkeinoministeriön tuen määrä kuluista on 50 % kunnille, jotka kuuluvat energiatehokkuussopimukseen, muuten tuen määrä on 40 %. Yleisesti energiakatselmuksen muut kulut katetaan säästyneistä energiakustannuksista. Kiinteistöenergiakatselmuksia tuottavia yrityksiä Jyväskylän alueella ovat AFRY Building Finland Oy, Caverion Suomi Oy, Elomatic Oy, Energion Oy, Granlund Oy. Invergo Oy, K2 Turvapalvelut Oy, Rejlers Oy ja Sweco Finland Oy. Energiakatselmuksissa käydään lähinnä samoja asioita, joita tämä diplomityö käy jo läpi, joten asian mainitseminen onkin tuoda vaihtoehto, mikäli Laukaan kunta haluaa uuden näkökulman energiatehokkuuden potentiaalisiin

vaihtoehtoihin. Motivan sivuilta löytyy tarkempia tietoja energiakatselmuksista, niiden tukemisesta ja niitä tekevistä yrityksistä. (Motiva, 2025e.)

Innovaatiorahoituskeskus Business Finland tukee innovatiivisia julkisia hankintoja palvelujen ja toiminnan uudistamiseen. Hankinoilla pyritään tavoittelemaan julkiseen tuotteeseen lisäarvoa muun muassa pienemmillä elinkaarikustannuksilla, paremmalla laadulla, ympäristöystävällisyydellä, digitalisaatiolla ja tehokkaammalla tuottamisprosessilla. Tukeen on olemassa jatkuva haku Business Finlandin sivuilla. Rahoitusta voi käyttää hankinnan valmisteluun, yhteistyöhön, kilpailutukseen sekä pilotointiin. Tukea hakiessa tulee huomioida, että projektin kustannuksista vähintään 80 % tulee muodostua tutkimus- ja kehitystyöstä. Tästä syystä rahoitusratkaisu ei todennäköisimmin ole realistinen leirikeskuksen käyttöön. (Business Finland, 2025b.)

Euroopan Unioni rahoittaa ylikansallista yhteistyötä Interreg Northern Periphery and Arctic 2021–2027 -ohjelmalla, jossa kannustetaan Euroopan Unionin raja-alueita kehittämään elinvoimaisuutta, torjumaan ilmastonmuutosta sekä tehostamaan yhteistyötä toisten alueiden toimijoiden kanssa. Ohjelma on pääasiallisesti tarkoitettu isompien alueellisten, kansallisten tai kansainvälisten hankkeiden toteutukseen, joten vetovastuuta hankkeesta ei kannata vain leirikeskuksen tarpeisiin ottaa. Ohjelmassa on käynnissä kuudes hakukierros, joka päättyy 2.2.2026. (Interreg, 2025.)

Yhteiskuntien siirtyessä kohti vihreämpää tulevaisuutta erilaisia puhtaan energian ratkaisuja halutaan tukea ja lisätä ympäri Euroopan Unionia, joten uusia rahoitusvaihtoehtoja avautuu varmasti ajan myötä vanhojen rahoitusvaihtoehtojen sulkeutuessa. Parhaat ja ajankohtaisimmat tiedot erilaisista uusista ja tulevista EU-rahoituksista löytyy helpoiten kysymällä asiaan perehtyneiltä asiantuntijoilta, kuten työ- ja elinkeinoministeriön alaisen Business Finlandin ylläpitämästä EU-rahoitusneuvonta-verkkopalvelusta. Heiltä voi varata neuvonnalle ajan, jossa perehdytään esimerkiksi Euroopan aluekehitysrahaston rahoitusvaihtoehtoihin (EU-rahoitusneuvonta, 2024). Toinen hyvä asiantuntijapalvelu on Suomen valtionyhtiö Motiva, joka on energiakonsultointiyritys. Motiva ylläpitää verkkosivuillaan rahoituksen tilannesää – julkaisua, johon kerätään kattavasti tiedot erilaisista rahoitusratkaisuista kunnille ja yrityksille (Motiva, 2025c).

4.2 Omaenergiantuotantoa suunniteltaessa huomioitavia seikkoja

Uusia energiainvestointeja suurimmin rajaavat tekijät käytettävän pääoman ja mekaanisten rajoitteiden ohella ovat lakitekniset seikat eli lainsäädäntöpohjan muodostavat direktiivit, lainsäädäntö sekä mahdollisesti esimerkiksi erilaiset energiatehokkuussopimukset. Tämän ohella kohteen ympäristöllä on merkittävä rooli esimerkiksi pohjavesialueen, luonnonsuojelun tai alueen asutuksen vuoksi. Tärkeä näkökulma investointien suunnittelussa on myös investoinnin tuoman taloudellisen hyödyn maksimointi minimoimalla investoinnin tehokkuutta rajoittavia tekijöitä. Näiden seikkojen vuoksi investointeja rajoittavat tekijät ovat tärkeä selvittää aina hankkeen alun suunnitteluvaiheessa, jolloin rajoitteet eivät hidasta tai keskeytä jo aloitettua konkreettista työskentelyä hankkeen parissa.

4.2.1 Sähkön pientuotannon yleiset säännöt

Suomen sähkömarkkinalain määritelmän mukaan kaikki enintään 2 MVA:n tehon omaavat tuotantolaitokset määritellään sähkön pientuotannon piiriin (Sähkömarkkinalaki 588/2013). Sähkön pientuotannolla on suurempaa tuotantoa vähemmän tiukat säädökset, millä kannustetaan sähkön pientuotannon kasvua maanlaajuisesti. Tyypillisesti sähkön pientuotannon tuotantolaitos on uusiutuvan energian tuotantolaitos paikalliseen käyttöön, joskin pienet voimalaitoksetkin voivat kuulua myös pientuotannon piiriin. Alueen verkonhaltijan tulee taata turvallinen ja luotettava verkko, johon pientuottaja voi liittyä, ja tarpeen tullen myydä ylijäämäsähkö. Pientuotantoa suunnitellessa tulee olla yhteydessä paikalliseen verkonhaltijaan heidän ohjeistaan ja velvoitteistaan. Laukaan kunnan alueen verkonhaltijana toimii Elenia, jonka verkkosivuilla on yhteistietolomake pientuotannon aloittamista varten. Elenia määrittää pientuottajan vastuulle riittävän mitoituksen verkon liittymispisteestä laitteistolle, kun Elenia vastaa laitteiston liitettävyydestä liittymispisteelle. Sähköntuotannon investointeja tehdessä tulee kiinnittää erityistä huomiota mahdolliseen etäisyyteen ja näin ollen sähkön tehohäviöön liittymispisteelle. (Elenia, 2024.) (Energiateollisuus, 2024.)

Pientuotannon tuotantolaitoksen tulee noudattaa sähköturvallisuus- ja sähkömagneettisten yhteensopivuusstandardien vaatimuksia, joiden tehtävänä on taata sähkönjakelun laatu ja turvallisuus (Energiateollisuus, 2024). Sähkötyöt tulee tehdä yritys, jolla on vaadittavat sähköasennusoikeudet. Tämän lisäksi järjestelmille tulee suorittaa vaadittavat

käyttöönottotarkastukset. Elenia määrittää omat vaatimansa lisäohjeet, joissa yli 50 kW laitteistoissa tulee käyttää aina keskitettyä suojausta. Taajuuden muutosnopeuden tunnistavaa suojalaitetta saa käyttää vain laitetoimittajan suostumuksella yli 50 kW laitteistoissa. Pienjänniteliittymille suurin sallittu tuotantoteho on 500 kW, joten sitä suuremmat pientuotannon järjestelmät tulee liittää keskijänniteverkkoon. Ylimääräsähkön myynti tapahtuu pientuottajan määrittämälle sähkönmyyjälle pientuotantosopimusta hyödyntäen, mutta alle 100 kVA tuotantolaitoksissa voi hyödyntää Elenian kanssa pientuotannon netotusta, jossa tuotanto ja kulutus tasataan mittausjaksoittain. Koska leirikeskuksessa mahdollinen omasähköntuotanto pyritään mitoittamaan kulutuksen mukaan, piensähkön netotus vaikuttanee helpoimmalta vaihtoehdolta. (Elenia, 2024.)

4.2.2 Aurinkoenergiainvestoinnit

Aurinkoenergiajärjestelmien rakentamista ohjataan maankäyttö- ja rakennuslaissa, sähkömarkkinalaissa, sähköturvallisuuslaissa ja rakennusmääräyksissä sekä valtioneuvoston asetuksessa sähkömarkkinoista. Nykyisen maankäyttö- ja rakennuslain mukaan kaupunkikuvaan ja ympäristöön merkittävästi vaikuttavat aurinkopaneelit ja -keräimet vaativat toimenpideluvan. Joihinkin kohteisiin rakennusvalvonta vaatii toimenpideluvan ja -ilmoituksen. Suojeltuihin kohteisiin aurinkoenergiaratkaisujen rakentaminen on kielletty. Lupien vaatimukset löytyvät Lupapiste.fi -verkkopalvelusta. (Motiva, 2025f.) (Tuomi, 2024.)

Aurinkosähköjärjestelmät kannattaa mitoittaa sähkönkulutuksen mukaan, koska ylimääräisen sähkön myynnillä saatu taloudellinen hyöty jäänee yleisesti pieneksi lisääntyneisiin investointikustannuksiin nähden (Tuomi, 2024). Asennusympäristöllä on merkittävä rooli aurinkoenergiaratkaisuissa tehokkuuden suhteen. Ilmansuunta, varjostukset ja asennuskulma vaikuttavat kaikki laitteiston tehokkuuteen. Rakennusten kattojen kunto tulee olla riittävällä tasolla, mikäli noin 30 vuoden elinkaaren omaava aurinkojärjestelmä katolle halutaan asentaa. Aurinkosähköjärjestelmissä on kaikkien sähkölaitteiden tapaan tulipalon riski, joten riittävät paloturvallisuustekijät tulee ottaa huomioon aurinkosähkön käyttöönotossa ja ylläpidossa. (Oomi, 2023.)

4.2.3 Tuulienergiainvestoinnit

Tuulivoimalahankkeen ensimmäinen vaihe on alueen valitseminen ja esiselvitys. Esiselvityksessä vertaillaan sopivien rakennusalueiden tuulioloja, infrastruktuuria, maankäyttöä ja ympäristöä hyödyntäen erilaisia analyyseja. Sopivan kohteen löydyttyä selvitetään tarkemmin tuuliolosuhteet, kaavoitustilanne, ilmailun rajoitteet sekä ympäristön vaikutukset. Lentoestelupaa täytyy hakea Traficomilta, mikäli tuulivoimala lähellä lentoasemaa ylittää korkeuden 30 m tai muualla Suomessa 60 m. Puolustusvoimien esikunnan myönteinen lausunto tarvitaan aina yli 50 m korkeisiin tuulivoimaloihin sekä tuulivoimaloihin, jotka rajoittuvat Puolustusvoimien käytössä olevaan alueeseen. (ELY-keskus, 2021.) (ELY-keskus, 2024a.)

Tuulivoimarakentamisessa tulee noudattaa kaava- ja lupajärjestelmää maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaisesti yhdistettynä lakimuutoksella (134/2011), joka lisää mahdollisuuksia yleiskaavassa tuulivoimalarakentamiseen. Isoissa monen tuulivoimalan tuulivoimalahankkeissa tulee noudattaa YVA-lain (525/2017) arviointimenettelyjä ja vaatimuksia. Ympäristölupaa voi joutua hakemaan, mikäli hankkeen melu- tai välkevaikutukset aiheuttavat kohtuutonta rasitusta lähialueen asukkaille. Yleisesti jo yleiskaavoituksella pyritään välttämään tuulivoimalan ympäristöluvan hankkimisen tarvetta. Suojellun linnuston levinneisyysalueen ja Natura 2000 -verkoston alueen lähelle rakennettavaan tuulivoimalaan vaaditaan usein lisäselvityksiä. (ELY-keskus, 2021.) (ELY-keskus, 2024a.)

Tuulivoimalan verkkoon liittäminen vaatii luvan sekä Energiavirastolta että verkonhaltijalta eli Laukaassa Elenialta. Suurissa voimalahankkeissa Energiavirastolta tulee pyytää hankelupaa suurjännitejohdon rakentamiseen voimalaitokselle. Yli 1 MVA:n laitoksen rakennuttaminen vaatii ilmoituksen Energiavirastolle voimalaitoksen kattavasta elinkaarisuunnittelusta. Mahdollisten sähköjohtojen rakennuttaminen saattaa tilanteesta ja olosuhteista riippuen vaatia erillisen lunastusluvan, käyttöoikeuden kunnan rakennusvalvontaviranomaiselta sekä Maanmittauslaitoksen tutkimusluvan. Yksityisiltä maanomistajilta tarvitaan sopimukset käyttöoikeudesta, mikäli heidän maa-aluettaan hyödynnetään. (ELY-keskus, 2021.) (ELY-keskus, 2024a.)

Tuulivoimaloilla on todettu vaikutusta viestintäverkoille ja radiojärjestelmille, joten tuulivoimalan tarkka sijoittelu on tärkeää vähentämään ongelmia alueen radiojärjestelmien kanssa. Alueen viestintäverkkojen toimijoiden kanssa tulee keskustella voimalan vaikutuksista heidän toimintaansa, jolloin mahdolliset ongelmat voimalan käyttöönoton jälkeen eivät

tule kenellekään yllätyksenä. Tuulivoimalarakentajan tulee ilmoittaa tiedossa oleville radiojärjestelmien käyttäjille 30 km etäisyydelle rakennusalueesta. Traficomilta saa aiheesta lisätietoa ja neuvontaa. (ELY-keskus, 2024a.)

Tuulivoimalasäädöksistä poikkeaa pientuulivoimalat, jotka määritellään pyyhkäisyaloiltaan alle 200 neliömetrin kokoisiksi voimaloiksi, joissa tuulivoimalan lavan pituus on maksimissaan kahdeksan metriä. Yleisesti näissä laitoksissa nimellisteho pysyy alle 50 kW:n, ja laitoksen mastonkorkeus on tyypillisesti 5–30 m. Yleisesti pientuulivoimalat ovat tarkoitettu pienimuotoiseen omaan sähköntuotantoon, akkujen lataukseen sekä lämmitysenergian varastointiin. Pientuulivoimaloita varten ei ole laadittu kaavoja. Pientuulivoimaloita voidaan rakentaa rakennus- ja toimenpidelupapäätöksen perusteella asemakaava-alueen ulkopuolella. Pientuulivoimaa varten tarvitaan normaalien rakennusluvan liitteiden lisäksi selvitys hankkeen vaikutuksista maisemaan ja naapureihin. Kohtuutonta melu- tai välkehaittaa alueen asukkaille ei saa aiheutua myöskään pientuulivoimaloista. Luonnonsuojelulain ja Natura 2000 -hankkeen mukaiset selvitykset ja luvat tulee olla tarvittaessa tehtyinä. Ympäristöministeriön sivuilta löytyy kattavat ohjeet sekä työkalut tuulivoimarakentamisen alustavaan suunnitteluun, kuten tuulivoimalan melun mallintamisen työkalut tai kartta lintujen päämuuttoreistä Suomessa. Mikäli tuulivoimaa aikoo hyödyntää omasähköntuotannossa, pientuulivoimala on monesti kivuttomin ratkaisu monelle pientuottajalle, kuten leirikeskuksen sähkönkulutuksen kattamisen tarpeisiin. (Ympäristöministeriö, 2024). (ELY-keskus, 2024a.)

4.2.4 Ilmalämpöpumppuinvestoinnit

Tämä kappale käsittää vain vesi-ilma- ja poistoilmalämpöpumppuihin liittyvät asiat, koska leirikeskuksella on jo käytössään ilma-ilma-järjestelmiä suurimmassa osassa rakennuksista. Ilma-vesilämpöpumppu eli IVLP toimii periaatteella, jossa lämmönsiirtimen ulkoyksikkö hyödyntää ilma-ilma-järjestelmän tapaan ulkoilman energiaa ilma-vesi-järjestelmässä rakennuksessa kiertävää vesijärjestelmää. IVLP yhdistetään rakennuksessa kiertävään vesijärjestelmään, joten vesikiertoisen lämmöntuottojärjestelmän, kuten kattavan vesikiertoisen lattialämmityksen olemassaolo tai rakentaminen lämpöpumpun asentamisen yhteydessä on pakollista. IVLP-järjestelmän asentaminen tulee olla ammattilaisen työtä, jotta säädökset,

kuten ympäristöministeriön asetukset vesi- ja viemärilaitteistosta täyttyvät. (Hemgren & Wannfors, 2012, s. 348–349.) (Kettunen, 2024a.)

Järjestelmällä voidaan säästää lämmityskuluissa sääolosuhteet huomioiden noin 40–60 prosenttia suorasähkölämmitykseen verrattuna. Maalämpöön verrattuna investointikustannukset IVLP-järjestelmällä ovat selvästi edullisemmat, mutta järjestelmän hyötysuhde heikkenee merkittävästi kovilla pakkasilla. IVLP-järjestelmää suositellaankin käytettäväksi yhdessä muiden lämmitysjärjestelmien kanssa. On myös olemassa hiilidioksidi-ilma-vesilämpöpumppuja, jotka toimivat tehokkaammin korkeammissa, jopa 26 pakkasasteen lämpötiloissa. Leirikeskuksen tapauksessa on huomioitavaa, että alueen rakennuksista puuttuvat kattavat vesikiertojärjestelmät, joita mahdollinen IVLP hyödyntäisi rakennuksen lämmitykseen. Lämpöpumpulla voitaisiin vain lämmittää lämminvesivaraajan vettä, mikäli uutta vesikiertoista lattialämmitystä ei kohteisiin rakenneta, joten investoinnin kannattavuus ei rakennuskohtaisesti ole kannattava. (Kettunen, 2024a.) (Motiva, 2017.)

Poistoilmalämpöpumppu eli PILP hyödyntää poistoilmajärjestelmää, josta lämpöpumppu kerää energian ja siirtää sen takaisin rakennuksen lämmitysjärjestelmään. PILP on monimuotoinen ratkaisu, koska kerätty poistoilmasta kerätty lämpöenergia voidaan hyödyntää tuloilman, käyttöveden tai vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän lämmittämiseen. Tuloilmakanavaan kytkettyä järjestelmää voidaan hyödyntää myös rakennuksen jäähdytykseen, mikäli ilmakanavat voidaan eristää riittävästi kondenssivettä varten (Isosaari et al. 2012, s.42). PILP-järjestelmän etuna on tasainen lämmöntuotto, koska sen keräämä huoneilman lämpöenergiamäärä pysyy lähes samana vuoden ympäri. Rakennuksen runsaalla käytöllä on positiivista vaikutusta laitteiston tehokkuuteen elämisestä muodostuvan lisälämmöntuoton vuoksi. (Hemgren & Wannfors, 2012, s. 347–348.) (Kettunen, 2024b.)

Poistoilmalämpöpumpun asentamista suunniteltaessa on huomioitava järjestelmän tilantarve, ilmastointikanavien liittäminen lämpöpumppuun sekä järjestelmän tuottamat meluhaitat. Ilmanvaihdon riittävä tehokkuus sekä sen oikea mitoitus ovat tärkeitä kriteereitä suunniteltaessa PILP-järjestelmää rakennukseen. Mikäli rakennuksesta ei löydy koneellista poistoilmajärjestelmää, PILP-järjestelmää ei voida asentaa ilman poistoilmakanaviston rakentamista kohteeseen. Uutta tulo-poisto-ilmanvaihtojärjestelmää rakentaessa lämmöntalteenottolaite, eli LTO-laite on suositeltava investointikohde vaatimuksien mukaisen ja energiatehokkaan ilmanvaihdon saavuttamiseen. Lämmöntalteenottolaite toimii PILP-järjestelmän tavoin ottaen poistoilman lämpöenergiaa siirtäen sen tuloilmaan. Leirikeskuksen alueen

rakennuksista puuttuu kokonaan koneellinen ilmanvaihto, joten PILP- tai LTO-järjestelmät ovat ainoastaan kannattavia, mikäli kohteisiin halutaan rakentaa koneellinen ilmanvaihto. (Hemgren & Wannfors, 2012, s. 348.) (Kemppainen, 2022, s 42,70–71.)

