



Talvirakentamisen vaikutukset kerrostalotyömaan kustannuksiin

Perustus- ja runkovaiheen lisäkustannukset

Sampo Ruuskanen

Opinnäytetyö, AMK

Joulukuu 2025

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Ruuskanen, Sampo

Talvirakentamisen vaikutukset kerrostalotyömaan kustannuksiin: Perustus- ja runkovaiheen lisäkustannukset.

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Joulukuu 2025, 94 sivua.

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö, AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää talvirakentamisen aiheuttamat lisäkustannukset kerrostalotyömaan perustus- ja runkovaiheessa sekä niiden merkittävimmät lisäkustannustekijät. Lisäksi pyrittiin muodostamaan kokonaiskuva siitä, miten talviolosuhteet vaikuttivat kerrostalotyömaan toimintaan ja kustannusten muodostumiseen. Lopputuloksena tuotettiin jälkilaskelmat kahdesta toimeksiantajan kohteesta.

Toteutus perustui kolmeen vaiheeseen. Aluksi muodostettiin tietoperustan avulla käsitys siitä, kuinka talvirakentaminen vaikuttaa kerrostalotyömaan toimintaan sekä kustannusten muodostumiseen perustus- ja runkovaiheessa. Toiseksi suoritettiin tutkimuskohteiden dokumenttiaineistoihin perustuva dokumenttiaineiston analyysi eli jälkilaskenta, jossa hyödynnettiin ensimmäisessä vaiheessa tehtyjä havaintoja. Lopuksi tuloksia analysoitiin ja vertailtiin sekä tutkimuskohteiden kesken että suhteessa tietoperustassa esitettyihin havaintoihin.

Tuloksissa havaittiin, että talvirakentamisen lisäkustannukset muodostuivat molemmissa tutkimuskohteissa erittäin suuriksi, ja tarkasteltujen työvaiheiden kokonaiskustannukset kasvoivat selvästi edullisempaan rakentamisajankohtaan verrattuna. Merkittävimpiä lisäkustannustekijöitä olivat työvoima-, materiaali- ja kalusto- sekä energiakustannukset. Lisäkustannusten muodostuminen oli myös suoraan verrannollinen olosuhteiden haastavuuden kanssa.

Johtopäätöksenä todettiin, että perustus- ja runkovaiheen ajoittaminen olosuhteidensa puolesta edullisempaan rakentamisajankohtaan olisi huomattavasti talvirakentamista kannattavampaa. Se todettiin myös rakennushankkeen kokonaisuuden kannalta kustannustehokkaimmaksi vaihtoehdoksi. Vaihtoehtoisena ratkaisuna toimii riittävien talvirakentamisen riskivarausten huomioiminen rakennushankkeen toteuttajan laskentavaiheessa.

Avainsanat (asiasanat)

talvirakentaminen, kustannukset, taloudelliset vaikutukset, rakennustuotanto, rakennustyömaat, kerrostalot, betonirakennukset, perustukset, elementtirakentaminen, kustannuslaskenta, dokumenttianalyysi

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Liitteinä 1 ja 2 ovat tutkimuskohteiden jälkilaskelmat (23 sivua).

Liitteet 1 ja 2 ovat salassa pidettäviä, ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassa pidon perusteina ovat Julkisuuslain 621/1999 24§ kohta 7, henkilöiden ja rakennusten asiakirjalliset tiedot, sekä kohdat 17 ja 20, yrityksen liike- tai ammattisalaisuudet. Salassapitoaika on kaksikymmentä (20) vuotta, salassapito päättyy 12.12.2045.

Ruuskanen, Sampo

Cost impacts of winter construction on apartment building construction sites: Additional costs in the foundation and frame phases.

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, December 2025, 94 pages.

Degree Programme in Construction and civil engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The objective was to determine the additional costs caused by winter construction during the foundation and frame phases of an apartment building project, as well as the most significant factors contributing to these costs. In addition, the aim was to form an overall understanding of how winter conditions affected the production and cost formation. The study resulted in after-construction cost calculations for two case projects provided by the commissioning organization.

The study was carried out in three phases. First, a theoretical framework was compiled to examine how winter construction influences production and cost formation in the foundation and frame phases. Second, a document-based analysis (an after-construction cost calculation) was conducted for the case projects by utilizing the observations made in the first phase. Finally, the results were analyzed and compared both between the projects and against the findings presented in the theoretical framework.

The results showed that the additional costs associated with winter construction were substantial in both case projects. The total costs of the examined work phases increased clearly compared with construction carried out in more favorable season. The most significant cost drivers were increased labour, material and equipment costs, as well as energy consumption. The magnitude of these additional costs correlated directly with the severity of the weather conditions.

It was concluded that scheduling the foundation and frame phases for a more favorable season would be considerably more cost-effective than winter construction. This was also found to be the most economical option from the perspective of the overall project. Alternatively, sufficient allowances for winter-related risks should be incorporated into the contractor's cost accounting phase.

Keywords/tags (subjects)

winter construction, costs, economic effects, building production, construction site, apartment buildings, concrete building, foundations, prefabricated construction, cost accounting, document-based analysis

Miscellaneous (Confidential information)

Annexes 1 and 2 are calculations of the research (23 pages).

Annexes 1 and 2 are confidential and have been removed from the public version of the thesis. The basis for confidentiality is Section 24, Paragraphs 7, 17 and 20 of the Finnish Act on the Openness of Government Activities (621/1999), concerning personal or building documentation and business or professional secrets. The confidentiality period is twenty (20) years and will expire on 12.12.2045.

