

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# ENERGIANKULUTUKSEN HALLINTA UUDISRAKENNUSTYÖMAALLA

TEKIJÄ Mikko Hiltunen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennusmestarin tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Lauri Mikko Johannes Hiltunen	
Työn nimi Energiankulutuksen hallinta uudisrakennustyömaalla	
Päiväys 5.4.2023	Sivumäärä/Liitteet 45+1
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Lujatalo Oy	
Tiivistelmä <p>Vuoden 2022 aikana energianhinta oli noussut Suomessa jyrkästi, mikä johti myös rakennustyömaan kustannusten nousuun. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, mihin uudisrakennustyömaalla käytettiin energiaa ja pystyikö työnjohtaja vaikuttamaan energiankulutukseen.</p> <p>Työssä perehdyttiin asioihin, jotka vaikuttivat uudisrakennustyömaan energiankulutukseen ja mihin energiaa käytettiin rakentamisessa. Työssä käytiin läpi eri laitteita ja työkaluja, jotka energiaa kuluttavat ja sitä, miten niiden kulutusta pystyttiin ohjaamaan. Tietoa kerättiin Lujatalo Oy:n esimerkkityömaalta ja niiden kalustokeskukselta. Työhön haastateltiin myös eri Lujatalon yhteistyökumppaneita. Saatujen tietojen perusteella tehtiin erilaisia case-laskelmia energian kulutuksesta. Työssä hyödynnettiin myös aiemmin tehtyjä opinnäytetöitä, joiden saamia tuloksia tarkasteltiin energian kulutuksen näkökulmasta.</p> <p>Työn tuloksena saatiin selvitettyä, kuinka suuri osuus esimerkkityömaalla käytetystä energiasta kului lämmitykseen. Laskelmien perusteella suurin yksittäinen uudisrakennuksen energiankulutukseen vaikuttava tekijä oli ulkolämpötila. Työssä tehtiin myös muita laskelmia yleisvalaistuksen, akkulateiden ja torninostimen käyttämistä energiamääristä. Työn tuloksena löydettiin tapoja säästää työmaalla energiaa. Työssä nostettiin esille myös asioita, joihin työnjohtajana tuli kiinnittää huomiota, kun yritettiin vähentää energian kulutusta. Opinnäytetyön aihe oli laaja ja opinnäytetyössä ei tarkasteltu kattavasti kaikkia energiansäästö mahdollisuuksia. Työssä käytiin läpi asioita, joihin laajemmassa työssä tulisi kiinnittää huomiota. Tällaisia asioita olisivat mm. betonin kuivattaminen, olosuhteiden hallinta.</p>	
Avainsanat uudisrakentaminen, energia, energiankulutus, rakentaminen	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Construction Management	
Author Lauri Mikko Johannes Hiltunen	
Title of Thesis Energy consumption control in new building construction site	
Date 5.4.2023	Pages/Appendices 45+1
Client Organisation Lujatalo Oy	
<p><b>Abstract</b></p> <p>During the year 2022 energy prices rose sharply in Finland, which led to increased costs also on construction sites. The aim of thesis was to study the consumption of energy on a new building construction site of Lujatalo Oy and if it was possible for foreman to affect consumption.</p> <p>The work studied matters affecting the energy consumption on the new building construction site and what the energy was used for in construction. The work included different machines and tools that use energy and how their consumption could be controlled. Information was collected from Lujatalo Oy's example building site and their equipment centre. Interviews were also done with Lujatalo's partners to collect data. Collected information was used to make different kinds of case calculations about energy consumption. The work used previously done theses, and the results from them were examined from the point of view of energy consumption.</p> <p>As a result of this thesis, the proportion of energy used for heating on the example construction site was defined. The calculations showed that the single largest thing that affects a new building construction site's energy consumption was the outdoor temperature. In this work, case calculations were made about the amount of energy that general lighting, battery chargers and tower cranes consume. As a result, different ways were found to save energy on construction sites. The work also highlighted the matters that the foreman should pay attention to when the purpose is to reduce the total energy consumption on sites.</p> <p>The subject of this thesis was quite extensive, but it did not include all the possible ways to save energy. If a more comprehensive study is made in the future, matters such as curing of concrete and condition control should be taken into account when looking for ways to save energy on construction sites.</p>	
<p><b>Keywords</b></p> <p>New building construction site, energy, energy consumption, building</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Työn tarkoitus .....	6
1.2	Työn tilaaja .....	6
2	OLOSUHTEIDEN VAIKUTUS.....	7
2.1	Kosteus .....	7
2.2	Suhteellinen kosteus .....	7
2.3	Rakennekosteus.....	8
2.4	Betonin sisältämä vesi .....	8
2.5	Kuivattaminen .....	8
2.6	Kuivatustavat.....	9
2.7	Kuivattaminen eri vuodenaikoina.....	9
2.8	Betonin kuivuminen .....	9
2.9	Lämmitys .....	11
2.10	Lämmityksen käytettävän energian hallinta .....	12
3	ENERGIAN KÄYTTÖ RAKENTAMISEN AIKANA.....	13
3.1	Termit ja niiden määritelmät.....	14
3.2	Energianlähteiden hintakehitys .....	14
3.3	Henkilöstötilat.....	17
3.3.1	Työmaakontit .....	17
3.3.2	Työmaakonttien energiankulutus .....	17
3.3.3	Työmaakonttien lämmitykseen käytettävän energia määrän pienentäminen .....	18
3.4	Työmaa-aikainen valaistus.....	20
3.4.1	Led-nauhat.....	22
3.4.2	Mastovalaisin.....	22
3.4.3	Ketjutettavat työmaavalaisimet.....	23
3.4.4	Kohdetyövalot ja valonheittimet.....	24
3.5	Työkalut, laitteet ja nostimet .....	25
3.5.1	Työkalut ja -koneet.....	26
3.5.2	Nostimet .....	26
3.5.3	Sähkökäyttöiset lämmitysjärjestelmät .....	27
3.5.4	Nestekaasukäyttöiset lämmitysjärjestelmät.....	27

3.5.5	Kevyt polttoöljykäyttöiset lämmitysjärjestelmät.....	28
3.5.6	Kiertovesilämmitysjärjestelmät .....	29
3.6	Sähkönkulutuksen ohjauksen eri vaihtoehdot.....	30
3.6.1	Älypistorasiat.....	30
3.6.2	Laitteiden omat ominaisuudet.....	31
3.6.3	Valonohjauskeskus .....	31
4	ESIMERKKILASKELMAT .....	32
4.1	Case, Asunto Oy Kuopion Teatteriaukio, kokonaisenergiankulutus.....	32
4.1.1	Energian käyttömuodot.....	32
4.1.2	Kokonaisenergian käyttö .....	32
4.1.3	Sähkölämmityksen osuuden määrittäminen .....	33
4.1.4	Lämmitykseen käytetyn energian osuus kokonaisenergian kulutuksesta .....	34
4.2	Case, Asunto Oy Kuopion Teatteriaukio yleisvalaistus .....	35
4.2.1	Lähtötiedot.....	35
4.2.2	Esimerkkilaskelmissa käytetyt arvot .....	35
4.2.3	Tulokset.....	35
4.3	Case, työkalujen akkulaturit.....	37
4.3.1	Akkulatureiden energiankulutus.....	37
4.3.2	Tutkimuksessa käytetyt arvot .....	37
4.3.3	Tulokset.....	37
4.4	Case, torninostimen käyttämän sähkön arvio .....	39
4.4.1	Lähtötiedot.....	39
4.4.2	Torninostimen sähkönkulutus .....	39
4.4.3	Tulokset.....	39
5	YHTEENVETO.....	41
6	POHDINTA.....	42
	LÄHTEET .....	43

## 1 JOHDANTO

Tyypillisimmät energianlähteet rakennustyömaalla ovat sähkö, kevyt polttoöljy, kaukolämpö ja kaasu. Uudisrakentamisessa käytetään runsaasti energiaa, jonka hinta on noussut voimakkaasti edeltävän kahden vuoden aikana. Euroopassa on käsillä tällä hetkellä energiakriisi ja etenkin maa-kaasu ja sähkö ovat kallistuneet Venäjän hyökkäyssodan seurauksena (Euro ja talous 2023).

Energian hinnan nousu vaikuttaa rakentamisen kustannuksiin ja sen kannattavuuteen. Tämän johdosta energiankulutukseen tullaan kiinnittämään nykyistä enemmän huomiota ja rakentamisessa sen eturintamassa toimivat työnjohtajat. Myös kuluttajien ja tilaajien kasvanut ympäristötietoisuus on vauhdittanut energiansäästötoimenpiteitä. Tämän johdosta rakennusliikkeiden energiatehokas rakentaminen voidaan nähdä yhtenä laadullisena tekijänä, jolla voidaan erottua kilpailijoista.

### 1.1 Työn tarkoitus

Opinnäytetyössä tutkitaan mihin energiaa käytetään uudisrakennustyömailla, mitkä asiat vaikuttavat energiankulutukseen sekä pystytäänkö energian kulutukseen vaikuttamaan merkittäväällä tavalla työnjohtajien toimesta. Työssä tarkastellaan eri rakentamisvaiheiden energian tarvetta ja etsitään tapoja säästää energiaa. Työssä selvitetään, mikä rooli olosuhteilla ja lämmityksellä on uudisrakennustyömaan energiankulutukseen ja käydään läpi millaiset olosuhteet työmaalle, pitäisi luoda. Työn tuloksena on tarkoitus tuottaa ohjekortti Lujatalolle, jossa käydään läpi eri tapoja, joilla voidaan pienentää rakennustyömaan energiankulutusta. Työssä hyödynnetään Lujatalon esimerkkityömaalta ja kalustokeskukselta saatuja tietoja, Tavarantoimittajien ja tuotteiden valmistajien antamia tietoja, sekä aiemmin toteutettuja tutkimuksia työmaan energiankulutuksesta. Työssä suoritetaan myös Lujatalon yhteistyökumppaneiden haastatteluja. Saatujen tietojen pohjalta suoritetaan erilaisia case-laskelmia, joissa tutkitaan energiankulutusta ja mahdollisia energiansäästö mahdollisuuksia.

### 1.2 Työn tilaaja

Tämä opinnäytetyö tehdään yhteistyössä Lujatalo Oy:n kanssa. Lujatalo kuuluu Luja-yhtiöihin, joka on yksi Suomen suurimmista rakennusalan konserneista. Luja-yhtiöt on perustettu vuonna 1953 ja työllistää tällä hetkellä noin 1 900 henkilöä. Luja-yhtiöön kuuluu Lujatalon lisäksi myös Lujabetoni ja Fescon. Lujabetoni on betoniteollisuuden yritys, joka valmistaa ja asentaa rakennuselementtejä, valmisbetonia ja infratuotteita Suomessa ja Ruotsissa. Yrityksellä on tällä hetkellä 27 tehdasta ja työllistää noin 1 000 henkilöä. Fescon on vuonna 1984 perustettu suurin suomalainen rakennusalan ja teollisuuden laasti, hiekka ja pinnoitetuotteiden valmistaja. Fesconilla on tällä hetkellä tehtaita viidellä eri paikkakunnalla. Henkilöstöä yrityksellä on 106. (Lujatalo julkaisuaika tuntematon; Fescon julkaisuaika tuntematon; Lujayhtiöt julkaisuaika tuntematon.)

Lujatalo Oy on rakennusalan yritys, joka toimii Suomessa valtakunnallisesti. Se on asunto – ja toimintilarakentaja ja toimii sekä korjaus- että uudisrakentamisen puolella. Yrityksellä on myös osaamista elinkaari ja kiinteistökehittämishankkeista. Lujatalolla on vuosittain noin 200 eri työmaata ja työllistää noin 900 henkilöä. (Lujatalo julkaisuaika tuntematon.)

## 2 OLOSUHTEIDEN VAIKUTUS

Olosuhteiden hallinta on merkittävä osa rakentamisesta. Rakentamisen olosuhteiden hallinnalla pyritään yleensä hallitsemaan rakennuskohteen lämpötiloja, kosteutta ja ilmanvaihtoa. Rakentamisen aikaisella lämmityksellä ja kuivatuksella varmistetaan oikeat olosuhteet rakentamiselle. Riittävän korkealla lämpötilalla estetään rakenteiden jäätyminen, vaurioituminen ja betonin lujittuminen. Kuivatuksella pyritään estämään kosteusvaurioita ja kuivattamaan rakenteita. Ilmanvaihdolla siirretään rakennuksen sisällä olevaa kosteutta pois rakennuksesta. Huonosti toteutettu olosuhteiden hallinta voi aiheuttaa rakenteiden ja rakennustarvikkeiden vaurioitumisen ja aikataulu viivästyksiä.

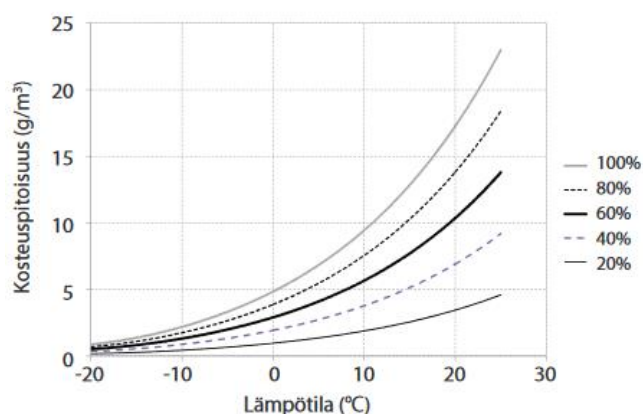
### 2.1 Kosteus

Suomessa sääolosuhteet vaihtelevat paljon eri vuodenaikoina ja lämpötilaerot ovat suuria. Myös Suomen vuotuiset sademäärät ovat suuria. Ilman suhteellinen kosteus on yleensä kesällä alhaisempi, kuin syksyllä ja talvella. Rakennuksissa kosteus voi olla näkyvänä, kuten vetenä, näkymättömänä, kuten vesihöyryinä ja lisäksi rakenteisiin sitoutuneena rakennekosteutena. Sisäilman kosteuden vaikuttaa ulkoilman kosteus, sisätilojen kosteudentuotto ja ilmanvaihto. (Siikanen 2017, 65–82.)

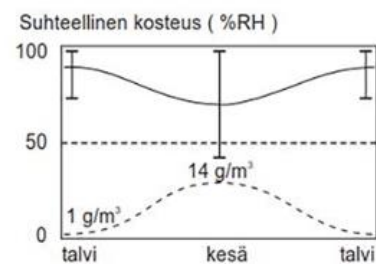
### 2.2 Suhteellinen kosteus

”Rakennustekniikassa ilman kosteudesta yleisimmin käytetty suure suhteellinen kosteus (%RH) ilmoittaa prosentteina tietyntilaisen ilman sisältämän vesihöyrymäärän enimmäisvesihöyrymäärästä (g), jonka sen lämpöinen ilma voi sisältää. Kun suurin mahdollinen ilman sisältämä vesihöyrymäärä ylittyy, vesihöyry tiivistyy vedeksi. Suhteellinen kosteus ei voi ylittää 100 %:a”. (Siikanen 2017, 40–82.)

Lämpimään ilmaan pystyy sitoutumaan enemmän kosteutta, kuin kylmään ilmaan (kuva 1). Kesällä ilmassa on tyypillisesti enemmän kosteutta kuin syksyisin ja talvella. Sisäilman kosteuteen vaikuttavat ulkoilman kosteus, sisätilojen kosteudentuotto kuten rakennekosteus ja sisäilman ilmanvaihtuvuus.



Kuva 2. Ilmassa olevan vesihöyrymäärä lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mukaan, periaatekuva.



Kuva 3. Ulkoilman keskimääräinen suhteellinen kosteus (%) ja kosteuspitoisuus (g/m³) eri vuodenaikoina.

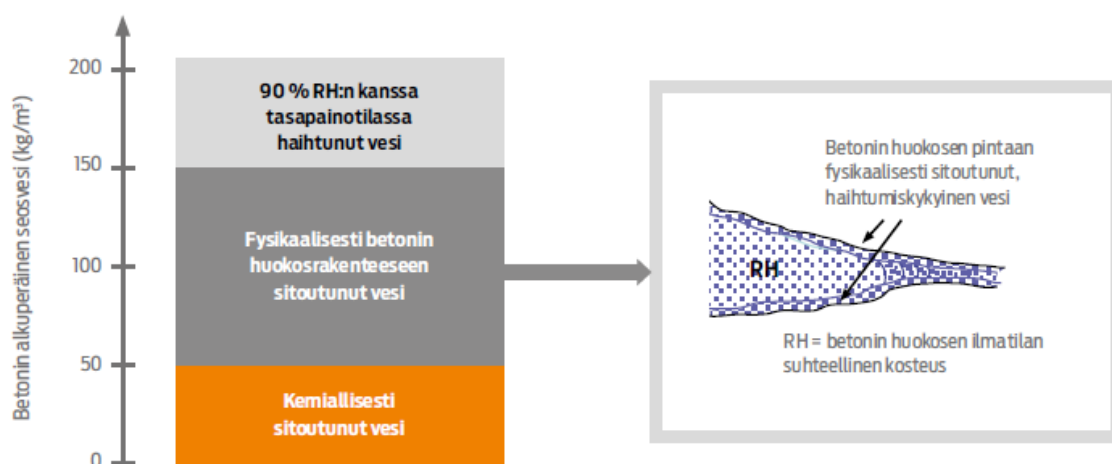
KUVA 1. Suhteellinen kosteus ja kosteuspitoisuus taulukot (RT 103528 Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot. Yleistä 2023, 2)

## 2.3 Rakennekosteus

Rakennekosteudella tarkoitetaan rakenteisiin sitoutunutta kosteutta. Kosteus voi siirtyä rakenteisiin monta kautta. Näitä ovat sade- ja sulatusvedet, vuodot, pohjavesi, diffuusio, konvektio ja rakentamisen aikana käytetty vesi. Esimerkiksi tasoitteita ja pinnoitteita käytettäessä niihin lisätään vettä, joka tuo rakenteisiin rakennekosteutta. (Siikanen 2017, 66.)