4.2.5 Maalämpöpumppuinvestoinnit

Leirikeskuksen lattia-, katto- ja patterilämmityksien ollessa suorasähkökäyttöisiä maaperälämpöön vaihtaminen on erittäin kallis ja epätaloudellinen investointivaihtoehto, koska rakennuksiin jouduttaisiin asentamaan vesikiertoiset järjestelmät rakennusten lämmöntuotantoon. Maalämpö voidaan rakennuttaa maahan porakaivomaisesti tai vaakaputkistolla pintamaahan sekä vesistöön. Yli 500 metriä syvä porakaivo katsotaan kuuluvaksi geotermisen energian lämpöjärjestelmäksi. Geotermisen energian tuotantolaitoksen sopivuus tulee tarkastuttaa alueen kaavasta. Geotermisen energian poraussyvyyksiin porattaessa kannattaa ilmoittaa asiasta Seismologian instituutille. Toimenpidelupa tarvitaan porattavalle energiakaivolle kunnan rakennusvalvonnalta, mutta on hyvä selvittää kunnallisella tasolla luvat myös vaakamalliselle maalämpöputkistolle. Maalämpöputkistoa sijoittaessa vesistöön kannattaa selvittää erikseen vesitalousluvan tarve aluehallintovirastolta, joskus saattaa riittää ainoastaan ilmoitus paikalliselle ELY-keskukselle (Aluehallintovirastot, 2024). Kemikaaleja rakentamisessa tai tuotannossa käytettäessä niissä tulee olla kemikaaliturvallisuuslain mukaiset luvat. Alueelle uuden rakennuksen rakennuttaminen maalämmön tai geotermisen energian vuoksi vaatii rakennusluvan. Pohjavesialueella energiantuotantolaitos vaatii aluehallintoviraston vesilain mukaisen luvan. Naapurin vesialueille yltävä keräysputkisto vaatii vesialueen omistajan suostumuksen ja kiinteistömaille yltävä putkisto kiinteistörasitesopimuksen. Laitteiston verkkoon liittämisen luvan tarve kannattaa selvittää alueen verkonhaltijalta. (ELY-keskus, 2024b.) (Thermia, 2024.)

Maalämmössä lämmönkeruupiirin oikea mitoitus tulee laskea ammattilaisen toimesta tarkkaan hanketta toteutettaessa, jotta hyötysuhde kohteeseen saadaan optimoitua häviämättä lämmönkeruuverkoston tehossa. Vesistöön putkistoa sijoittaessa tulee huomioida putkiston eristäminen lähellä maan- ja vedenpintaa sekä riittävät varoituskyltit merkitsemään putkiston sijaintia muille vedenkäyttäjille. Vaakamalliseen pintaputkistoon vaikuttaa alueen maaperä, koska savisesta maasta saadaan tehokkaammin lämpöä talteen verrattuna hiekkamaahan. Porakaivomallisessa ratkaisussa saadaan tehokkaammin ja tasaisemmin lämpöä ympäri

vuoden, mutta investointikustannukset rakennusvaiheessa ovat korkeammat vaakamalliseen putkistoon verrattuna. Huomioitavaa maalämmön toteutuksessa on myös huomattavat investointitarpeet lämmönjakelujärjestelmäinfrastruktuurin rakentamisessa alueelle, jotka leirikeskukselta puuttuvat kokonaan. (Motiva 2017.)

4.2.6 Muut uusiutuvan energian investoinnit

Pienvesivoimalaitoksissa, joiden koko on alle 10 MW, vaaditaan kattavat rakennus- ja vesiluvat, jonka lisäksi tulee olla valmistautunut YVA-lain mukaiseen menettelyyn kaavoituksien suunnittelussa. Luonnonsuojelulakeja noudattavaa Natura-arviointia tulee käyttää, sekä mahdollisesti joutuu anomaan poikkeusta vesi- ja luonnonsuojelulakien poikkeuksia vesiekosysteemien muuttumisen vuoksi. Verkkoliitäntää varten tulee olla omat käyttöoikeudet maankäyttöön alueella. Verkonhaltijan suostumus tulee olla voimalaitoksen kytkemisestä verkkoon. Energiavirastolle tulee olla tehty suunnitelmat rakentamisesta, käyttöönotosta, tehonkorotuksesta sekä pitkäaikaisesta ja pysyvästä käytöstä poistamisesta. Leirikeskuksen välittömältä lähialueelta ei löydy vesistöjen korkeuseroja, joilla pienvesivoimaa voitaisiin tuottaa. (ELY-keskus, 2024c.)

Lämmön tai yhteistuotannon eli CHP:n tuottamista biopohjaisilla polttoaineilla alle 1 MW:n laitoksissa kutsutaan biopohjaiseksi pientuotannoksi. Biopohjaien tuotantolaitos vaatii aina maankäyttö- ja rakennuslain mukaisen rakennusluvan. Pientuotantolaitos ei yleensä tarvitse ympäristösuojelulain mukaista toiminnan rekisteröintiä tai ympäristölupaa, mutta ne kannattaa silti selvittää. Pohjavesialueelle rakennettaessa myös pientuotantolaitos tarvitsee erillisen ympäristöluvan. Natura-arviointi voi olla tarpeen alueen luonnon monimuotoisuuden säilömisessä. Polttolaitoksella vaarallisten kemikaalien käyttö vaatii erillisten kemikaalien käytön rajoitteiden noudattamisen sekä kemikaaliturvallisuuslain mukaiset ilmoitukset viranomaisille. Sähköjohtojen sijoittamiseen tulee olla lupa kunnan rakennusviranomaiselta. Käyttöoikeudet tulee olla kaikkien hankkeen naapurien maille ulottuvan maankäytön vuoksi. Liittymisestä sähköverkkoon tulee olla neuvoteltuna alueen verkonhaltijan kanssa. Voidaan olettaa, että yhteistuotantolaitoksen rakennuttaminen vain leirikeskuksen tarpeisiin ei ole työn tilaajan kannalta kannattava investointi. (ELY-keskus, 2024d.)

4.3 Leirikeskuksen omaenergiantuotannon potentiaali

Leirikeskuksen tarpeisiin soveltuvia omaenergiatuotannon ratkaisuja on hyvin vähän. Ratkaisuista suurin osa karsiutuu pois rakennusteknisten rajoitteiden vuoksi. Rakennusteknisesti asiaan voi tehdä muutosta asentamalla rakennuksiin vesikiertoista lattialämmitystä, mutta lattialämmityksen muutosasennus on todennäköisesti epäkannattava leirikeskuksen tarpeisiin toimenpiteen ja omaenergiantuotantoratkaisun investointikustannukset huomioiden. Näin ollen potentiaalisimmat omaenergiantuotantovaihtoehdot rajautuvat omasähköntuotannon sekä ilmanvaihdon lämmöntalteenoton ratkaisuihin.

Ilmanvaihdon lämmöntalteenottoa leirikeskuksessa voi hyödyntää vain Katvelan ja keittiörakennuksen tiloissa, koska niistä löytyvät koneelliset tulo- ja poistoilmanvaihdot. Ilmanvaihdon lämmöntalteenottoa voidaan toteuttaa kahdella tapaa, joko poistoilmalämpöpumpulla tai lämmöntalteenottokoneella. Käytännössä tekniikoiden erona on, että poistoilmalämpöpumpussa tulo- ja poistoilmakanavien väliin rakennetaan nestekiertoinen lämmönsiirtoputki lämpöpumpulla ja lämmönsiirtimillä, kun lämmöntalteenottokoneella tulo- ja poistoilmakanavien tulee yhtyä lämmöntalteenottokoneessa. Osion 3.2. energiatehokkuuslaskennassa lasketaan lisätulokset ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vaikutus leirikeskuksessa. Lisälaskenta välivaiheineen löytyy työn liitteestä 10. Huomioiden vuosittainen käyttöaste keittiörakennuksessa investointi tulisi olemaan epäkannattava energiantehokkuuden noustessa vain hieman, mutta investoinnilla voi olla potentiaali Katvelassa rakennuksen energiatehokkuuden noustessa huomattavasti. Investoinnissa tulee huomioida ylimääräinen rakennustekninen muutostarve, koska tulo- ja poistoilmakanavat kulkevat kohdekäynnin arvioinnin mukaan suhteellisen kaukana toisistaan. (Hemgren & Wannfors, 2012, s. 348.) (Kemppainen, 2022, s 42,70–71.)

Omasähköntuotannolla löytyy ainakin kausiaikaista potentiaalia leirikeskuksen tarpeisiin, koska jokaisen tutkitun rakennuksen pääenergiantuotantomuotona on suorasähkötuotanto. Omasähkötuotannon ratkaisuista kohteelle käytännöllisimmät ovat aurinko- ja tuulienergian ratkaisut, joiden sähköntuotanto kannattaa mitoittaa keskimääräisen käytön tarpeisiin, tai vastaavasti hankkia akusto tasaamaan sähkönkulutusta, jotta ylituotantoa ei jouduta myymään halvalla takaisin sähkönsiirtoverkkoon. Tuulienergiaratkaisuissa kannattaa tutustua perinteisen vaaka-akselisen potkuriturbiinin lisäksi myös pystyakselisiin Savonius ja Darrieus-tyyppisiin malleihin, koska ne soveltuvat paremmin pyörteisiin tuulioloihin.

Molemmissa ratkaisuissa hyötynä on energiantuotantomuodon suhteellisen pieni huolto- ja kunnossapitotarve. Haasteena molemmissa on sähköntuotannon vaihteleva sää- ja kausiluonteisuus. Aurinkoenergiaratkaisussa etuna tuulienergiaan verrattuna, että ne ovat halvempia, rakennuskohtaisia, ja helpommin toteutettavissa olevia investointeja. Tuulienergiaratkaisuissa etuna aurinkoenergiaan on energiantuotannon mahdollisuus ympärivuotisesti sekä pidemmät laitteiden käyttöiät. Aurinkoenergiaratkaisussa haasteena tulee paneelien sijoittamisen suunnittelu. Esimerkiksi Katvelan katon lappeet osoittavat länsi-itä-suuntiin, vaikka paneelit halutaan suunnata etelään. Paneelien katolle suunnittelussa tulee myös huomioida talvella katolle aiheutuva lumikuorma sekä katon soveltuminen aurinkoenergiapaneeleiden asentamiselle. Paneelit halutaan myös sijoittaa paikalle, johon merkittäviä varjostuksia ainakaan kesä- ja keskipäivän auringon suuntauksissa ole. Tuulienergiaratkaisuissa haasteena ovat järjestelmän tarpeisiin sopiva mitoitus sekä vaativat lupaprosessit, joita tarkastellaan tarkemmin osiossa 4.2.3. Aurinkoenergian tuottama omasähköntuotanto on myös helpommin ennustettavissa tuulisähköön verrattuna, joten kesällä leirikeskuksen käytön ollessa huipussaan aurinkoenergiantuotannolla on tuulienergiaan etu. (Motiva, 2024b.) (Motiva, 2025b.)

5 Tulosten tarkastelu tilaajan tarpeisiin

Tässä kappaleessa käydään läpi työn tulosten tarkastelua työn tilaajan toiveiden mukaisista näkökulmista. Tämän kappaleen rakennetta pohjustaa työn viimeisellä viikolla toteutettu Teams-palaveri, jossa Laukaan kunnan edustajat pääsivät esittämään toiveitaan tuloksien tarkasteluun. Palaverissa päädyttiin keskittymään pääasiallisesti käytön optimoinnin ratkaisuihin, joiden lisäksi kappaleessa yksinkertaisesti pohditaan ilmanvaihdon lämmöntalteenoton ja omasähköntuotannon ratkaisuja. Työn edetessä kunnan taloustilanne, ja näin ollen tilaajan toiveet muuttuivat merkittävästi omaenergiantuotannon suuristakin investoinneista kustannustehokkaisiin käytön optimoinnin ratkaisuihin, joten työn rakenne muuttui merkittävästi hyödyntämään nykyistä taloustilannetta. Leirikeskuksen budjettitilanteen vuoksi varsinaiset yksityiskohtaiset investointilaskennat eivät ole tällä hetkellä ajankohtaisia, joten työssä esitetään vain eri teknisillä ratkaisuilla ja käytön optimoinnilla hankittavat sähköenergian säästöt vuosittain. Tämä menetelmä antaa työkalut Laukaan kunnan omille työryhmille suunnitella tulevaisuudessa investointeja tämän työn energiankulutuslaskentaan pohjautuen, mikäli leirikeskuksen budjettitilanteeseen tulee positiivista muutosta. (Ahokas et al. 2025.)

5.1 Leirikeskuksen käytön optimointi

Teams-palaverin perusteella tilaajalle leirikeskuksen käytön optimoinnin työkalut tulevat eniten tarpeeseen. Käytön optimoinnilla tarkoitetaan joko pienillä digitalisoinnin investoinneilla tai käyttötapojen muutoksella toteutettavaa energiansäästöä leirikeskuksella. Käytön optimointi on kustannustehokas ratkaisu, jolla tilannekohtaisesti voidaan löytää tuntuviakin energiasäästöjä pienillä säädöillä, muutoksilla tai investoinneilla. Osa käytön optimoinnin kehityskohteista tiedettiin jo etukäteen tai selvitettiin kohdekäyntien aikana. Osa käytön optimoinnin kehityskohteista löydetään tarkemmin tarkastelemalla energiatehokkuuslaskennan vaiheita. Tilaajan toiveesta käytön optimointiin toteutetaan myös laskenta, jossa lasketaan leirikeskuksen energiansäästö, mikäli rakennuksia rakennuskohtaisesti pidettäisiin talviaikana vain puolilämpimänä. (Ahokas et al. 2025.)

5.1.1 Talviaikainen rakennusten osatehoinen lämmitys

Tässä osiossa käydään läpi rakennuskohtaisesti saavutettu energiansäästö, mikäli rakennusta pidetään puolilämpimänä hiljaisen kauden ajan. Hiljaisemmat kaudet määritellään Multamäen hallinnoijan kanssa käydyn sähköpostikeskustelun perusteella. Katvelalle, ohjaaja-, pyykkihuone- ja huoltorakennuksille tarkastellaan kuukausia tammikuusta maaliskuuhun. Muilla rakennuksilla tarkasteltava jakso määritellään lokakuusta huhtikuuhun. Laskennasta saadut kuukausittaiset energiansäästötulokset esitetään rakennuskohtaisesti, mutta tuloksia ei tässä työssä tarkastelusta ei tuoda toimintaan johtopäätöksiä, vaan annetaan tiedot sellaisenaan tilaajan käytettäväksi. Tilaaja määrittelee itse tuloksista järkevimmät säästötoimet käytön optimointiin. Talviaikaisen osatehoisen lämmityksen laskenta löytyy kokonaisuudessaan liitteestä 11. (Ahokas, 2025.) (Ahokas et al. 2025.)

Laskennassa hyödynnetään ympäristöministeriön asetuksen 1010/2017 luvun yksi momentin kaksi määritelmää puolilämpimästä tilasta. Ympäristöministeriön asetuksen mukaan puolilämmintä tilaa ei ole tarkoitettu jatkuvaan oleskeluun ja puolilämpimän tilan lämpötila lämmityskaudella pidetään 5 ja 17 celsiusasteen välissä. Tässä laskennassa hiljaisille kausille käytetään puolilämpimän tilan lämpötilan arvoa 7 °C, jotta lämpötilassa on hieman jäätymisen varalta turvavaraa epätarkkojen termostaattien varalta. Lämpötilat kannattaa pudottaa viiteen celsiusasteeseen vasta, kun kylmimpinä kausina todelliset rakennusten sisälämpötilat ovat mitattu kattavasti kriittisten kohteiden, kuten vesiputkistojen luota, jotta vältytään hintavilta pakkasvaurioilta. (Ympäristöministeriön asetus (1010/2017).)

Osatehoisen lämmityksen tuomat säästöt ovat esitetty taulukoissa 13 ja 14. Taulukossa 13 tarkastellaan rakennuskohtaisesti kuukausikohtaista tilojen lämmitysenergian tuomia säästöjä. Taulukko 14 tarkastelee koko vuodelle tuomaa osateholämmityksen säästöä laskemalla osion 3.2 mukaisesti energialuokituksen rakennuksille, kun rakennuksia pidetään puolilämpimänä hiljaisen kauden aikana.

Taulukko 13. Osateholämmityksen tuoma kuukausikohtainen säästö rakennuskohtaisesti tilojen lämpöenergiankulutukseen.

	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Koko vuoden säästö
Katvela E_T,s [kWh]	3778	3427	3693	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10898
Ohjaajarakennus E_T,s [kWh]	2016	1837	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5870
Keittiörakennus E_T,s [kWh]	1437	1302	1395	1295	0	0	0	0	0	1322	1333	1417	9502
Rantasauna ja takkatupa E_T,s [kWh]	1715	1563	1715	1660	0	0	0	0	0	1715	1660	1715	11746
Harrastetila E_T,s [kWh]	2165	1973	2165	2095	0	0	0	0	0	2165	2095	2165	14821
Vessarakennus E_T,s [kWh]	515	469	515	498	0	0	0	0	0	515	498	515	3526
Pyykkihuonerakennus E_T,s [kWh]	404	368	404	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1175
Huoltorakennus E_T,s [kWh]	1048	955	1048	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3051

Taulukon 13 tuloksista nähdään, että kuukausikohtaisesti suurin energiansäästö saadaan Katvelan tiloja puolilämpimänä pidettäessä, mutta suurin säästö koko vuodelta saadaan siirtäessä harrastetila puolilämpimäksi hiljaisen kauden ajaksi. Taulukossa arvo 0 tarkoittaa, että kyseisenä kuukautena rakennusta lämmitetään normaalisti 21 °C:een asti. Tuloksista nähdään, että kohteissa, joissa ei ole koneellista tuloilmaa, rakennuskohtainen energiansäästö tapahtuu lineaarisesti kuukauden pituuden mukaan. Tämä johtuu siitä, että hiljaisien kuukausien ajalla lämpötilaerot ulkoilmaan pysyvät vielä tarpeeksi suurina, jolloin päivittäinen energiansäästö rakennuskohtaisesti on vakio. Lämpimämpinä kuukausina energiansäästö pienenisi, jos maaperän- tai ulkoilman lämpötila ylittäisi puolilämpimänä pidettävän tilan lämpötilan. Katvelalla ja keittiörakennuksella energiansäästöön vaikuttaa koneellisen tuloilmanvaihdon tuoma energiansäästö, minkä vuoksi niiden rakennusten tulokset eivät ole lineaarisia kuukauden pituuden suhteen.

Taulukko 14. Rakennuksien energiantehokkuus osateholämmitys huomioiden.

	Katvela	Ohjaaja-rakennus	Keittiö-rakennus	Ranta-sauna ja takkatupa	Harras-tetila	Vessara-kennus	Pyykki-huonera-kennus	Huolto-rakennus
Tilojen energiankulutus Q_läm,tilat,kul [kWh/a]	27803	18192	5156	9423	11926	2887	4025	10510
Kokonaislämpö-energiankulutus Q_läm,tot [kWh/a]	23975	14068	14202	9923	10842	4721	4025	10510
Kokonaisähkö-energiankulutus W_tot [kWh/a]	7507	4144	2002	2269	3020	155	239	729
Kokonaisenergian-kulutus E_tot [kWh/a]	31482	18212	16204	12192	13862	4876	4265	11239
Säästö kokonais-energiankulutuksessa E_tot,säästö [kWh/a]	7264	3983	1368	7970	10057	3526	1175	3051
E-luku [kWh/(m²a)]	159	230	175	231	162	202	176	184
Energialuokitus A-G	D	D	C	D	C	C	B	C

Taulukon 14 tuloksista huomataan, että säästö kokonaisenergiankulutuksessa on pienempi verrattuna taulukon 13 lämpöenergiankulutuksen säästöön, mikä johtuu rakennusten ilmalämpöpumppujen hyödyntämisestä lämmöntuotannossa. Taulukon 14 tuloksia verrattaessa osion 3.2 energiantehokkuuslaskennan tuloksiin nähdään selkeää energiansäästöä varsinkin rantasauna-takkatuvan, vessarakennuksen ja harrastetilan laskennallisen energiantehokkuuden vertailuluvuissa. E-luvun erotus rantasauna-takkatuvassa on 150, vessarakennuksessa 146 ja harrastetilassa 117 kWh/(m²a). Vähiten osateholämmityksellä on vaikutusta keittiörakennuksen energiantehokkuuteen. Tuloksista voidaan todeta, että pääasiallisesti huonoiten eristetyt rakennukset hyötyvät eniten osateholämmityksestä.

5.1.2 Ilmalämpöpumppujen hyödyntäminen energiansäästössä

Ilmalämpöpumpun toimintaperiaate perustuu ulkoilman lämpöenergian siirtämiseen sisäilmaan sähköenergian avulla. Sähköenergiaa epäsuorasti hyödynnettäessä laitteen hyötysuhde

on moninkertainen normaaliin suorasähkölämmitykseen verrattuna. Tästä syystä käytön optimointia varten työssä suositellaankin maksimoimaan ilmalämpöpumppujen tehokas käyttöaste. Maksimaalinen ilmalämpöpumpun lämpökerroin saavutetaan ulkolämpötilan ollessa 7 °C. Moderneilla ilmalämpöpumpuilla lämpökerroin putoaa noin puoleen -20 °C lämpötilan alle mentäessä. Kylmillä keleillä ilmalämpöpumppu joutuu lämmittämään putkistossa kulkevaa lämmönsiirtoainetta, joten kovimmilla pakkasilla ilmalämpöpumpun hyötysuhde saattaa pudota jopa suorasähkölämmityksen tasolle. (Motiva, 2025g.)