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Aiheen valinta ja rajaus.....	4
1.2	Tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	5
1.3	Toimeksiantaja.....	6
2	Rakennushankkeen kustannushallinta	6
2.1	Rakennushankkeen kustannusrakenne	6
2.2	Kustannusten hallintamenetelmät	10
2.2.1	Rakentamisen valmisteluvaihe	12
2.2.2	Rakentamisvaihe	15
3	Talvirakentamisen kustannukset	18
3.1	Talvirakentamisen erityispiirteet	18
3.1.1	Talvirakentamisen olosuhteet Suomessa	18
3.1.2	Talvibetonointi	22
3.2	Talvirakentamisen merkittävimmät lisäkustannustekijät.....	27
3.2.1	Kokonaistyömenekin ja rakentamisajan kasvu.....	29
3.2.2	Energiankulutuksen, materiaalien ja kaluston lisäkustannukset.....	31
4	Toteutus	35
4.1	Tutkimuksellinen kehittämistoiminta	35
4.2	Dokumenttiaineiston keruu ja kuvaus	38
4.3	Dokumenttiaineiston analyysi	40
5	Tulokset	42
5.1	Jälkilaskennan tulokset	43
5.1.1	KOAS Tourula.....	43
5.1.2	Paperitehtaankatu 30.....	50
5.2	Tutkimuskohteiden vertailu.....	57
6	Pohdinta	61
6.1	Tulosten tarkastelu ja arviointi	61
6.2	Johtopäätökset ja kehittämissuhteet	62
6.3	Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys	65
	Lähteet	68
	Liitteet	72
	Liite 1. KOAS Tourula: Jälkilaskelma (salassa pidettävä).....	72
	Liite 2. Paperitehtaankatu 30: Jälkilaskelma (salassa pidettävä).....	73

Kuviot

Kuvio 1 Rakennushankkeen hallinnan rautainen kolmio on muuttumassa kohti laajempaa ajattelumallia.....	7
Kuvio 2 Rakennushankkeen kustannukset määräytyvät pääosin suunnitteluvaiheessa ja toteutuvat rakentamisvaiheessa, jolloin niihin ei voida enää juuri vaikuttaa	10
Kuvio 3 Kustannuslaskennan vaiheet rakennusyrietyksessä	11
Kuvio 4 Termisen talven pituus sekä sen alueelliset vaihtelut Suomessa vuosina 1991-2020..	19
Kuvio 5 Keskimääräiset sääolosuhteet Jyväskylässä vertailukaudella 1991-2020 sekä perinteisen rakennushankkeen optimaalinen ajoitus	21
Kuvio 6 Betonin lujuudenkehityksen vaiheet ja toimenpiteet kylmissä olosuhteissa	25
Kuvio 7 Talvirakentamisen merkittävimmät lisäkustannustekijät.....	28
Kuvio 8 Tutkimuksellisen kehittämistoiminnan suhteellinen määritelmä.....	36
Kuvio 9 Kehittävän tutkimustyön tutkimusmenetelmät ja vaiheet.....	38
Kuvio 10 KOAS Tourula: Lisäkustannusten jakautuminen työvaiheittain.....	43
Kuvio 11 KOAS Tourula: Lisäkustannusten muodostuminen kokonaisuudessaan	44
Kuvio 12 KOAS Tourula: Työvoimakustannusten lisäkustannusten muodostuminen	45
Kuvio 13 KOAS Tourula: Materiaalien ja kaluston lisäkustannusten muodostuminen.....	46
Kuvio 14 KOAS Tourula: Energiankulutuksen lisäkustannusten muodostuminen.....	47
Kuvio 15 KOAS Tourula: Lisäkustannusten muodostuminen perustusvaiheessa	48
Kuvio 16 KOAS Tourula: Lisäkustannusten muodostuminen runkovaiheessa.....	48
Kuvio 17 Paperitehtaankatu 30: Lisäkustannusten jakautuminen työvaiheittain	51
Kuvio 18 Paperitehtaankatu 30: Lisäkustannusten muodostuminen kokonaisuudessaan	52
Kuvio 19 Paperitehtaankatu 30: Työvoimakustannusten lisäkustannusten muodostuminen ..	53
Kuvio 20 Paperitehtaankatu 30: Materiaalien ja kaluston lisäkustannusten muodostuminen.	54
Kuvio 21 Paperitehtaankatu 30: Energiankulutuksen lisäkustannusten muodostuminen.....	54
Kuvio 22 Paperitehtaankatu 30: Lisäkustannusten muodostuminen perustusvaiheessa	55
Kuvio 23 Paperitehtaankatu 30: Lisäkustannusten muodostuminen runkovaiheessa.....	56
Kuvio 24 KOAS Tourula: Merkittävimmät yksittäiset lisäkustannustekijät.....	59
Kuvio 25 Paperitehtaankatu 30: Merkittävimmät yksittäiset lisäkustannustekijät.....	59

Taulukot

Taulukko 1 Kustannushallinnan tavoitteet ja lopputulokset rakennushankkeen eri vaiheissa ...	8
Taulukko 2 Kustannuslaskentamenettelyt sekä niitä käyttävät osapuolet	12

Taulukko 3 Tuulen nopeus vaikuttaa merkittävästi pakkasen purevuuteen	23
Taulukko 4 Kerrostalon talvirakentamisen lisäkustannukset prosentteina kesäajan vastaaviin kustannuksiin verrattuna.....	28
Taulukko 5 Talven aiheuttamat lisätyöt ja niiden työsisältö	30
Taulukko 6 Talvirakentamisen keskimääräiset vaikutukset energiankulutukseen	32
Taulukko 7 Talvilisätöissä tarvittava kalusto	35
Taulukko 8 Tutkimuskohteiden perustiedot.....	39