## 2.4 Betonin sisältämä vesi

Betoni sisältää aina vettä, joka on peräisin betonin valmistuksessa käytetystä vedestä ja mahdollisesti betonin valun jälkeisestä jälkihoidosta, jossa on käytetty vettä. Noin 25 % käytetystä vedestä sitoutuu betoniin kemiallisesti. Loput vedestä sitoutuu fysikaalisesti betonin huokosrakenteeseen. Kyseistä vesimäärää kutsutaan haihtumiskykyiseksi vedeksi. Betonirakenteen haihtumiskykyinen vesi haihtuu rakenteesta kosteuspitoisuuden pyrkessä tasaantumaan samalle tasolle ympäröivän ilman kosteuspitoisuuden kanssa. (Betonin kuivumisen nopeuttaminen Betonitieto 2023, 5.)



Kuva 1. Havainnekuva kemiallisesti ja fysikaalisesti sitoutuneen veden suhteista esimerkkinä betonissa. Vain osa alkuperäisestä vedestä tarvitaan betonin hydrataatioon (lujuuden kehitykseen). (Merikallio, Niemi & Komonen 2007.)

KUVA 2. Havainnekuva betonin sisältämästä vedestä, Betonin kuivumisen nopeuttaminen (Betonitieto 2023, 5)

## 2.5 Kuivattaminen

Rakennustyömaalla rakenteiden kuivaminen varmistetaan kahdella toimenpiteellä. Nostamalla sisäilman lämpötilaa ja poistamalla ilmasta kosteutta. Rakenteiden kuivuminen riippuu materiaalin kosteudensiirto-ominaisuuksista, lämpötilasta ja ympäröivän ilman suhteellisesti kosteudesta. Nopea kuivuminen edellyttää noin 20 °C:en lämpötilaa ja alle 50 % suhteellista ilmankosteutta. Hyvä kuivuminen edellyttää myös, että rakennuksen vaippa saadaan mahdollisimman tiiviiksi ja huolehditaan riittävästä ilmanvaihdosta. (Ratu S-1236 olosuhteidenhallinta rakentamisessa 2021, 21.)



## 2.6 Kuivatustavat

Rakennuksen kuivattamisessa tavoitteena on poistaa kosteutta mahdollisimman paljon mahdollisimman vähäisellä lisäilman lämmityksellä. Kuivatukseen on kaksi tapaa. Avoinjärjestelmä eli ilmanvaihto ja suljettu järjestelmä eli tilakuivaus. (Ratu 07-3032 Rakenteiden lämmitys ja kuivaus 1996, 4.)

Avoimessa järjestelmässä lämmittimien ja ilmanvaihdon yhteiskäytöllä kuivatetaan rakenteita. Sisätilaan puhalletaan lämmintä ilmaa ja se puhalletaan ulos rakennuksesta. Periaatteena lämmin ilma sitoo kosteutta rakennuksen sisäpuolelta ja vie sen ulos puhallettaessa pois. Avoin järjestelmä toimii parhaiten silloin kun ulkoilman kapasiteetti vastaanottaa ylimääräistä kosteutta on suurempi. (Ratu 07-3032 Rakenteiden lämmitys ja kuivaus 1996, 4)

Suljetussa järjestelmässä tila rajataan ja tiivistetään ilmanvaihdon minimoimiseksi. Kuivatus perustuu ilman kosteuden poistamiseen koneellisesti ilmankuivaimella. Rakenteista ilmaan siirtyvä kosteus poistetaan ilmankuivattimella. Tila myös lämmitetään, jolloin ilmaan mahtuu enemmän kosteutta. Suljettu järjestelmä toimii parhaiten syksyllä ja kesällä, kun lämpötilat ovat muutenkin suhteellisen korkeita. (Ratu 07-3032 Rakenteiden lämmitys ja kuivaus 1996, 4)

## 2.7 Kuivattaminen eri vuodenaikoina

Ulkoilmalla on merkittävä rooli tehokasta kuivattamista suunniteltaessa. Kesällä ja syksyllä ulkoilman vesihöyrypitoisuus on niin korkea, että ulkoilmaan ei sitoudu enää lisää kosteutta. Tällöin kuivattaminen ei onnistu pelkällä tuuletuksella. (Ratu S-1236 olosuhteidenhallinta rakentamisessa 2021, 21.) Näinä vuodenaikoina kuivattaminen on energiatehokkainta erilaisilla ilmankuivaajilla, kuten kondenssi- ja sorptiokuivaimilla.

Talvella ulkoilmaan sitoutunut kosteus on määrällisesti pienimillään. Tällöin rakenteet saadaan tehokkaasti kuivattua lämmittämällä sisäilma tarpeeksi korkealle. Talvella on tärkeää huomioida, että rakennuksen vaippa on tiivis, jotta lämmin ja kostea ilma ei tiivisty kylmille pinnoille. Lumen sulatuksessa syntyvän veden pääsy rakenteisiin tulisi minimoida ja jos jäätä pitää poistaa, tulisi suosia mekaanista poistoa jään sulattamisen sijasta. Loppusyksystä ja keväällä rakenteiden kuivumista voidaan tehostaa nostamalla lämpötilaa ja tehostamalla ilmanvaihtoa. Sade ja sulamisvesien pääsy rakenteisiin tulisi minimoida. Ylimääräinen veden poistaminen vesi-imurilla on energiatehokkaampaa, kuin lämmittämällä. (Ratu S-1236 olosuhteidenhallinta rakentamisessa 2021, 20–21.)

## 2.8 Betonin kuivuminen

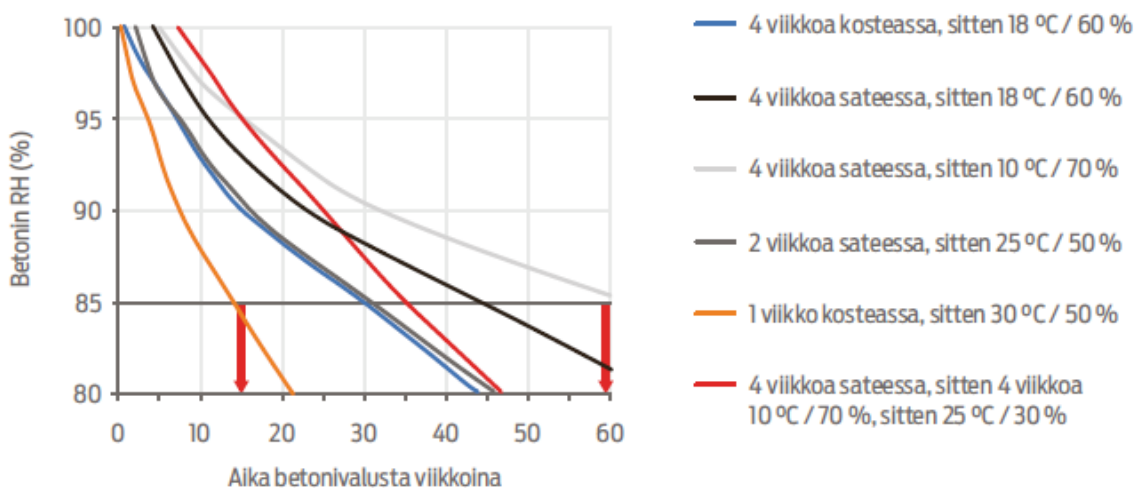
Haihtumiskykyinen vesi poistuu betonista kosteuspitoisuuden pyrkiessä tasaantumaan ympäröivän ilman tasolle. Betoni ollessa kylmissä ja kosteissa olosuhteissa haihtumiskuivumista ei käytännössä tapahdu. Betonin hydrataation (kovettumisen) edetessä betonin huokosrakenne tiivistyy, ja se hidastaa kosteuden poistumista. Näin ollen mitä myöhäisemmässä vaiheessa betoniin pääsee kosteutta, sitä hitaampaa sen poistuminen on. (Betonin kuivumisen nopeuttaminen Betonitieto 2022, 6–8.)

Betonin kuivumiseen nopeuttaminen tapahtuu ilman suhteellisen kosteuden pienentämisellä ja lämpötilan nostamisella. Myös betonin lämpötilan nosto nopeuttaa betonin kuivumista. ”Esimerkiksi kirjassa betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi (Merikallio 2015) betonin lämpötilan

nosto 10 °C:sta 30 °C:een puolittaa kuivumisajan lähes kaikilla arvioitavilla rakenteilla, kunhan ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on riittävän matala”. (Betonin kuivumisen nopeuttaminen Betonitieto 2022, 8; kuva 3.)

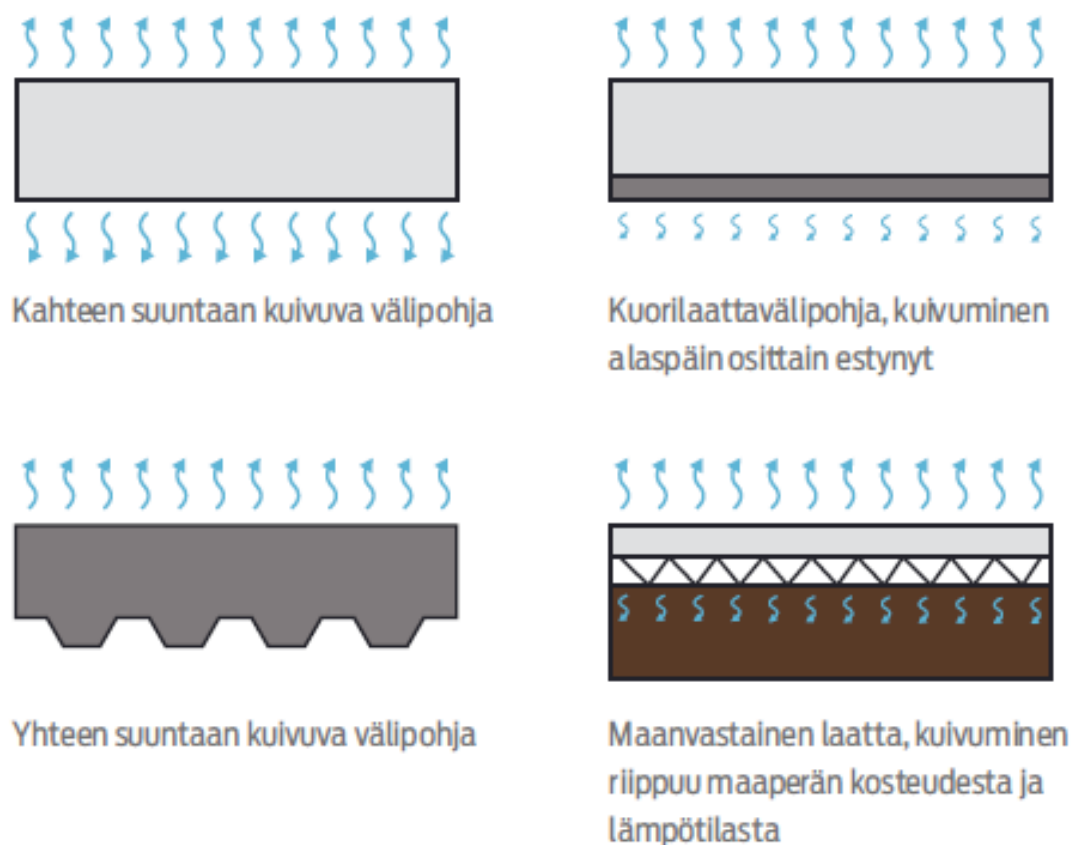
Betonin rakennetyyppi vaikuttaa myös betonin kuivumisnopeuteen. Paksummat betonirakenteet kuivuvat hitaammin. Nopeinten kuivuvat rakenteet, jotka pääsevät kuivumaan useampaan suuntaan, kuten välipohjat. Rakenteet, joissa kuivuminen tapahtuu yhteen suuntaan kuivuvat hitaammin. ”Jos rakennepaksuus kaksinkertaistuu tai kuivuminen toiseen suuntaan on estetty, kuivumisaika voi olosuhteista riippuen kasvaa jopa nelinkertaiseksi”. (Betonin kuivumisen nopeuttaminen Betonitieto 2022, 6–8; kuva 4.)

### Paikallavalettu massiivinen tb-välipohja 250 mm. Betonin v/s 0,7. Kuivumisaikoja eri olosuhteissa.



Kuva 2. Kuivumisolosuhteiden vaikutus kuivumisaikaan. Betonin kastuminen sekä huonot kuivumisolosuhteet pidentävät merkittävästi kuivumisaikaa. Erityisesti alhaisissa lämpötiloissa kuivumisaikat ovat hyvin pitkiä. (Merikallio 2015.)

KUVA 3. Kuivumisolosuhteiden vaikutus kuivumisaikaan Betonin kuivumisen nopeuttaminen, (Merikallio 2015 Betonitieto 2022, 5 mukaan)



KUVA 4. Rakenteiden tyypit, kuivumissuunnat, Betonin kuivumisen nopeuttaminen, (Betonitieto 2022, 7)

## 2.9 Lämmitys

Uudisrakennustyömaalla on tarve lämmittää rakenteita kylminä ajanjaksoina. Rakenteiden lämmittämiseen on monta syytä. Betonoinnin jälkihoidon kannalta on tärkeää, että betoni ei pääse jäätymään ennen kuin se saavuttaa nimellislujuuden tai betonoidut rakenteet saattavat vaurioitua. Betonin korkeampi lämpötila nopeuttaa myös betonin kuivumista, joka on edellytyksenä betonin pinnoitukselle. Osa työvaiheista edellyttää myös tarpeeksi korkeaa lämpötilaa, jotta työ voidaan suorittaa. Useimmat pinnoitteet vaativat vähintään + 5 °C työstölämpötilan ja on myös varmistettava, että pinnoitettava rakenne täyttää kyseisen lämpötilavaatimuksen. (Ratu S-1236 olosuhteidenhallinta rakentamisessa 2021, 24.) Riittävän korkea lämpötila parantaa myös työskentelyolosuhteita. Rakenteiden lämmittämisellä pyritään myös vähentämään kosteusvaurioiden riskiä.

Lämpöenergian tuottamiseen on monta eri vaihtoehtoa. Lämpöä pystytään tuottamaan sähköllä, nestekaasulla, polttoöljyllä, kaukolämmöllä ja höyryllä. Lämmitysmenetelmän valinta tulee suunnitella hyvissä ajoin ja lämmitysjärjestelmälle kannattaa suunnitella myös vaihtoehtoinen tapa ongelmatilanteiden varalle. Lämmitysmenetelmä voidaan myös vaihtaa rakentamisen aikana. Runko- ja sisävalmistusvaiheen lämmitysmenetelmien ei tarvitse olla samat ja rakentamisessa voidaan hyödyntää myös rakenteilla olevan rakennuksen omaan lämmitysjärjestelmää.

## 2.10 Lämmityksen käytettävän energian hallinta

Rakentamisaikaisen lämmitys tulee suunnitella etukäteen. Lämmitykseen käytettäviä kustannuksia voidaan pienentää ennakkosuunnitelulla ja työaikaisten olosuhteiden seurannalla. Lämmityksen ennakkovalmisteluihin kuuluu lämmön – ja kuivatustarpeen määrittely, mitoituslaskelmilla, laitevalinnoilla, käyttösuunnitelman tekemisellä, käyttöaikojen määrittämisellä sekä rakenteiden tiivistämisellä ja eristämällä. Lämmitettävät tilat ja lämmityksen ajankohdalla voidaan välttää turhaa lämmittämistä. Tavoitteena lämmityksessä on, että työt pystytään suorittamaan yleisaikataulun mukaisesti ja rakenteiden kosteudet ja olosuhteet tehtäville töille ovat määräysten mukaiset. Lämmitys- kuivatus- tarpeen lopettamisen ajankohta tulee määrittää. Lämmin ilma tulee jakautua tasaisesti lämmitettävään tilaan. Kun määritellään haluttuja olosuhteita, tulee arvioida, millaiset olosuhteet rakenteet vaativat, että niiden suhteellinen kosteus on riittävän matala, jotta seuraava työvaihe voidaan aloittaa. (Ratu C8-0377 Talvityöt ja kustannukset 2010, 8–10; Ratu S-1236 olosuhteidenhallinta rakentamisessa 2021, 24.)

### 3 ENERGIAN KÄYTTÖ RAKENTAMISEN AIKANA

Uudisrakennustyömaiden työnaikaista kokonaisenergiankulutusta on tutkittu vähän. Energiankulutuksen jakautumista eri työvaiheisiin ja käyttökohteisiin on myös vaikea arvioida tarkasti, koska se on yksilöllistä riippuen rakennushankkeesta. Energiaa käytetään rakennustyömailla työmaarakennusten ja rakennuskohteen lämmittämiseen, valaistukseen, rakenteiden kuivattamiseen, lumen ja jään sulattamiseen, nostimiin, työkaluihin ja laitteisiin.

Eri rakennusvaiheissa energiaa kulutetaan eri asioihin ja energian kokonaiskulutus vaihtelee suuresti riippuen meneillään olevista työvaiheista. Pienintä energiantarve on työmaan alussa perustamisvaiheessa ja se kasvaa runko- ja sisävalmistusvaiheessa. Suurin yksittäinen energiankulutukseen vaikuttava tekijä on lämpötila. Lämpötilan laskiessa syntyy tarve lämmittää rakenteita. Taulukossa 1 on määritelty suunnitteluarvoja eri rakenteilla tehtävien rakennusten lämmityksen ja kuivauksen tarvittavia energiamääriä.

TAULUKKO 1. Talviolosuhteiden aiheuttama energian tarve (Ratu C8-0377 Talvityöt ja – kustannukset 2010, 8)

Taulukko 13. Talviolosuhteiden aiheuttama energian tarve.