Ilma-ilmalämpöpumppuratkaisut löytyvät Katvelasta, ohjaajarakennuksesta, keittiörakennuksesta, takkatuvasta ja harrastetilasta. Katvelassa ja keittiörakennuksessa järjestelmässä on haaroitettu, kaksi sisäyksikköä sisältävä ilmalämpöpumppuratkaisu. Tavallisesti yksi ilmalämpöpumpun sisäyksikkö riittää levittämään lämpöä noin 30–100 m² lattiapinta-alueelle riippuen sisärakenteiden monimutkaisuudesta (Motiva, 2025g). Energiantehokkuuslaskennassa rakennuksille käytetään ilmalämpöpumppujen tilojen lämmityksen käyttöasteen arvona 50 %, joka on hyvin realistinen, mikäli ilmalämpöpumppuja hyödynnetään muiden lämmitysenergiamuotojen ohella. Rantasauna-takkatuvalla käyttöaste on korkea, koska ilmalämpöpumppu ei lämmitä rantasaunaa, mutta prosentti kattaa molemmat puolet rakennuksesta.

Ilmalämpöpumppujen käytön vaikutusta on laskettu ilmalämpöpumppujen herkkyysanalyysissä, joka löytyy liitteestä 12. Eniten ilmalämpöpumppujen vaikutusta rakennusten E-lukuihin nähdään harrastetilan ja ohjaajarakennuksen lämmityksessä. Suurin ilmalämpöpumpun vaikutus muodostuu rantasauna-takkatuvalle, mutta tuloksista pitää huomioida, että noin puolet tilojen lämmitysenergiasta kuluu takkatuvan lämmitykseen, jossa ilmalämpöpumppu sijaitsee. Tuloksista saadaan osion 5.1.2 kanssa yhteneväisiä johtopäätöksiä, että heikosti eristetyissä rakennuksissa ilmalämpöpumpun suuresta käyttöasteesta on isoin hyöty rakennuksen energiantehokkuuksissa.

5.1.3 Muu leirikeskuksen käytön optimointi

Tärkeimpänä rakennusten muun optimoinnin kehityskohteena kohdekäyntien aikana huomattiin säätimien sekä termostaattien nykyhetkinen tila. Isoin ongelmakohta löytyy keittiörakennuksen poistoilmanvaihdosta, jota käytetään päälle-pois -kytkimellä. Ongelmana on ollut, että kytkin on jäänyt päälle pitkiksikin ajoiksi, kun rakennusta ei ole käytetty, jolloin

ilmanvaihdosta on aiheutunut turhaan paljon lisäenergiankulutusta rakennukselle. Tilaajan kannattaa hankkia vähintään keittiön poistoilmanvaihtoon aikakytkin, joka sammuttaa poistoilmanvaihdon tietyn aikajakson jälkeen. Hyödyllinen termostaattien kehityskohde löytyy suorasähkölämmityksen termostaateissa. Tilaajan kannattaa harkita, kannattaako vanhanaikaiset lattialämmityksen termostaatit uusia termostaatteihin, jotka voidaan säätää lämmittämään lattiaa halvan sähkön aikaan yöllä. Suurin hyöty älytermostaatti-investoinneilla saadaan, mikäli leirikeskuksessa käytetään pörssisähköä ja kun pörssisähkön hinnoittelussa tapahtuu merkittäviä vuorokausikohtaisia vaihteluita.

Muussa käytön optimoinnissa tilaajan kannattaa perehtyä tarkemmin rakennuskohtaisesti jo olemassa oleviin lämmitystekniikoihin. Monessa rakennuksessa suositeltavaa on maksimoida ilmalämpöpumpun tehokas käyttöaste, kiinnittää erityistä huomiota ilmalämpöpumpun lapojen suuntauksiin, sekä täydentää ilmalämpöpumpuilla tuotavaa energiantarvetta pääasiassa suorasähkölämmityksellä tai tilannekohtaisesti sähköpattereilla. Muita sähkölämmitysmuotoja, kuten katto- seinä- ja valaisinlämmitystä kannattaa välttää, etteivät ne unohdu turhaan päälle leudoilla keleillä.

Yhtenä käytön optimoinnin seikkana mainitaan keittiörakennuksen kylmiöiden käyttö, josta keskusteltiin Multamäen hallinnoijan kanssa toisella kohdekäynnillä tarkemmin. Toinen kylmiöistä poistetaan talveksi käytöstä keittiörakennuksen vähäisen käyttöasteen vuoksi, mutta kohdekäynnillä huomioitiin, että toisen kylmiön lämmönsiirrinyksikkö sijaitsee ulko- ja toisen sisätiloissa. Tästä syystä talvella kylmiö, jonka lämmönsiirrinyksikkö on ulkotiloissa, kannattaa sammuttaa talven ajaksi. Kylmiöiden ollessa suuria myös pienen jääkaapin hankinta tiloihin voi olla kannattava ratkaisu.

5.2 Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton potentiaali

Tässä osiossa käydään tilaajalle mahdollisen lämmöntalteenoton potentiaali leirikeskuksen rakennuksissa. Lämmöntalteenottoa voidaan hyödyntää rakennuksissa, joista löytyy koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, eli leirikeskuksen rakennuksista Katvelassa ja keittiörakennuksessa. Lämmöntalteenoton teknisestä näkökulmasta kerrotaan enemmän osioissa 4.2.4 ja 4.3. Muutostöitä lämmöntalteenotto vaatii joko yhdistämällä tulo- ja poistoilmakanavat yhteen lämmöntalteenottokoneeseen tai poistoilmalämpöpumpun tapauksessa rakentamalla lämmönsiirtoputkiston hormien ja poistoilmalämpöpumpun välille.

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton hyötyjä on tarkasteltu energiantehokkuuslaskennan ja rakennusten osateholämmityslaskentojen yhteydessä. Laskennat löytyvät liitteistä 10 ja 11. Laskennassa oletetaan lämmönsiirtimeksi ristivirtalevylämmönsiirrin, jolloin ympäristöministeriön julkaisun mukaan lämmönsiirtimen vuosittaiseksi hyötysuhteeksi saadaan 50 %. Tulokseksi Katvelalle saadaan vuosittaiseksi energiansäästöksi 1930 kWh kokovuotisella käytöllä ja 1550 kWh osateholämmityksellä. Keittiörakennukselle vastaavasti lämmöntalteenoton energiansäästö kokovuotisella käytöllä on 970 kWh ja osateholämmityksellä 480 kWh. Tuloksista voidaan suoraan tulkita, että keittiörakennukselle lämmöntalteenoton hyödyntäminen ei ole helposti kannattava investointi. Koska Katvelassakin tarvitsisi rakentaa merkittävästi lisää ilmanvaihtohormia tai kokonainen lämmönsiirtoputkisto ilmanvaihdon lämmöntalteenottoa varten, investointia ei voi tässä kunnan taloustilanteessa suositella. Mikäli tulee tarvetta uusia tulo- tai poistoilmanvaihtokoneita leirikeskusten rakennuksissa, kannattaa siinä tapauksessa arvioida investoinnin kannattavuus uudestaan.

5.3 Omaenergiatuotannon potentiaali

Tämä osio jää tässä työssä vähälle huomiolle, koska leirikeskuksen budjettitilanne ja näin ollen myös tilaajan tarpeet muuttuivat merkittävästi työn edetessä. Näin ollen myös itse työ eli tarpeiden mukaisesti ja työn viimeisellä viikolla pidetyssä Teams-palaverissa päätettiin lopullisesti tämän kappaleen suunnasta. Työtä aloittaessa omaenergiantuotannon potentiaalin selvitys oli työtä motivoiva tutkimuskysymys. Tilaajalle halutaan kuitenkin luoda pieni johdanto, jota voi hyödyntää, mikäli leirikeskuksen omaenergiantuotannolle löytyy tulevaisuudesta budjetointia. (Ahokas et al. 2025.)

Tilaajan on suositeltava keskittyä yksinkertaisiin, toimintavarmoihin ja helppokäyttöisiin omasähköntuotannon ratkaisuihin. Aurinkopaneelit tai mikroluokan tuulivoimala on helpoin leirikeskuksen tarpeille. Tekniikoista kerrotaan tarkemmin osioissa 4.2.2, 4.2.3 ja 4.3. Aurinkopaneeleita hankittaessa paneelit kannattaa suunnata etelään maksimaalisen hyötysuhteen saavuttamiseksi, mutta niitä asentaessa tulee myös huomioida varjostusten minimointi. Yksi esimerkki aurinkopaneelien innovatiivisesta sijoittelusta on rakentaa paneeleille oma katos valoisalle parkkipaikalle, jossa paneelit voidaan suunnata optimaalisesti, varjostukset ovat minimissään sekä paneelien katos toimii katoksena parkkipaikan autoille.

6 Johtopäätökset

Tässä kappaleessa kerrotaan työn etenemisestä ja tärkeimmistä työn vaiheista, sekä arvioidaan työn hyödyllisyyttä tilaajan tarpeisiin. Työn tarve tuli allekirjoittaneelle ensimmäistä kertaa esille Huoltotyö Pentti Oy:n tiloissa pidetystä palaverista vuoden 2023 lopussa. Työ pääsi käyntiin vuoden 2024 alusta, jolloin suoritettiin ensimmäinen kohdekäynti leirikeskuksen alueella. Tässä vaiheessa tilaajan toiveena oli kartoittaa leirikeskuksen omaenergiantuotannon potentiaali. Vuoden 2024 aikana tapahtuneet muutokset Laukaan kunnan budjetoinneissa sekä organisaatioissa muuttivat työn suuntaa keskittymään käytön optimointiin ja realistisiin pieniin energia-alaan liittyviin investointeihin, joita julkaisuhetkellä työ pyrkii selvittämään.

Työn ensimmäisessä käsittelykappaleessa eli toisessa kappaleessa kartoitetaan leirikeskuksen nykyinen energiankulutuksen kannalta tärkeä energiatekninen nykytila rakenteineen ja lämmöntuotantomuotoineen. Kartoituksen tiedot on kerätty pääasiallisesti alkuperäisistä leirikeskuksen dokumenteista, joita täydennetään kohdekäynnillä selvitetyillä asioilla. Kolmannessa kappaleessa lasketaan lämmönläpäisykertoimet ja energiantehokkuuslaskenta energiantodistusmaisesti rakennuskohtaisesti leirikeskuksen rakennuksille. Neljännessä kappaleessa tuodaan vaihtoehtoisia rahoitusratkaisuja, joita tilaaja voi hyödyntää mahdollisissa tulevissa investoinneissa. Kappaleessa käydään myös läpi leirikeskukselle soveltuvia omaenergiantuotannon ratkaisuja, mikäli budjetointitilanne tulevaisuudessa muuttuukin. Viidennessä kappaleessa hyödynnetään muiden käsittelykappaleiden tiedot ja muodostettaan niiden pohjalta koherentti tulosten läpikäynti sekä suositukset tilaajan tarpeet huomioiden.

Työn voidaan tulkita täyttävän tilaajan päivitetyt toiveet, joita täydennetään osioilla paremman tulevaisuuden budjettitilanteen varalta. Näin ollen työn voidaan katsoa saavuttaneen tutkimuskysymyksen ja vastaavan näin sille asetettuihin tavoitteisiin. Leirikeskuksen energiateknisen nykytilan kartoituksesta on hyötyä tilaajalle selkeyttämään rakennusteknisiä seikkoja yhden lähteen alle. Laskelmista saadut tulokset vaikuttavat järkeviltä, ja tilaaja voi hyödyntää alkuperäistä laskentatyökalua tulevaisuudessa omatoimisesti. Tulosten tarkastelusta saadut johtopäätökset vaikuttavat realistisilta tilaajan tarpeisiin tässä taloustilanteessa.

Lähteet

Ahokas Henna, 2025, Multamäen hallinnoija, Laukaan kunta, [sähköpostiviesti 12.12.2025], [viitattu 12.12.2025]

Ahokas Henna, Tammenoksa Anu, Turpeinen Salla, 2025, Järjestyksessä Multamäen hallinnoija, Tilapalvelupäällikkö, Vapaa-aikajohtaja, [Teams-palaveri 10.12.2025], [viitattu 10.12.2025]

Aluehallintovirastot, 2024, Vesilupa ja ilmoitukset, Aluehallintovirastot, ELY-keskukset, Ympäristöministeriö, [verkkosivu], [viitattu 1.8.2024], Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi/luvat-ja-velvoitteet/vesilupa-ja-ilmoitukset

Business Finland, 2025a, Energiajärjestelmä vähähiilisemmäksi energiatehokkuuden keinoin, Innovaatiokeskus Business Finland, [verkkosivu], [viitattu 11.12.2025], Saatavissa: https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/energiatuki

Business Finland, 2025b, Innovatiiviset julkiset hankinnat, Innovaatiokeskus Business Finland, [verkkosivu], [viitattu 11.12.2025], Saatavissa: https://www.businessfinland.fi/palvelut/rahoitus/rahoituspalvelut//tutkimus-ja-kehitysrahoitus/innovatiiviset-julkiset-hankinnat

Elenia, 2024, Aurinkosähkö ja sähkön pientuotanto, Elenia Oy, [verkkosivu], [viitattu 29.7.2024], Saatavissa: https://www.elenia.fi/palvelut/kotiin-ja-mokille/aurinkosahkon-ja-pientuotannon-liittaminen

ELY-keskus, 2021, Tuulivoiman yleisopas, Keski-Suomen Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, [e-artikkeli], [viitattu 30.7.2024], Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/19414/Tuulivoiman_yleisopas.pdf

ELY-keskus, 2024a, Maatuulivoima, Uusiutuvan energian lupaneuvonta, Elinkeino-, liikenne- ja ympäristöministeriö, [verkkosivu], [viitattu 30.7.2024], Saatavissa: https://www.ely-keskus.fi/web/uusiutuvan-energian-lupaneuvonta/maatuulivoima

ELY-keskus, 2024b, Geoterminen energia, Uusiutuvan energian lupaneuvonta, Elinkeino-, liikenne- ja ympäristöministeriö, [verkkosivu], [viitattu 1.8.2024], Saatavissa: https://www.ely-keskus.fi/web/uusiutuvan-energian-lupaneuvonta/geoterminen-energia

ELY-keskus, 2024c, Vesivoima, Uusiutuvan energian lupaneuvonta, Elinkeino-, liikenne- ja ympäristöministeriö, [verkkosivu], [viitattu 1.8.2024], Saatavissa: https://www.ely-keskus.fi/web/uusiutuvan-energian-lupaneuvonta/vesivoima

ELY-keskus, 2024d, Biolämpölaitokset ja Bio-CHP-laitokset, Uusiutuvan energian lupavalvonta, Elinkeino-, liikenne- ja ympäristöministeriö, [verkkosivu], [viitattu 1.8.2024], Saatavissa: https://www.ely-keskus.fi/web/uusiutuvan-energian-lupaneuvonta/biolampolaitokset-ja-bio-chp-laitokset

Energiateollisuus, 2024, Sähkön pientuotanto, Energiateollisuus ry, [verkkosivu], [viitattu 29.7.2024], Saatavissa: https://energia.fi/energiatietoa/asiakkaat/sahkoasiakkuus/sahkon-pientuotanto/

Energiatodistusrekisteri, 2025, Valtion tukeman asuntorakentamisen keskus Varke, Ympäristöministeriö, [tietopalvelu], [viitattu 4.12.2025], Saatavissa: https://www.energiatodistusrekisteri.fi/

ETAG 031:2010, Inverted Rood Insulation Kits, Part 1: General, Guideline for European Technical Approval, Brussels, EOTA, (englanniksi), [standardi], [viitattu 17.11.2025]

EU LIFE, 2024, Clean Energy Transition, LIFE Clean Energy Transition sub-programme, EU LIFE programme, (englanniksi), [verkkosivu], [viitattu 24.6.2024], Saatavissa: https://cinea.ec.europa.eu/programmes/life/clean-energy-transition_en

EU-rahoitusneuvonta, 2024, Ota meihin yhteyttä, EU-rahoitusneuvonta, Business Finland, Työ- ja elinkeinoministeriö, [verkkopalvelu], [viitattu 26.7.2024], Saatavissa: https://www.eurahoitusneuvonta.fi/yhteystiedot

H. Jari, 1996, Multamäen WC-rakennus, Laukaan kunnan tekninen osasto, [pääpiirustus], [viitattu 29.10.2025]

Hemgren Per & Wannfors Henrik, 2012, Uusi pientalon käsikirja, alkuteos Husets ABC, Kustannusosakeyhtiö Tammi, ISBN: 978–951–31–6890–2, [viitattu 25.10.2025]

Ilmatieteen laitos, 2025, Havaintojen lataus, kuukausihavainnot kuukauden keskilämpötilasta sekä hetkellishavainnot suhteellisesta kosteudesta, Helsinki, Ilmatieteen laitos, [tutkimusaineisto], [viitattu 12.11.2025]

Interreg, Calls for projects, Northern Periphery and Arctic, (englanniksi), [verkkosivu], [viitattu 11.12.2025], Saatavissa: https://www.interreg-npa.eu/apply-for-funding/calls-for-projects/

Isosaari et al. 2012, Mistä energia taloon? Omakotiasujan energia- ja ympäristöopas, TM-rakennusmaailma, Otavamedia, ISBN: 987–952–271–005–5, [viitattu 9.10.2025]

J-Ahonen R. 1998, Leirikoulutalo, Laukaan kunnan tekninen osasto, [pää- ja työpiirustus], [viitattu 30.10.2025]

JyväsRiihi, 2025, Rahoitus yhdistyksille ja yhteisöille, JyväsRiihi ry, Leader Keski-Suomi, [e-artikkeli], [viitattu 11.12.2025], Saatavissa: https://keskisuomenmaaseutu.fi/jyvas-riihi/rahoitus-yhdistyksille-ja-yhteisoille/

Karesola Ilppo, 1988, Saunarakennus, Loma-asuntojen toimituserittely, Hirsitalotehdas Alppitalot Oy, [toimituserittely], [viitattu 1.11.2025]

Kemppainen Arto, 2022, Taloyhtiön energiatehokkaat lämmitysratkaisut, Kiinteistömedia Oy, ISBN: 978–951–685–565–6, [viitattu 20.10.2025]

Kettunen Teemu, 2024a, Ilma-vesilämpöpumppu (IVLP), Lämpöpumpputeknologiat, Motiva, [verkkosivu], [viitattu 27.10.2025], Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu

Kettunen Teemu, 2024b, Poistoilmalämpöpumppu (PILP), Lämpöpumpputeknologiat, Motiva, [verkkosivu], [viitattu 27.10.2025], Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/poistoilmalampopumppu

Kokko Veikko, 1987, Rakennesuunnittelu, Katvela RN:o 5:145, Laukaan kunnan tekninen osasto, [rakennesuunnitelma], [viitattu 30.10.2025]

Kokko Veikko, 1988, Saunarakennus, Multamäen lasten ja nuorten leirikeskus, Laukaan kunnan tekninen osasto, [pääpiirustus], [viitattu 1.11.2025]

Kokko Veikko, 1993, Lasten ja nuorten leirikeskuksen huoltorakennus, Laukaan kunnan tekninen osasto, [kustannusarvio], [viitattu 1.11.2025]

Kokko Veikko, 1994, Huoltorakennus, Multamäen lasten ja nuorten leirikeskus, Laukaan kunnan ympäristöosasto, [perustuspiirustus], [viitattu 1.11.2025]

Kuntarahoitus, 2025a, Vihreä rahoitus – edellytykset ja hakeminen, Kuntarahoitus, Kestävä rahoitus, [e-artikkeli], [viitattu 11.12.2025], Saatavissa: https://www.kuntarahoitus.fi/vastuullisuus/kestava-rahoitus/vihrea-rahoitus

Kuntarahoitus, 2025b, Yhteiskunnallisen rahoituksen viitekehys, Kuntarahoitus, Kestävä rahoitus, [e-artikkeli], [viitattu 11.12.2025], Saatavissa: https://www.kuntarahoitus.fi/vastuullisuus/kestava-rahoitus/yhteiskunnallinen-rahoitus

MML, 2024, Maanmittauslaitos, Maa- ja metsätalousministeriö, (karttatiedot), [avoin tietopankki], [viitattu 29.2.2024], Saatavissa: https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/?lang=fi&share=customMarker&n=6924711&e=440760&title=Peurunka%2C+Laukaa&desc=Peurunka%2C+Laukaa&zoom=6&layers=%5B%7B%22id%22%3A2%2C%22opacity%22%3A100%7D%5D

Motiva, 2017, Lämpöä omasta maasta, Maalämpöpumput, Motiva yhteistyössä Sulpu ry:n kanssa, Ympäristöministeriö, [e-artikkeli], [viitattu 1.8.2024], Saatavissa: https://www.sulpu.fi/wp-content/uploads/2021/05/Motiva-Lampoa_omasta_maasta-1.pdf

Motiva, 2024a, ESCO-hankkeiden tuki, Motiva Oy, [verkkosivu], [viitattu 11.12.2025], Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tuetut_energiakatselmukset/katselmus-_ja_investointituet/esco-hankkeiden_tuki

Motiva, 2024b, Pientuulivoima, Tuulivoima, Uusiutuva energia, [verkkosivu], [viitattu 10.12.2025], Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/tuulivoima/pientuulivoima

Motiva, 2025a, Kuka energiatodistuksen laatii?, Mikä on energiatodistus?, Energiatodistusneuvonta, [verkkosivu], [viitattu 25.11.2025], Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika_on_energiatodistus/kuka_energiatodistuksen_laatii