1 Johdanto

1.1 Aiheen valinta ja rajaus

Opinnäytetyön aiheena oli talvirakentamisen vaikutukset kerrostalotyömaan kustannuksiin, tarkastelun kohteena erityisesti talvityön aiheuttamat lisäkustannukset perustus- ja runkovaiheessa. Aihe on ajankohtainen sekä alan kehittämisen kannalta merkityksellinen, sillä muuttuva ilmasto, kiristyvät energiatehokkuusvaatimukset ja rakennusalan kilpailu nykyisessä suhdannetilanteessa edellyttävät yhä tarkempaa kustannustietoisuutta. Taloudellisesti kestävä rakentamisen edistämiseksi tarvitaan tutkimustietoa siitä, miten eri vuodenaikojen ja sääolosuhteiden vaikutukset voidaan huomioida paremmin rakennushankkeen suunnittelussa ja budjetoinnissa. Tutkimusnäkökulma kytkeytyy tiiviisti myös muihin kestävä kehityksen periaatteisiin: ekologisiin vaikutuksiin (energian kulutus ja hiilijalanjälki talvirakentamisessa), sosiaaliseen kestävyteen (työturvallisuus ja työolosuhteet talvella) sekä kulttuurin kehittymiseen (muutos uuteen normaaliin).

Rakentaminen on merkittävä investointihanke, jossa hankkeen onnistumiseen vaikuttavat ratkaisevasti kustannukset, aikataulu ja laatu (Ratu KI-6033 2018, 6). Viime vuosina rakennushankkeen kustannushallinta on noussut entistäkin tärkeämpään rooliin vallitsevan maailmantilanteen vuoksi. Tämä rakennusalaakin vuosia vaivannut haastava ja epävarma suhdanne on pakottanut rakennusliikkeitä keskittymään kustannushallintaan aiempaa enemmän. Poikkeustilasta on tullut tilanteen pitkittymisen myötä uusi normaali, jolloin tähän kulttuurilliseen muutokseen on ollut pakko reagoida. (Kivistö 2025, 2.) Talvirakentaminen muodostaa rakennushankkeen kustannushallinnalle erityisen haasteen, sillä talviolosuhteet lisäävät lähes poikkeuksetta riskejä sekä aiheuttavat lisäkustannuksia rakentamiseen. Tämä korostuu rakentamisvaiheen alussa, jolloin suoritettavat työvaiheet ovat erityisen alttiita sääolosuhteille sekä niiden vaihtelulle. Talvirakentaminen kasvattaa merkittävästi myös energiankulutusta, mikä hankaloittaa rakennushankkeen ekologisesti optimaalista toteutusta. (Ratu C8-0377 2010, 1.) Sosiaalisen kestävyden näkökulmasta talvirakentamisen haastavammat sääolosuhteet puolestaan pakottavat rakennusyriä kehittämään työturvallisuutta sekä työolosuhteita kokonaisuudessaan. Nämä eri vuodenaikojen mukaiset sääolosuhteet perustuvat ilmastoon sekä maantieteelliseen sijaintiin, eikä niihin tällöin voida vaikuttaa (McMullan 2007, 6). Suomessa ja muualla pohjoisella pallonpuoliskolla tämä tarkoittaa, että talvirakentaminen vaihtelevineen sääolosuhteineen on väistämätön käytäntö, joka on pakko ottaa huomioon.

Opinnäytetyön tutkimustyö toteutettiin kahdelle toimeksiantajayrityksen kerrostalotyömaalle Jyväskylässä, keskittyen perustus- ja runkovaiheen toteutuneisiin kustannuksiin talvikauden 2023–2024 aikana. Tutkimusnäkökulma rajattiin sekä ajallisesti (yksi talvikausi), rakenteellisesti (perustus- ja runkovaihe) että paikallisesti (Jyväskylä ja toimeksiantajan kohteet), mikä lisäsi työn hallittavuutta ja vertailukelpoisuutta. Rajaukset perustuivat sopivaan työmäärään ja laajuuteen sekä toimeksiantajan ohjeistukseen.

1.2 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena oli selvittää talvirakentamisesta aiheutuneet lisäkustannukset tutkimuskohteiden perustus- ja runkovaiheessa sekä niiden merkittävimmät lisäkustannustekijät. Tutkimuskohteiden rakentamisajankohta ajoittui Suomessa talvikauteen 2023–2024, joka oli olosuhteidensa puolesta äärimmäisen haastava sekä yksi vuosituhannen kylmimmistä (Siiskonen 2024). Toisena päätavoitteena oli vertailla saatua tutkimustietoa suhteessa ennako-oletuksiin ja aiemmin tutkittuun tietoon (tietoperusta) sekä vertailla tutkimuskohteiden tuloksia keskenään. Kokonaistavoitteena oli siis tuottaa ajankohtaista ja päivitettyä tutkimustietoa, jonka avulla talvirakentamisen kustannusvaikutukset osattaisiin ottaa paremmin huomioon jo rakennushankkeen suunnittelu- ja laskentavaiheessa. Lisäksi tavoitteena oli arvioida näiden sääolosuhteille kriittisten työvaiheiden ajoitusta sekä talvirakentamisen kannattavuutta edullisempaan vuodenaikaan ja rakentamisajankohtaan nähden.

Opinnäytetyön edellä mainitut tavoitteet saavutettiin seuraavien tutkimuskysymysten avulla sekä niitä tarkastelemalla:

1. Miten talvirakentaminen vaikuttaa asuinkerrostalotyömaan toimintaan ja kustannusten muodostumiseen perustus- ja runkovaiheessa?
2. Paljonko ovat talvirakentamisen lisäkustannukset (€/%) asuinkerrostalon perustus- ja runkovaiheessa edullisempaan vuodenaikaan ja rakentamisajankohtaan verrattuna?
3. Mitkä ovat talvirakentamisen merkittävimmät lisäkustannustekijät asuinkerrostalon perustus- ja runkovaiheessa?
4. Miten tutkimuskohteet vertautuvat suhteessa toisiinsa?
5. Miten tutkimustyön tulokset vertautuvat aiemmin tutkittuun tietoon ja ennako-oletuksiin nähden?