PR = Paikallarakentaminen

OE = Osaelementtitekniikka

TE = Täysaelementtitekniikka

Ulkolämpötila (°C)	Perustusvaiheen valujen lämmitys (kWh/r-ala)	Runkovaiheen valujen ja elementtisau- mauksen lämmitys (kWh/rm <sup>3</sup> x kk)				Työmaarakennusten lämmitys (kWh/m <sup>2</sup> x kk) (työmaarak m <sup>2</sup> )	Sisävalmistusvaiheen lämmitys ja kuivatus (kWh/rm <sup>3</sup> x kk)
		alle 10 000 rm <sup>3</sup>		yli 10 000 rm <sup>3</sup>			
		PR, OE	TE	PR, OE	TE		
yli 14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
14,0...12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	
12,5...7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	
7,5...2,5	3,0	0,7	0,5	0,6	0,2	19,2	
2,5...-2,5	4,0	1,2	0,8	1,0	0,5	29,4	
-2,5...-7,7	7,0	2,2	1,4	1,2	0,8	40,2	
-7,7...-12,5	10,0	3,1	2,1	1,7	1,1	51,4	
-12,5...-17,5	14,0	4,0	2,6	2,3	1,5	62,2	
-17,5...-22,5	20,0	4,8	3,2	2,8	1,8	72,6	
-22,5...-27,5	26,0	5,8	3,8	3,4	2,2	83,4	

Ulkolämpötila (°C)	Rakenteiden työnaikainen läm- mitys ja kuivatus (kWh/rm <sup>3</sup> x kk)	Lumen ja jään sulatus (kWh/rm <sup>3</sup> x kk)	Koneiden käyttö ja valaistus (kWh/rm <sup>3</sup> )		
			TE	OE	PR
yli 14	0,0	0,0	3,0	3,6	4,8
14,0...12,5	0,0	0,0	3,0	3,6	4,8
12,5...7,5	0,0	0,0	3,0	3,6	4,8
7,5...2,5	0,2	0,0	3,0	3,6	4,8
2,5...-2,5	0,8	0,5	3,0	3,6	4,8
-2,5...-7,7	1,6	1,3	3,0	3,6	4,8
-7,7...-12,5	2,7	2,2	3,0	3,6	4,8
-12,5...-17,5	3,7	3,2	3,0	3,6	4,8
-17,5...-22,5	4,7	4,2	3,0	3,6	4,8
-22,5...-27,5	5,6	5,2	3,0	3,6	4,8

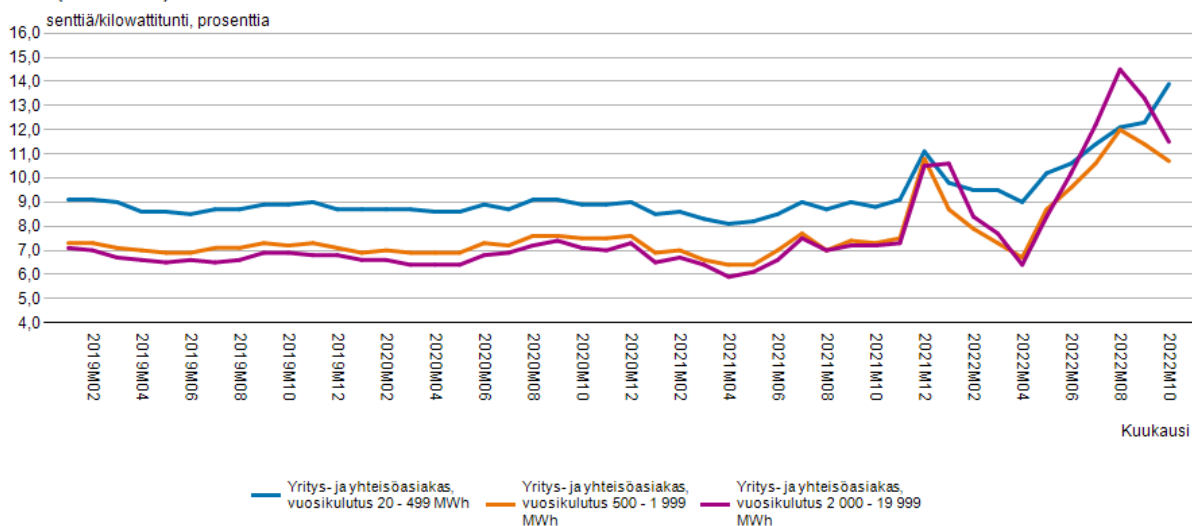
### 3.1 Termit ja niiden määritelmät

<b>GSM-verkko</b>	(Global System for Mobile Communications) on digitaalinen matkapuhelinjärjestelmä, jonka avulla matkapuhelimet toimivat.
<b>IP</b>	IP-luokitus on kansainvälinen järjestelmä, jolla määritetään sähkölaitteiden koteloinnin tiiveys. Luokitus ilmaisee laitteen suojauksen ulkoisia elementtejä vastaan.
<b>Kilowattitunti [kWh]</b>	Sähkön kulutusta mitattaessa käytetään yleensä arvoa kilowattitunti. Kilowattitunti on energian yksikkö, joka vastaa 1000 watin kulutusta tunnin aikana.
<b>Led</b>	Led eli valodiodi tulee sanoista light-emitting diode. Led on laite, joka tuottaa valoa, kun sen läpi johdetaan sähkövirtaa.
<b>Lumen [lm]</b>	Lumen on Si-järjestelmän mukainen valovirran yksikkö. Tämä antaa kokonaiskuvan valonlähteen valomäärästä riippumatta siitä, mihin suuntaan valo osoittaa.
<b>Taajuusmuuntaja</b>	Taajuusmuuntaja on moottoriohjain, joka ohjaa sähkömoottoria muuttamalla sen tehonsyötön taajuutta ja jännitettä. Taajuusmuuntaja parantaa sähkömoottoreiden energiatehokkuutta.
<b>Valotehokkuus</b>	Valotehokkuus kertoo kuinka monta lumenia yksi watti energiaa tuottaa.
<b>Watti [W]</b>	On SI-järjestelmän tehon yksikkö. Teho on yksi watti, kun kulutus on yksi joule energiaa sekunnissa.
<b>Wifi (wlan)</b>	Wifi eli wireless local area network on langaton lähiverkko, joka mahdollistaa langattoman tiedonsiirron verkon toiminta-alueella.

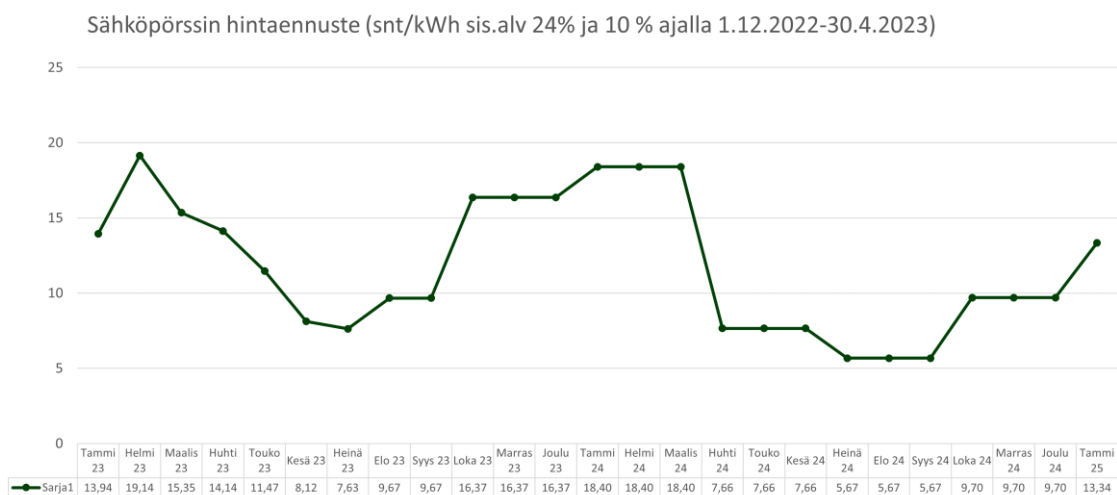
### 3.2 Energianlähteiden hintakehitys

Sähköä käytetään uudisrakennustyömailla pääasiallisena energian lähteenä monille työkaluille, laitteille, nostimille, valaistukselle ja sitä käytetään myös lämmitykseen. Suomessa vuoden 2022 aikana voimakkaasti nousevaan sähkön hintaan (ks. kuva 5) on pyritty puuttumaan pienentämällä sähkön myyntiin sovellettavaa arvolisäverokantaa 24 prosentista 10 prosenttiin väliaikaisesti ajanjaksolle 1.12.2022-30.4.2023 (Vero 2022). Sähköpörssihinnan viimeisimmän ennusteen keskiarvo sähkölle vuodelle 2023 on 13,19 €/kWh ja vuodelle 2024 10,66 €/kWh (ks. kuva 6).

### Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin muuttujina Sähkön kuluttajatyppi ja Kuukausi. Kokonaishinta, Hinta (snt/kWh).



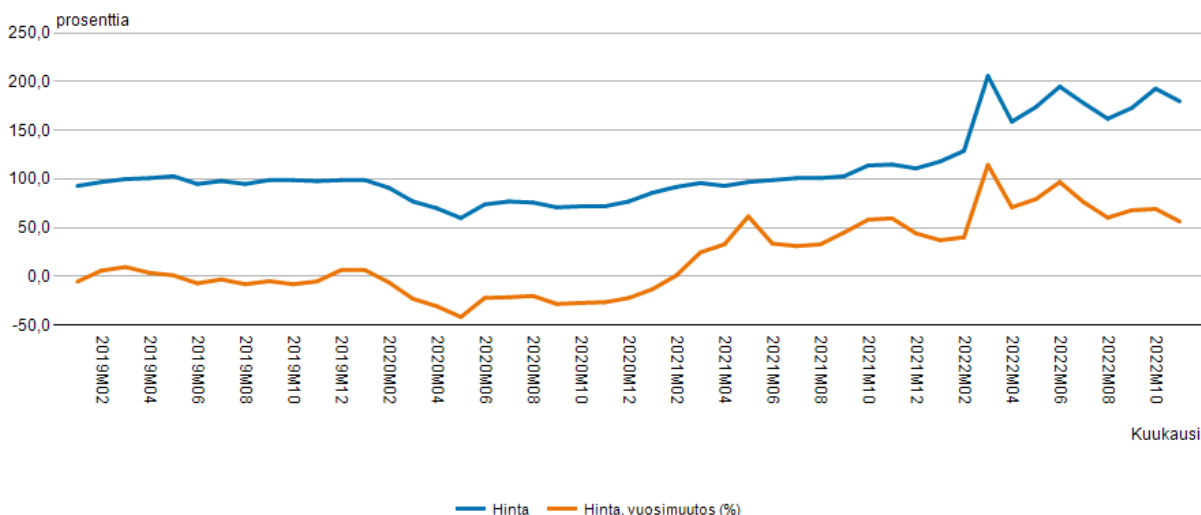
KUVA 5. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin, kokonaishinta (Tilastokeskus 2023)



KUVA 6. Sähköpörssin hintaennuste (Lumme Energia Oy 2023)

Kevyttä polttoöljyä käytetään rakennustyömaalla pääasiallisesti lämmitykseen ja joidenkin koneiden polttoaineena. Kevyen polttoöljyn kuluttajien keskihinta oli vuoden 2020 tammikuussa 0,93 €/l ja vuoden 2022 marraskuussa se oli 1,80 €/l. (kuva 7.) Polttoöljyn hinta on siis lähes kaksinkertaistunut alle kahdessa vuodessa. Rakennusliikkeet ostavat polttoöljyä pumppuhintoja edullisemmin, mutta taulukko kertoo kuitenkin osuvasti hintojen suhteellisesta noususta.

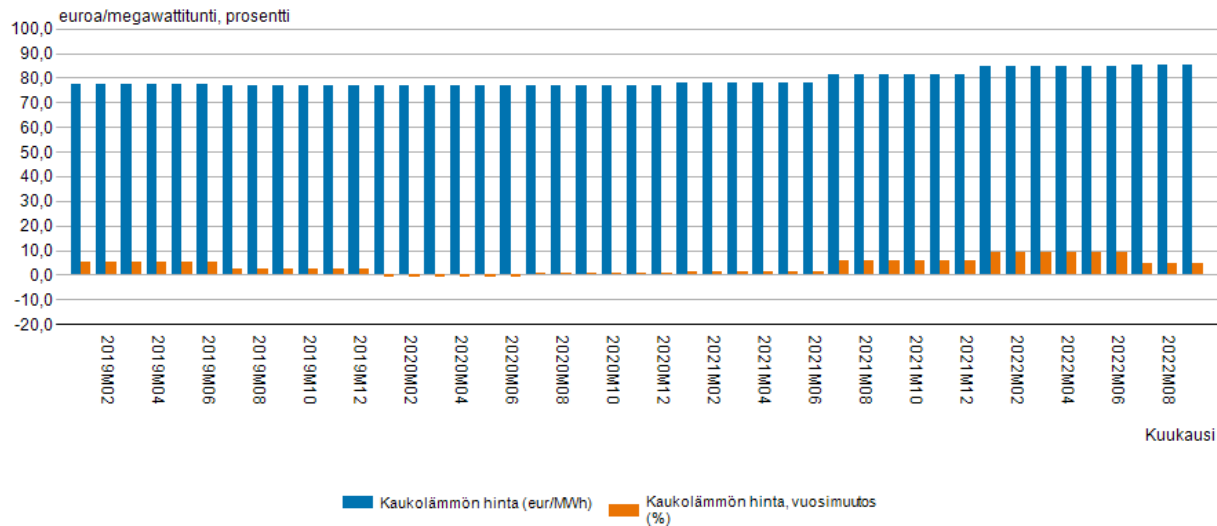
Polttonesteiden kuluttajahinnat (sisältää alv:n) muuttujina Tiedot ja Kuukausi. Kevyt polttoöljy, snt/l.



KUVA 7. Kevyen polttoöljyn kuluttajahinnat (Tilastokeskus 2023)

Kaukolämpöä käytetään uudisrakennustyömailla lämmitykseen ja kuivatukseen. Kaukolämpöä tuotetaan voimalaitoksilla eri energianlähteistä. Kaukolämmön hinta ei ole noussut yhtä jyrkästi, kuin muiden energianlähteiden hinnat, mutta nousua on silti tapahtunut (ks. kuva 8).

Kaukolämmön hinta kuluttajatyypeittäin muuttujina Tiedot ja Kuukausi. Kerrostalo, (tehontarve 230 kW, 20 000 m<sup>3</sup>, 600 MWh/a) (2011M1- ).



KUVA 8. Kaukolämmön hinta, kerrostalo (Tilastokeskus 2023)



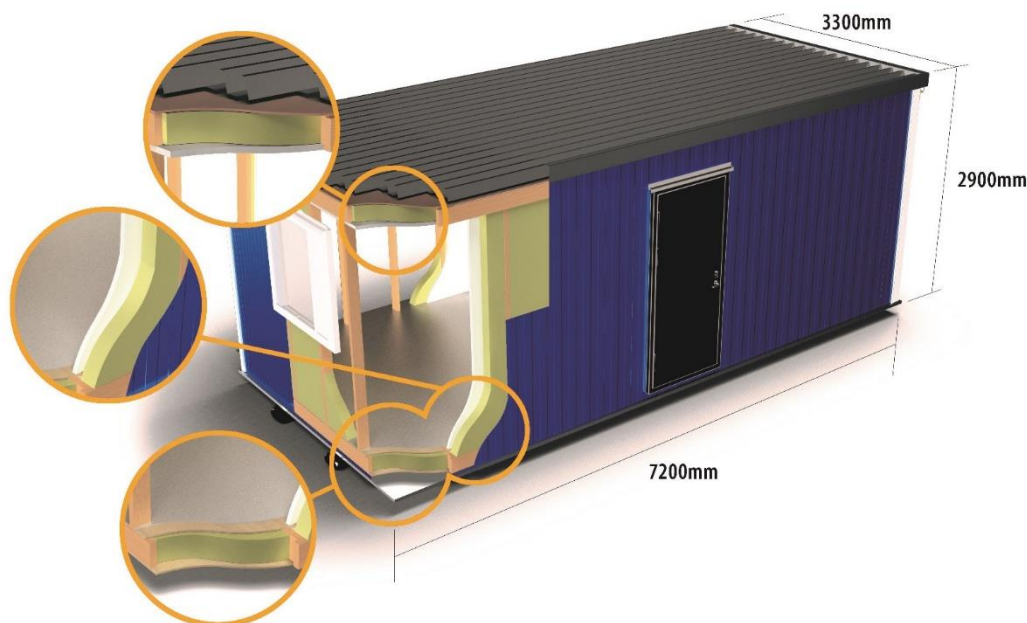
### 3.3 Henkilöstötilat

Henkilöstötilat on suunniteltava ottaen huomioon tuleva työntekijämäärä, tilojen tarkoituksenmukainen sijoittelu, työmaan liikenne sekä muut tilojen käyttöön liittyvät seikat. Pukeutumis-, peseytymis-, vaatteiden kuivatus- ja säilytys- sekä käymälätilat on järjestettävä erikseen miehille ja naisille. Henkilöstötilat eivät saa olla työtiloissa. Henkilöstötilojen lämpötilan, ulkokäymälää lukuun ottamatta, on oltava vähintään +18° C. Henkilöstötilojen ilmanvaihdon on oltava riittävän tehokas ja sellainen, että haitallista vetoa ei esiinny. (Työministeriön päätös rakennustyömaiden henkilöstötiloista 977/1994 3 §.)

Rakennustyömaalle järjestetään yleensä henkilöstötilojen lisäksi myös työnjohtajille toimistotilat. Henkilöstötilat järjestetään työmaalle tyypillisesti joko läheisen rakennuksen vuokrattaviin tiloihin tai työmaalle toimitettaviin työmaakontteihin.