Motiva, 2025b, Aurinkosähkö, Uusiutva energia, [verkkosivu], [viitattu 10.12.2025], Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko

Motiva, 2025c, Rahoituksen tilannesää, Rahoituksen tietopalvelu, Motiva, [verkkojulkaisu], [viitattu 11.12.2025], Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatehokkuuden_rahoitus/kestavan_rahoituksen_tietohubi_ja_pyorea_poyta/rahoituksen_tilannesaa

Motiva, 2025d, Energiatehokkuus- ja ESCO-palvelut, Motiva Oy, [verkkosivu], [viitattu 11.12.2025], Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatehokkuus-_ja_esco-palvelut

Motiva, 2025e, Tuetut energiakatselmukset, Energiakatselmukset, Motiva, [verkkosivu], [viitattu 11.12.2025], Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tuetut_energiakatselmukset

Motiva, 2025f, Lupa-asiat, Aurinkosähkön ennen järjestelmän hankintaa, Uusiutuva energia, [verkkosivu], [viitattu 11.12.2025], Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/ennen_jarjestelman_hankintaa/lupa-asiat

Motiva, 2025g, Ilmalämpöpumppu (ILP), Lämpöpumput, Uusiutuva energia, [verkkosivu], [viitattu 14.12.2025], Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilmalampopumppu

Muhonen Heikki, 1992a, Multamäen leirikeskuksen sisäharrastustilan pystytystyöt, Rakennusmonikko Oy, [hyväksytty urakkatarjous], [viitattu 1.11.2025]

Muhonen Heikki, 1992b. Multamäen harrastetilan perustukset ja maatyöt, Rakennusmonikko Oy, [hyväksytty urakkatarjous], [viitattu 1.11.2025]

Muttonen Pasi, 2024, Multamäen isäntä, Laukaan vapaa-aikatoimi, [sähköpostiviesti], Rakennusten pohjapiirustukset, viesti vastaanotettu 1.2.2024

Oomi, 2023, Aurinkopaneelien hankinta, Oomi Energia, [verkkosivu], [viitattu 29.7.2024], Saatavissa: https://oomi.fi/aurinkopaneelit/aurinkopaneelien-hankinta/

Pietiläinen Maija, 1995, Ohjaajarakennus, Multamäen lasten ja nuorten leirikeskus, Laukaan kunnan ympäristöosasto [pääpiirustus], [viitattu 30.10.2025]

Puuinfo, 2020, Puutieto, Puun ominaisuudet, Lujuusteknisiä ominaisuuksia, Puuinfo Oy, [verkkosivu], [viitattu 18.11.2025], Saatavissa: https://puuinfo.fi/puutieto/puun-ominaisuuksia/lujuusteknisia-ominaisuuksia/

Pylsy Petri, 2013, Taloyhtiön energiatodistus- mitä, miten, milloin?, Kiinteistöalan Kustannus Oy, ISBN: 978–951–685–330–0, [viitattu 20.10.2025]

RIL 225-2023, 2023, Rakennusosien lämmönläpäisykertoimien laskenta, Suomen rakennusinsinöörien liitto, RIL ry, ISBN: 978–951–758–679–5, [viitattu 11.11.2025]

Ruokavirasto, 2025a, Yleishyödylliset ympäristö- ja ilmastoinvestoinnit, Maaseudun palvelut ja elinkeinojen kehittäminen, [verkkosivu], [viitattu 11.12.2025], Saatavissa: https://www.ruokavirasto.fi/tuet/maaseudun-palvelut-ja-elinkeinojen-kehittaminen/investoinnit/yleishyodylliset-ymparisto--ja-ilmastoinvestoinnit/

Ruokavirasto, 2025b, Älykäs kylä -yhteistyö, Yritysten, elinkeinojen ja maaseudun palvelujen kehittämisen yhteistyöhankkeet, [verkkosivu], [viitattu 11.12.2025], Saatavissa: https://www.ruokavirasto.fi/tuet/maaseudun-palvelut-ja-elinkeinojen-kehittaminen/kehittaminen-ja-yhteistyo/yritysten-elinkeinojen-ja-maaseudun-palvelujen--kehittamisen-yhteistyohankkeet/alykas-kyla--yhteistyo/#kuka-ei-voi-saada-tukea

Ruokavirasto, 2025c, Vesihuoltohankkeet, Investoinnit, Maaseudun palvelut ja elinkeinojen kehittäminen, [verkkosivu], [viitattu 11.12.2025], Saatavissa: https://www.ruokavirasto.fi/tuet/maaseudun-palvelut-ja-elinkeinojen-kehittaminen/investoinnit/vesihuoltohankkeet/

SFS-EN ISO 10456:2007+AC:2009, Rakennusaineet ja -tuotteet. Lämpö- ja kosteusteknisetominaisuudet. Taulukoidut suunnitteluarvot ja menetelmät ilmoitetun lämpöteknisen arvon ja lämpöteknisen suunnitteluarvon määrittämiseksi, Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, [standardi], [viitattu 17.11.2025]

SFS-EN ISO 13370:2017, Rakennusten lämpöominaisuudet. Lämpöhäviöt maaperän kautta. Laskentamenetelmät, Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, alkuperäinen European Committee for Standardization, (englanniksi), [standardi], [viitattu 18.11.2025]

SFS-EN ISO 16535:2019, Thermal insulating products for building applications. Determination of long-term water absorption by immersion, Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, alkuperäinen European Committee for Standadization, (englanniksi), [standardi], [viitattu 17.11.2025]

SFS-EN ISO 16546:2020, Lämmöneristetuotteet rakentamiseen. Jäädytys-sulatuskestävyyden määrittäminen. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, alkuperäinen European Committee for Standardization, (englanniksi), [standardi], [viitattu 17.11.2025]

SFS-EN ISO 6946:2017, Rakennusosat. Lämmönvastus ja lämmönjohtavuus. Laskentamenetelmät, Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, (englanniksi), [standardi], [viitattu 17.11.2025]

Suomen rakentamismääräyskokoelma C3, 1985, C3, Lämmöneristys, määräykset 1985, Ympäristöministeriö, Helsinki, 1983, ISBN 951-859-466-X, [rakentamismääräys], [viitattu 23.11.2025], Saatavissa: https://ym.fi/rakentamismaaraykset

Suomen rakentamismääräyskokoelma C3, 2010, C3 Rakennusten lämmöneristys, määräykset 2010, Ympäristöministeriö, Helsinki, 2008, [rakentamismääräys], [viitattu 23.11.2025], Saatavissa: https://ym.fi/rakentamismaaraykset

Syke, 2024, Suomen ympäristökeskus, ELY-keskukset, Ympäristöministeriö, (järvitiedot), [avoin tietopankki], [viitattu 29.2.2024], Saatavissa: https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Ymparistotietojarjestelmat

Sähkömarkkinalaki 588/2013, 3 §, [lakipykälä], [viitattu 29.7.2024], Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588

TEM, 2024, Työ- ja elinkeinoministeriö, Energiatuki, Valtioneuvosto ja ministeriöt, [verkkosivu], [viitattu 8.4.2024], Saatavissa: https://tem.fi/energiatuki

TEM, 2025, Työ- ja elinkeinoministeriö, Energiatuki investointeihin ja selvityshankkeisiin, Suomi.fi, [verkkopalvelu], [viitattu 11.12.2025], Saatavissa: https://www.suomi.fi/palvelut/energiatuki-investointeihin-ja-selvityshankkeisiin-tyo-ja-elinkeinoministerio/ece827a4-d833-4ce3-89f0-159b0b27f6f2

Thermia, 2024, Maalämpöpumpun asennus, Thermia Finland Oy, [verkkosivu], [viitattu 1.8.2024], Saatavissa: https://www.thermia.fi/maalampo/maalampo1/asennus_maalampo/

Tuomi Tapio, 2024, Näin hankit aurinkosähköjärjestelmän, Suomen lähienergialiitto ry, [verkkosivu], [viitattu 29.7.2024], Saatavissa: https://lahienergia.org/lahienergia/aurinkoenergia/nain-hankit-aurinkosahkojarjestelman/

Tuunanen Jorma, 2005, Uudisrakennus, Sepa Oy, [rakennepiirustus], [viitattu 29.10.2025]

Valkonen Markku, 2004a, Keittiörakennus, Multamäen lasten ja nuorten leirikeskus, Rakentajanpalvelu Markku Valkonen, [pääpiirustus], [viitattu 30.10.2025]

Valkonen Markku, 2004b, Keittiörakennus, Multamäen lasten ja nuorten leirikeskus, Rakentajanpalvelu Markku Valkonen, [ristikkokaavio], [viitattu 30.10.2025]

Valkonen Markku, 2004c, Keittiörakennus, Multamäen lasten ja nuorten leirikeskus, Rakentajanpalvelu Markku Valkonen, [perustapiirros], [viitattu 30.10.2025]

Valkonen Markku, 2008, WC-rakennus, Multamäen lasten ja nuorten leirikeskus, Rakentajanpalvelu Markku Valkonen, [pääpiirustus], [viitattu 29.10.2025]

Valkonen Markku, 2016, Huoltorakennus, Multamäen lasten ja nuorten leirikeskus, Rakentajanpalvelu Markku Valkonen, [pääpiirustus], [viitattu 30.10.2025]

Vuolle-Apiala Risto, 2010, Hirsitalon kunnostaminen, Moreeni, ISBN: 978–952–254–035–5, [viitattu 9.10.2025]

Ympäristöministeriö, 2013, Energiatodistuksen laadintaesimerkki omakotitalo vuodelta 2000, Energiatodistusoppaan 2013 liite, Ympäristöministeriö, [e-artikkeli], [viitattu 27.11.2025], Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/16545/Energiatodistuksen_laadintaesimerkki_-_Omakotitalo_vuodelta_2000.pdf

Ympäristöministeriö, 2018, Energiatehokkuus, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon laskenta, Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö, [e-artikkeli], [viitattu 4.12.2025], Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/16484/Energiatehokkuus_-_Rakennuksen_energiankulutuksen_ja_lammitystehontarpeen_laskenta.pdf

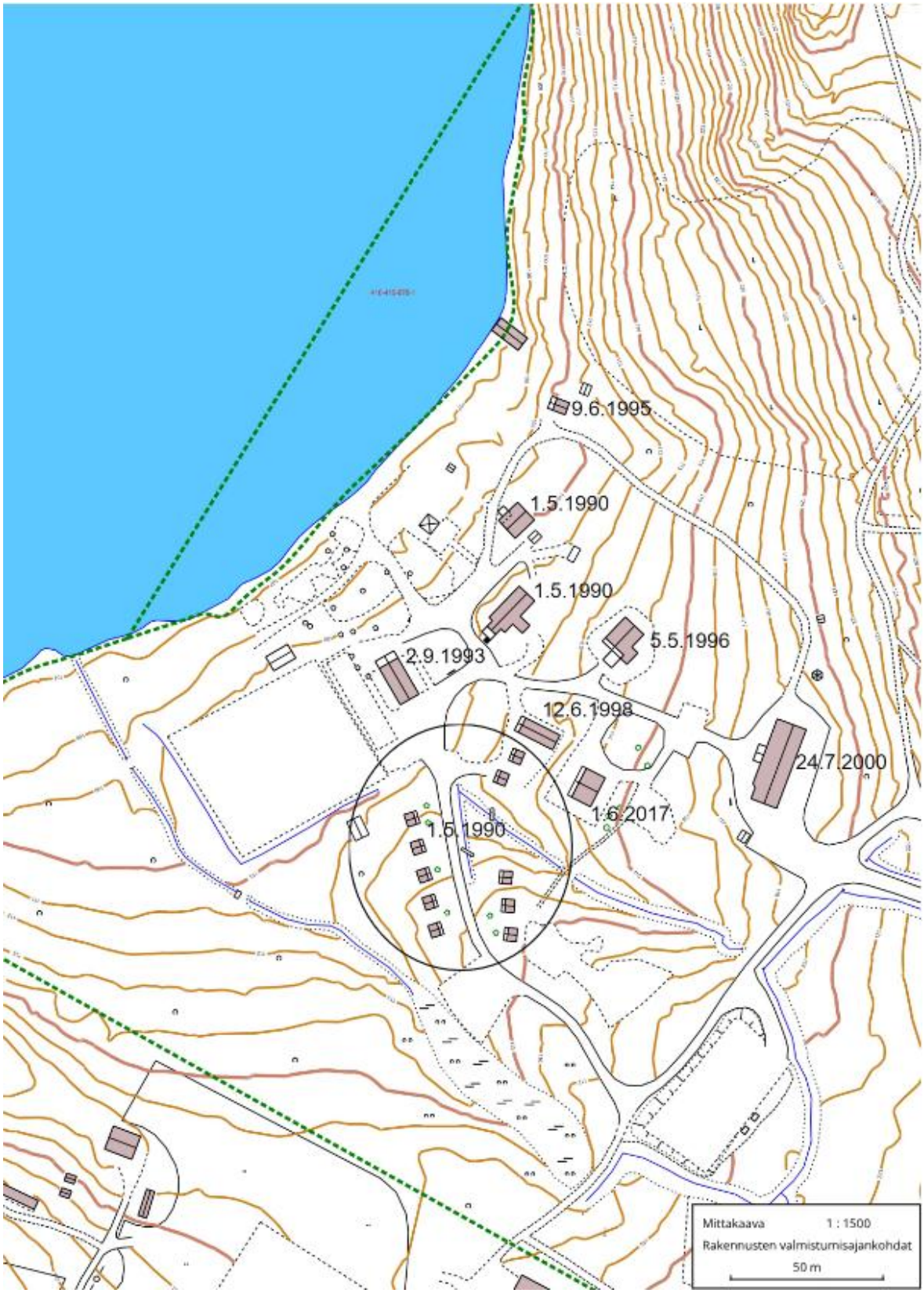
Ympäristöministeriö, 2024, Tuulivoimarakentaminen, Rakentaminen ja alueidenkäyttö, Ympäristöministeriö, [verkkosivu], [viitattu 30.7.2024], Saatavissa: https://ym.fi/tuulivoimarakentaminen

Ympäristöministeriön asetus 1009/2017, Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta, annettu 20.12.2017, [asetus], [viitattu 8.12.2025], Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2017/1009

Ympäristöministeriön asetus 1010/2017, Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta, annettu 20.12.2017, [asetus], [viitattu 4.12.2025], Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2017/1010

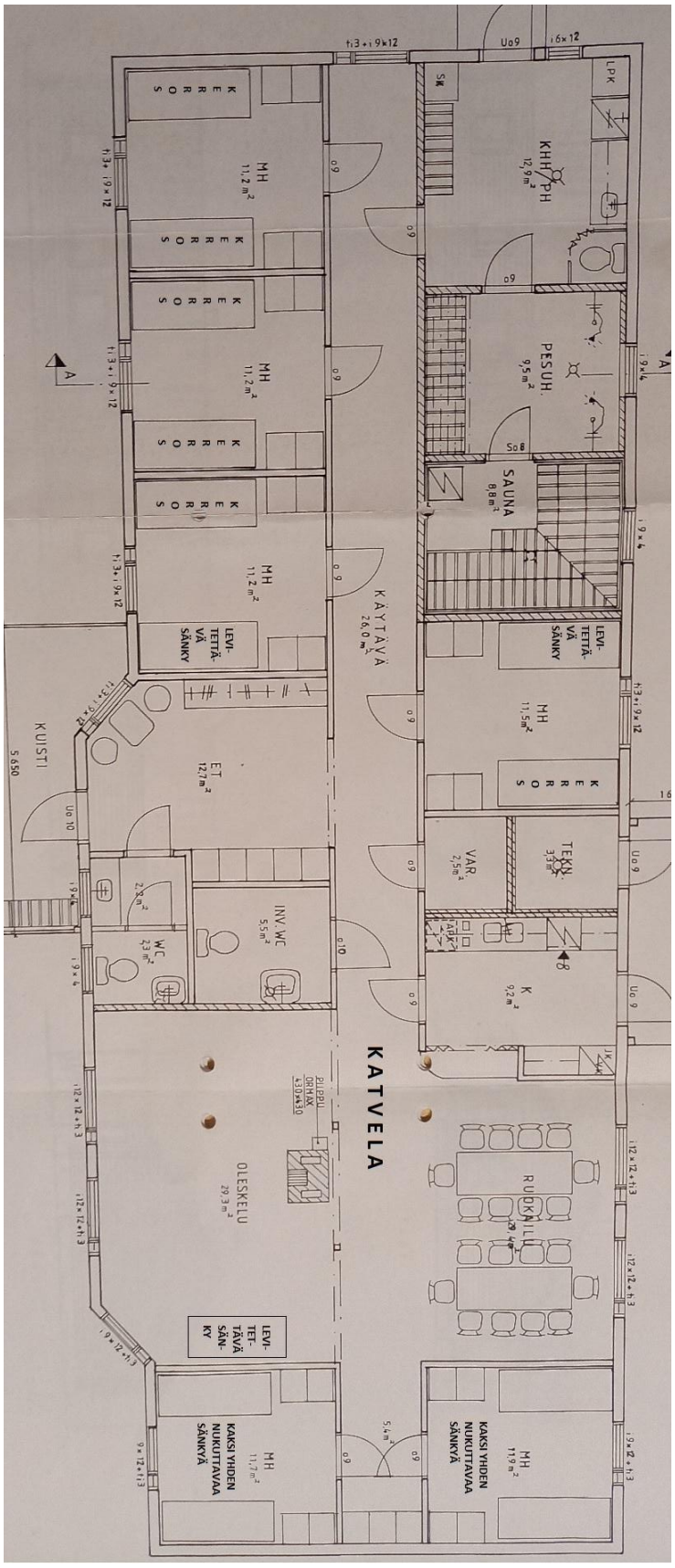
Ympäristöministeriön asetus 1048/2017, Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta, annettu 20 päivänä joulukuuta 2017, [asetus], [viitattu 27.11.2025], Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2017/1048

Liite 1. Multamäen alueen rakennusten valmistumisajankohdat (Muttonen, 2024).

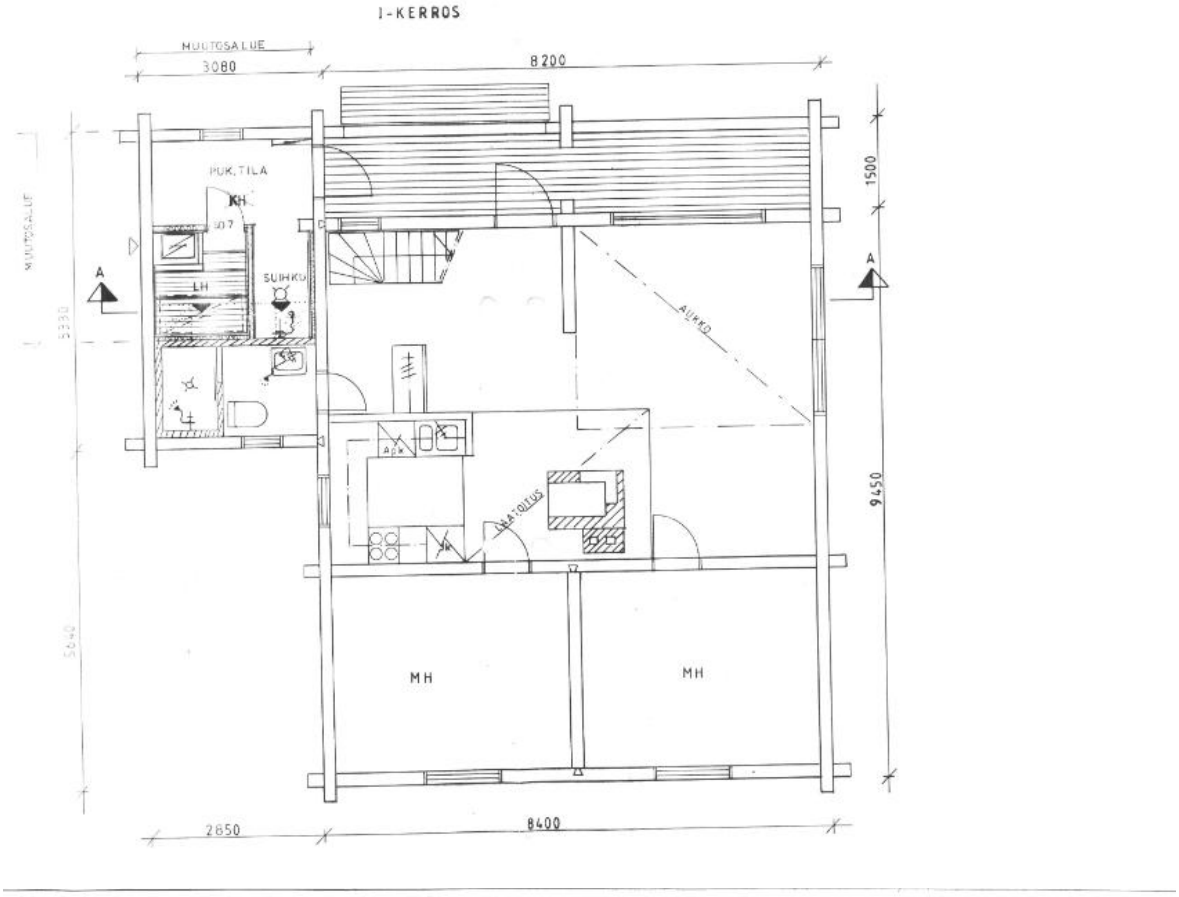


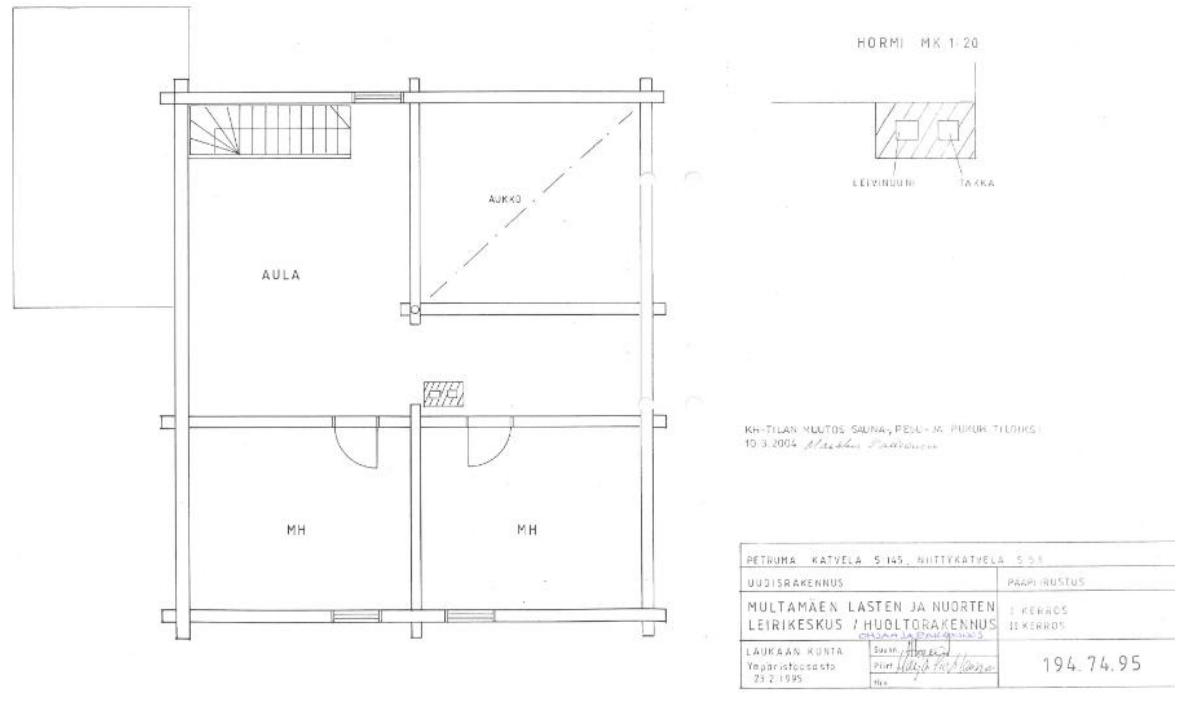
Liite 2. Rajaamaton kuva leirikeskuksesta (mukaillen Muttonen, 2024).