1.3 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli **YIT Oyj**, joka on ylivoimaisesti Suomen suurin rakennusyhtiö. Vuonna 2024 yrityksen liikevaihto oli 1,82mrd. €, mikä on yli puolet enemmän kuin toiseksi suurimmalla rakennusliikkeellä. Oikaistua liikevoittoa yritys teki edellisellä tilikaudella 32 milj. €. Viime vuoden lopulla YIT työllisti yhteensä noin 4100 henkilöä. (Avainluvut 2024 2025; Lähttilä 2025, 12.) YIT on monialan yritys, joka harjoittaa päätoimisesti kolmea eri toimialaa: Asuminen, rakennus ja infra, toimien kahdeksassa eri maassa: Suomessa, Baltiassa ja itäisessä Keski-Euroopassa. Yrityksen toimitusjohtaja on Heikki Vuorenmaa. (Konsernin rakenne ja liiketoiminnot 2025.)

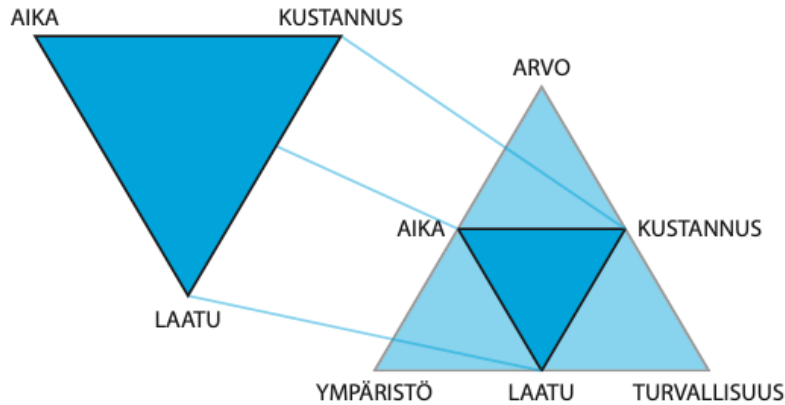
Toimeksiantajalla oli tarve selvittää, kuinka suuret lisäkustannukset talvirakentaminen (talvikausi 2023–2024) aiheutti tutkimuskohteille näissä kriittisissä työvaiheissa. Tämä oli toimeksiantajan näkökulmasta tärkeää ja olennaista, sillä rakennushankkeen jälkilaskentaa ei usein ehditä toteuttaa sen tarkoituksenmukaisessa laajuudessaan, esimerkiksi aikataulu- ja resurssisyiden takia. Tämän opinnäytetyön avulla toimeksiantaja sai ajankohtaista ja vertailukelpoista tutkimustietoa, jota voidaan hyödyntää tulevaisuuden tarjouslaskennassa, hankesuunnittelussa, työmaiden tuotannonohjauksessa sekä mahdollisessa jatkokehityksissä.

2 Rakennushankkeen kustannushallinta

2.1 Rakennushankkeen kustannusrakenne

Rakennushankkeen kokonaisuuden hallinta

Rakennushanke on laaja ja moniulotteinen kokonaisuus, joka kattaa kaikki tarvittavat toimenpiteet halutun lopputuloksen aikaansaamiseksi. Rakennushankkeen onnistuminen riippuu useista tekijöistä, joista merkittävimpiä ovat aikataulu, laatu ja kustannukset. Nämä muodostavat hankkeen hallinnan kannalta kriittisen kokonaisuuden, joka pyritään pitämään tasapainossa. Rakennushankkeen kokonaisuuden hallinta on esitetty kuviossa 1. Siinä kuvataan rakennushankkeen hallinnan perinteisen mallin lisäksi myös nykypäivän rakentamiskulttuurin muutosta kohti laajempaa näkemystä, jossa erilaiset asiakkaan sekä ympäristön asettamat vaatimukset ohjaavat rakennushankkeen toimintaa. Näitä uusia tekijöitä ovat mm. arvot, ympäristö ja turvallisuus. (Ratu KI-6033 2018, 6–7.)



Kuvio 1 Rakennushankkeen hallinnan rautainen kolmio on muuttumassa kohti laajempaa ajattelumallia (Ratu KI-6033 2018, 6).

Rakentaminen tarkoittaa investointihanketta, joka käynnistetään rakennuttajan, kiinteistökehittäjän tai sijoittajan aloitteesta (RT 10-11224 2016, 1). Tämän jälkeen rakennushanke etenee ideasta suunnittelun ja toteutuksen kautta operatiiviseen toimintaan, missä jokaisessa painottuvat eri osa-alueet. Nämä osa-alueet painottuvat suunnitteluvaiheessa tarkkuuteen ja osuvuuteen, toteutusvaiheessa puolestaan tehokkuuteen. (Ratu KI-6033 2018, 6.) Näillä kaikilla osa-alueilla on merkittävä vaikutus rakennushankkeen kustannusten muodostumiseen eli kustannusrakenteeseen.