#### 3.3.1 Työmaakontit

Työmaakontit (ks. kuva 9) ovat suorakaiteen muotoisia teräsrunkoisia kontteja, joiden sisäpuoli on kalustettu tilan käyttötarkoituksen mukaan. Kontit ovat moduulisia ja niitä pystyy yhdistämään toisiinsa työmaan tarpeiden mukaan. Kontteja on tarjolla runsaasti eri kokoisia. Leveydeltään ne ovat 2,4–3 m, korkeudeltaan noin 3 m ja pituudet vaihtelevat 7,2–9 m välillä. Kontit on helppo siirtää paikasta toiseen ja niitä pystyy laittamaan päällekkäin useampaan kerrokseen.



KUVA 9. Työmaakontin rakennekuva: Paramaco Master-työmaatilat (Hänninen, 2023)

#### 3.3.2 Työmaakonttien energiankulutus

Henkilöstö ja toimistotiloiksi tarkoitettujen kontit voidaan jakaa kahteen ryhmään, lämmitykseen ja käyttösähköön. Lämmitys pitää sisällään työmaakonttien lämmitykseen käytetyn energian. Työmaakontit lämmitetään tyypillisesti sähköpattereilla. Niihin voi olla myös asennettuna ilmalämpöpumput,

joita käytetään kylminä ajanjaksoina lämmitykseen ja kuumina aikoina konttien viilennykseen. Käyttö sähkö pitää sisällään kaikki sähköä kuluttavat laitteet kuten tietokoneet, tulostimet, jääkaapit, mikroaouunit ja vaatekuivaimet. Tämän lisäksi käyttö sähköön voidaan laskea valaistus ja veden lämmitys, mikäli työmaatilojen veden lämmittämiseen käytetään lämminvesivaraajia. Sähköä käyttävät laitteet tuottavat myös käynnissä ollessaan lämpöä, joka omalta osaltaan lämmittää tiloja.

Työmaakonttien energiankulutuksen jakautumisen määrittäminen on yleisellä tasolla mahdotonta. Lämmitykseen käytettävän energian määrä riippuu ulkoilman lämpötilasta ja kylmänä talvena konttien lämmittämiseen käytetään luonnollisesti enemmän energiaa, kuin leudompana talvena. Myös työmaan sijainnilla on merkittävä rooli lämmityksen kokonaisenergian kulutukseen. Käyttö sähköön kulutukseen määrään merkittävin tekijä on työmaan henkilöstön määrä.

Työmaakonttien energiankulutuksen seuranta on tutkittu aiemmin useammassa opinnäytetyössä ja niiden tulokset poikkeavat suuresti toisistaan. Jari Hämäläisen (2012) tekemässä diplomityössä Rakennustyömaan energiantutkimus, seurattiin kuuden työmaakontin kokonaisenergiankulutusta tammi-syyskuun välillä. Testipaikka sijaitsi Tampereella ja työmaalla oli kuusi työmaakonttia. Hänen tutkimuksissansa lämmitykseen käytettävä energian osuus oli noin 50 % kokonaisenergian kulutuksesta. (Hämäläinen 2012, 64–65.)

Anne Karhusen (2011) tekemässä opinnäytetyössä Työmaatilojen energiankulutuksen vähentäminen tutkittiin Helsingissä sijaitsevan työmaan vuoden ajanjakson kokonaisenergiankulutusta. Työmaalla oli tarkasteluvälillä 14–15 työmaakonttia. Hänen tutkimuksensa mukaan työmaakonttien lämmitykseen käytetty energia vastasi noin 84,5 % työmaakonttien kokonaisenergian kulutuksesta. (Karhunen 2011, 19–22.)

Työmaakonttien käyttö sähköön pienentämiseen voi vaikuttaa varustamalla kontit energiatehokkailla sähkölaitteilla ja järjestämällä valaistus toimimaan esimerkiksi liiketunnistimilla. Aiemmin mainittujen tutkimusten perusteella voidaan todeta, että paras tapa pienentää työmaatilojen kokonaisenergiankulutusta on yrittää pienentää työmaakonttien lämmitykseen käytettävää energiamäärää.

### 3.3.3 Työmaakonttien lämmitykseen käytettävän energia määrän pienentäminen

Työmaakonttien eristysratkaisuja on useita, mutta tyypillisimmät eristevaihtoehdot rakenteissa ovat mineraalivilla ja polyuretaanieristeet. Myös eristeiden ainevahvuudet vaihtelevat valmistajakohtaisesti. Työmaakonttien asettelu tulisi suunnitella siten, että niiden ulkoilmaan yhteydessä oleva pinta-ala on mahdollisimman pieni.

Parmaco suoritti vuonna 2010 kolmelle heidän valmistamalleen tilalle lämmitysenergian kulutustestin. Testijakso kesti 66 vuorokautta ja se suoritettiin 22.1.–29.3. 2010. Testissä työmaatilojen haluksi sisälämpötilaksi asetettiin 20–21 °C. Testissä oli kolme eri tavalla eristettyä työmaatilaa. Kaikissa testeissä oli yhdistetty kaksi työmaatilaa toisiinsa. Mineraalivillaeristetyn tilan pinta-ala oli 59,4 m<sup>2</sup>, ja Master ja Eco Master tilojen pinta-alat olivat 48 m<sup>2</sup>. Taulukko 2:ssa on eritelty tiloissa käytetyt eristeet ja niiden paksuudet.

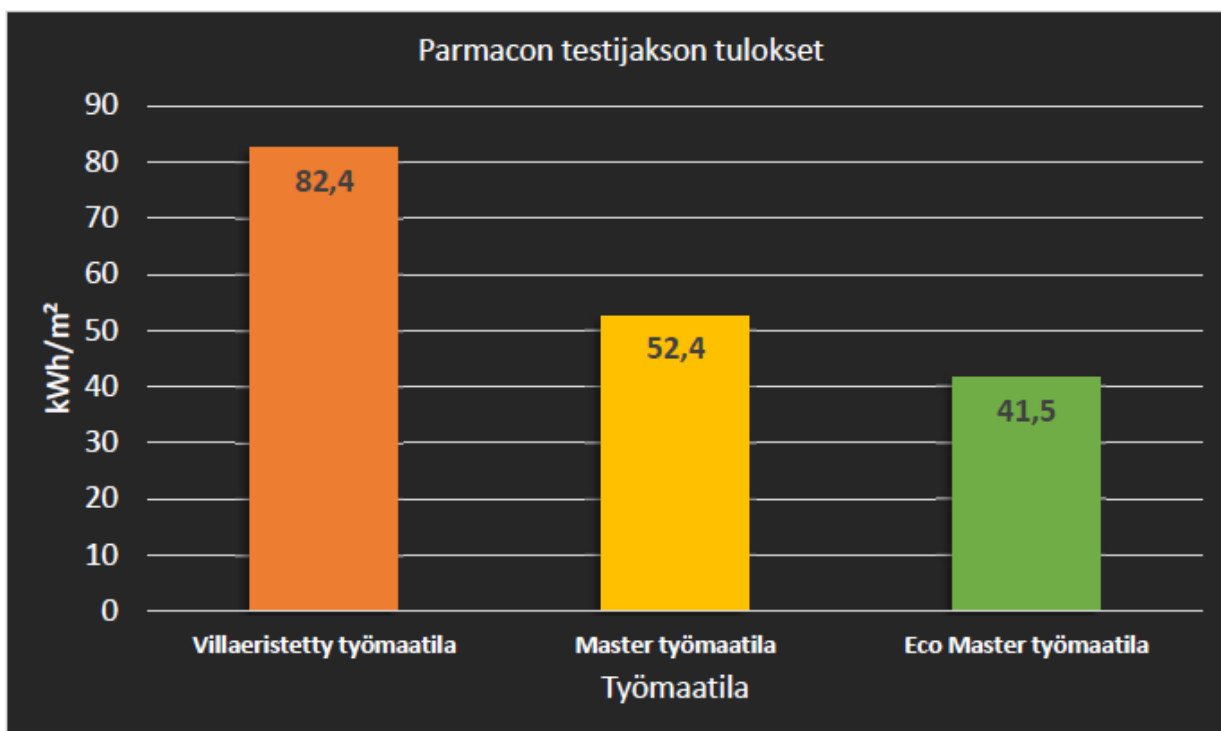
Testitulosten perusteella Master Eco työmaatiloin energian kulutus oli mittausajanjaksolla 41,5 kWh/m<sup>2</sup>, Master työmaatiloin 52,4 kWh/m<sup>2</sup> ja villaeristetyn työmaatiloin 82,4 kWh/m<sup>2</sup>. ECO Master

työmaatilien energiankulutus oli noin 20,8 % pienempi kuin Master työmaatilien ja villaeristettyyn tilaan verrattuna 49,6 % pienempi (kuva 10).

Huomioitavana asiana testeissä käy myös ilmi, että alhaisimpien lämpötilajaksojen aikana villaeristetyin työmaatilien sisälämpötila ei pysy asetetuissa raja-arvoissa. Testijakson alhaisimmat lämpötilat testitilojen sisällä olivat mineraalivillaeristetyssä tilassa 16,6 °C, Master työmaatilassa 20,1 °C ja Eco Master tilassa 20 °C.

TAULUKKO 2. Työmaatilien eristerakenteet (muokattu lähteestä Parmacon työmaatilien lämmitysenergia testi 2010, Hiltunen 2023)

Työmaatilien tyyppi	Villaeristetty työmaatila	Master työmaatila	Eco Master työmaatila
Eriste			
Lattia	Mineraalivilla 100 mm	Mineraalivilla 150 mm	Polyuretaani 123 mm
Ulkoseinä	Mineraalivilla 100 mm	Polyuretaani 60 mm	Polyuretaani 95 mm
Katto	Mineraalivilla 100 mm	Polyuretaani 95 mm	Polyuretaani 123 mm



KUVA 10. Työmaatilien kokonaisenergiankulutus testijaksolla (muokattu lähteestä Parmacon työmaatilien lämmitysenergia testi 2010, Hiltunen 2023)

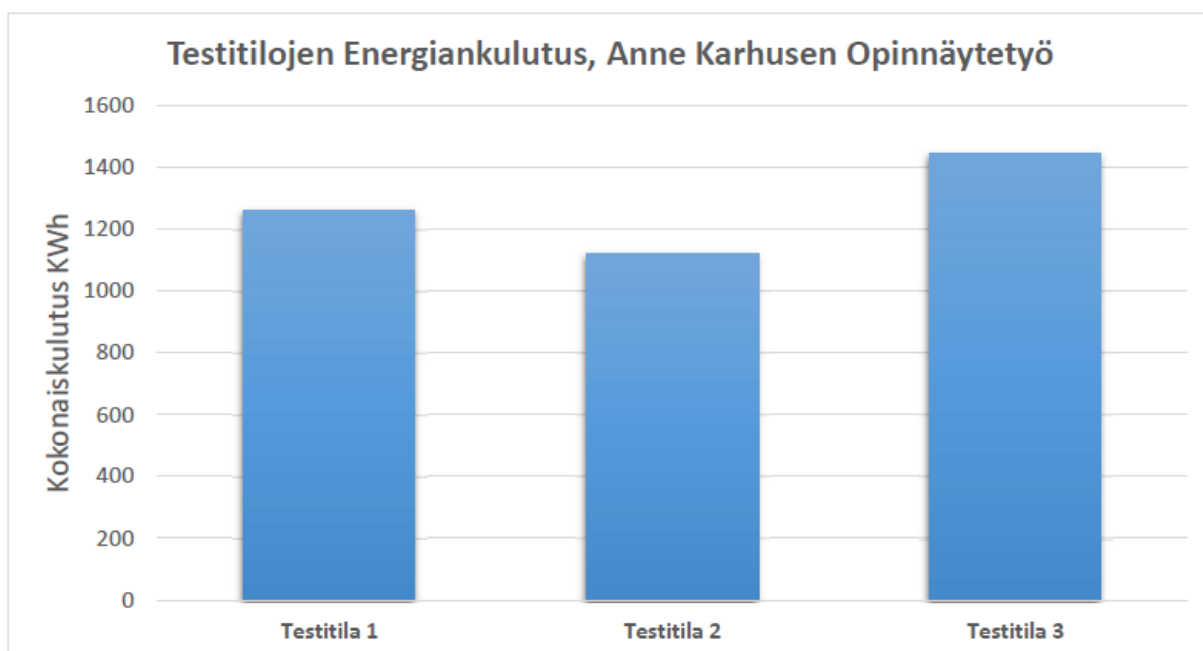
Anne Karhunen (2011) teki omassa opinnäytetyössään tutkimuksen eristetyin työmaakonttien lämmitykseen kuluva energiakulutuksesta. Tutkimuksessa seurattiin kolmen työmaatilien lämmitykseen käytettävää kokonaisenergianmäärää 25.1.–18.2. vuonna 2010. Testin tilat olivat pinta-alaltaan 85 m<sup>2</sup> ja niissä oli useampi työmaatila liitettynä toisiinsa. Tiloissa oli erilaiset eristeratkaisut. Testitila 1

oli eristetty kokonaan mineraalivillalla, testitila 2 kokonaan polyuretaanilla ja testitila 3:ssa oli käytetty sekä mineraalivillaa, että polyuretaania. Taulukossa 3 on ilmoitettu tarkemmat eristevahvuudet. Testitilojen pinta-alat olivat noin 85 m<sup>2</sup>. Testijakson kokonaisenergian kulutukseksi hän sai testitila 1:selle 1261 kWh, testitila 2:selle 1119 kWh ja testitila 3:selle 1443 kWh. Prosentuaalisesti Testitila 2 vei energiaa noin 22 % vähemmän kuin testin eniten energiaa kuluttanut testitila 3. (Karhunen 2011, 26–29.)

TAULUKKO 3. Tilojen rakenteiden eristemateriaalit ja – paksuudet (Anne Karhunen 2011, 24)

Taulukko 7. Tilojen rakenteiden eristemateriaalit ja -paksuudet

Eistemateriaali		Vertailutila A	Vertailutila B	Testitila 1	Testitila 2	Testitila 3
		Mineraalivilla	Polyuretaani	Mineraalivilla	Polyuretaani	Min.villa + polyuret.
Eristeiden paksuudet	Seinät / mm	100	95	100	95	60 (poly.)
	Lattia / mm	150	123	150	123	150 (villa)
	Katto / mm	150	123	125	123	95 (poly.)



KUVA 11. Testitilojen energiankulutus (Muokattu lähteestä Karhunen 2011, 28 Mikko Hiltunen 2023)

Aiempien testien tulokset eivät ole keskenään täysin vertailukelpoisia. Master työmaatilojen testissä olleiden tilojen pinta-alat olivat pienemmät kuin, Anne Karhusen testissä. Myös testitilojen eristekäsitelmät poikkesivat toisistaan ja Master työmaatilojen sijainnin takia lämpötilat olivat mittausjaksolla huomattavasti matalammat. On kuitenkin huomioitava, että testeissä tiloissa ei ole ollut työmaatoimintaa ja ne eivät olosuhteiltaan täysin vastanneet todellista työmaaympäristöä. Molempien testejä tuloksena voidaan kuitenkin todeta, että työmaakonttien energiankulutukseen voidaan vaikuttaa merkittävästi valitsemalla työmaalle mahdollisimman hyvin eristetyt työmaatilat. Testien perusteella voi myös todeta polyuretaanieristeen olevan energiatehokkaampi ratkaisu eristeenä kuin mineraalivillaeriste.

### 3.4 Työmaa-aikainen valaistus

”Työmaan valaistuksesta tehdään erillinen valaistussuunnitelma. Työmaan valaistus tulee suunnitella niin, että työmaan yleisvalaistus on riittävä turvallista liikkumista ajatellen ja kaikkien työvaiheiden

valaistus on työtä ajatellen riittävää”. (Ratu 02-3037 Työmaan sähköistys Kone-Ratu 2003, 4) Nykyään työmaan valaistus toteutetaan pääsääntöisesti led-valaisimilla. Yleisvalaistukseen on myös saatavilla erilaisia halogeeni, loisteputki ja energiansäästö valaisimia. Tyypillisimmät valaisimet ovat led-nauhat, mastovalot, valonheittimet, ketjutettavat työmaavalaisimet ja erilaiset kohdetyövalot.

Valaistuksen osalta energiansäästö saadaan muodostumaan suunnittelemalla valaistuksen käyttö ennakkoon ja valitsemalla mahdollisimman energiatehokkaat valaisimet työmaalle. Työmaalla valaisimien tulisi olla päällä vain silloin kun niitä tarvitaan. Nykypäivänä led-valaisimet ovat syrjäyttäneet muut valaisimet suosiossaan, koska niiden edut muihin valaisimiin verrattuna ovat selkeät ja niiden hankintahinnat ovat laskeneet. Led-valaisimilla on pitkä käyttöikä, ne soveltuvat sekä sis- että ulko-käyttöön ja niissä on korkea valotehokkuus. Mikäli rakennusliikkeillä on käytössä vielä esimerkiksi halogeenivalaisimia, tulisi niistä luopua, koska taulukossa 4 määritettyjen arvojen perusteella yksi halogeenilamppu kuluttaa noin kymmenkertaisen määrän energiaa saman valotehon luomiseen kuin led-valaisin.