Liite 3. Katvelan pohjapiirustus (Muttonen, 2024).

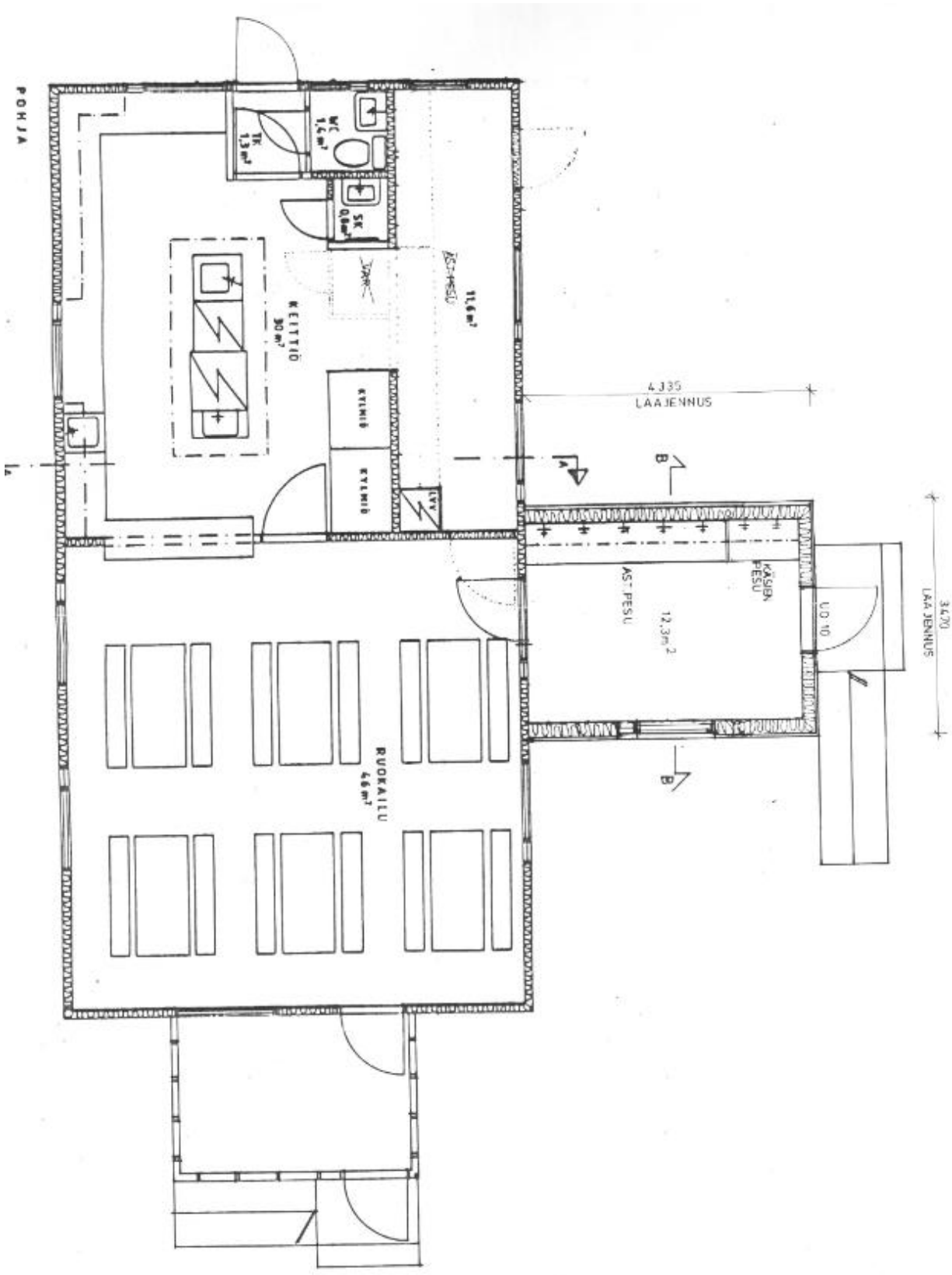


Liite 4. Ohjaajarakennuksen pohjapiirustukset (Muttonen, 2024).

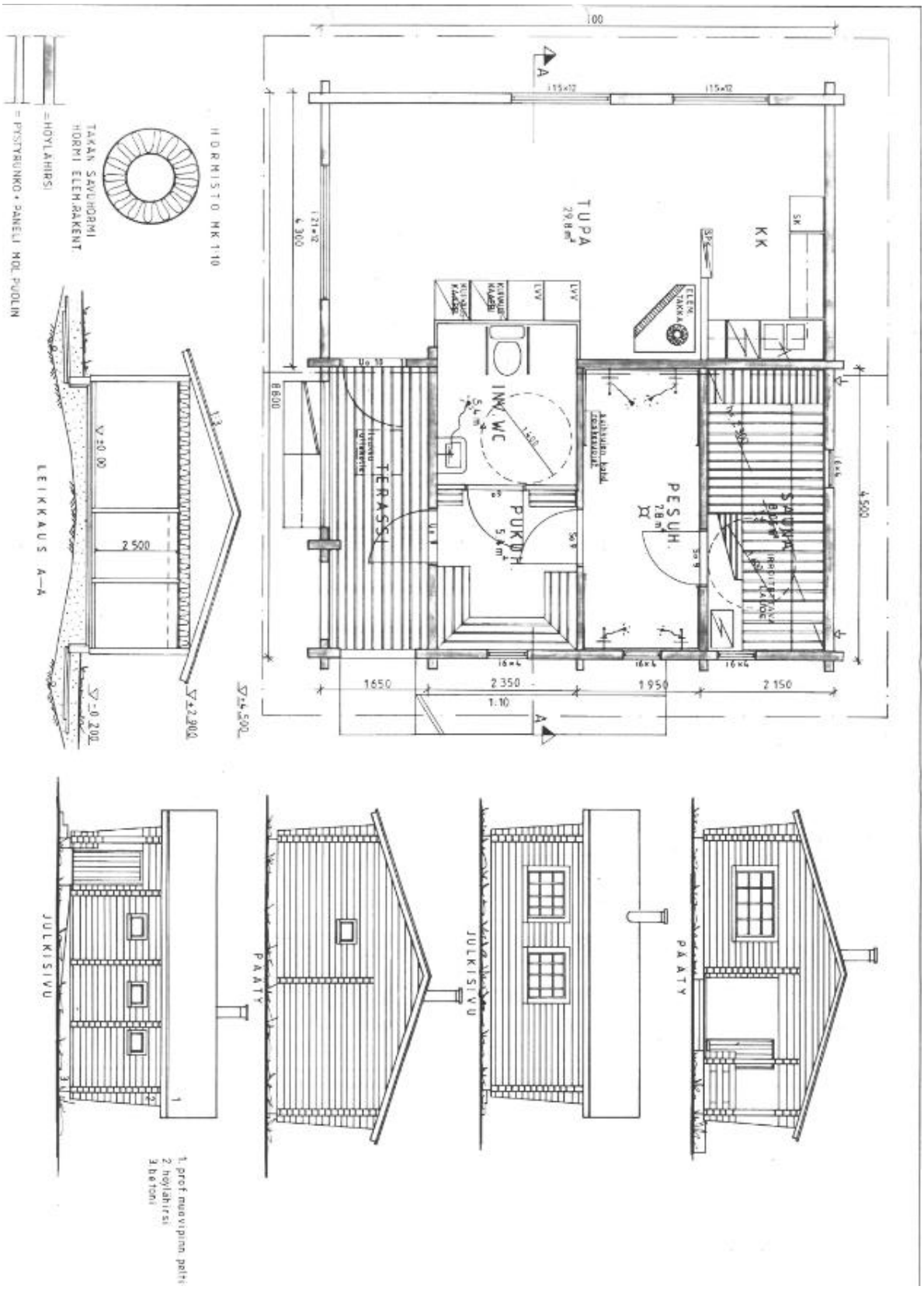




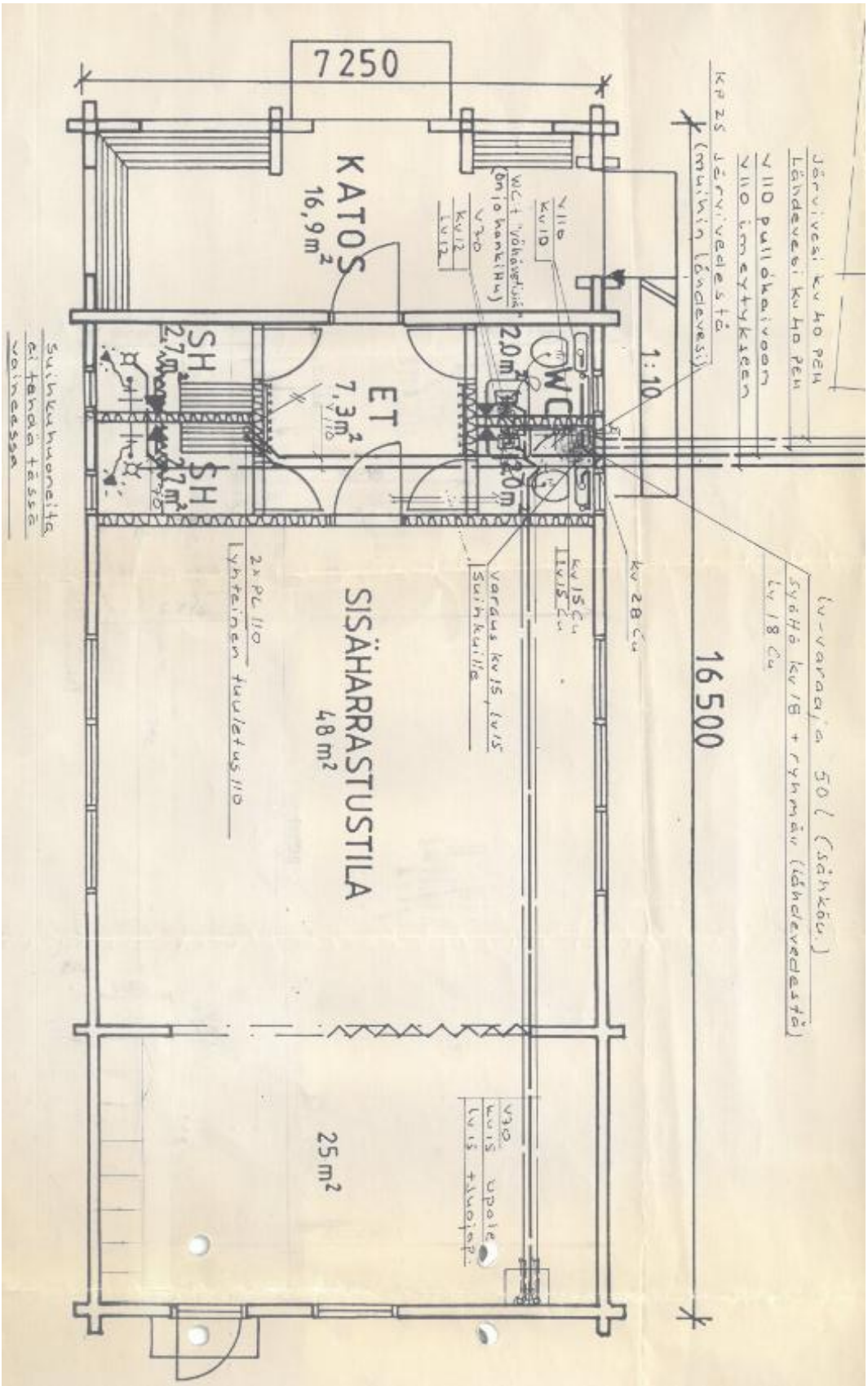
Liite 5. Keittiörakennuksen pohjapiirustus (Muttonen, 2024).



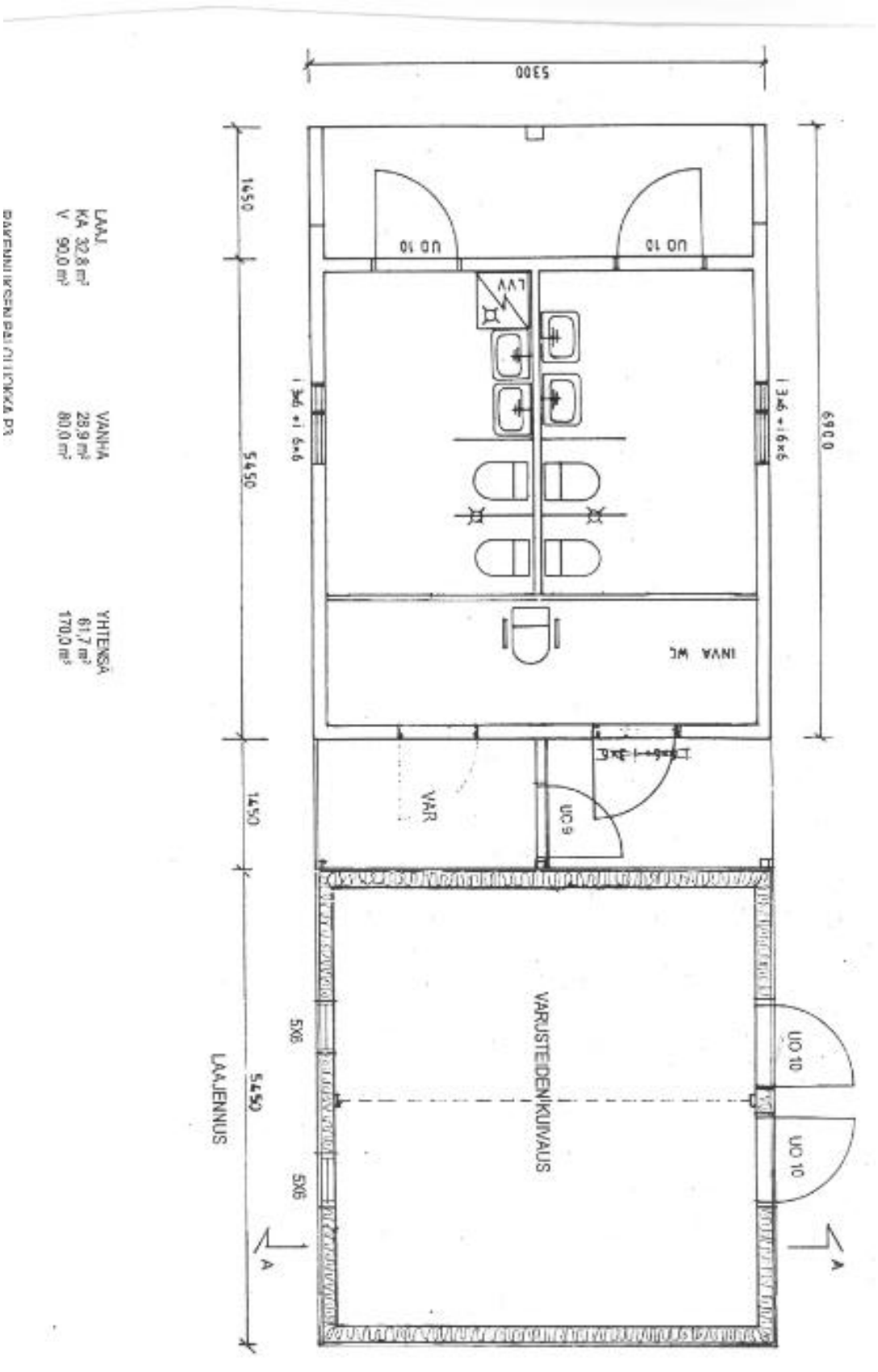
Liite 6. Rantasauna-takkatupa-rakennuksen pohjapiirustus (Muttonen, 2024).



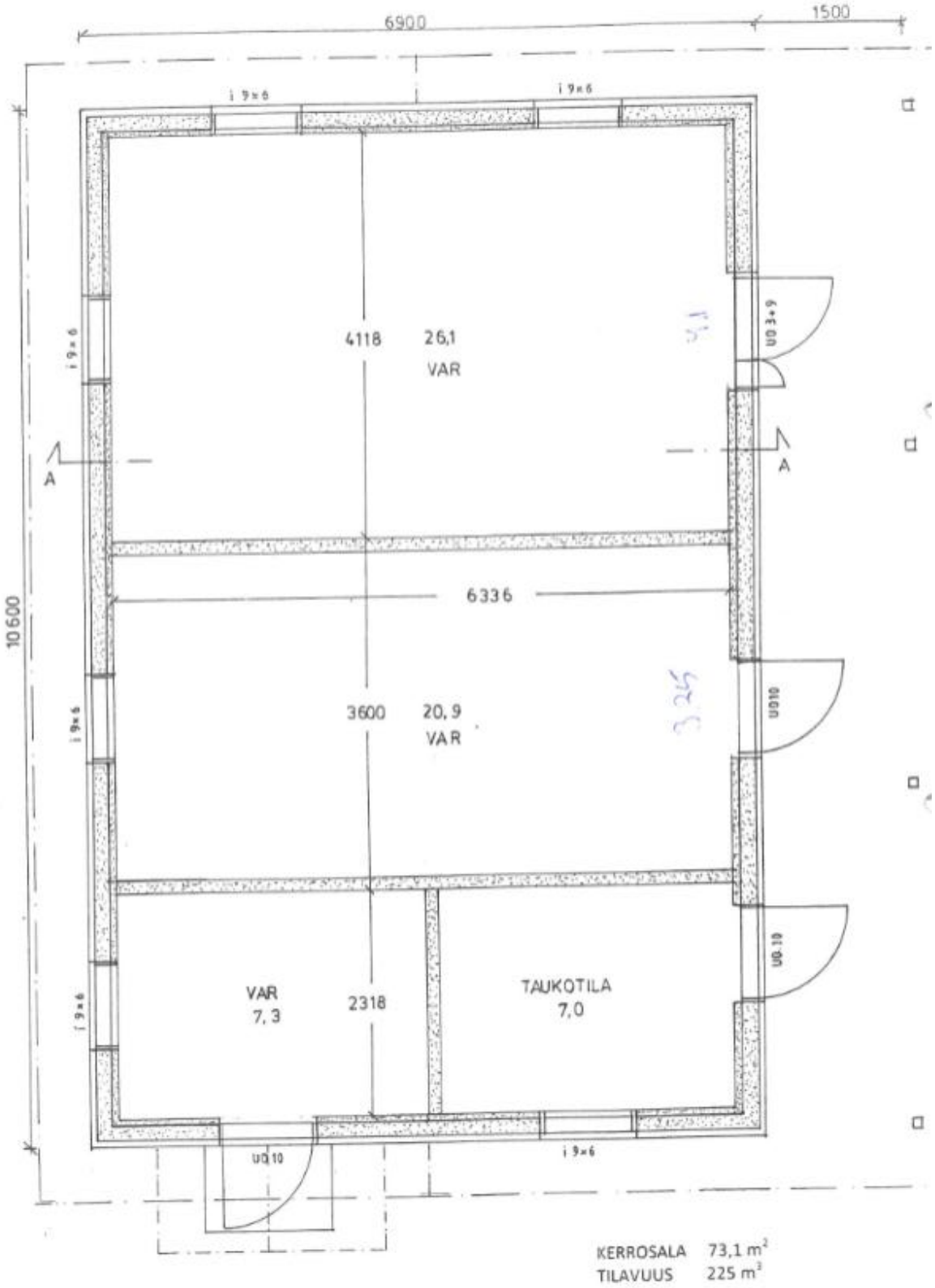
Liite 7. Harrastetilan pohjapiirustus (Muttonen, 2024).