Rakennushankkeen kustannushallinnan kokonaisuus

Kustannushallinta on rakennushankkeen kustannusrakenteen keskeinen osa-alue. Sen tavoitteena on varmistaa, että hankkeen taloudellinen puite pysyy realistisena ja tarkoituksenmukaisena koko rakennusprojektin ajan. Kustannushallinta alkaa hankkeen alkuvaiheessa tarve- ja hankesuunnittelusta, jolloin määritellään tilaajan ja käyttäjien tarpeet sekä hankkeen laajuus. Tässä vaiheessa tehdyt päätökset ohjaavat vahvasti hankkeen kokonaisbudjettia ja taloudellista toteutettavuutta. Rakennussuunnittelu- sekä rakentamisen valmisteluvaiheen edetessä rakennushankkeen kustannusarvio tarkentuu, ja rakentamisvaiheessa tätä seurataan sekä ohjataan aktiivisesti. (Ratu KI-6033 2018, 6–8.) Rakentamisvaiheen kustannushallinta edellyttääkin jatkuvaa valvontaa sekä päätöksentekoa, jotta hankkeen tavoitearviossa eli budjetissa pysytään. Rakennushankkeen kustannushallinnan tehokas ja onnistunut kokonaisuus vaatii suunnitteluvaiheen tarkkaa kustannusarviota, realistisia ja toimivia suunnitteluratkaisuja sekä rakentamisvaiheen jatkuvaa kustannusten

seurantaa ja ohjausta. (Ratu KI-6033 2018, 12–13; Vesterinen 2019, 47.) Kustannushallinnan tavoitteet rakennushankkeen eri vaiheissa on esitetty taulukossa 1. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin rakentamisen valmistelu-, rakentamis- ja käyttöönottovaiheen kustannushallintaan, ja niitä käsitellään tarkemmin luvussa 2.2 *Kustannusten hallintamenetelmät*.

Taulukko 1 Kustannushallinnan tavoitteet ja lopputulokset rakennushankkeen eri vaiheissa (Ratu KI-6033 2018, 8).

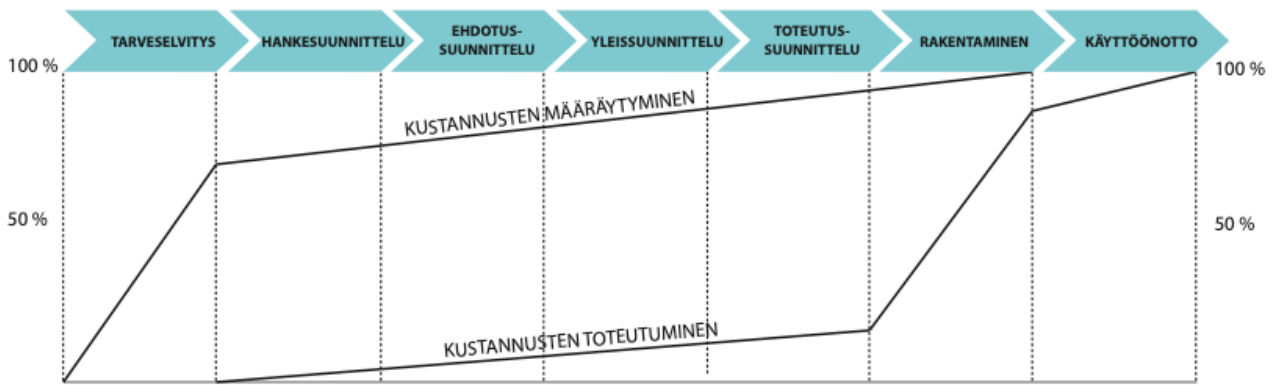
Hankkeen vaihe	Tavoite	Lopputulos
Tarveselvitys	Tilatarpeen selvitys ja alustavan kustannuspuitteen luominen.	Alustava kustannuspuite
Hankesuunnittelu	Hankkeen kustannuspuitteen tarkentaminen vastaamaan hankesuunnitelman sisältöä.	Tilaajan laatima kustannusarvio
Rakennussuunnittelu	Kustannusarvion mukaisen suunnitteluratkaisun luominen.	Rakennussuunnitelmat Tarkennettu kustannusarvio
Rakentamisen valmistelu	Kustannuspuitteessa pysymisen testaus, tarjous- tai omakustannehinnan määrittäminen.	Toteuttajan tekemä kustannusarvio
Rakentaminen	Rakennustyön ohjaus ja valvonta kustannus- ja laatuavoitteisiin. Lisä- ja muutosten kustannusten määrittäminen.	Tavoitearvio Kustannusten valvonta ja ennustaminen
Käyttöönotto	Jälkilaskelma , takuu-aika, vuosikorjauskustannukset.	Taloudellinen loppuselvitys

Rakennushankkeen kokonaiskustannusten muodostuminen

Rakennushankkeen kokonaiskustannukset muodostuvat sen eri vaiheissa, ja niiden suuruus riippuu pääasiassa rakennuttajan eli tilaajan päätöksistä liittyen hankkeen laajuuteen, aikatauluun ja

laatuvaatimukseen (RT 10-11226 2016, 1). Vesterisen (2019) sekä Ratu KI-6033 (2018) mukaan rakennushankkeen kokonaiskustannuksiin merkittävimmin vaikuttavia tekijöitä ovat hankkeen toteutusmuoto, hankeohjelma- ja suunnitteluratkaisut, **olosuhteet**, laadulliset tekijät, **ajoitus ja aikataulu** sekä hintatekijät. Lisäksi Vesterinen korostaa, että rakennushankkeen kustannushallinnan onnistunut kokonaisuus vaatii kustannusten määräytymisen- ja kertymisen periaatteen (kuvio 2) tiedostamista sekä ymmärtämistä rakennushankkeen kaikilta osapuolilta (rakennuttaja, suunnittelu, tuotanto yms.). (Vesterinen 2019, 47; Ratu KI-6033 2018, 20.) Näitä kustannustekijöitä tarkastellaan rakentamisajankohdan ja olosuhteiden näkökulmasta tarkemmin luvussa *3.2 Talvirakentamisen merkittävimmät lisäkustannustekijät*.