Taulukko 4. Lamppujen keskimääräisiä ominaisuuksia (RT 75-11285 Valonlähteet 2018, 9)

Lamppujen keskimääräisiä ominaisuuksia

Lampputyyppi	Väriämpötila K	Värintoistoindeksi $R_a$	Valotehokkuus lm/W	Polttoikä <sup>3)</sup> h	Himmennys
Hehkulamppu	2 700	100	10–12	1 000	x
Halogeenilamppu 230 V	2 800–3 000	100	15	2 000	x
Halogeenilamppu 12 V	2 800–3 000	100	18	4 000	x
Yksikantaloistelamppu, kierrekanta	2 700–6 500	85	50–60	6 000–20 000	x <sup>1)</sup>
Yksikantaloistelamppu + kuristin	2 700–6 500	85	70	10 000–15 000	
Yksikantaloistelamppu + elektroninen	2 700–6 500	85	90	12 000–22 000	x
T8-loistelamppu + kuristin	2 700–6 500	80–95	90	12 000	
T8-loistelamppu + elektroninen	2 700–6 500	80–95	90	20 000	x
T8-loistelamppu, long life	2 700–6 500	80–95	90	35 000–75 000	x
T5-loistelamppu	2 700–6 500	80–95	90	24 000	x
T5-loistelamppu, long life	2 700–6 500	80–95	90	48 000	x
Elohopealamppu	3 000–4 000	20–45	40–50	16 000	
Suurpainenatriumlamppu	2 000	30	100–140	16 000–24 000	x <sup>1)</sup>
Suurpainenatriumlamppu, värikorjattu	2 500	80	40–50	12 000	
Pienpainenatriumlamppu	x	x	120–160	10 000	
Monimetalli-kvartsi + kuristin	3 000–6 000	70–90	90	7 500	
Monimetalli-kvartsi + elektroninen	3 000–6 000	70–90	100	10 000–12 000	x <sup>2)</sup>
Monimetalli-keraaminen + kuristin	3 000–6 000	90	90	9 000	
Monimetalli-keraaminen + elektroninen	3 000–6 000	90	100	12 000	x <sup>2)</sup>
Induktiolamppu	3 000	80	80	60 000	
Ledilamppu, kierrekanta	2 700–6 500	80	80–125	15 000	x <sup>1)</sup>
Lediputki	3 000–6 500	70–95	90–150	50 000–60 000	x <sup>1)</sup>
Ledimoduuli	2 000–6 500	80–95	130–150	30 000–100 000	x <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> vain tietyt mallit

<sup>2)</sup> ei yleensä himmennetä elinikä lyhenee, värimuutoksia

<sup>3)</sup> purkauslamppuille ilmoitettu hyötypolttoikä, muille keskimääräinen polttoikä

<sup>4)</sup> riippuu käytettävän lediohjaimen tyypistä

### 3.4.1 Led-nauhat

Led-nauhoja (kuva 12) käytetään pääsääntöisesti sisä- ja ulkotilojen kulkuväylien valaisemiseen. Niitä on saatavilla runsaasti eri mittaisia ja niitä pystytään ketjuttamaan ja haaroittamaan valmistajasta riippuen 50–60 m pituuteen. Valoteho nauhoissa vaihtelee 800–1 500 lumenin välillä metrin matkalla. Tehon kulutus kyseisillä nauhoilla on 7–12 wattia metrin matkalla.



KUVA 12. Led-nauha (TSR Elsite 2023)

### 3.4.2 Mastovalaisin

Mastovalaisimia (kuva 13) käytetään laajempien ulkoalueiden valaisemiseen. Mastovalaisimet ovat teleskooppivarrella varustettuja valaisimia, jotka suunnataan halutulle alueelle. Led-mastovalaisimien tyypillinen valaisuteho vaihtelee 60 000–90 000 Lumenin välillä ja niiden tehon tarve vaihtelee 600–800 W välillä. Mastovalaisimet koostuvat yleensä useammasta lampusta, joista osan voidaan tarvittaessa kytkemään pois päältä, mikäli valaistava alue ei tarvitse kaikkien lamppujen tuottamaa valotehoa. Tämän lisäksi mastovalaisimet ovat varustettu hämärä- ja kellokytkimillä, joilla pystytään säättämään valaistus päälle vain silloin kun valaistukselle on tarvetta.



KUVA 13. Mastovalaisin (Ramirent 2023)

### 3.4.3 Ketjutettavat työmaavalaisimet

Ketjutettavia työmaavalaisimia käytetään sisä- ja ulkotilojen kulkuväylien valaisemiseen. (ks. kuva 14) Niistä on myös saatavilla akulla varustettuja malleja, jotka toimivat sähkökatkojen aikana, jolloin ne soveltuvat hätäpoistumisteiden valaisemiseen. Ne ovat ripustettavia valaisimia, joita pystyy ketjuttamaan keskenään noin 5 metrin välein. Ketjuttaminen valaisimien välillä tapahtuu pistotulppien avulla. Yhden valaisimen valoteho vaihtelee 2 500–4 000 lumenin välillä ja sen tehon tarve on noin 15–25 W.



KUVA 14. Turvavalaisin (TSR Elsite 2023)

#### 3.4.4 Kohdetyövalot ja valonheittimet

Kohdetyövalot (ks. kuva 15) ovat helposti siirrettäviä valaisimia, joita käytetään pääsääntöisesti työpisteiden valaisuun ja paikoissa, jonne ei ole asennettu muuta valaistusta. Niitä on saatavilla verkkoon kytkettäviä ja akkukäyttöisiä malleja. Eri valaisimien valotehot ja tehon tarve vaihtelevat suuresti riippuen valaisimesta.



KUVA 15. Työvalaisin (TSR Elsite 2023)



## 3.5 Työkalut, laitteet ja nostimet

Työmaan rakentamisen aikana käytetään lukuisia eri työkaluja, laitteita ja nostimia (ks. kuva 10), joista iso osa käyttää sähköä toimiakseen. Sähköä käyttävien laitteiden määrä on kasvanut rakennustyömailla viime vuosina osittain työturvallisuuden ja ergonomian takia. Esimerkiksi pölyävien työvaiheiden pölyntorjunta on tuonut työmaille tarpeen uusille koneille, joilla pystytään hallitsemaan pölyn leviämistä ja muodostumista. Energiankulutuksen pienentämistä ei voida näissä tapauksissa tehdä heikentämällä työturvallisuutta. Tehokain keino työkalujen, laitteiden ja nostinten energiankulutuksen pienentämiseen on mitoittaa käytettävät tuotteet tilojen vaatimusten mukaisesti ja suunnitella laitteiden käyttöaika tehokkaasti.

Taulukko 1. Työmaakoneiden sähkötehon tarve.

			teho kW				teho kW
Nosturit	koottavat	nostokyky tm		Pora- ja piikkauskoneet	terä	20 mm	0,5
		< 100	35-62			38 mm	0,9
		100-140	50-85			50 mm	1,2
		140-200	60-105			90 mm	1,5
		200-300	90-160				
itsensä kokoavat	> 300	90-250					
	< 50	18-20					
	50-100	40-50					
	> 100	50					
Henkilönostimet				Kulmahiomakoneet			
	nivelpuomiset				laikka	115 mm	0,6
	pyöräalustainen peräkärri	0,5			180 mm	1,1	
	saksilavat	1-3			230 mm	2,1	
	pyöräalustainen peräkärri	23					
	mastonostimet	4-15					
	hammastanko	1,5					
	teleskooppi	1,5-2,5					
Hissit				Kompressorit			
	tavara	1-10			ilmantuotto	0,2 m <sup>3</sup> /min	0,6
	henkilötavara, nostoteho 500 kg	6-12				0,3 m <sup>3</sup> /min	2,2
						0,9 m <sup>3</sup> /min	5,5
						1,5 m <sup>3</sup> /min	11
						3 m <sup>3</sup> /min	22
Hitsausvarusteet				Korkeapainemaaluslaitteet			
	tasasuuntaajat	160 A	4,5		pienet		0,6
	200 A	5,5			keskisuuret		1,3
	generaattorit	170 A	5,9		suuret		1,6
Terästen käsittelykoneet				Uppopumput			
	taivuttimet	< 50 mm	3		400 l/min (3 m)		< 1
	katkaisimet	32 mm	4		700 l/min (3 m)		1-2
					1000 l/min (3 m)		> 2
					1500 l/min (3 m)		3-7
					4500 l/min (3 m)		7-15
					6000 l/min (3 m)		15-25
					7000 l/min (3 m)		> 25
Betonisekoittimet				Lämmitys- ja sulatuskalusto			
	tilavuus	140 l	0,3		lämpöpuhaltimet		
	160 l	0,3			pienet		3-9
	250 l	1,1			keskisuuret		15
					suuret		20-38
					höyrynehiitin, 660 kg/h		2
					lämmitysmatto, 3 m <sup>2</sup>		1,1
					lämmitysmatto, 6 m <sup>2</sup>		2,4
Täryttimet				Pienet käsityökoneet			
	sauvatäryttimet		1,3		porakoneet	terä 10-13 mm	< 0,5
	tärypalkit		0,3-0,5			terä 16 mm	> 0,5
Betonin lämmitys				Käsipyöräsahat			
	muottilämmitys				pistosahat	pienet	0,5
	suurmuotit/betoni-m <sup>3</sup>	1,4-2,5			ketjusahat	suuret	< 1,5
	pöytämuotit/betoni-m <sup>3</sup>	1-1,3					> 1,5
	lankalämmitys/betoni-m <sup>3</sup>	1-4			käsihöylät		0,8
	infrapunasaiteilijät				tasohiomakoneet		0,4
	pienet	2-7			nauhahiomakoneet		0,8
	suuret	12-35					
Imubetonipumppu				Puutyökoneet			
					rakennussirkkeli		3-4
					halkaisu- ja jirrisahat		1,2-1,7
Hierto- ja hiomakoneet				Työmaasuojat			
	kattohiomakone		1,1		sosiaalitila (2,4 x 6), ei lämmitystä		3
	betoninhiotokone		1,1		sosiaalitila (2,4 x 6)		5
	betoninhiomakone		1,5		varastotila, kylmä		0,5
	parkeettihiomakone		2,2		viipaleparakki, kW/m <sup>2</sup>		0,1
					keittiötila		10-20
Pölyn- ja vedenimurit				Valaisinlaitteet			
	< 200 m <sup>3</sup> /h		0,6-1,2		kolmijalat		0,5-1
	200-500 m <sup>3</sup> /h		2,2-9,2		valonheittimet		0,2-1,5
	> 500 m <sup>3</sup> /h		4-9		sisätyövalonheittimet		0,5-1,5
Asbesti-imurit							
	150-2500 m <sup>3</sup> /h		4-11				
Timanttileikkuslaitteet							
	holvisaha	paino 95 kg	4				
		paino 140 kg	7,5				
		paino 175 kg	7,5				
		paino 375 kg	11				
	porakone	paino 10 kg	1,1				
		paino 70 kg	3				
	urajyrssi	paino 8 kg	2,1				

KUVA 16. Työkoneiden sähkötehon tarve (Ratu 02-3037 Työmaan sähköistys Kone-Ratu 2003, 3)

### 3.5.1 Työkalut ja -koneet

Suurin osa työmaalla käytössä olevista työkaluista toimii sähköllä. Akkukäyttöisten työkalujen sähkön käyttö muodostuu akkujen lataamisesta. Isommat työkalut kuten pöytäsiirkeli kytketään suoraan työmaalle asennettaviin sähkökeskuksiin ja ne kuluttavat energiaa vain, kun niitä käytetään. Työkalujen akkulaturit ovat tyyppillisesti kytkettyinä aina sähköverkkoon, mutta ne kuluttavat valtaosan energiastaan ladatessaan tyhjiä akkuja täyteen.

Työmailla on käytössä myös paljon laitteita, joita käytetään olosuhteidenhallintaan. Työmaalla on tarve hallita kosteutta, jotta rakenteet kuivuvat suunnitellussa aikataulussa. Tähän tarkoitukseen on olemassa erilaisia kuivaimia ja puhaltimia. Pölynhallintaan on olemassa alipaineistajia ja ilmanpuhdistajia. Erityisen pölyvien työvaiheiden, kuten hiontaan ja laastien sekoitusta varten on mahdollista käyttää kohdepoistoa, joka toteutetaan esimerkiksi kytkemällä imuri työkaluun, jolla työvaihetta suoritetaan.

### 3.5.2 Nostimet

Rakentamisessa käytetään nostimia, jotka toimivat sähköllä. Yleisimpiä näistä ovat torninostimet, saksinostimet ja mastonostimet. Erityisesti torninostinten hetkellinen tehontarve on suuri ja tämä tulee huomioida työmaan sähköistysuunnitelmaa tehdessä, jotta sähkökeskukset on mitoitettu riittävän suuriksi. Kuvassa 10 annettujen mitoitusarvojen mukaan torninostinten hetkellinen huipputeho vaihtelee 18–250 kW välillä riippuen nostimen nostokyvystä.

Torninostimet käyttävät suurimman osan sähkönkulutuksestaan taakkaa nostaessaan ja nostimen käyttämä hetkellinen teho on suhteellinen nostettavan taakan painoon. Lambertsson Oy:n tekemän tutkimuksen mukaan tyyppillinen hetkellinen tehontarve torninostimilla on noin 30–40 % nostimen ilmoitetusta huipputehosta, kun se nostaa taakkoja. Nykyaikaiset nostimet on myös varustettu taajuusmuuntajilla, joka parantaa nostinten energiatehokkuutta. Torninostinten puomin kääntö kuluttaa myös vain muutaman prosentin kokonaistehon tarpeesta (Veli-Pekka Virtanen 2023) Haastattelun perusteella voidaan todeta torninostureiden sähkönkulutuksen olevan vähäistä, vaikka ne hetkellisesti tarvitsevat suuren määrän energiaa toimiakseen.

### 3.5.3 Sähkökäyttöiset lämmitysjärjestelmät

Sähkökäyttöisiä lämmittämiä on erilaisia ja niiden käyttökohteet vaihtelevat. Yhteistä sähkölämmittimissä on helppokäyttöisyys ja toimintavarmuus. Niitä ei tyypillisesti tarvitse huoltaa rakentamisen aikana ja ne helppo asentaa. Sähkökäyttöisiä lämmittämiä käytettäessä tulee niiden tarvitsema teho huomioida sähköistysuunnitelmassa.

Betonin lämmityskaapelit ovat kaapeleita, joita käytetään etenkin talvibetonoinnissa. (ks. kuva 11) Ne asennetaan valettavan betonin sisään. Kaapeleita on tarjolla runsaasti eri mittaisia ja ne kytketään pistotulpilla sähköverkkoon. Lämmityskaapelit tehostavat betonin kuivumista, nopeuttavat muottikiertoa ja estävät betonin jäätyminen. Lämmityskaapeleiden tehonkulutus vaihtelee noin 30–40 W/m välillä. (Betonin kuivumisen nopeuttaminen Betonitieto 2022, 11.)



KUVA 17. BET betoninlämmityskaapeli (Pistesarja 2023)

Lämpömatot ovat lämmityskaapeleita, jotka on asennettu PVC-päällysteisen nailonmaton sisään. Niitä käytetään pääasiassa maaperän sulana pitämiseen, vesi- ja viemäriputkien sulatukseen ja betonivalujen suojaukseen. Ne toimivat samalla periaatteella, kuin lämmityskaapelit. Lämpömattojen tehon kulutus on noin 300 W/m<sup>2</sup>.

Sähkökäyttöiset lämpöpuhaltimet ovat lämmittämiä, joissa sähköllä lämmitetään lämpövastusta, jonka läpi puhalletaan ilmaa. Lämpö siirtyy ympäröivään tilaan ilmvirran avulla. Lämpöpuhaltimien tyypilliset koot ovat 2–3 kW, 9 kW, ja 18 kW. Lämpöpuhaltimia käytetään sisätilojen lämmitykseen.

### 3.5.4 Nestekaasukäyttöiset lämmitysjärjestelmät

”Nestekaasut ovat kaasumaisten hiilivetyjen seoksia, jotka varastoidaan ja kuljetetaan nesteytettyinä kaasupulloissa – säiliöissä” (Työterveyslaitos 2022). Suomessa yleisesti käytetty nestekaasu koostuu propanista

ja butaanista sekoituksesta. Nestekaasulla on korkea energiatiheys, joka on noin 12,8 kWh yhtä kilogrammaa kohti. (AGA 2023). Korkean energiatiheyden ansiosta lämmitykseen käytettävän nestekaasun määrä on pienempi, kuin esimerkiksi polttoöljyn. Yleisimpiä nestekaasulämmittimiä ovat nestekaasupuhaltimet (ks. kuva 18) ja -säteilijät.

Kun rakennustöissä käytetään nestekaasua, on huomioitava sitä koskevat viranomais määräykset. Nestekaasua saa varastoida ilman lupaa korkeintaan 200 kg. Suurempien määrien varastoinnista on aina tehtävä ilmoitus kunnan palopäällikölle. Rakennustöissä käytettävässä pullopaketissa saa nestekaasua olla enintään 300 kg. Mikäli käytetään useampia pullopaketteja, tulee niiden keskinäisen etäisyyden olla vähintään 10 metriä. Nestekaasupulloja käytettäessä pullot on tuettava luotettavasti. Lämmittimiä ei saa sijoittaa välittömästi pullojen läheisyyteen. (Ratu TT 16-00533 Nestekaasun käyttö ja varastointi työmaalla 2005, 1–2.)

Nestekaasulämmittimiä käytettäessä on huomioitava, että lämmitettävän tilan ilmanvaihto on riittävän suuri. Nestekaasu käyttää palaessaan suuren määrän happea. Nestekaasu tuottaa myös palaessaan noin 1,6 kg vesihöyryä kiloa kohden. Nestekaasulämmitysjärjestelmän etuja ovat lämmityslaitteiden suuri lämmitysteho suhteutettuna laitteiden kokoon. Nestekaasu palaa puhtaasti ja sen palokaasuja ei tarvitse ohjata ulos rakennuksesta.



KUVA 18. Remko PGT100 Rakennuskuivain 115 kW (Cramo, 2023)

### 3.5.5 Kevyt polttoöljykäyttöiset lämmitysjärjestelmät

Kevyt polttoöljy on nestemäistä polttoainetta, joka saadaan raakaöljyn tislauksessa yhtenä sivutuotteena. Kevyttä polttoöljyä voidaan käyttää rakentamisessa lämmön lähteenä polttamalla sitä. Kevytpolttoöljytuotteista käytetään lyhennettä POK. Kevyt polttoöljyssä on noin 10 kWh lämpöenergiaa yhtä litraa kohden. (RT 52-10857 Lämmitys kevyellä polttoöljyllä 2005, 2–3.) Käytettäessä polttoöljylämmittimiä tulee huomioida palamisessa syntyvät pakokaasut. Osaa laitteista käytettäessä syntyy myrkyllistä pakokaasua, joka on ohjattava pois rakennuksen sisältä.