Liite 8. Vessa- ja pyykkihuonerakennusten pohjapiirustus (Muttonen, 2024).



Liite 9. Huoltorakennuksen pohjapiirustus (Muttonen, 2024).



Liite 10. Rakennusten laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun E-luvun laskenta

Rakennusten laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun laskenta									
Tikkakosken keskilämpötila 20 vuodelta T_u [°C]	5,0	Ilmatieteen laitos, 2025, laskennasssa käytetään ympäristöministeriön arvoa							
Vuotuinen keskilämpötila ympäristöministeriön ohjeen mukaan T_u [°C]	3,43	Ympäristöministeriön asetus 1009/2017, liite 1, taulukko L1.3.							
Maaperän vuotuinen keskilämpötila T_maa [°C]	8,43	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.5							
Ilman tiheys ρ_i [kg/m³]	1,20	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7							Lukijan on huomioitava, että laskenta on epävirallinen ja yksinkertaistettu versio energiatodistuslaskennasta
Ilman ominaislämpökapasiteetti c_p,i [J/(kgK)]	1000	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7							Kuukausikohtaisen laskennan osuus löytyy taulukosta "kk-laskennat"
	Katvela	**Ohjaaja-rakennus**	**Keittiö-rakennus**	**Takkatupa ja Rantasauna**	**Harrastetila**	**Vessa-rakennus**	**Pyykkihuone-rakennus**	**Huolto-rakennus**	**Apurivi laskennan tulkintaan**
Lämmityksen käyttöaste Δt_l/t_a [h/h]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Rakennuksen lämpimänä pidettävä aika vuodesta desimaaleina
Lämmityksen käyttötunnit Δt [h]	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760	Muuttaa edellisen tunneiksi, Ympäristöministeriön asetus 1010/2017 2 luku 11§
Sisälämpötila T_s [°C]	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	Suunniteltu sisälämpötila, kun rakennus on lämmitettynä, lämmitysraja 21 °C, Ympäristöministeriön asetus 1010/2017 2 luku 10§
Yläpohjan lämmönläpäisykerroin U [W/(Km²)]	0,13	0,13	0,11	0,16	0,19	0,19	0,13	0,07	Lasketaan U-arvo -välilehdellä
Yläpohjan pinta-ala A [m²]	238	95,0	111	63,4	103	29,0	29,0	73,1	Yläpohjan sisäpinta-ala, vähennetään kattoluukut
Johtumishäviö yläpohjasta Q [kWh]	4753	1879	1872	1607	2932	838	574	749	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Ulkoseinän lämmönläpäisykerroin U [W/(Km²)]	0,58	0,61	0,23	0,93	0,54	0,29	0,22	0,18	Lasketaan U-arvo -välilehdellä
Ulkoseinän pinta-ala A [m²]	200	139	109	106	125	50,0	52,5	94	Ulkoseinien pinta-ala, vähennetään ovet ja ikkunat
Johtumishäviö ulkoseinästä Q [kWh]	17947	13030	3896	15169	10448	2227	1740	2663	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Alapohjan lämmönläpäisykerroin U [W/(Km²)]	0,28	0,23	0,18	0,23	0,23	0,37	0,24	0,18	Lasketaan U-arvo -välilehdellä
Alapohjan pinta-ala A [m²]	238	95,0	111	63,4	103	29,0	29,0	73,1	Alapohjan sisäpinta-ala
Johtumishäviö alapohjasta Q [kWh]	7294	2372	2164	1603	2547	1164	777	1421	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Ikkunoiden lämmönläpäisykerroin U [W/(Km²)]	2,10	2,10	2,10	2,10	1,40	1,00	1,00	1,00	Ympäristöministeriön asetus 1048/2017, liite 1, taulukko 1, oletetaan minimiarvo
Ikkunoiden pinta-ala A [m²]	22,3	14,4	19,3	7,20	11,4	1,08	0,60	3,24	Ikkunoiden pinta-ala, ohjaajarakennukselle vain arvio kuvista
Johtumishäviö ikkunoista Q [kWh]	7199	4645	6219	2322	2451	166	92,2	498	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Ovien lämmönläpäisykerroin U [W/(Km²)]	1,40	1,40	1,40	1,00	1,40	1,00	1,00	1,00	Ympäristöministeriön asetus 1048/2017, liite 1, taulukko 1, oletetaan minimiarvo
Ovien pinta-ala A [m²]	7,77	3,78	6,30	3,99	4,20	6,30	4,20	14,5	Ovien pinta-ala
Johtumishäviö ovista Q [kWh]	1671	813	1355	613	903	968	645	2226	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Viivamaisen kylmäsillan pituus l_k [m]	72,0	49,8	54,0	29	43	21,5	21,5	35,0	Vain yläpohjan = alapohjan kylmäsillan pituus, yksinkertaistettu laskentaa vähentämällä kylmäsillat ikkunoista ja ovista
Yläpohjan kylmäsillan lisäkonduktanssi Ψ_k [W/(Km)]	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	Ympäristöministeriö, 2018, taulukko 3.1.
Alapohjan kylmäsillan lisäkonduktanssi Ψ_k [W/(Km)]	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	Ympäristöministeriö, 2018, taulukko 3.1.
Johtumislämpöhäviö yläpohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	442	306	415	181	264	165	165	269	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviö alapohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	1216	841	829	497	725	330	330	538	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi Q_joht [kWh]	40523	23885	16749	21992	20270	5857	4323	8362	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, ensimmäinen yhtälö 3.3, sivulta 17.)
Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_50 [m³/(m²h)]	5,00	6,00	5,00	5,00	6,00	5,00	4,00	3,00	Ympäristöministeriö, 2018, taulukko 3.5
Rakennusvaipan pinta-ala A_vaippa [m²]	706	348	356	244	346	115	115	258	Rakennusosien pinta-alojen summa
Rakennuksen kerroskerroin x [-]	35,0	24,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.8
Rakennuksen vuotoilmavirta q_v,vuotoilma [m³/s]	0,028	0,024	0,014	0,010	0,016	0,005	0,004	0,006	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.8
Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_vi [kWh]	5166	4448	2604	1788	3041	844	675	1131	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7
Ilmanvaihdon käyttöaste Δt_i/t_a [h/h]	0,22	0,06	0,24	0,19	Ei koneellista	0,20	0,30	1,00	**Muutettava käytön mukaan** Ilmanvaihdon käyttö desimaaleina vuodesta
Ilmanvaihdon käyttötunnit Δt [h]	1945	561	2102	1638	Ilmanvaihtoa	1752	2628	8760	Muuttaa edellisen tunneiksi
Poistoilmavirta q_v,pi [m³/s]	0,095	0,038	0,044	0,025	0,041	0,012	0,012	0,029	Ympäristöministeriön asetus 1010/2017 2 luku 10§, dm³/(sm²) muutetaan muotoon m³/s
Korvausilmavirta q_v,ki [m³/s]	0	0,0024	0	0,0047	0,041	0,0023	0,0035	0,029	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.15, tuloilmavirta oletetaan yhtä suureksi kuin poistoilmavirta, koneellisen tulon rakennuksissa ei korvausilmaa
Sisäänpuhalluslämpötila T_sp [°C]	18,0	3,43	18,0	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	Ympäristöministeriö, 2018, sivu 24, oletetaan koneellisen tuloilman kohteissa sisäänpuhalluslämpötilana käytettävän arvoa 18 °C
Lämpötilan nousu puhaltimessa ΔT_puhallin [°C]	0,50	0	0,50	0	0	0	0	0	Ympäristöministeriö, 2018, sivu 24, oletetaan tuloilmapuhaltimen lämmittävän ilmaa 0,5 °C
Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_iv,korvausilma [kWh]	0	448	0	874	7590	428	641	5392	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.14
Tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_iv,tuloilma [kWh]	666	0	336	0	0	0	0	0	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.13, tuloilman lämpeneminen lasketaan jokaista tuloilmanvaihtokonetta kohden
Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve Q_tila [kWh]	**46356**	**28782**	**19690**	**24654**	**30900**	**7128**	**5639**	**14885**	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.2

Rakennuksen kuluttajakäyttöaste Δt_k/t_a [h/h]	0,37	0,32	0,32	0,34	0,34	0,20	0,30	0,30	**Muutettava käytön mukaan** Rakennusten tosiasiallinen käyttö desimaaleina vuodesta
Kuluttajakäytön käyttötunnit Δt [h]	3241	2803	2803	2978	2978	1752	2628	2628	Muuttaa edellisen tunneiksi
Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus W_kuluttaja [kWh]	**1389**	**479**	**560**	**340**	**552**	**91**	**137**	**346**	Ympäristöministeriön asetus 1010/2017 2 luku 11§, kerrottu pinta-alalla
Valaistuksen sähköenergian kulutus W_valaistus [kWh]	**463**	**160**	**187**	**113**	**184**	**30**	**46**	**115**	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 4.2, LENI-luku Ympäristöministeriön asetus 1010/2017 2 luku 11§
Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarve Q_lkv,netto [kWh]	4200	3325	3885	2220	3603	1015	0	0	Ympäristöministeriön asetus 1010/2017 2 luku 12§
Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöt Q_lkv,v [kWh]	2760	1060	1300	2600	640	640	0	0	Ympäristöministeriön asetus 1048/2017, liite 1, taulukko 8, oletetaan 40 mm eriste lämminvesivaraajille
Säteilyn läpäisyn kokonaiskerroin F_läpäisy [-]	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 5.6, oletetaan, ettei ikkunoille ole varjostuksia tai pysyviä verhoja
Ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin g [-]	0,59	0,59	0,59	0,68	0,59	0,59	0,59	0,50	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 5.5 ja taulukko 5.1
Auringon kokonaissäteily pystypinnoille G_säteily,pystyp [kWh/m²]	418	479	479	479	479	418	418	418	Ympäristöministeriön asetus 1009/2017, liite 1, taulukko L1.3.
Katvelalle, vessarakennukselle, pyykkihuonerakennukselle ja	616	762	762	762	762	616	616	616	Ilmansuuntana itä tai kaakko
huoltorakennukselle ilmansuunnat pohjoinen, itä, etelä ja länsi	812	750	750	750	750	812	812	812	Ilmansuuntana etelä tai lounas
Muille ilmansuunnat koilinen, kaakko, lounas ja luode	605	476	476	476	476	605	605	605	Ilmansuuntana länsi tai luode
Ikkunoiden pinta-alat per ilmansuunta A_ikkuna,is [m²]	2,16	4,68	1,54	3,60	4,80	0,54	0	0,54	Ilmansuuntana pohjoinen tai koilinen
Katvelalle, vessarakennukselle, pyykkihuonerakennukselle ja	7,20	1,08	6,38	0,36	1,80	0	0	1,62	Ilmansuuntana itä tai kaakko
huoltorakennukselle ilmansuunnat pohjoinen, itä, etelä ja länsi	0	5,04	3,86	0,72	4,80	0,54	0,60	1,08	Ilmansuuntana etelä tai lounas
Muille ilmansuunnat koilinen, kaakko, lounas ja luode	12,96	3,60	7,50	2,52	0,00	0	0	0	Ilmansuuntana länsi tai luode
Lämpökuorma ihmisistä Q_henk [kWh]	926	320	373	227	368	61	91	231	Ympäristöministeriön asetus 1010/2017 2 luku 11§, kerrottu pinta-alalla
Lämpökuorma kuluttajalaitteista ja valaistuksesta Q_säh [kWh]	1851	639	747	453	736	122	183	461	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 5.3
Lämpökuorma käyttöveden varastoinnista Q_lkv,var,lk [kWh]	1380	530	650	1300	320	320	0	0	Ympäristöministeriön asetus 1048/2017, sivu 12, puolet lämminvesivaraajan lämpöhäviöistä rakennuksen lämpökuormiin
Lämpökuorma Auringon säteilystä Q_aur [kWh]	5782	3755	5291	1893	3191	291	214	779	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 5.4
Lämpökuormien kokonaismäärä Q_lämpökuorma [kWh]	9939	5244	7062	3873	4615	794	488	1471	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 5.9
Lämpökuormien keskimääräinen hyödyntämisaste η [-]	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälöt 5.11-5.16, hyödyntämisaste vaihtelee merkittävästi kuukausittain, valitaan keskimääräinen oletusarvo
Lämpökuormista hyödyksi saatu energia Q_sis,lämpö [kWh]	**8945**	**4720**	**6355**	**3486**	**4153**	**715**	**439**	**1324**	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 5.10
Tilojen lämmitysenergian nettotarve yhteensä Q_läm,til,netto [kWh]	37411	24062	13334	21169	26747	6413	5200	13561	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.1
Tilojen lämmöntuottojärjestelmän ostoenergiankulutus Q_läm,tilat,kul [kWh/a]	**37411**	**24062**	**13334**	**21169**	**26747**	**6413**	**5200**	**13561**	Oletetaan, että suorasähkölämmityksessä kaikki sähköenergia muuttuu lämmöksi, η = 1
Lämmönjakojärjestelmien apulaitteiden ominaiskulutus e_tilat [kWh/(m²a)]	1,50	2,50	1,50	1,50	1,50	0,50	1,00	0,50	Ympäristöministeriön asetus 1048/2017, liite 1, taulukko 9, huomio, katso näiden laskujen liite
Tilojen lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus W_tilat [kWh/a]	**357**	**238**	**167**	**95**	**154**	**15**	**29**	**37**	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 6.19
Lämpimän käyttöveden jakelun hyötysuhde η_lkv,siirto [-]	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	Ympäristöministeriön asetus 1048/2017, liite 1, taulukko 5, oletetaan käyttöveden jakelun tapahtuvan suojaputkessa
Käyttöveden lämmityksen lämpöenergian kulutus Q_läm,lkv [kWh/a]	7701	4972	5871	5212	4879	1834	0	0	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 6.20
Käyttöveden lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutus Q_läm,lkv,kul [kWh/a]	**7701**	**4972**	**5871**	**5212**	**4879**	**1834**	**0**	**0**	Oletetaan, että lämminvesivaraajan lämmityksen kaikki sähköenergia muuttuu lämmöksi, η = 1
Ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus W_iv [kWh/a]	**333**	**19**	**168**	**37**	**0**	**18**	**27**	**231**	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 8.1, oletetaan maksimaaliset ominaissähkötehot
Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve Q_iv [kWh]	3117	0	1572	0	0	0	0	0	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.10, T_lto = T_u
Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutus Q_läm,iv [kWh/a]	**3117**	**0**	**1572**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	Oletetaan, että tuloilmanvaihdossa kaikki sähköenergia muuttuu lämmöksi, η = 1
Ilmalämpöpumpun osuus tilojen lämmityksessä Q_lp/Q_läm,tilat,kul [-]	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	Ei ILP	Ei ILP	Ei ILP	**Muutettava käytön mukaan** Ilmalämpöpumpun käyttöaste desimaaleina tilojen lämmityksessä
Ilmalämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia Q_lp [kWh/a]	**18705**	**12031**	**6667**	**10584**	**13373**	**0**	**0**	**0**	Ympäristöministeriö, 2018, taulukko 7.6
Ilmalämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus W_lp [kWh/a]	**6681**	**4297**	**2381**	**3780**	**4776**	**0**	**0**	**0**	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 7.8
Rakennuksen kokonaisostoenergiankulutus lämmitykseen Q_läm,tot [kWh/a]	**29524**	**17003**	**14109**	**15796**	**18253**	**8248**	**5200**	**13561**	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 7.1 sekä taulukko 7.1
Rakennuksen sähkönkulutus W_summa [kWh/a]	**9222**	**5193**	**3462**	**4366**	**5667**	**155**	**239**	**729**	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 7.3
Rakennuksen kokonaisostoenergiankulutus sähköenergiaa E_tot [kWh/a]	**38746**	**22195**	**17572**	**20162**	**23919**	**8402**	**5439**	**14290**	W_tot = Q_läm,tot + W_läm,töt
Sähköenergian ostoenergiankulutus E_tot [kWh/(m²a)]	163	234	158	318	232	290	188	195	w_tot = W_tot/A
Sähkönkulutuksen aiheuttama kokonaisenergiankulutus E_tot,cor [kWh/a]	46495	26634	21086	24194	28703	10083	6527	17148	Ympäristöministeriön asetus 1048/2017, liite 1, sivut 4-5, suorasähkökerroin 1,2
Sähkönkulutuksen aiheuttama kokonaisenergiankulutus E_tot,cor [kWh/m²a]	195	280	190	381	279	348	225	234	Ympäristöministeriön asetus 1048/2017, liite 1, sivut 4-5, suorasähkökerroin 1,2
Energialuokan alaraja [kWh/(m²a)]	156	275	185	294	270	315	198	208	Ympäristöministeriön asetus 1048/2017, liite 2, sivu 22
Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku E [kWh/(m²a)]	**195**	**280**	**190**	**381**	**279**	**348**	**225**	**234**	**Laskennan tulos, E-luku**
Energialuokan yläraja [kWh/(m²a)]	236	405	265	424	400	445	235	288	Ympäristöministeriön asetus 1048/2017, liite 2, sivu 22
Energialuokitus A-G	**D**	**E**	**D**	**E**	**E**	**E**	**C**	**D**	Rakennuksen energialuokitus

Lämmöntalteenoton hyödyntäminen ilmanvaihdossa									
Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde η_a	0,50	0	0,50	0	0	0	0	0	Ympäristöministeriö, 2018, taulukko 3.6, lämmönsiirtimen hyötysuhde oletettu ristivirtalevylämmönsiirtimestä
Lämmöntalteenotolla talteenotettu teho Φ_lto [W]	223	0	112	0	0	0	0	0	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.12
Lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila T_lto [°C]	12,2	0	12,2	0	0	0	0	0	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.11
Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve LTO Q_iv [kWh]	1186	0	598	0	0	0	0	0	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.10
Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän ostoenergiankulutus LTO Q_läm,iv,LTO [kWh/a]	1186	0	598	0	0	0	0	0	Oletetaan, että tuloilmanvaihdossa kaikki sähköenergia muuttuu lämmöksi, η = 1
Rakennuksen kokonaisenergiankulutus lämmitykseen LTO Q_läm,tot,LTO [kWh/a]	27593	0	13136	0	0	0	0	0	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 7.1 sekä taulukko 7.1
Energialuokan alaraja [kWh/(m²a)]	156	Ei talteenottoa	148	Ei talteenottoa	Ei talteenottoa	Ei talteenottoa	Ei talteenottoa	Ei talteenottoa	Ympäristöministeriön asetus 1048/2017, liite 2, sivu 22
Rakennuksen laskennallinen E-luku lämmöntalteenotolla E_LTO [kWh/(m²a)]	**186**	**0**	**179**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**Laskennan tulos, E-luku, lämmöntalteenotolla**
Energialuokan yläraja [kWh/(m²a)]	236	0	185	0	0	0	0	0	Ympäristöministeriön asetus 1048/2017, liite 2, sivu 22
Energialuokitus A-G	**D**	**Ei talteenottoa**	**C**	**Ei talteenottoa**	**Ei talteenottoa**	**Ei talteenottoa**	**Ei talteenottoa**	**Ei talteenottoa**	Rakennuksen energialuokitus, lämmöntalteenotolla
									Lähteet
									Ilmatieteen laitos, 2025, Havaintojen lataus, kuukausihavainnot kuukauden keskilämpötilasta sekä hetkellishavainnot suhteellisesta kosteudesta, Helsinki, Ilmatieteen laitos, [tutkimusaineisto], [viitattu 12.11.2025]
									Ympäristöministeriö, 2018, Energiatehokkuus, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, Suomen rakentamismääräyskokoelma, [e-artikkeli], [viitattu 3.12.2025], Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/16484/Energiatehokkuus_-_Rakennuksen_energiankulutuksen_ja_lammitystehontarpeen_laskenta.pdf
									Ympäristöministeriön asetus 1009/2017, Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta, [asetus], [viitattu 8.12.2025], Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2017/1009
									Ympäristöministeriön asetus 1010/2017, Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta, [asetus], [viitattu 3.12.2025], Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2017/1010
									Ympäristöministeriön asetus 1048/2017, Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuudesta, [asetus], [viitattu 3.12.2025], Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2017/1048
									Ohjeita laskentaan löytyy Motivan sivuilta https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/energiatodistusten_laatijat/energiatodistusten_laskentaohjeet_2018
									Liite
									Liitettä hyödynnetään lämmönjakojärjestelmien apulaitteiden ominaiskulutuksen määrittelyssä
									Katvelassa oletetaan sähköpatteri-, sähköinen lattia- ja ilmalämpöpumppulämmitys
									Ohjaajarakennuksessa oletetaan sähköinen katto-, sähköpatteri-, sähköinen lattia-, ilmalämpöpumppu- ja erikoisvalaisinlämmitys
									Keittiörakennuksessa sähköpatteri-, sähköinen lattia- ja ilmalämpöpumppulämmitys
									Rantasauna-takkatupa-rakennuksessa sähköpatteri-, sähköinen lattia- ja ilmalämpöpumppulämmitys
									Harrastetilassa sähköpatteri-, sähköinen lattia- ja ilmalämpöpumppulämmitys
									Vessarakennuksessa sähköinen lattialämmitys
									Pyykkihuonerakennuksessa sähköinen lattia- ja puhallinlämmitys
									Huoltorakennuksessa sähköinen lattialämmitys