Suunnitteluvaiheessa määritellään siis kustannusten perusta, mutta varsinainen kustannusten toteutuminen tapahtuu vasta rakentamisvaiheessa (RT 10-11226 2016, 1; Ratu KI-6033 2018, 8). Suunnitteluvaiheessa syntyvät konkreettiset kustannukset ovat suhteessa hyvin pienet, mutta vaiheen vaikutus rakennushankkeen kokonaiskustannuksiin on kaikista suurin. Rakentamisvaiheessa konkreettiset kustannukset puolestaan ovat korkeimmillaan, kun fyysinen rakentaminen ja kustannukset lopulta toteutuvat. Tällöin kokonaiskustannuksiin ei kuitenkaan voida enää juuri vaikuttaa. Huonosti ennakoitua ja toteutettua suunnitteluratkaisua suhteessa hankesuunnitteluun voivatkin aiheuttaa merkittäviä lisäkustannuksia myöhemmin rakentamisvaiheessa. (Ratu KI-6033 2018, 10–13; Vesterinen 2019, 47.) Tämä rakennushankkeen kustannusten määräytymisen ja toteutumisen periaate on esitetty kuviossa 2. Sen perusteella voidaan todeta, kuinka arviolta noin 70 % rakennushankkeen kokonaiskustannuksista on määräytynyt jo tarveselvitysvaiheessa. Tämän takia hankkeen suunnittelun ja tuotannon olisi hyvä toimia kokonaisuutena sekä olla asianmukaista, huolellista ja toimivaa aivan hankkeen alusta asti (Vesterinen 2019, 47).



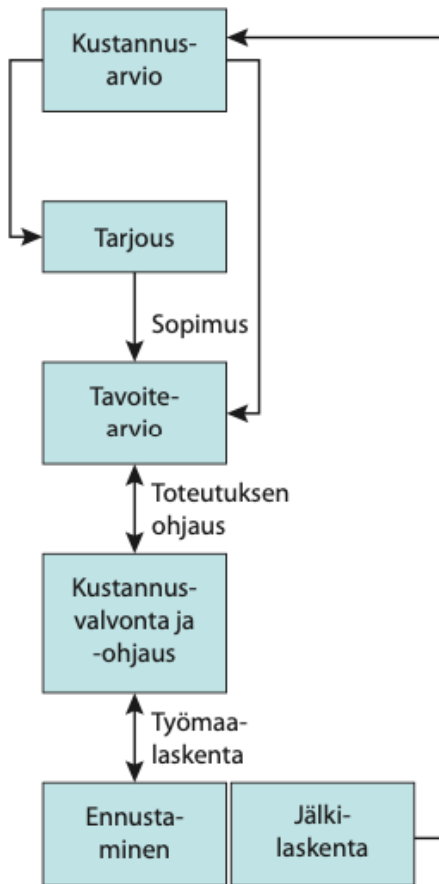
Kuvio 2 Rakennushankkeen kustannukset määräytyvät pääosin suunnitteluvaiheessa ja toteutuvat rakentamisvaiheessa, jolloin niihin ei voida enää juuri vaikuttaa (Ratu KI-6033 2018, 8).

2.2 Kustannusten hallintamenetelmät

Kustannushallinta on keskeinen osa rakennushankkeen taloudellista hallintaa, ja sen onnistumisella on suora vaikutus rakennusyritysten toimintaedellytyksiin, kannattavuuteen sekä maksuvalmiuteen. Tämän takia rakennusalan toimihenkilöiden on tärkeää ymmärtää kustannushallinnan periaatteet ja niihin vaikuttavat tekijät. Tällainen osaaminen tukee sekä yksittäisten rakennusprojektien onnistumista että yrityksen laajempaa liiketoimintaa. Samalla se muodostaa keskeisen osan ammattitaitoista projektinhallintaa rakennusalalla. (Ratu KI-6033 2018, 26.)

Kustannushallintaprosessi alkaa jo hankkeen suunnittelu-, tarjous- ja tavoitelaskentavaiheessa, jolloin asetetaan tavoitteet niiden hallinnalle. Nämä tavoitteet tulevat ohjaamaan hankkeen etenemistä koko sen ajan. Tavoitteiden toteutusta seurataan järjestelmällisesti rakentamisen valmistelu- ja rakentamisvaiheessa, ja lopulliset kustannukset vahvistuvat taloudellisen loppuselvityksen sekä jälkilaskennan tuloksena. (Ratu KI-6033 2018, 26.) Haahtela ja Kiiras (2011) sekä Heikura ja Heikura (2016) täydentävät, kuinka rakennushankkeen kustannushallinnan päätavoitteena on saavuttaa rakennushankkeen kaikki tavoitteet (laatu, aikataulu ja talous yms.) budjetin mukaisilla kustannuksilla. Tämän saavuttamisessa auttaa, kun ymmärtää ja hahmottaa, millainen rakennus budjetilla on tarkoitus tuottaa. (Haahtela & Kiiras 2011, 27; Heikura & Heikura 2016, 26.) Tässä luvussa keskitytään tarkastelemaan rakennushankkeen kustannushallintamenetelmiä rakentamisen valmistelu- ja rakentamisvaiheessa. Lisäksi käsitellään rakennushankkeen jälkilaskentaa sekä sen merkitystä osana jatkuvaa rakennushankkeiden kustannushallintaa ja -seurantaa. Rakennushankkeen

kustannuslaskennan vaiheet rakennusyhtiön ja samalla tämän opinnäytetyön näkökulmasta on esitetty kuviossa 3.



Kuvio 3 Kustannuslaskennan vaiheet rakennusyhtiössä (Ratu KI-6033 2018, 26).