Polttoöljylämmittimet voidaan jakaa kahteen ryhmään, siirrettäviin pienemmän kapasiteetin lämmittämiin ja lämpökontteihin. Siirrettävien lämmittimien lämmitysteho vaihtelee noin 15–110 kW tehosta riippuen valmistajasta. Yleisimpien lämpökonttien kapasiteetit vaihtelevat 125–620 kWh välillä.

### 3.5.6 Kiertovesilämmitysjärjestelmät

Kiertovedellä toimivia lämmitysjärjestelmiä voidaan käyttää kaukolämpöverkossa ja kiertovesi lämmitysjärjestelmissä. Niiden toimintaperiaatteena on, että lämmitysverkossa kierrätetään kuumaa vettä, joka luovuttaa lämmitysenergiaa jäähtyessään Toimiakseen järjestelmä tarvitsee lämmönjakokeskuksen (Ks. kuva 20) ja lämmönsiirtimet. Lämmönsiirtiminä voidaan käyttää rakennettavan kohteen omia kiertovesilämmitys järjestelmiä, kuten patterit ja vesikiertoiset lattialämmitysjärjestelmät, kunhan ne ovat rakennettu valmiiksi. Toinen vaihtoehto on käyttää kiertovesipuhaltimia (ks. kuva 19), jotka kytketään väliaikaisesti lämmitysverkkoon. Kaukolämmössä tuotetaan kuumaa vettä tuotantolaitoksessa, ja sitä kierrätetään kaukolämpöverkossa. Kaukolämpöä voidaan käyttää rakennustyömailla lämmittämiseen ja kuivattamiseen, mikäli rakennettava kohde sijaitsee kaukolämpöverkon toiminta-alueella. Rakentamisen aikainen kiertovesijärjestelmä voidaan toteuttaa myös käyttämällä siirrettävää lämmityskeskusta. Lämmityskeskus toimitetaan työmaalle, jossa se lämmittää kiertovesijärjestelmän vettä esimerkiksi polttoöljyllä. Kiertovesijärjestelmien lämmitysteho riippuu lämmönjakokeskuksen kapasiteetista. Tyypillisten lämmönvaihden huipputehot vaihtelevat noin 250–800 kW välillä. (RT52-10859, Lämmitys kaukolämmöllä 2005, 2–3.)



KUVA 19. Kiertovesipuhallin EL-Björn TF30hv-f30kw (Renta 2023)



KUVA 20. El-Björn TFUC 800 EZE, siirrettävä kaukolämpökeskus (Renta 2023)

### 3.6 Sähkönkulutuksen ohjauksen eri vaihtoehdot

Energiankulutusta ja sen kestoa pystytään ohjaamaan rakennustyömaalla usealla eri tavalla. Sähkökeskusten pistorasiapaikkoihin voi kytkeä erilaisia etäohjattavia älypistorasioita tai kellokytkimellä varustettuja rasioita. Useissa rakennustyömaalla käytettävissä laitteissa on myös sisäänrakennettuja ajastimia ja termostaattiohjauksia, jotka kytkevät laitteet pois päältä automaattisesti, kun halutut raja-arvot saavutetaan.

#### 3.6.1 Älypistorasiat

Työmaan sähkökeskusten pistorasioihin löytyy etäohjattavia älypistorasioita, jotka toimivat joko wifi – tai GSM-verkossa. Valmistajasta riippuen pistorasiat pystytään myös ohjelmoida toimimaan halutun aikataulun mukaisesti ja ne saadaan kytkemään pois päältä suunnitellun aikataulun mukaisesti. Kellokytkimellä varustetut pistorasiat voidaan ajastaa toimimaan haluttuna ajankohtana, ja ne soveltuvat esimerkiksi yleisvalaistuksen pois kytkemiseen. Pistorasioita on saatavilla myös ulkokäyttöön tarkoitettuja IP44-luokiteltuja malleja, joten ne kestävät myös työmaaolosuhteissa. Osa laitteista on myös varustettu energianmittausominaisuudella.

Wifi-verkossa toimiva älypistorasia tarvitsee toimiakseen wifi-verkon ja niitä ohjataan esimerkiksi kännykkäsovelluksen kautta. GSM-verkossa toimivat älypistorasiat toimivat puhelinverkossa eli ne toimivat samoissa paikoissa, kuin kännykät. GSM-ohjatut pistorasiat tarvitsevat toimiakseen puhelinliittymän. Niitä pystytään ohjaamaan SMS-tekstiviesteillä, puhelinsoitolla tai mahdollisesti valmistajasta riippuen myös valmistajan tarjoamalla ohjelmistolla.

### 3.6.2 Laitteiden omat ominaisuudet

Rakennustyömaalla on käytössä laitteita, joita ei tarvitse pitää päällä jatkuvasti. Esimerkiksi työmaa-aikaisen lämmityksen tavoitteena on saavuttaa rakennustyömaalla tietyissä paikoissa halutunlaiset olosuhteet. Useat lämmityslaitteet on varustettu erilaisilla antureilla, joilla laite kytkeytyy pois päältä, kun haluttu lämpötila on saavutettu. Laite myös käynnistyy uudelleen, kun lämpötila laskee riittävästi. Osa sähkökäyttöisistä lämpöpuhaltimista on varustettu ajastimilla, joilla voidaan määrittää haluttu käyttöaika. Tämän takia on tärkeää, että laitteiden käyttö suunnitellaan etukäteen ja määritellään halutut niille raja-arvot. Näin laitteilla ei kuluteta ylimääräistä energiaa.

### 3.6.3 Valonohjauskeskus

Valonohjauskeskus on yleisvalaistuksen käytön ohjaukseen suunniteltu pistorasiakotelo, johon pystytään asettamaan valaistukselle haluttu käyttöjakso. Se toimii kellokytkimellä. Valonohjauskeskuksia on saatavilla malleja, jotka on varustettu astronomisella kellokytkimellä. Näillä pystytään ohjaamaan myös ulkovalaistus toimimaan ilta-aikaan, kun aurinko on laskenut eikä se enää valaise työmaata.



KUVA 21. Valonohjauskeskus 32A (TSR Elsite 2023)

## 4 ESIMERKKILASKELMAT

Opinnäytetyössä tutkittiin esimerkkilaskelmien avulla energian kulutusta tekemällä erilaisia laskelmia työmaan sähkön ja energian kulutuksesta. Laskelmissa käytetään määrinä Lujatalon esimerkkityömaata, josta saadaan kalustelistejen ja yleisaikataulun pohjalta määrät laskelmiin. Laskelmissa hyödynnettiin myös Lujatalon kalustokeskukselta ja muilta tavarantoimittajilta saatuja tietoja. Laskelmilta saatujen tulosten pohjalta tehdään pohdinta energiansäästön mahdollisuuksista ja sen kannattavuudesta uudisrakennustyömaa ympäristössä.

### 4.1 Case, Asunto Oy Kuopion Teatteriaukio, kokonaisenergiankulutus

Uudisrakennuskohteen kokonaisenergian kulutuksen määrittäminen on haastavaa. Kokonaisenergian kulutukseen vaikuttaa rakennuskohteen koko, sijainti ja rakentamisen kesto. Kylminä ajanjaksoina kohdetta pitää myös lämmittää, joka kasvattaa energiankulutusta.

Asunto Oy Kuopion Teatteriaukio koostuu kolmesta 6-kerroksisesta rapusta, kahdesta liiketilasta ja maanalaisesta parkkihallista. Huoneistoja kerrostalossa on 115. Kohde sijaitsee Kuopion keskustassa. Kohteen brm<sup>2</sup> 7 154 ja tilavuus noin 26 300 rm<sup>3</sup>. Rakennusaika oli 5.2021–3.2023 eli 23 kuukautta.

#### 4.1.1 Energian käyttömuodot

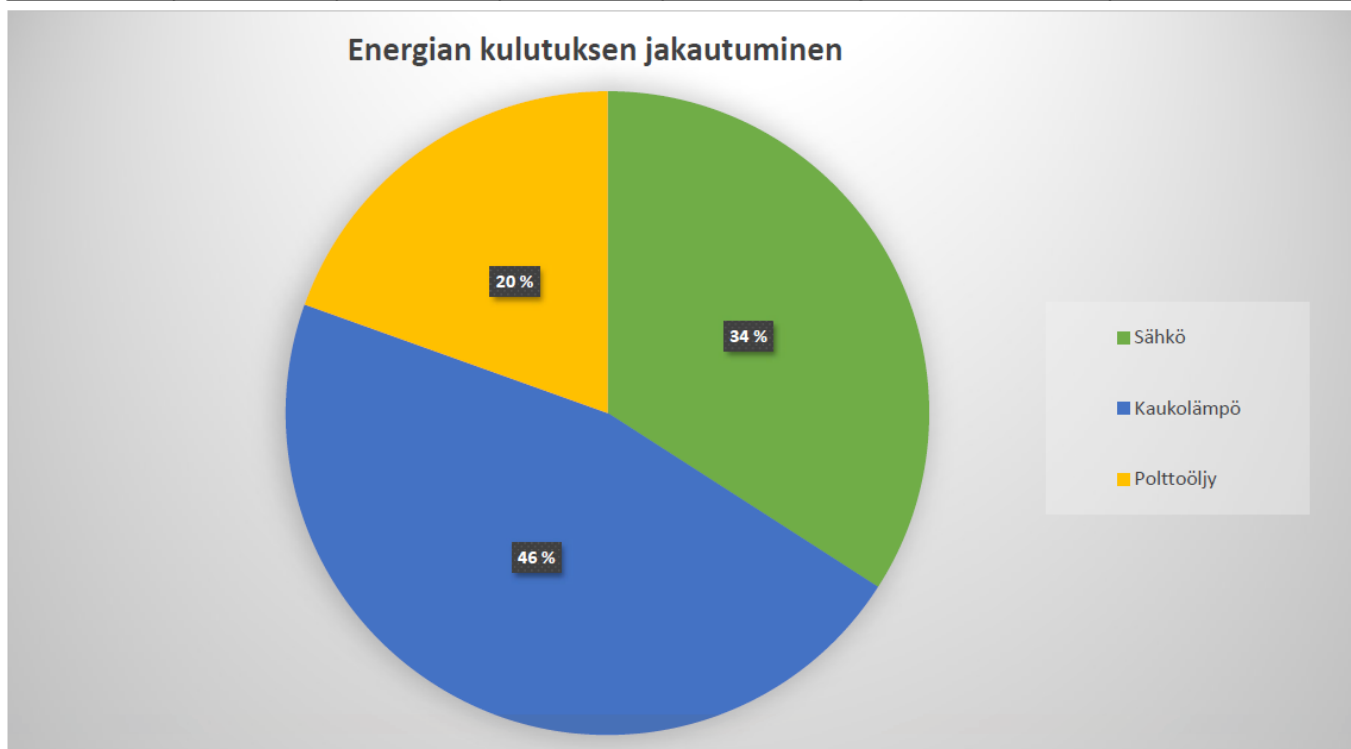
Energian käyttömuotoina työmaalla oli sähkö, kaukolämpö ja kevytpolttoöljy. Kohteessa lämmitys oli toteutettu pääasiallisesti kaukolämmöllä ja polttoöljyllä. Sähkön käyttö lämmitykseen oli ollut pieni-muotoista. Runkovaiheessa lämmitykseen käytettiin kevytpolttoöljyä sekä sähkölämmityskaapeleita ja -puhaltimia. Sisävaiheen lämmitys toteutettiin kaukolämmöllä. Työmaalle oli asennettu kiertovesipuhaltimia ja rakennuksen oma patteri ja vesikiertoinen lattialämmitys järjestelmä otettiin käyttöön niiden valmistuttua.

#### 4.1.2 Kokonaisenergian käyttö

Työmaalla käytettiin energiaa yhteensä 1 642,7 MWh. Sähköä käytettiin 560 MWh, kaukolämpöä 762 MWh ja polttoöljyä 320,7 MWh. Energiaa kului siis yhden brm<sup>2</sup> osalta lähes 230 kWh ja rm<sup>3</sup> kohden 62,5 kWh. (ks. kuva 22)



Kohteen energiankulutuksen jakautuminen						
Energianlähde	Sähkö	Kaukolämpö	Polttoöljy	Energia yhteensä	Energian kulutus / bm2	Energiankulutus / m3
Määrä [kWh]	560000	762000	320700	1642700	229,6	62,5



KUVA 22. Kohteen energiankulutuksen jakautuminen (Hiltunen 2023)

#### 4.1.3 Sähkölämmityksen osuuden määrittäminen

Polttoöljy ja kaukolämpö olivat käytössä vain rakennuksen lämmitystä ja kuivatusta varten. Tämän lisäksi sähköä käytettiin betonivalujen lämmitykseen talviaikana kohteessa ja sähköllä toimivia lämpöpuhaltimia oli käytössä paikallisesti. Työmaatiloiden lämmitys oli toteutettu sähköpattereilla ja ilmalämpöpumpuilla.

Sähkönkulutuksen osuutta lämmityksestä ei pysty tarkasti määrittämään jälkikäteen, koska sitä ei kohteessa seurattu. Työmaatiloiden lämmitysenergian kulutusta voidaan lähteä arvioimaan, kun tiedetään vuoden keskilämpötila ja työmaatiloiden pinta-ala. Muiden työmaalla käytössä olleiden sähkölämmittimien määrät ja käyttöajat eivät ole tiedossa, joten ne on jätettävä pois laskuista.

Työmaalla oli käytössä yhdeksän kappaletta sosiaalituloiksi määriteltyjä työmaakontteja. Niiden pinta-ala oli yhteensä 207,24 m<sup>2</sup>. Työmaatilat olivat käytössä 22 kk ajanjaksolla 6.2021–3.2023. Kuopion keskilämpötila työmaatiloiden käyttöaikana oli 4,82 °C (Jemma.mobi 2023). Tilastojen lämpötilat ovat lähtöisin ilmatieteenlaitokselta. Maaliskuu 2023 keskilämpötilana on käytetty edeltävän vuoden keskilämpötilaa. Käytetään taulukossa 5 sivulla 17 määriteltyä työmaarakennusten lämmityksen (kWh/m<sup>2</sup> x kk) arvoa 19,2 kWh. Taulukossa lämpötilan vaihteluväli kyseiselle arvolle on määritetty 2,5–7,5 °C, jonka keskiarvo 5°C on lähellä käyttöajan keskilämpötilaa 4,82°C. Määritettiin yhden m<sup>2</sup> lämmitysenergian kulutukseksi noin 19,2 kWh suoraan taulukon arvosta. Sosiaalitulojen kokonaislämmitys energia lasketaan kaavalla käyttökuukaudet x pinta-ala x tarvittavat lämmitysenergia, 22 kk x

207,24 m<sup>2</sup> x 19,2 kWh, jolloin tulokseksi saadaan 87 538 kWh. Kun rakennuskohteen kokonaissähkön käyttömäärä oli kohteessa 560 000 kWh, on sähköä käytetty noin 15,6 % pelkästään työmaatilojen lämmitykseen.

#### 4.1.4 Lämmitykseen käytetyn energian osuus kokonaisenergian kulutuksesta

Työmaan rakentamisen aikaiseen lämmitykseen on käytetty energiaa kaukolämmön ja kevytpolttoöljyn muodossa 1 082 700 kWh. Tämän lisäksi aiempien laskelmien perusteella työmaatilojen lämmitykseen on käytetty noin 87 500 kWh sähköä. Yhteensä lämmitykseen on käytetty energiaa noin 1 170,2 MWh, pois lukien työmaan lämmityksessä käytetyt sähkölämmittimet ja -kaapelit. Laskelmien perusteella lämmityksen osuus koko työmaan energiankulutuksesta on noin 71 %. Yhtä brm<sup>3</sup> kohden lämmitysenergiaan on kulunut noin 44,4 kWh ja bm<sup>2</sup> kohden 163 kWh. Huomion arvoinen asia on myös se, että kaukolämpöverkkoon kytketyt kiertovesipuhaltimet ja kevytpolttoöljylämmittimet tarvitsevat sähköä toimiakseen. Näiden laitteiden sähkön kulutusta ei ole huomioitu laskelmissa. Voidaan siis päätellä, että kyseisessä kohteessa lämmitykseen käytetyn energian osuus oli suurempi, kuin mitä laskelmat osoittavat.

## 4.2 Case, Asunto Oy Kuopion Teatteriaukio yleisvalaistus

Rakennustyömaan yleisvalaistuksen toteuttamiseen on paljon eri vaihtoehtoja. Riippumatta valituista valaisin tyypeistä pystytään valaistusta ohjaamaan eri toimenpitein, kun tehdään ennakkosuunnitelua valaistussuunnitelman yhteydessä. Valaistuksen pois kytkemiseen on nykyään tarjolla runsaasti eri vaihtoehtoja, kunhan ne huomioidaan hyvissä ajoin hanketta.

Yleisvalaistuksen esimerkilaskelmien tavoitteena on selvittää Lujatalon Asunto Oy Kuopion Teatteriaukion esimerkki työmaan kautta mahdollisia energiansäästömahdollisuuksia vertailemalla valaistuksen energiankulutusta, kun yleisvalaistus kytketään pois päältä ajanjaksoilla, silloin kun siellä ei työkennellä.

### 4.2.1 Lähtötiedot

Kohteen yleisvalaistus on toteutettu Bau-Led 2 -merkkisillä led-nauhoilla, joilla rakennuksen sisätilat on valaistu. Led-nauhoja työmaalla on yhteensä 840 metriä ja led-nauhan tehontarve on 9 W/m. Ulkotilojen valaistus on järjestetty Luxtower-merkkisillä valomastoilla, jotka on varustettu neljällä 120 watin valonheittimellä.

### 4.2.2 Esimerkilaskelmissa käytetyt arvot

Esimerkilaskelmiin määriteltiin valaisintyypeittäin käyttöaika vuorokausissa, joka arvioitiin rakennustyömaan yleisaikataulun pohjalta. Sisätilan Led-nauhojen käyttöajaksi määriteltiin ajanjakso runkovaiheen lopusta kuukauden päähän kohteen määrittelystä luovutuksesta, joka oli noin 330 vuorokautta. Valomastojen käyttöajaksi määriteltiin 120 vuorokautta. Sähkön hinnaksi määriteltiin 0,15 €/kWh.