Aputaulukko kuukausittaisten arvojen laskentaan	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Summa	
Keskimääräinen ulkolämpötila [°C]	-8,00	-7,10	-3,53	2,42	8,84	13,39	15,76	13,76	9,18	4,07	-1,76	-5,92	3,43	Ympäristöministeriön asetus 1009/2017, liite 1, taulukko L1.3.
Maan vuosi- ja kuukausilämpötilan erotus [°C]	0	-1	-2	-3	-3	-2	0	1	2	3	3	2	0	Ympäristöministeriö, 2018, taulukko 3.4
Maaperän kuukausittainen keskilämpötila T_maa [°C]	-3,00	-3,10	-0,53	4,42	10,84	16,39	20,76	19,76	16,18	12,07	6,24	1,08	8,43	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.6
Lämmityksen käyttöaste Δt_l/t_a [h/h]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Rakennuksen lämpimänä pidettävä aika kuukaudesta desimaaleina
Lämmityksen käyttötunnit Δt [h]	744	678	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	8766	Muuttaa edellisen tunneiksi, Ympäristöministeriön asetus 1010/2017 2 luku 11§
Katvela														
Johtumishäviö yläpohjasta Q [kWh]	668	590	565	414	280	170	121	167	263	390	507	620	4753	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ulkoseinästä Q [kWh]	2521	2226	2133	1563	1057	640	456	629	994	1472	1915	2340	17947	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö alapohjasta Q [kWh]	1187	1087	1065	794	503	221	12	61	231	442	707	986	7294	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ikkunoista Q [kWh]	1011	893	855	627	424	257	183	252	399	590	768	939	7199	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ovista Q [kWh]	235	207	199	146	98	60	42	59	93	137	178	218	1671	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumislämpöhäviö yläpohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	62,1	54,9	52,6	38,5	26,1	15,8	11,2	15,5	24,5	36,3	47,2	57,7	442	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviö alapohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	170,9	150,9	144,5	106,0	71,7	43,4	30,9	42,7	67,4	99,8	129,8	158,6	1216	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_vi [kWh]	726	641	614	450	304	184	131	181	286	424	551	674	5166	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7
Ilmanvaihdon käyttöaste Δt_i/t_a [h/h]	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	**Muutettava käytön mukaan** Ilmanvaihdon käyttö desimaaleina kuukaudessa
Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve Q_iv [kWh]	481	423	397	275	163	75	33	71	152	253	352	442	3117	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.10, T_lto = T_u
Lämmöntalteenotolla talteenotettu keskimääräinen teho Φ_lto [W]	368	356	311	236	154	96	66	92	150	215	289	341	223	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.12
Lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila T_lto [°C]	6,5	7,0	8,7	11,7	14,9	17,2	18,4	17,4	15,1	12,5	9,6	7,5	12,2	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.11
Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve LTO Q_iv [kWh]	208	181	165	106	49	6	0	2	44	94	144	188	1186	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.10
Lämmöntalteenoton kuukausittainen säästö Q_LTO,säästö [kWh]	274	242	231	170	115	69	33	68	108	160	208	254	1931	Q_iv - Q_iv;LTO
Ohjaajarakennus														
Johtumishäviö yläpohjasta Q [kWh]	264	233	223	164	111	67	48	66	104	154	200	245	1879	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ulkoseinästä Q [kWh]	1830	1616	1548	1135	767	465	331	457	722	1069	1390	1699	13030	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö alapohjasta Q [kWh]	386	353	346	258	163	72	4	20	75	144	230	320	2372	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ikkunoista Q [kWh]	652	576	552	405	274	166	118	163	257	381	496	606	4645	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ovista Q [kWh]	114	101	97	71	48	29	21	29	45	67	87	106	813	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumislämpöhäviö yläpohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	43,0	37,9	36,3	26,6	18,0	10,9	7,8	10,7	16,9	25,1	32,6	39,9	306	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviö alapohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	118,1	104,3	99,9	73,3	49,5	30,0	21,3	29,5	46,6	69,0	89,7	109,7	841	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_vi [kWh]	625	552	529	387	262	159	113	156	246	365	475	580	4448	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7
Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_iv;korvausilma [kWh]	63	56	53	39	26	16	11	16	25	37	48	58	448	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.14
Keittiörakennus														
Johtumishäviö yläpohjasta Q [kWh]	263	232	222	163	110	67	48	66	104	154	200	244	1872	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ulkoseinästä Q [kWh]	547	483	463	339	229	139	99	137	216	320	416	508	3896	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö alapohjasta Q [kWh]	352	322	316	236	149	65	4	18	68	131	210	292	2164	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ikkunoista Q [kWh]	874	771	739	542	366	222	158	218	345	510	663	811	6219	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ovista Q [kWh]	190	168	161	118	80	48	34	48	75	111	145	177	1355	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumislämpöhäviö yläpohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	58,3	51,4	49,3	36,1	24,4	14,8	10,5	14,5	23,0	34,0	44,2	54,1	415	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviö alapohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	116,5	102,9	98,6	72,2	48,9	29,6	21,1	29,1	46,0	68,0	88,5	108,2	829	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_vi [kWh]	366	323	309	227	153	93	66	91	144	214	278	340	2604	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7
Ilmanvaihdon käyttöaste Δt_i/t_a [h/h]	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	**Muutettava käytön mukaan** Ilmanvaihdon käyttö desimaaleina kuukaudessa
Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve Q_iv [kWh]	243	213	200	139	82	38	17	36	77	128	177	223	1572	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.10, T_lto = T_u
Lämmöntalteenotolla talteenotettu keskimääräinen teho Φ_lto [W]	185	180	157	119	78	49	34	46	76	108	146	172	112	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.12
Lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila T_lto [°C]	6,5	7,0	8,7	11,7	14,9	17,2	18,4	17,4	15,1	12,5	9,6	7,5	12,2	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.11
Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve LTO Q_iv [kWh]	105	91	83	53	25	3	0	1	22	47	73	95	598	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.10
Lämmöntalteenoton kuukausittainen säästö Q_LTO,säästö [kWh]	138	122	117	86	58	35	17	34	54	81	105	128	974	Q_iv - Q_iv;LTO

Aputaulukko kuukausittaisten arvojen laskentaan	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Summa	
Rantasauna ja takkatupa														
Johtumishäviö yläpohjasta Q [kWh]	226	199	191	140	95	57	41	56	89	132	171	210	1607	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ulkoseinästä Q [kWh]	2131	1882	1802	1321	894	541	385	532	841	1244	1618	1978	15169	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö alapohjasta Q [kWh]	261	239	234	174	110	49	3	13	51	97	155	217	1603	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ikkunoista Q [kWh]	326	288	276	202	137	83	59	81	129	190	248	303	2322	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ovista Q [kWh]	86	76	73	53	36	22	16	21	34	50	65	80	613	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumislämpöhäviö yläpohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	25,4	22,4	21,5	15,7	10,6	6,4	4,6	6,3	10,0	14,8	19,3	23,6	181	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviö alapohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	69,8	61,6	59,0	43,3	29,3	17,7	12,6	17,4	27,5	40,7	53,0	64,8	497	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_vi [kWh]	251	222	212	156	105	64	45	63	99	147	191	233	1788	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7
Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_iv,korvausilma [kWh]	123	108	104	76	52	31	22	31	48	72	93	114	874	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.14
Harrastetila														
Johtumishäviö yläpohjasta Q [kWh]	412	364	348	255	173	105	74	103	162	240	313	382	2932	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ulkoseinästä Q [kWh]	1468	1296	1241	910	615	373	265	366	579	857	1115	1362	10448	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö alapohjasta Q [kWh]	415	379	372	277	176	77	4	21	81	154	247	344	2547	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ikkunoista Q [kWh]	344	304	291	214	144	87	62	86	136	201	262	320	2451	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ovista Q [kWh]	127	112	107	79	53	32	23	32	50	74	96	118	903	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumislämpöhäviö yläpohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	37,0	32,7	31,3	23,0	15,5	9,4	6,7	9,2	14,6	21,6	28,1	34,4	264	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviö alapohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	101,8	89,9	86,1	63,1	42,7	25,9	18,4	25,4	40,2	59,4	77,3	94,5	725	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_vi [kWh]	427	377	361	265	179	108	77	107	168	249	324	396	3041	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7
Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_iv,korvausilma [kWh]	1066	941	902	661	447	271	193	266	421	622	810	990	7590	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.14
Vessarakennus														
Johtumishäviö yläpohjasta Q [kWh]	118	104	100	73	49	30	21	29	46	69	89	109	838	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ulkoseinästä Q [kWh]	313	276	265	194	131	79	57	78	123	183	238	290	2227	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö alapohjasta Q [kWh]	189	173	170	127	80	35	2	10	37	70	113	157	1164	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ikkunoista Q [kWh]	23	21	20	14	10	6	4	6	9	14	18	22	166	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ovista Q [kWh]	136	120	115	84	57	35	25	34	54	79	103	126	968	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumislämpöhäviö yläpohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	23,2	20,5	19,6	14,4	9,7	5,9	4,2	5,8	9,1	13,5	17,6	21,5	165	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviö alapohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	46,4	41,0	39,2	28,8	19,5	11,8	8,4	11,6	18,3	27,1	35,2	43,1	330	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_vi [kWh]	119	105	100	73	50	30	21	30	47	69	90	110	844	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7
Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_iv,korvausilma [kWh]	60	53	51	37	25	15	11	15	24	35	46	56	428	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.14
Pyykkihuonerakennus														
Johtumishäviö yläpohjasta Q [kWh]	81	71	68	50	34	20	15	20	32	47	61	75	574	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ulkoseinästä Q [kWh]	244	216	207	152	102	62	44	61	96	143	186	227	1740	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö alapohjasta Q [kWh]	126	116	113	85	54	24	1	7	25	47	75	105	777	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ikkunoista Q [kWh]	13	11	11	8	5	3	2	3	5	8	10	12	92	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ovista Q [kWh]	91	80	77	56	38	23	16	23	36	53	69	84	645	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumislämpöhäviö yläpohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	23,2	20,5	19,6	14,4	9,7	5,9	4,2	5,8	9,1	13,5	17,6	21,5	165	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviö alapohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	46,4	41,0	39,2	28,8	19,5	11,8	8,4	11,6	18,3	27,1	35,2	43,1	330	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_vi [kWh]	95	84	80	59	40	24	17	24	37	55	72	88	675	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7
Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_iv,korvausilma [kWh]	90	80	76	56	38	23	16	22	36	53	68	84	641	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.14
Huoltorakennus														
Johtumishäviö yläpohjasta Q [kWh]	105	93	89	65	44	27	19	26	41	61	80	98	749	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ulkoseinästä Q [kWh]	374	330	316	232	157	95	68	93	148	218	284	347	2663	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö alapohjasta Q [kWh]	231	212	207	155	98	43	2	12	45	86	138	192	1421	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ikkunoista Q [kWh]	70	62	59	43	29	18	13	17	28	41	53	65	498	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ovista Q [kWh]	313	276	264	194	131	79	56	78	123	183	237	290	2226	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumislämpöhäviö yläpohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	37,8	33,3	31,9	23,4	15,8	9,6	6,8	9,4	14,9	22,0	28,7	35,0	269	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviö alapohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	75,5	66,7	63,9	46,8	31,7	19,2	13,6	18,9	29,8	44,1	57,4	70,1	538	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_vi [kWh]	159	140	134	99	67	40	29	40	63	93	121	148	1131	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7
Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_iv,korvausilma [kWh]	757	669	641	470	318	192	137	189	299	442	575	703	5392	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.14

Lämmönläpäisykertoimen eli U-arvon laskennan tulokset Multamäen leirikeskuksen rakennusosille

	Yläpohja [W/(Km²)]	Ulkoseinä [W/(Km²)]	Alapohja [W/(Km²)]
Katvela	**0,13**	**0,58**	**0,28**
Ohjaajarakennus	**0,13**	**0,61**	**0,23**
Keittiörakennus	**0,11**	**0,23**	**0,18**
Rantasauna ja takkatupa	**0,16**	**0,93**	**0,23**
Harrastetila	**0,19**	**0,54**	**0,23**
Vessarakennus	**0,19**	**0,29**	**0,37**
Pyykkihuonerakennus	**0,13**	**0,22**	**0,24**
Huoltorakennus	**0,07**	**0,18**	**0,18**

Rakennuksen laskennallisen energiantehokkuuden vertailuluvun eli E-luvun tulokset Multamäen rakennuksille

	E-luku [kWh/(m²a)]	Energialuokan alaraja [kWh/(m²a)]	Energialuokan yläraja [kWh/(m²a)]	Energia-luokitus A-G
Katvela	**195**	**156**	**236**	**D**
Ohjaajarakennus	**280**	**275**	**405**	**E**
Keittiörakennus	**190**	**185**	**265**	**D**
Rantasauna ja takkatupa	**381**	**294**	**424**	**E**
Harrastetila	**279**	**270**	**400**	**E**
Vessarakennus	**348**	**315**	**445**	**E**
Pyykkihuonerakennus	**225**	**198**	**235**	**C**
Huoltorakennus	**234**	**208**	**288**	**D**

Huomioi, että tulokset eivät ole virallisen energiatodistuksen luokituksia

Laskennan tärkeimmät välivaiheet

Lämmitysenergia	Katvela	Ohjaaja-rakennus	Keittiö-rakennus	Rantasauna ja takkatupa	Harraste-tila	Vessa-rakennus	Pyykki-huone-rakennus	Huolto-rakennus
Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve Q_tila [kWh/a]	46356	28782	19690	24654	30900	7128	5639	14885
Lämpökuormista hyödyksi saatu energia Q_sis,lämpö [kWh/a]	8945	4720	6355	3486	4153	715	439	1324
Tilojen lämmöntuottojärjestelmän energiankulutus Q_läm,tilat,kul [kWh/a]	37411	24062	13334	21169	26747	6413	5200	13561
Ilmalämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia Q_lp [kWh/a]	18705	12031	6667	10584	13373	0	0	0
Käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus Q_läm,lkv,kul [kWh/a]	7701	4972	5871	5212	4879	1834	0	0
Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän energiankulutus Q_läm,iv [kWh/a]	3117	0	1572	0	0	0	0	0
Rakennuksen kokonaisenergiankulutus lämmitykseen Q_läm,tot [kWh/a]	29524	17003	14109	15796	18253	8248	5200	13561
Sähköenergia								
Kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus W_kuluttaja [kWh/a]	1389	479	560	340	552	91	137	346
Valaistuksen sähköenergian kulutus W_valaistus [kWh/a]	463	160	187	113	184	30	46	115
Tilojen lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähkönkulutus W_tilat [kWh/a]	357	238	167	95	154	15	29	37
Ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutus W_iv [kWh/a]	333	19	168	37	0	18	27	231
Ilmalämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus W_lp [kWh/a]	6681	4297	2381	3780	4776	0	0	0
Rakennuksen sähkönkulutuksen summa W_summa [kWh/a]	9222	5193	3462	4366	5667	155	239	729
Kokonaisenergia								
Rakennuksen kokonaisenergiankulutus E_tot [kWh/a]	38746	22195	17572	20162	23919	8402	5439	14290
E-luku [kWh/(m²a)]	195	280	190	381	279	348	225	234

Liite 11. Talviaikaisen rakennusten osatehoisen lämmityksen energiansäästölaskenta

Osalämmityksen vaikutus energiankulutukseen	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Summa	
Keskimääräinen ulkolämpötila [°C]	-8,00	-7,10	-3,53	2,42	8,84	13,39	15,76	13,76	9,18	4,07	-1,76	-5,92	3,43	Ympäristöministeriön asetus 1009/2017, liite 1, taulukko L1.3.
Maan vuosi- ja kuukausilämpötilan erotus [°C]	0	-1	-2	-3	-3	-2	0	1	2	3	3	2	0	Ympäristöministeriö, 2018, taulukko 3.4
Maaperän kuukausittainen keskilämpötila T_maa [°C]	-3,00	-3,10	-0,53	4,42	10,84	16,39	20,76	19,76	16,18	12,07	6,24	1,08	8,43	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.6
Lämmityksen käyttöaste Δt_l/t_a [h/h]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Rakennuksen lämpimänä pidettävä aika kuukaudesta desimaaleina
Lämmityksen käyttötunnit Δt [h]	744	678	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	8766	Muuttaa edellisen tunneiksi, Ympäristöministeriön asetus 1010/2017 2 luku 11§
Katvela														
Sisälämpötila T_s [°C]	7,0	7,0	7,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	17,5	**Muutettava käytön mukaan** sisätilan lämpötila 21 °C, kun tila lämmitettynä, puolilämpimälle kaudelle minimissään 5 °C
Johtumishäviö yläpohjasta Q [kWh]	345	296	242	414	280	170	121	167	263	390	507	620	3814	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ulkoseinästä Q [kWh]	1304	1117	915	1563	1057	640	456	629	994	1472	1915	2340	14404	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö alapohjasta Q [kWh]	495	455	373	794	503	221	12	61	231	442	707	986	5278	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ikkunoista Q [kWh]	523	448	367	627	424	257	183	252	399	590	768	939	5778	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ovista Q [kWh]	121	104	85	146	98	60	42	59	93	137	178	218	1341	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumislämpöhäviö yläpohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	32,1	27,5	22,6	38,5	26,1	15,8	11,2	15,5	24,5	36,3	47,2	57,7	355	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviö alapohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	88,4	75,7	62,0	106,0	71,7	43,4	30,9	42,7	67,4	99,8	129,8	158,6	976	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi Q_joht [kWh]	2909	2524	2067	3688	2460	1406	855	1227	2072	3167	4252	5319	31946	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, ensimmäinen yhtälö 3.3, sivulta 17.)
Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_vi [kWh]	375	322	264	450	304	184	131	181	286	424	551	674	4146	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7
Ilmanvaihdon käyttöaste Δt_i/t_a [h/h]	0,00	0,00	0,00	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,22	**Muutettava käytön mukaan** Ilmanvaihdon käyttö desimaaleina kuukaudessa
Tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_iv,tuloilma [kWh]	0	0	0	72	74	72	74	74	72	74	72	74	656	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.13, tuloilman lämpeneminen lasketaan jokaista tuloilmanvaihtokonetta kohden
Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve Q_iv [kWh]	0	0	0	360	213	98	43	92	198	331	459	577	2372	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.10, T_lto = T_u
Lämmöntalteenotolla talteenotettu keskimääräinen teho Φ_lto [W]	0	0	0	308	201	126	87	120	196	280	377	446	178	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.12
Lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila T_lto [°C]	0,0	0,0	0,0	11,7	14,9	17,2	18,4	17,4	15,1	12,5	9,6	7,5	10,4	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.11
Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve LTO Q_iv [kWh]	0	0	0	138	64	7	0	3	57	122	188	245	825	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.10
Lämmöntalteenotolla saatava kuukausittainen säästö Q_LTO,säästö [kWh]	0	0	0	222	150	91	43	89	141	209	271	332	1547	Q_iv - Q_iv,LTO
Lämpötiloista riippuvainen energiantarve ilman energiansäästöä E_T [kWh]	7062	6272	6024	4413	2928	1665	1019	1478	2510	3844	5155	6434	48806	Q_joht + Q_vi + Q_iv,korvausilma + Q_iv
Kuukausittainen energiansäästö osalämmityksellä E_T,säästö [kWh]	3778	3427	3693	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10898	Kuukausittainen energiansäästö, mikäli rakennuksen sisälämpötila pudotetaan puolilämpimän tilan lämpötilaan < 18 °C
Ohjaajarakennus														
Sisälämpötila T_s [°C]	7,0	7,0	7,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	17,50	**Muutettava käytön mukaan** sisätilan lämpötila 21 °C, kun tila lämmitettynä, puolilämpimälle kaudelle minimissään 5 °C
Johtumishäviö yläpohjasta Q [kWh]	137	117	96	164	111	67	48	66	104	154	200	245	1508	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ulkoseinästä Q [kWh]	947	811	665	1135	767	465	331	457	722	1069	1390	1699	10457	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö alapohjasta Q [kWh]	161	148	121	258	163	72	4	20	75	144	230	320	1716	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ikkunoista Q [kWh]	337	289	237	405	274	166	118	163	257	381	496	606	3728	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ovista Q [kWh]	59	51	41	71	48	29	21	29	45	67	87	106	652	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumislämpöhäviö yläpohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	22,2	19,0	15,6	26,6	18,0	10,9	7,8	10,7	16,9	25,1	32,6	39,9	245	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviö alapohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	61,1	52,3	42,9	73,3	49,5	30,0	21,3	29,5	46,6	69,0	89,7	109,7	675	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi Q_joht [kWh]	1724	1487	1218	2132	1431	839	550	774	1267	1908	2525	3126	18982	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, ensimmäinen yhtälö 3.3, sivulta 17.)
Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_vi [kWh]	323	277	227	387	262	159	113	156	246	365	475	580	3570	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7
Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_iv,korvausilma [kWh]	33	28	23	39	26	16	11	16	25	37	48	58	360	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.14
Lämpötiloista riippuvainen energiantarve ilman energiansäästöä E_T [kWh]	4096	3629	3485	2558	1719	1014	674	946	1538	2310	3048	3764	28782	Q_joht + Q_vi + Q_iv,korvausilma + Q_iv
Kuukausittainen energiansäästö osalämmityksellä E_T,säästö [kWh]	2016	1837	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5870	Kuukausittainen energiansäästö, mikäli rakennuksen sisälämpötila pudotetaan puolilämpimän tilan lämpötilaan < 18 °C