Kustannuslaskennassa käytetään erilaisia menettelyjä riippuen siitä, missä vaiheessa rakennushanke on. Kustannuslaskennan pääperiaatteena kuitenkin on, että kustannuslaskentamenettely tarkentuu rakennushankkeen ja suunnitelmien edetessä. Mitä tarkempia suunnitelmat ja laskennan lähtötiedot ovat, sitä tarkempaa kustannuslaskentamenettelyä voidaan käyttää. Rakennusalan kustannuslaskennassa yleisesti käytössä olevat menettelyt sekä niitä käyttävät osapuolet on esitetty taulukossa 2. (Ratu KI-6033 2018, 36.) Esimerkiksi toteuttajan kustannusarvion laskennassa käytetään yleensä suorite- ja panospohjaista laskentaa, jossa työ- ja materiaalikustannus määritellään suoritemäärän ja yksikköhinnan tulona. Toisena vaihtoehtona on käyttää rakennusosalaskentaa, jossa määrät ja niiden kustannukset eritellään rakennusosittain. (Ratu KI-6033 2018, 65–66.) Suorite- ja panospohjainen laskenta on näistä kahdesta menettelystä tarkimmalla laskentatasolla,

jolloin sen käyttö vaatii hyvin tarkat lähtöaineistot ja suunnitelmat. Tämän takia se soveltuuikin parhaiten juuri rakentamisen valmistelu- ja rakentamisvaiheeseen. (Ratu KI-6033 2018, 36.)

Taulukko 2 Kustannuslaskentamenettelyt sekä niitä käyttävät osapuolet (Ratu KI-6033 2018, 36).

Menettely	Suorittajat
Viitekohde- ja tilastomenettelyt	rakennuttaja, suunnittelija
Laajuus- ja tilapohjaiset menettelyt	rakennuttaja, suunnittelija, päätoteuttaja
Rakennusosa- ja tuoteosalaskenta	päätoteuttaja, rakennuttaja, erikoisurakoitsijat
Suorite- ja panospohjainen laskenta	päätoteuttaja, erikoisurakoitsijat

2.2.1 Rakentamisen valmisteluvaihe

Rakennushankkeen toteuttajan kustannuslaskenta alkaa rakentamisen valmisteluvaiheessa ja on osa hankkeen taloudellista suunnittelua ja kustannushallintaa. Tätä ennen toteuttajan kustannuslaskennan aloittamiselle on muodostunut tarve, yleensä omakustanteisen hankkeen aloittaminen tai tarjouskilpailuun osallistuminen. Rakentamisen valmisteluvaiheen kustannuslaskennan tarkoituksena on tuottaa mahdollisimman realistinen ja luotettava arvio rakennushankkeen toteutuksesta aiheutuvista kustannuksista. Tätä kutsutaan toteuttajan kustannusarvioksi. Kustannusarvio toimii samalla lähtötietona tarjoukselle sekä myöhemmin rakentamisvaiheessa toteuttajan tavoitearviolle. Kustannusarvio rakentuu määrälaskennan tulosten pohjalta, jossa rakennusosien nimellismäärien mukaiset kustannukset jaotellaan nimikkeistön ja litteroinnin mukaisesti sekä ajankohittaiseen kustannustasoon arvioituna. (Ratu KI-6033 2018, 65–66.)

Kustannusarvion lähtötietoina toimivat yleensä siis määrälaskennan tulokset, joissa selvitetään aiempien suunnitelmien ja selostusten avulla rakennettavien osien nimellismäärät (Ratu KI-6033 2018, 66). Rakennusmäärät voidaan saada valmiina suoraan tilaajalta, laskea yrityksen oman laskentahenkilöstön toimesta tai tilata palveluna ulkopuoliselta toimijalta (Ratu KI-6033 2018, 25). Heikuran ja Heikuran (2016, 26) mukaan esimerkiksi rakennushankkeen materiaali- ja työvoimakustannukset voidaan määrälaskennan avulla arvioida parhaimmillaan jopa noin 5 % tarkkuudella, jolloin saadaan erittäin luotettava arvio projektin kokonaiskustannuksista. Määrälaskenta ja sen

onnistuminen ovat siis erittäin tärkeä osa rakennushankkeen kustannushallintaa sekä taloudellista kannattavuutta.

Nykyään määrälaskennan tehokkaana työkaluna ovat yleistyneet ja kehittyneet tietomallit, joita käytetään jo kaikissa rakennushankkeen vaiheissa. Rakennuksen tietomalli (engl. Building Information Model, BIM) on rakennuksen tai rakennushankkeen tietokokonaisuus digitaalisessa muodossa, joka sisältää tiedot mm. kohteen tila- ja rakennusobjekteista, niiden ominaisuuksista sekä geometriasta. Tietomalleihin on siis sisällytetty muutakin kuin rakennuksen muotoa ja geometriaa kuvaavaa tietoa (RT-10-10992, 1). Tietomalleissa yhdistyvät eri suunnittelualojen tiedot, joten laadunvarmistus, törmäystarkastukset, tehokas ja joustava yhteistyö, avoimuus sekä luottamus hankkeen eri osapuolten välillä ovat onnistuneen tietomallinnuksen keskiössä. Tämän takia tietomallinnuksen laadunvarmistuksen ja yhteisten toimintatapojen noudattamisen tueksi on Suomessa laadittu *Yleiset tietomallivaatimukset 2012*, joita kaikkien yleisesti ottaen tulisi noudattaa. Tietomallinnuksen yleistymisen ja vakiintumisen myötä määrälaskijasta onkin tullut yhä vahvemmin ”määräasiantuntija”, sillä rutiinityö on vähentynyt, ja ammattitaidossa korostuvat enemmän asiantuntijuus ja arviointi (Ratu KI-6033 2018, 29–31; RT-10-10992, 3, 5.)