Esimerkilaskelmissa vertailtiin yleisvalaistuksen kokonaisenergiankulutusta vertailemalla sitä, kuinka monta tuntia valaisimet olivat päällä jokaisena työpäivänä. Vertailuarvoiksi määritettiin, että valaistus on päällä vuorokaudessa 24 tuntia eli valaistusta ei kytketä ollenkaan pois päältä, valaistus on päällä 12 tuntia ja valaistus on päällä 9 tuntia. Tyypillisesti työmailla on työntekijöitä, jotka tekevät pidempiä päiviä, jonka takia esimerkilaskelmissa määriteltiin edeltävät ajanjaksot. Tämän lisäksi vertailussa tutkittiin, kuinka paljon energiaa säästetään, mikäli valaistus kytketään pois päältä viikonloppujen ajaksi.

### 4.2.3 Tulokset

Laskelmien perusteella energiaa säästyy 28,6 % pelkästään kytkemällä valaistus pois päältä viikonloppuiksi. Mikäli työmaalla pidetään valot päällä työpäivinä 9 tunnin ajan ja viikonloppujen ajaksi ne kytketään pois päältä, voidaan yleisvalaistuksen kokonaisenergian kulutusta pienentää noin 73 %. Riippuen työmaan kestosta, valaisimien määrästä ja energian hinnasta pystytään valojen pois kytkemisellä saavuttamaan merkittäviä säästöjä. Esimerkkityömaan tapauksessa 0,15 €/kWh sähkön hinnalla saavutettiin noin 7 398 € säästö. (ks. kuva 23) Laskelmissa ei ole huomioitu valaistuksen poiskytkentään meneviä kustannuksia, jotka riippuvat tavasta millä se toteutetaan.

## Yleisvalaistuksen kulutus ja kustannusvertailut, Case Asunto Oy Kuopion Teatteriaukio

Sähkön kokonaiskustannukset €/Kwh = **0,15 €**

### Kustannusten ja kulutuksen määrät

Valaistus on päällä joka vuorokausi valaisimien käyttöaikana määritellyn ajanjakson aikana.

Valaisimien käyttöaika vuorokaudessa [h]	24	12	9
Kokonaiskulutus [KWh]	67363,2	33681,6	25261,2
Kokonaiskustannus €	10 104,48 €	5 052,24 €	3 789,18 €
Prosenttiosuus suurimmasta kulutuksesta	100 %	50,0 %	37,5 %

Valaistus on päällä joka vuorokausi valaisimien käyttöaikana määritellyn ajanjakson aikana, mutta valot eivät ole päällä viikonloppuisin lauantaina tai sunnuntaina.

Valaisimien käyttöaika vuorokaudessa [h]	24	12	9
Kokonaiskulutus [KWh]	48118	24059	18044
Kokonaiskustannus €	7 217,63 €	3 608,82 €	2 706,61 €
Prosenttiosuus suurimmasta kulutuksesta	71,4 %	35,7 %	26,8 %

### Valaisimien tiedot

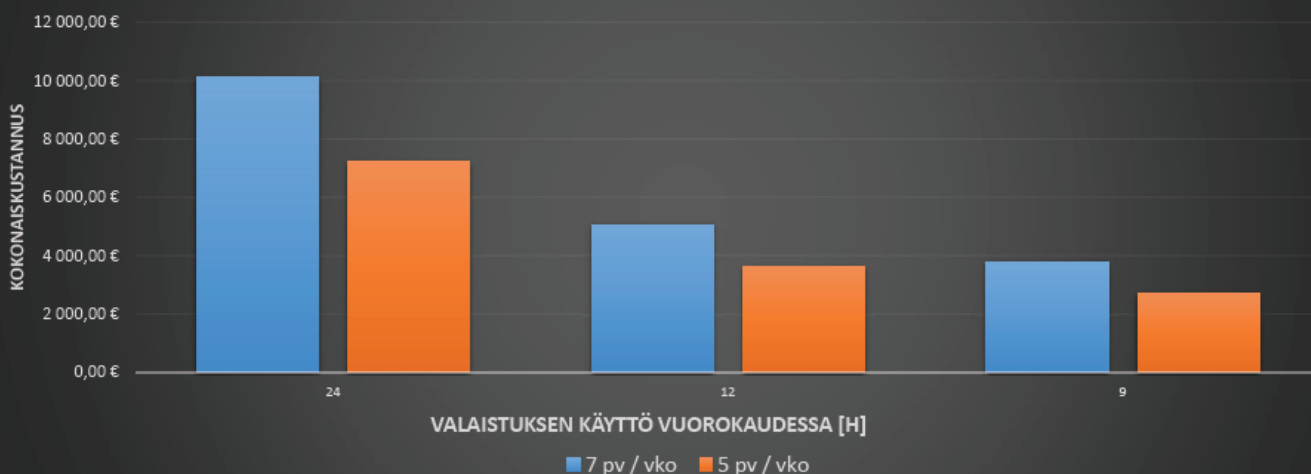
Valaisin tyyppi 1		
Nimi	BAU-LED Led-nauha 950 lumen / m	
Valaistuksen arvioitu käyttöaika	330	vuorokausi [d]
Valaisimien määrä	840	kpl / m
Valaisimen teho	0,009	[KWh] m / kpl

Valaisin tyyppi 2		
Nimi	Valomasto, Luxtower 4x120 w	
Valaistuksen arvioitu käyttöaika	120	vuorokausi [d]
Valaisimien määrä	5	kpl / m
Valaisimen teho	0,52	[KWh] m / kpl

Valaisin tyyppi 3		
Nimi	Ei valaisinta	
Valaistuksen arvioitu käyttöaika	0	vuorokausi [d]
Valaisimien määrä	0	kpl / m
Valaisimen teho	0	[KWh] m / kpl

Valaisin tyyppi 4		
Nimi	Ei valaisinta	
Valaistuksen arvioitu käyttöaika	0	vuorokausi [d]
Valaisimien määrä	0	kpl / m
Valaisimen teho	0	[KWh] m / kpl

### Kustannusvertailu



KUVA 23. Yleisvalaistuksen kulutus ja kustannusvertailut, Case Asunto Oy Kuopion Teatteriaukio (Hiltunen 2023)

### 4.3 Case, työkalujen akkulaturit

Suuri osa nykyään rakennustyömaalla käytettävistä käsityökaluista toimii akuilla. Akkulaturit ovat tyypillisesti kytkettynä verkkovirtaa koko rakennushankkeen ajan tai ainakin valtaosan siitä. Pienilläkin työmailla on useita kymmeniä latureita käytössä rakennushankkeen aikana. Urakoitsijoiden työkalujen laturit sijoitetaan yleensä lukittavaan paikkaan keskeiselle paikalla rakennustyömaata, kuten väestönsuojaan tai työmaakonttiin, jotka saadaan helposti lukittua. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, kuinka paljon energiaan pystytään säästämään, mikäli akkulaturit kytketään pois päältä ajanjaksoina, kun ne eivät lataa akkuja.

Tutkimuksessa akkulatureiden tehon kulutusta seurattiin päivätasolla, kun laturit ovat kytkettynä verkkoon, mutta niitä ei käytetty akkujen lataamiseen. Tutkimuksessa käytettiin Nedisen valmistamaa Wifi verkkoon kytkettävää pistoketta, joka mittasi päivätasolla laitteen läpi kulkevaa energiamäärää kilowattitunneissa. Kyseisen laitteen malli oli Nedis W-Fi smart plug mallityyppi WI-FIPO120FWT. Tutkimuksessa suoritettiin kaksi viikon mittaista (168 h) mittausjaksoa kahdella yleisesti käytössä olevalla eri valmistajan akkulaturilla. Akkulaturit olivat Makitan valmistama DC18RC akkulaturi sekä Hiltin valmistama C4/36–350 akkulaturi. Molemmat akkulaturit ovat tarkoitettu kerrollaan yhden akun lataamiseen.

#### 4.3.1 Akkulatureiden energiankulutus

Kahden viikon mittaisen mittausjakson tulokset olivat seuraavanlaiset: Molempien latureiden kokonaistehon kulutus verkkoon kytkettynä ilman akkuja oli noin 0,12 kWh. Tämä tarkoittaa sitä, että tunnissa laturi kuluttaa noin 0,71 W sähköä.

Makita ilmoittaa akkulaturin antotehoksi 220 W. Valmistaja ilmoittaa laturin lataavan tyhjän akun täyteen 30–130 minuutin ajanjakson aikana riippuen akun kapasiteetista. Hilti ei ilmoita latausaikoja verkkosivuillaan tai tuotetiedoissa, mutta ilmoittaa laturin antotehoksi 350 W. Tästä voi päätellä, että laturi lataa samankokoiset akut nopeammin, kuin Makitan laturi. Tämä tarkoittaa sitä, että akkulaturit ovat turhaan kytkettyinä sähköverkkoon suurimman osan rakentamisen ajasta.

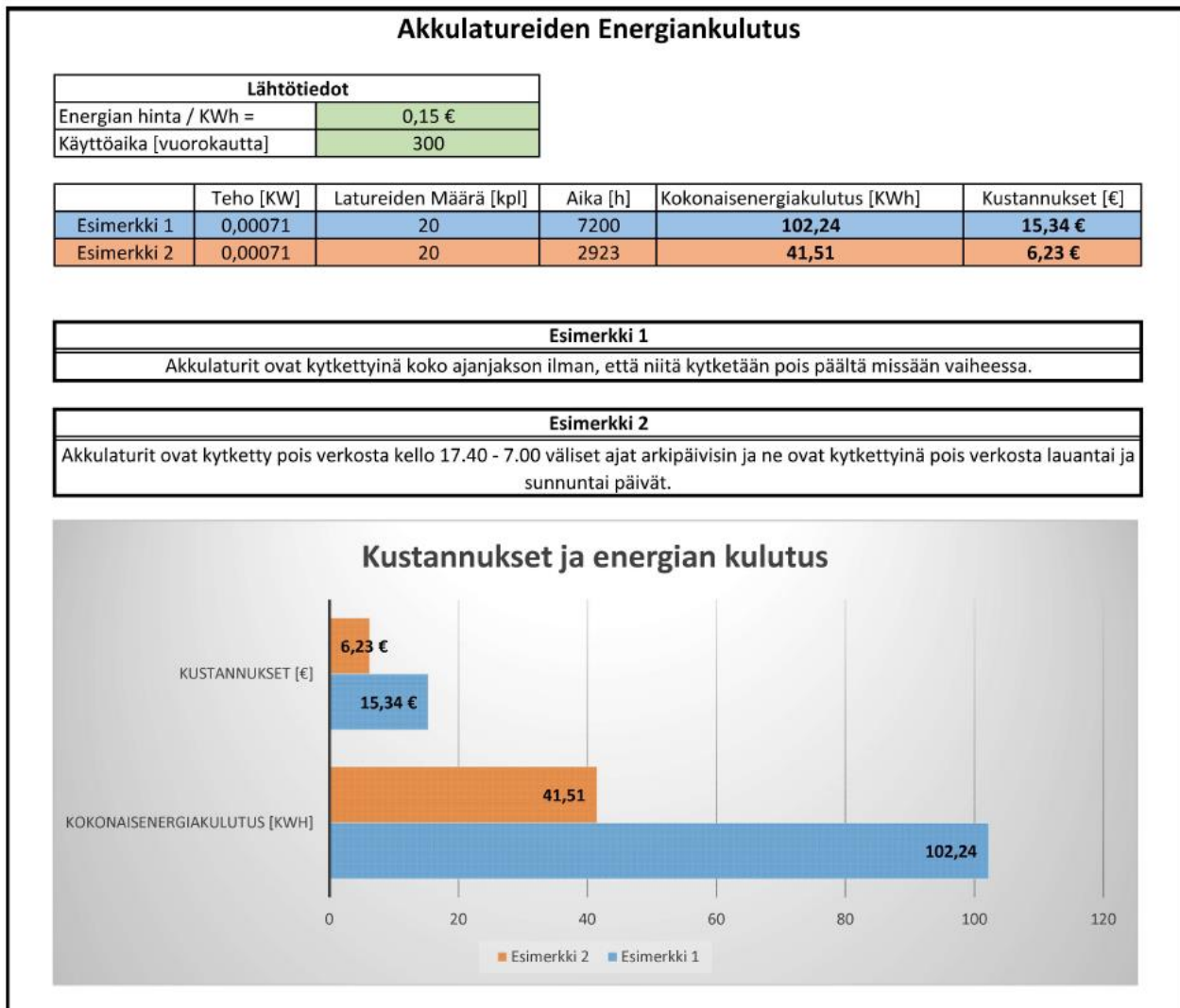
#### 4.3.2 Tutkimuksessa käytetyt arvot

Laskelmissa määriteltiin akkulatureiden turhaksi energiankulutukseksi ajanjaksot jokaisena arkipäivänä kello 17.40–7.00 ja viikonloppunpäivät lauantai ja sunnuntai kokonaisuudessaan. Käyttöajaksi määriteltiin 300 vuorokautta ja latureiden määräksi 20. Yhden tunnin tehon kulutukseksi yhdelle laturille määriteltiin 0,71 Wh, aiemmin mitattujen tulosten perusteella. Yhden kilowattitunnin kokonaiskustannukseksi määriteltiin 0,15 €.

#### 4.3.3 Tulokset

Laskelmien tuloksena saatiin muodostettua energiansäästöä noin 60 %. Kahdenkymmenen akkulaturin kokonaisenergian kulutus oli 300 vuorokauden aikana 102,2 kWh. Kun akkulaturit kytkettiin pois verkosta ajanjaksoiksi, kun työmaalla ei työskennellä ja akut olivat ladattuna täyteen, saatiin kokonaisenergian kulutukseksi 300 vuorokauden aikana 41,51 kWh. (ks. kuva 24)

Laskelmien johtopäätöksenä voidaan todeta, että akkulaturit ovat suuren osan ajasta täysin turhaan kytkettyinä sähköverkkoon ja sen ohjaamisella saadaan suuri prosentuaalinen osuus karsittua pois sähkönkulutuksesta. Latureiden kuluttama energia lepotilassa on kuitenkin niin pieni, että taloudellisesti sillä ei ole merkitystä ja 60 % säästö energiankulutuksessa muodostaa 0,15 €/kWh kustannuksilla vain reilun 9 € säästön.



KUVA 24. Akkulatureiden energiankulutus (Hiltunen 2023)

#### 4.4 Case, torninostimen käyttämän sähkön arvio

Torninostimien huipputehot ovat isoja ja se pitää huomioida työmaan pääkeskusta mitoitettaessa. Esimerkkilaskelmassa on tarkoitus arvioida torninostimen kuluttamaa sähkön määrää Lujatalon esimerkkityömaan kautta. Esimerkkilaskelmat tehdään työmaan yleisaikataulun ja torninostin valmistajan tietojen perusteella. Esimerkkilaskelmaa varten haastateltiin Jalon Oy:llä torninosturikuljettajana työskentelevää Jesse Pärnäistä ja torninostureita vuokraavan yrityksen Lambertsson Oy:n Osastopäällikköä Veli-Pekka Virtasta.

##### 4.4.1 Lähtötiedot

Asunto Oy Teatteriaukion työmaalla on ollut käytössä Yongmaon valmistama torninosturi STT553 A18T. Valmistaja ilmoittaa nostimen huipputehoksi 75 kW. Nostin oli käytössä työmaalla maaliskuun 2021 alusta helmikuun 2022 puoleen väliin ja työpäivien lukumääräksi arvioitiin 138. Työmaalla arvioitiin, että nostin oli työpäivinä käytössä keskimäärin 8 tunnin ajan. Lambertsson Oy toimitti torninosturin työmaalle. Torninostinkuljettajana toimivan Jesse Pärnäisen antaman haastattelun perusteella normaali työpäivänä torninosturi käyttää noin 10 % työpäivän ajasta taakkojen nostoihin ja siirtoihin. (Pärnänen 2023) Esimerkkilaskelmissa työmaan kokonaissähkönkulutus oli 560 000 kWh.

##### 4.4.2 Torninostimen sähkönkulutus

Torninostimet kuluttavat valtaosan sähköstä, kun niillä nostetaan taakkoja. Muut toiminnot vievät vain murto-osan nostimen sähkönkulutuksesta. Lambertsson Oy:n tekemän tutkimuksen mukaan nostoja suorittaessa torninostimen hetkellinen tehontarve on noin 30–40 % nostimen huipputehosta. Tehontarve on riippuvainen nostettavan taakan painosta. (Virtanen 2023.)