Osalämmityksen vaikutus energiankulutukseen	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Summa	
Keittiörakennus														
Sisälämpötila T_s [°C]	7,0	7,0	7,0	7,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	7,0	7,0	7,0	12,83	**Muutettava käytön mukaan** sisätilan lämpötila 21 °C, kun tila lämmitettynä, puolilämpimälle kaudelle minimissään 5 °C
Johtumishäviö yläpohjasta Q [kWh]	136	117	95	40	110	67	48	66	104	27	77	117	1003	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ulkoseinästä Q [kWh]	283	242	199	84	229	139	99	137	216	55	160	244	2087	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö alapohjasta Q [kWh]	147	135	111	37	149	65	4	18	68	-74	11	87	757	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ikkunoista Q [kWh]	452	387	317	134	366	222	158	218	345	88	255	389	3331	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ovista Q [kWh]	98	84	69	29	80	48	34	48	75	19	56	85	726	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumislämpöhäviö yläpohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	30,1	25,8	21,2	8,9	24,4	14,8	10,5	14,5	23,0	5,9	17,0	26,0	222	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviö alapohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	60,3	51,6	42,3	17,8	48,9	29,6	21,1	29,1	46,0	11,8	34,1	51,9	444	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi Q_joht [kWh]	1207	1043	854	350	1008	586	374	530	877	133	610	1000	8570	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, ensimmäinen yhtälö 3.3, sivulta 17.)
Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_vi [kWh]	366	323	309	227	153	93	66	91	144	214	278	340	2604	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7
Ilmanvaihdon käyttöaste Δt_i/t_a [h/h]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,00	0,00	0,00	0,24	**Muutettava käytön mukaan** Ilmanvaihdon käyttö desimaaleina kuukaudessa
Tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_iv,tuloilma [kWh]	0	0	0	0	68	66	68	68	66	0	0	0	337	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.13, tuloilman lämpeneminen lasketaan jokaista tuloilmanvaihtokonetta kohden
Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve Q_iv [kWh]	0	0	0	0	197	91	40	85	184	0	0	0	596	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.10, T_lto = T_u
Lämmöntalteenotolla talteenotettu keskimääräinen teho Φ_lto [W]	0	0	0	0	186	117	80	111	181	0	0	0	56	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.12
Lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila T_lto [°C]	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	17,2	18,4	17,4	15,1	0,0	0,0	0,0	6,9	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.11
Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve LTO Q_iv [kWh]	0	0	0	0	59	7	0	3	53	0	0	0	121	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.10
Lämmöntalteenoton kuukausittainen säästö Q_LTO,säästö [kWh]	0	0	0	0	139	84	40	83	130	0	0	0	475	Q_iv - Q_iv,LTO
Lämpötiloista riippuvainen energiantarve ilman energiansäästöä E_T [kWh]	3010	2668	2559	1872	1244	717	456	657	1098	1669	2221	2757	20925	Q_joht + Q_vi + Q_iv,korvausilma + Q_iv
Kuukausittainen energiansäästö osalämmityksellä E_T,säästö [kWh]	1437	1302	1395	1295	0	0	0	0	0	1322	1333	1417	9502	Kuukausittainen energiansäästö, mikäli rakennuksen sisälämpötila pudotetaan puolilämpimän tilan lämpötilaan < 18 °C
Rantasauna ja takkatupa														
Sisälämpötila T_s [°C]	7,0	7,0	7,0	7,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	7,0	7,0	7,0	12,83	**Muutettava käytön mukaan** sisätilan lämpötila 21 °C, kun tila lämmitettynä, puolilämpimälle kaudelle minimissään 5 °C
Johtumishäviö yläpohjasta Q [kWh]	117	100	82	35	95	57	41	56	89	23	66	101	861	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ulkoseinästä Q [kWh]	1102	944	774	326	894	541	385	532	841	215	623	949	8126	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö alapohjasta Q [kWh]	109	100	82	27	110	49	3	13	51	-55	8	64	561	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ikkunoista Q [kWh]	169	145	118	50	137	83	59	81	129	33	95	145	1244	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ovista Q [kWh]	45	38	31	13	36	22	16	21	34	9	25	38	328	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumislämpöhäviö yläpohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	13,1	11,2	9,2	3,9	10,6	6,4	4,6	6,3	10,0	2,6	7,4	11,3	97	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviö alapohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	36,1	30,9	25,3	10,7	29,3	17,7	12,6	17,4	27,5	7,0	20,4	31,1	266	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi Q_joht [kWh]	1590	1369	1122	465	1311	776	520	729	1180	234	845	1340	11482	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, ensimmäinen yhtälö 3.3, sivulta 17.)
Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_vi [kWh]	130	111	91	38	105	64	45	63	99	25	73	112	958	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7
Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_iv,korvausilma [kWh]	64	54	45	19	52	31	22	31	48	12	36	55	468	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.14
Lämpötiloista riippuvainen energiantarve ilman energiansäästöä E_T [kWh]	3499	3098	2973	2182	1468	871	588	822	1328	1988	2615	3223	24654	Q_joht + Q_vi + Q_iv,korvausilma + Q_iv
Kuukausittainen energiansäästö osalämmityksellä E_T,säästö [kWh]	1715	1563	1715	1660	0	0	0	0	0	1715	1660	1715	11746	Kuukausittainen energiansäästö, mikäli rakennuksen sisälämpötila pudotetaan puolilämpimän tilan lämpötilaan < 18 °C
Harrastetila														
Sisälämpötila T_s [°C]	7,0	7,0	7,0	7,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	7,0	7,0	7,0	12,83	**Muutettava käytön mukaan** sisätilan lämpötila 21 °C, kun tila lämmitettynä, puolilämpimälle kaudelle minimissään 5 °C
Johtumishäviö yläpohjasta Q [kWh]	213	182	150	63	173	105	74	103	162	42	120	183	1570	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ulkoseinästä Q [kWh]	759	650	533	224	615	373	265	366	579	148	429	654	5597	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö alapohjasta Q [kWh]	173	159	130	43	176	77	4	21	81	-88	13	102	891	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ikkunoista Q [kWh]	178	153	125	53	144	87	62	86	136	35	101	153	1313	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ovista Q [kWh]	66	56	46	19	53	32	23	32	50	13	37	57	484	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumislämpöhäviö yläpohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	19,2	16,4	13,4	5,7	15,5	9,4	6,7	9,2	14,6	3,7	10,8	16,5	141	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviö alapohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	52,7	45,1	37,0	15,6	42,7	25,9	18,4	25,4	40,2	10,3	29,8	45,4	388	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi Q_joht [kWh]	1461	1262	1034	424	1219	709	454	643	1063	164	740	1211	10385	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, ensimmäinen yhtälö 3.3, sivulta 17.)
Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_vi [kWh]	221	189	155	65	179	108	77	107	168	43	125	190	1629	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7
Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_iv,korvausilma [kWh]	551	472	387	163	447	271	193	266	421	108	312	475	4066	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.14
Lämpötiloista riippuvainen energiantarve ilman energiansäästöä E_T [kWh]	4398	3896	3741	2747	1846	1089	724	1016	1652	2480	3272	4041	30900	Q_joht + Q_vi + Q_iv,korvausilma + Q_iv
Kuukausittainen energiansäästö osalämmityksellä E_T,säästö [kWh]	2165	1973	2165	2095	0	0	0	0	0	2165	2095	2165	14821	Kuukausittainen energiansäästö, mikäli rakennuksen sisälämpötila pudotetaan puolilämpimän tilan lämpötilaan < 18 °C

Osalämmityksen vaikutus energiankulutukseen	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Summa	
Vessarakennus														
Sisälämpötila T_s [°C]	7,0	7,0	7,0	7,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	7,0	7,0	7,0	12,83	**Muutettava käytön mukaan** sisätilan lämpötila 21 °C, kun tila lämmitettynä, puolilämpimälle kaudelle minimissään 5 °C
Johtumishäviö yläpohjasta Q [kWh]	61	52	43	18	49	30	21	29	46	12	34	52	449	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ulkoseinästä Q [kWh]	162	139	114	48	131	79	57	78	123	32	91	139	1193	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö alapohjasta Q [kWh]	79	73	59	20	80	35	2	10	37	-40	6	47	407	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ikkunoista Q [kWh]	12	10	8	4	10	6	4	6	9	2	7	10	89	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ovista Q [kWh]	70	60	49	21	57	35	25	34	54	14	40	61	518	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumislämpöhäviö yläpohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	12,0	10,3	8,4	3,5	9,7	5,9	4,2	5,8	9,1	2,3	6,8	10,3	88	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviö alapohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	24,0	20,6	16,8	7,1	19,5	11,8	8,4	11,6	18,3	4,7	13,6	20,7	177	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi Q_joht [kWh]	420	365	299	120	357	203	121	174	297	27	199	340	2921	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, ensimmäinen yhtälö 3.3, sivulta 17.)
Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_vi [kWh]	61	53	43	18	50	30	21	30	47	12	35	53	452	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7
Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_iv,korvausilma [kWh]	31	27	22	9	25	15	11	15	24	6	18	27	229	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.14
Lämpötiloista riippuvainen energiantarve ilman energiansäästöä E_T [kWh]	1027	913	879	646	432	248	153	219	367	560	749	935	7128	Q_joht + Q_vi + Q_iv,korvausilma + Q_iv
Kuukausittainen energiansäästö osalämmityksellä E_T,säästö [kWh]	515	469	515	498	0	0	0	0	0	515	498	515	3526	Kuukausittainen energiansäästö, mikäli rakennuksen sisälämpötila pudotetaan puolilämpimän tilan lämpötilaan < 18 °C
Pyykkihuonerakennus														
Sisälämpötila T_s [°C]	7,0	7,0	7,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	17,50	**Muutettava käytön mukaan** sisätilan lämpötila 21 °C, kun tila lämmitettynä, puolilämpimälle kaudelle minimissään 5 °C
Johtumishäviö yläpohjasta Q [kWh]	42	36	29	50	34	20	15	20	32	47	61	75	460	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ulkoseinästä Q [kWh]	126	108	89	152	102	62	44	61	96	143	186	227	1396	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö alapohjasta Q [kWh]	53	48	40	85	54	24	1	7	25	47	75	105	562	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ikkunoista Q [kWh]	7	6	5	8	5	3	2	3	5	8	10	12	74	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ovista Q [kWh]	47	40	33	56	38	23	16	23	36	53	69	84	518	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumislämpöhäviö yläpohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	12,0	10,3	8,4	14,4	9,7	5,9	4,2	5,8	9,1	13,5	17,6	21,5	133	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviö alapohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	24,0	20,6	16,8	28,8	19,5	11,8	8,4	11,6	18,3	27,1	35,2	43,1	265	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi Q_joht [kWh]	310	269	221	393	262	150	91	131	221	338	454	567	3408	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, ensimmäinen yhtälö 3.3, sivulta 17.)
Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_vi [kWh]	49	42	34	59	40	24	17	24	37	55	72	88	542	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7
Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_iv,korvausilma [kWh]	47	40	33	56	38	23	16	22	36	53	68	84	515	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.14
Lämpötiloista riippuvainen energiantarve ilman energiansäästöä E_T [kWh]	810	719	691	508	340	197	125	177	294	446	594	739	5639	Q_joht + Q_vi + Q_iv,korvausilma + Q_iv
Kuukausittainen energiansäästö osalämmityksellä E_T,säästö [kWh]	404	368	404	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1175	Kuukausittainen energiansäästö, mikäli rakennuksen sisälämpötila pudotetaan puolilämpimän tilan lämpötilaan < 18 °C
Huoltorakennus														
Sisälämpötila T_s [°C]	7,0	7,0	7,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	17,50	**Muutettava käytön mukaan** sisätilan lämpötila 21 °C, kun tila lämmitettynä, puolilämpimälle kaudelle minimissään 5 °C
Johtumishäviö yläpohjasta Q [kWh]	54	47	38	65	44	27	19	26	41	61	80	98	601	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ulkoseinästä Q [kWh]	193	166	136	232	157	95	68	93	148	218	284	347	2137	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö alapohjasta Q [kWh]	96	89	73	155	98	43	2	12	45	86	138	192	1028	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ikkunoista Q [kWh]	36	31	25	43	29	18	13	17	28	41	53	65	399	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumishäviö ovista Q [kWh]	162	139	114	194	131	79	56	78	123	183	237	290	1786	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, toinen yhtälö 3.3, sivulta 18.)
Johtumislämpöhäviö yläpohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	19,5	16,7	13,7	23,4	15,8	9,6	6,8	9,4	14,9	22,0	28,7	35,0	216	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviö alapohjan kylmäsiltojen läpi Q [kWh]	39,1	33,5	27,4	46,8	31,7	19,2	13,6	18,9	29,8	44,1	57,4	70,1	431	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.4
Johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi Q_joht [kWh]	601	521	427	759	507	291	179	255	430	655	878	1097	6599	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.3 (Ympäristöministeriöllä virhe yhtälöiden merkinnöissä, ensimmäinen yhtälö 3.3, sivulta 17.)
Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_vi [kWh]	82	70	58	99	67	40	29	40	63	93	121	148	908	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.7
Korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve Q_iv,korvausilma [kWh]	392	336	275	470	318	192	137	189	299	442	575	703	4327	Ympäristöministeriö, 2018, yhtälö 3.14
Lämpötiloista riippuvainen energiantarve ilman energiansäästöä E_T [kWh]	2123	1882	1807	1327	891	523	344	484	791	1190	1574	1948	14885	Q_joht + Q_vi + Q_iv,korvausilma + Q_iv
Kuukausittainen energiansäästö osalämmityksellä E_T,säästö [kWh]	1048	955	1048	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3051	Kuukausittainen energiansäästö, mikäli rakennuksen sisälämpötila pudotetaan puolilämpimän tilan lämpötilaan < 18 °C

Liite 12. Ilmalämpöpumppujen käyttöasteen vaikutus rakennusten energiatehokkuuteen

Ilma-ilmalämpöpumppujen käyttöasteen vaikutus energiankulutukseen

Ilmalämpöpumpun todellinen SPF	**2,8**	Muuttamalla todellista SPF-arvoa ilmalämpöpumppujen herkkyystarkastelun energialuokitukset eivät vaihdu automaattisesti

Ilmalämpöpumput eivät vastaa rakennuksen lämmityksestä

Lämmitysenergia	Katvela	Ohjaaja-rakennus	Keittiö-rakennus	Rantasauna ja takkatupa	Harraste-tila
Ilmalämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia Q_lp [kWh/a]	0	0	0	0	0
Rakennuksen kokonaisenergiankulutus lämmitykseen Q_läm,tot [kWh/a]	48229	29034	20777	26380	31626
Ilmalämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus W_lp [kWh/a]	0	0	0	0	0
Rakennuksen sähkönkulutuksen summa W_summa [kWh/a]	2542	896	1081	586	890
Rakennuksen kokonaisenergiankulutus E_tot [kWh/a]	50771	29929	21858	26966	32516
E-luku [kWh/(m²a)]	256	378	236	510	379
Energialuokka A-G	E	E	D	G	E

Ilmalämpöpumput vastaavat 20 % tilan lämmityksestä

Lämmitysenergia	Katvela	Ohjaaja-rakennus	Keittiö-rakennus	Rantasauna ja takkatupa	Harraste-tila
Ilmalämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia Q_lp [kWh/a]	7482	4812	2667	4234	5349
Rakennuksen kokonaisenergiankulutus lämmitykseen Q_läm,tot [kWh/a]	40747	24221	18110	22146	26277
Ilmalämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus W_lp [kWh/a]	2672	1719	952	1512	1910
Rakennuksen sähkönkulutuksen summa W_summa [kWh/a]	5214	2615	2034	2098	2801
Rakennuksen kokonaisenergiankulutus E_tot [kWh/a]	45961	26836	20143	24244	29077
E-luku [kWh/(m²a)]	232	339	218	459	339
Energialuokka A-G	D	E	D	F	E

Ilmalämpöpumput vastaavat 40 % tilan lämmityksestä

Lämmitysenergia	Katvela	Ohjaaja-rakennus	Keittiö-rakennus	Rantasauna ja takkatupa	Harraste-tila
Ilmalämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia Q_lp [kWh/a]	14964	9625	5334	8467	10699
Rakennuksen kokonaisenergiankulutus lämmitykseen Q_läm,tot [kWh/a]	33265	19409	15443	17913	20927
Ilmalämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus W_lp [kWh/a]	5344	3437	1905	3024	3821
Rakennuksen sähkönkulutuksen summa W_summa [kWh/a]	7886	4333	2986	3610	4711
Rakennuksen kokonaisenergiankulutus E_tot [kWh/a]	41151	23742	18429	21523	25639
E-luku [kWh/(m²a)]	207	300	199	407	299
Energialuokka A-G	D	E	D	E	E

Ilmalämpöpumput vastaavat 60 % tilan lämmityksestä

Lämmitysenergia	Katvela	Ohjaaja-rakennus	Keittiö-rakennus	Rantasauna ja takkatupa	Harraste-tila
Ilmalämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia Q_lp [kWh/a]	22447	14437	8001	12701	16048
Rakennuksen kokonaisenergiankulutus lämmitykseen Q_läm,tot [kWh/a]	25783	14597	12776	13679	15578
Ilmalämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus W_lp [kWh/a]	8017	5156	2857	4536	5731
Rakennuksen sähkönkulutuksen summa W_summa [kWh/a]	10558	6052	3939	5122	6622
Rakennuksen kokonaisenergiankulutus E_tot [kWh/a]	36341	20648	16715	18801	22200
E-luku [kWh/(m²a)]	183	261	181	356	259
Energialuokka A-G	D	D	C	E	D

Ilmalämpöpumput vastaavat 80 % tilan lämmityksestä

Lämmitysenergia	Katvela	Ohjaaja-rakennus	Keittiö-rakennus	Rantasauna ja takkatupa	Harraste-tila
Ilmalämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia Q_lp [kWh/a]	29929	19250	10667	16935	21397
Rakennuksen kokonaisenergiankulutus lämmitykseen Q_läm,tot [kWh/a]	18300	9784	10109	9445	10228
Ilmalämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus W_lp [kWh/a]	10689	6875	3810	6048	7642
Rakennuksen sähkönkulutuksen summa W_summa [kWh/a]	13230	7771	4891	6634	8532
Rakennuksen kokonaisenergiankulutus E_tot [kWh/a]	31531	17555	15000	16079	18761
E-luku [kWh/(m²a)]	159	222	162	304	219
Energialuokka A-G	D	D	C	E	D

Ilmalämpöpumput vastaavat 100 % tilan lämmityksestä

Lämmitysenergia	Katvela	Ohjaaja-rakennus	Keittiö-rakennus	Rantasauna ja takkatupa	Harraste-tila
Ilmalämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia Q_lp [kWh/a]	37411	24062	13334	21169	26747
Rakennuksen kokonaisenergiankulutus lämmitykseen Q_läm,tot [kWh/a]	10818	4972	7442	5212	4879
Ilmalämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus W_lp [kWh/a]	13361	8594	4762	7560	9552
Rakennuksen sähkönkulutuksen summa W_summa [kWh/a]	15903	9489	5844	8146	10443
Rakennuksen kokonaisenergiankulutus E_tot [kWh/a]	26721	14461	13286	13358	15322
E-luku [kWh/(m²a)]	135	183	144	253	179
Energialuokka A-G	C	C	B	D	C