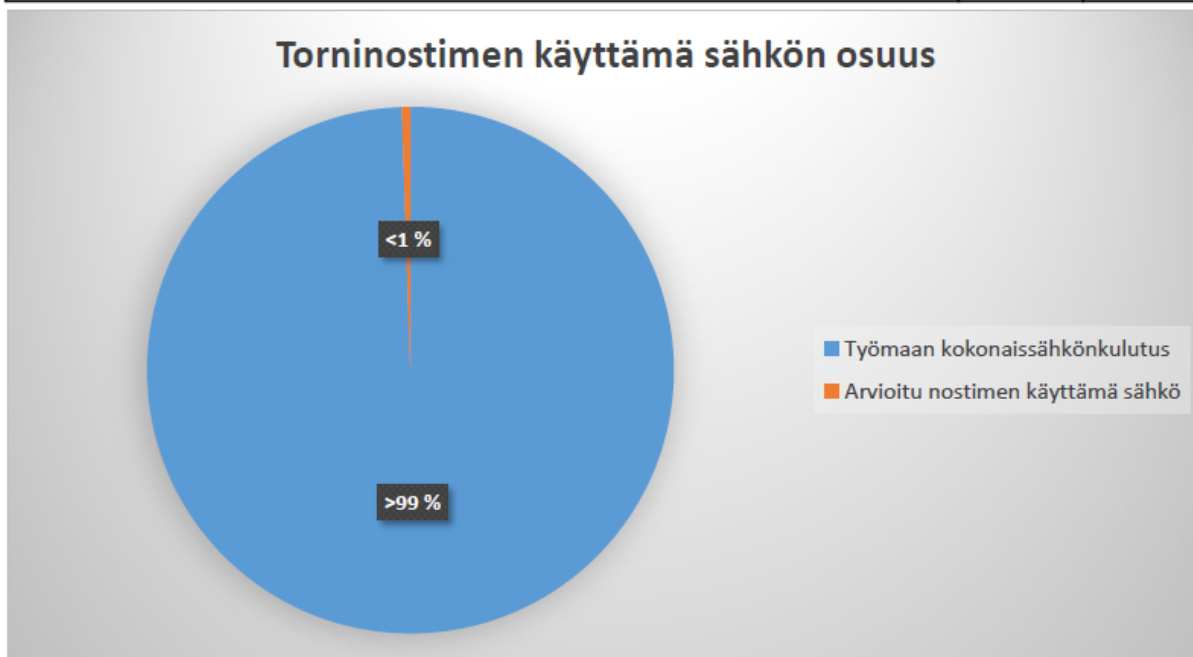
##### 4.4.3 Tulokset

Esimerkkilaskelmien perusteella torninostin kuluttaa työmaan kokonaissähkönkulutuksesta 0,52 %, joka vastaa noin 2 900 kWh kulutusta. Sähkön hinnan ollessa 0,15 € / kWh tulee sähkön hinnan kustannuksiksi 435 €, joka on yhtä kuukautta kohti noin 67 €. Tulosten perusteella torninosturit ovat todella energiatehokas tapa siirtää taakkoja työmailla ja niiden energian kulutus ei ole merkittävä sähkön kulutuksen kohde rakennustyömailla. (ks. kuva 25)

Tuloksissa on hyvä huomioida, että niissä on jouduttu arvioimaan monta tekijää, jotka vaikuttavat nostimen sähkön kulutukseen ja tulokset ovat suuntaa antavia. Arviota tehtäessä tulee huomioida käytettävä nostin, rakennusaika ja rakennettava kohde. Arvioidut tiedot ovat yksilöllisiä rakennettavan kohteen kanssa.

## Case Asunto Oy Kuopion Teatteriaukio, Torninostimen sähkökulutuksen arvio

Sähkön arvioitu kokonaishinta € / kWh	0,15	€
Työmaan kokonaissähkökulutus	560000	kWh
Torninosturin käyttöaika päivissä	138	d
Torninostimen käyttöaika yhden työpäivän aikana tunneissa	8	h
Torninostimen huipputeho	75	kW
Torninostimen keskimääräinen kuormitus taakkojen nostoissa	35	%
Torninostimen keskimääräinen tehon tarve noston aikana	26,25	kW
Taakkojen siirtojen ja nostojen osuus työajasta	10	%
Arvioitu nostimen käyttämä sähkö	2898	kWh
Arvioitu torninostimen sähkökulutus koko työmaan sähkökulutuksesta	0,52	%
Nostimen käyttämän sähkön arvioidut kustannukset	435	€



Kuva 25. Case Asunto Oy Teatteriaukio, torninostimen sähkökulutuksen arvio (Hiltunen 2023)



## 5 YHTEENVETO

Uudisrakennustyömaalla käytetään paljon energiaa. Energianlähteet ja käyttötarkoitukset ovat yksilöllisiä jokaisella työmaalla. Energiankulutukseen pienentämiseen kannattaa aina kiinnittää huomiota, koska se tuo säästöjä rakentamisen kustannuksiin. Lähitulevaisuudessa viimeisimpien arvioiden mukaan energia hinta pysyy korkeammalla, kuin mitä se on aiempina vuosina ollut. Kaikilla rakennustyömailla on varmasti mahdollista löytää keinoja säästää energiaa. Työnjohtaja ei voi vaikuttaa ulkoilmiöihin, rakennustyömaan sijaintiin tai rakennus ajankohtaan. Hän voi kuitenkin vaikuttaa siihen, minkälaisia toimenpiteitä tehdään energiankulutuksen säästämiseksi.

Esimerkkityömaana toiminut kohde Asunto Oy Kuopion Teatteriaukio, on kohtalaisen iso ja pitkäkestoinen uudisrakennustyömaa. Laskelmissa saadut säästöt ovat sen takia isompia, kuin mitä pienemmillä ja lyhytkestoisilla työmailla on. Uudisrakennustyömaan suurin yksittäinen energiankulutuksen kohde esimerkkityömaan perusteella on lämmitys, johon kohteessa oli käytetty yli 70 % kaikesta energiasta. Näin ollen suurimmat energiansäästöt voidaan työnjohtajien toimesta tehdä suunnitelmalla rakennustyömaan lämmitys huolellisesti.

Opinnäytetyössä saatujen tulosten perusteella isommilla ja pitkäkestoisimmilla työmailla kannattaa myös kiinnittää huomiota yleisvalaistuksen käyttöaikoihin. Mikäli työmaalla on aina valot päällä, nostetaan valaistuksessa käytettyä sähkön määrää, jopa 73 % riippuen työmaan työskentelyajoista. Työmaantilojen hankinnassa kannattaa kiinnittää huomiota työmaakonttien eristykseen. Hankkimalla työmaalle paremmin eristetyt tilat, voidaan säästää niiden lämmityksessä käytetyssä energiassa huomattavia määriä sähköä, eikä se vaadi ylimääräisiä toimenpiteitä, jotka muodostaisivat kustannuksia.

Kun työnjohtaja pyrkii säästämään työmaalla energiaa, tulee hänen miettiä myös säästötoimenpiteistä aiheutuvia kustannuksia. Paras tapa säästää energiaan on toimenpiteet, jotka eivät aiheuta välillisiä kustannuksia. Jos rakennusliike hankkii valaistusta varten erikseen valaistusohjauskeskuksia, yhdessä kohteessa niiden avulla tuotetut säästöt eivät todennäköisesti kata hankintakustannuksia. Valaistuskeskuksia voidaan kuitenkin käyttää uudelleen seuraavalla työmaalla. Myös mittasuhteet on hyvä pitää mielessä. Se, että akkulaturit kytketään väliaikaisesti pois pistorasiasta, tuo suuren prosentuaalisen säästön niiden kokonaisenergiankulutukseen. Akkulatureiden kuluttama energiamäärä on kuitenkin niin pieni, että ei sillä ole suuremassa kuvassa mitään merkitystä.

Energiansäästötoimenpiteet tulisi lähteä rakennusliikkeiden johdosta, jossa tehdään tietoisia valintoja ja ohjataan rakennustyömaiden toimintaa energiankulutuksen hallinnassa. Yrityksen johdossa tehdään päätöksiä siirtyä käyttämään vain uusiutuvia energianmuotoja yrityksen liiketoiminnassa. Samalla tavalla pitäisi tehdä esimerkiksi päätöksiä hankkia mahdollisimman hyvin eristettyjä työmaantiloja. Ekologisuus ei ole pelkästään uusiutuvan energian käyttöä, se on myös energiankulutuksen vähentämistä. Työnjohtajan rooli energiansäästö talkoissa on löytää toimivat ja parhaat tavat toteuttaa energiansäästö työmailla, ja viestiä siitä yrityksen johdolle.

## 6 POHDINTA

Valitsin opinnäytetyön aiheen sen ajankohtaisuuden takia. Asetin tärkeimmiksi tavoitteiksi selvittää mihin energiaa uudisrakennustyömailla käytetään ja onko työnjohtajan mahdollista vaikuttaa omalla toiminnallaan energiankulutukseen. Halusin myös selvittää mitkä tekijät vaikuttavat energiankulutukseen. Työ rajattiin koskettamaan uudisrakennustyömaata, mutta saatuja tuloksia pystyy hyödyntämään osittain myös korjausrakentamiskohteessa.

Energian käyttökohteiden tarkka määrittäminen osoittautui haastavaksi ja sen jälkikäteen selvittäminen tarkasti on käytännössä mahdotonta. Käyttämällä työssäni oikean kohteen tietoja, pystyin tekemään kohtalaisen tarkkoja laskelmia ja arvioita. Löysin myös asioita, joilla pystyy oikeasti vaikuttamaan energian käytöstä syntyviin kustannuksiin. Näitä ovat mm. yleisvalaistuksen ohjaus ja hyvin eristettyjen työmaatilojen hankinta.

Aihealue on valtava ja siitä olisi pystynyt tekemään lukuisia tutkimuksia ja laskelmia. Työssäni ei esimerkiksi tarkasteltu eri lämmitysmuotojen kustannuksia tai mitenkä eri kalustojen hankinta tai vuokrauskustannukset vaikuttavat lämmitysjärjestelmien valintaan työmaalla.

Jos aiheesta haluaisi tehdä tarkemman työn, paras tapa olisi seurata energiankulutusta työmaalla rakentamisen aikana. Vertailu eri ratkaisuista kannattaisi toteuttaa kahden samaan aikaan samalla paikkakunnalla käynnissä olevien kohteiden välillä. Sähkönkulutuksen pienentäminen avaa myös muita mahdollisia säästö mahdollisuuksia rakennustyömaille, kuten pienempien sähkökeskusten hankinnasta muodostuvat pienemmät kalustovuokrat. Energiankokonaiskulutusta voisi myös vertailla keskenään erilaisen uudisrakennusten välillä.

## LÄHTEET

AGA Nestekaasut. Pdf-tiedosto. Julkaisu 2023 [https://www.linde-gas.fi/fi/images/Linde\\_AGAn%20nestekaasu\\_tcm634-153756.pdf](https://www.linde-gas.fi/fi/images/Linde_AGAn%20nestekaasu_tcm634-153756.pdf) Viitattu 16.2.2023

Betonitieto 2022. Betonin kuivumisen nopeuttaminen betonilämmityskaapelin avulla. Verkkajulkaisu. Päivitetty 2022. <https://www.betoni-tieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentamisen/betonityot/talvibetonointi/betonin-lammitysmenetel-mat.html>. Viitattu 19.2.2022.

Betonitieto 2022. Betonin lämmitysmenetelmät. Verkkajulkaisu. Päivitetty 2022. <https://www.betoni-tieto.fi/tyomaat/betonitoiden-johtaminen-talonrakentaminen/betonityot/talvibetonointi/betonin-lammitysmenetel-mat.html>. Viitattu 3.2.2023.

Cramo julkaisuaika tuntematon. Nestekaasulämmitin. [https://www.cramo.fi/fi/category/rakennuskooneet\\_lammityskalusto\\_nestekaasulammitimet/product/rakennuskuivain-nestekaasu-115-kw-remkopgt100](https://www.cramo.fi/fi/category/rakennuskooneet_lammityskalusto_nestekaasulammitimet/product/rakennuskuivain-nestekaasu-115-kw-remkopgt100) Viitattu 19.2.2023

Euro ja Talous 2023. Energiakriisi nostaa hintoja. Verkkajulkaisu. Suomen pankin ajankohtaisia artikkeleita taloudesta. Päivitetty 29.9.2022 <https://www.eurojatalous.fi/fi/2022/3/energiakriisi-nostaa-hintoja-kasvua-heikentavat-vaikutukset-viela-edessa/> Viitattu 29.12.2022.

Fescon 2023. <https://www.fescon.fi/> Viitattu 2.3.2023.

Hämäläinen, Jari 2012. Rakennustyömaan energiatutkimus. Diplomityö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. <https://docplayer.fi/3656091-Jari-hamalainen-rakennustyomaan-energiatutkimus-diplomityo.html> viitattu 11.1.2023.

Hänninen, Jarmo 2023, Myyntipäällikkö. Parmaco Oy. Yksityinen sähköpostiviesti 20.1.2023. Viestin saaja: Mikko Hiltunen

Jemma.Mobi 2023. Säätilastot. Verkkajulkaisu. Jemma.mobi kerää tilastoja Suomen ilmastosta. <https://jemma.mobi/kelihistoria?kuukausitilastot=> Viitattu 20.2.2023.

Lujabetoni 2023. Verkkajulkaisu <https://www.lujabetoni.fi/> Viitattu 2.3.2023.

Lujatalo 2023. Verkkajulkaisu <https://www.lujatalo.fi/> Viitattu 2.3.2023.

Luja-yhtiöt 2023. Verkkajulkaisu. <https://www.luja.fi/> Viitattu 2.3.2023.

Karhunen, Anne 2011. Työmaatilojen energiankulutuksen vähentäminen. Opinnäytetyö. Sähkötekniikan koulutusohjelma, sähkövoimatekniikka. Metropolia Ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2011060811457> Viitattu 11.1.2023.

Lumme Energia 2023. Sähköpörssinhinnan ennuste. Verkkajulkaisu päivitetty 20.3.2023 <https://4047198.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/4047198/S%C3%A4hk%C3%B6n%20hinta-katsaus/S%C3%A4hk%C3%B6p%C3%B6rssin%20hintaennuste%2020230109.png> Viitattu 29.12.2022.

Merikallio, Tarja 2015 Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Pistesarjat julkaisuaika tuntematon. Betonilämmityskaapeli. [https://pistesarjat.fi/fi/media/catalog/product/cache/1/image/1000x/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/b/e/bet\\_kaapeli1.jpg](https://pistesarjat.fi/fi/media/catalog/product/cache/1/image/1000x/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/b/e/bet_kaapeli1.jpg) Viitattu 19.2.2023

Pärnänen, Jesse 2023. Torninostimenkuljettaja, Jalon Oy. Haastattelu 2.2.2023.

Ramirent julkaisuaika tuntematon. Mastovalon teleskooppi pyörillä led. <https://www.ramirent.fi/vuokraa/sahkoistys-ja-valaistus/valaistus/valomastot/474305/valomasto-teleskooppi-pyorilla-led> Viitattu 28.12.2022

Ratu TT 16-00533 Nestekaasun käyttö ja varastointi työmaalla 2005, Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RTS <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortit/RT75-11285> <https://www.ttl.fi/ova/nestekaasut> Viitattu 16.2.2023.

Ratu S-1236 Olosuhteidenhallinta rakentamisessa, 2021, Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RTS <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortit/Ratu%20S-1236> viitattu 12.2.2023.

Ratu 07-3032 Rakenteiden lämmitys ja kuivatus 1996, Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RTS <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortit/Ratu%2007-3032> Viitattu 16.2.2023.

Ratu 02-3037 Työmaan sähköistys Kone-ratu 2003, Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RTS [https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortit/RatuTT%2005-00374?external\\_system=Juha&page=1](https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortit/RatuTT%2005-00374?external_system=Juha&page=1) Viitattu 15.1.2023.

Ratu C8-0377 Talvityöt ja kustannukset 2010, Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RTS <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortit/Ratu%20C8-0377> viitattu 12.2.2023.

Renta julkaisuaika tuntematon. Kiertovesipuhallin. <https://www.rentaeasy.fi/tuote/kiertovesilammitin-alle-30-kw> Viitattu 18.2.2023

Renta julkaisuaika tuntematon. Kaukolämpökeskus. <https://www.rentaeasy.fi/tuote/tilapainen-lammonvaihdin-alle-1000-kw> Viitattu 18.2.2023

RT 103528 Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot, Yleistä 2023, Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RTS [https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortit/RT%20103528?external\\_system=Juha&page=1](https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortit/RT%20103528?external_system=Juha&page=1) Viitattu 15.2.2023.

RT 52-10857 Lämmitys kevyellä polttoöljyllä 2005, Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RTS <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortit/RT75-11285> Viitattu 17.2.2023.

RT 52-10859 Lämmityskaukolämmöllä 2005 Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RTS <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortit/RT%2052-10859> Viitattu 17.2.2023.

RT 75-11285 Valonlähteet 2018, Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RTS <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortit/RT%2075-11285> Viitattu 16.1.2023

Siikanen, Unto 2017 Rakennusfysiikka perusteet ja sovelluksia. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Tilastokeskus, Kaukolämmön hinta kuluttajatyypeittäin Viitattu 21.2.2023.

Tilastokeskus, Polttonesteiden kuluttajahinnat, Viitattu 21.2.2023.

Tilastokeskus, Sähkönhinta kuluttajatyypeittäin, Viitattu 29.12.2022.

TSR-Elsite julkaisuaika tuntematon. Bau-led nauha. [https://tsr-elsite.fi/wp-content/uploads/2020/12/bau-led\\_nauha\\_.png](https://tsr-elsite.fi/wp-content/uploads/2020/12/bau-led_nauha_.png) Viitattu 28.12.2022

TSR-Elsite julkaisuaika tuntematon. Turvavalaisin. <https://tsr-elsite.fi/tuote/worklite-led-230v-25w-turvavalaisin/> Viitattu 28.12.2022

TSR-Elsite julkaisuaika tuntematon. Kohdevalaisin. <https://tsr-elsite.fi/tuote/ladattava-tyovalaisin-rufus-30w> Viitattu 28.12.2022

TSR-Elsite julkaisuaika tuntematon. Valonohjauskeskus. [https://tsr-elsite.fi/tuote/tsr-lcu3-valonohjauskeskus-32a/?print=pdf&pdf\\_template=product\\_pdf](https://tsr-elsite.fi/tuote/tsr-lcu3-valonohjauskeskus-32a/?print=pdf&pdf_template=product_pdf) 28.12.2022

Työministeriön päätös rakennustyömaiden henkilöstötiloista 977/1994. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940977> Viitattu 30.12.2022.

Työterveyslaitos 2022. Nestekaasut. Verkojulkaisu. Päivitetty 11.7.2022 <https://www.ttl.fi/ova/nestekaasut> Viitattu 15.2.2023.

Vero 2023. Sähkön arvonlisäveroa alennetaan väliaikaisesti. Verkojulkaisu. päivitetty 31.10.2022. <https://www.vero.fi/tietoa-verohallinnosta/uutishuone/uutiset/uutiset/2022/sahkon-arvonlisaveroa-alennetaan-valiaikaisesti> Viitattu 29.12.2022.

Virtanen, Veli-Pekka 2023. Osastonjohtaja Lambertsson Oy Haastattelu 2.2.2023.