Tietomallinnuksen tehokkuutta osana rakennushankkeen onnistunutta kustannushallintaa tukee myös tutkimus, jossa kerrotaan kuinka tietomallinnus vähentää merkittävästi kustannusarvioiden epävarmuutta ja siten rakentamisen kokonaiskustannuksia. Vaikka tietomallinnuksen hyödyntäminen ei ole ilmaista ja vaatii etenkin alussa hieman suuremman investoinnin, osoittavat tutkimuksen tapausesimerkit sen olevan tästäkin huolimatta kannattavaa. Tutkimuksen tuloksista saadaan selville, että tietomallinnusta hyödyntäneet rakennushankkeet saavuttivat jopa 38 % pienemmät rakennushankkeen kokonaiskustannukset. Puolestaan ne rakennushankkeet, jotka eivät hyödyntäneet tietomallinnusta, kärsivät mm. merkittävistä suunnittelumuutoksista sekä koordinoinnin puutteesta, minkä takia niiden kokonaiskustannukset karkasivat huomattavasti. Lisäksi Das, Khursheed ja Paul (2025) painottavat, ettei tietomallinnus ole ainoastaan suunnittelutyökalu vaan kokonaisvaltainen projektinhallinnan väline, jonka vaikutukset korostuvat erityisesti suurissa ja monimutkaisissa hankkeissa, joissa virheiden ja viivästysten vaikutukset ovat merkittäviä. (Das, Khursheed & Paul 2025, 14.)

Rakennushankkeen kustannusarvion pohjalta toteuttaja voi laatia tarjouksen. Tarjousvaihetta ei välttämättä tarvita, ja voidaan edetä suoraan rakentamisvaiheen tavoitearvioon, mikäli kyseessä on esimerkiksi toteuttajan omaperusteinen rakennushanke. (Ratu KI-6033 2018, 65.) Toisaalta omaperusteisen rakennustuotannon totaalinen romahtaminen viimeisten vuosien aikana on kiihtänyt ja korostanut tarjousvaiheen ja -kilpailun merkitystä. Tällä hetkellä suurten rakennusyri- tysten tuotanto pohjautuu hyvin pitkälti tarjouskilpailujen myötä saatuihin tilaajaurakoihin. (Kortelainen 2025, 4.)

Rakennushankkeen tarjoushinta muodostuu kustannusarvion hinnoittelusta, johon lisätään riski- ja muutosvaraukset sekä voittotavoite. Riskivaraus on toteuttajan tarjouslaskennassa oleva erillinen sekä ennakkoon arvioitava kustannuserä, joka kattaa työmaakustannuksiin tyypillisesti kohdistuvat riskit. Nämä jaotellaan yleisesti ottaen teknisiin, hallinnollisiin ja sopimusteknisiin riskeihin sekä muihin epätarkkuustekijöihin. (Ratu KI-6033 2018, 72.) Tämän opinnäytetyön tutkimukseen liit- tyen esimerkiksi talvirakentamisen olosuhteet ja niiden aiheuttama epävarmuus (lisäkustannukset) huomioidaan laskennassa yhtenä riskivarauksena. Myös Rekonen (2016) korostaa omassa tutki- muksessaan talvirakentamisen aiheuttamaa epävarmuutta suhteessa kustannuslaskentaan. Hän täydentää, että talviolosuhteiden epävarmuus tulee ehdottomasti ottaa kustannus- ja tarjouslas- kennassa huomioon omana riskivarauksenaan. (Rekonen 2016, 50.)

Muutosvaraukset puolestaan ottavat huomioon kustannustason nousun tai laskun aiheuttamaa epävarmuutta suhteessa kustannusarvioon, joka lasketaan käyttäen sen hetkistä hintatasoa. (Ratu KI-6033 2018, 73.) Rakennusprojektien kestot ovat kokonaisuudessaan hyvin pitkiä, joiden aikana tapahtuvat hintatason muutokset ovat hyvin todennäköisiä, niin kuin viime vuosinakin on nähty. Muun muassa Kortelainen (2024) kertoo selvityksessään, kuinka jo lähes 2 vuotta kestänyt yhtäjak- soinen rakennusmateriaalien hintojen lasku on alkanut tasaantua. Kortelaisen mukaan rakennus- materiaalien välillä on suuriakin eroja, mutta kokonaisuudessaan hinnat laskivat enää keskimäärin 0,8 % edellisen puolen vuoden aikana. Tämä on huomattavasti vähemmän kuin edellisten vuosien aikana on nähty, ja on selvästi merkki hintojen tulevasta noususta sekä rakentamisen piristymi- sestä kysynnän kääntyessä jälleen kasvuun. (Kortelainen 2024, 12.) Edellisen perusteella voidaan todeta, että rakentamisen hintatason vaihtelut ovat hyvin alttiita suhdanteen ja kysynnän muutok- sille.

Voittotavoitteen avulla pyritään varmistamaan rakennushankkeen kannattavuus. Voittotavoite on erikseen arvioitava kustannuserä, joka määritellään tyyppillisesti prosenttiosuutena hankkeen kokonaiskustannuksista. Voittotavoitteen määrittämisen taustalla toimii katetuottolaskenta, jossa varsinainen tulos eli voitto saadaan laskettua vähentämällä katetuotosta hankkeen kiinteät kustannukset. (Ratu KI-6033 2018, 75.)

Yhteenvetona voidaan todeta, että rakentamisen valmisteluvaiheen kustannushallinta perustuu huolellisesti laadittuun kustannusarvioon, jonka tarkkuus vaikuttaa merkittävästi koko rakennushankkeen taloudelliseen onnistumiseen, erityisesti toteuttajan näkökulmasta. Lisäksi jatkuvasti kehittyvä määrälaskenta ja tietomallinnus tukevat ennustettavuutta ja kustannustenhallintaa, kun taas rikivaraukset huomioivat muun muassa talvirakentamisen aiheuttamat epävarmuustekijät. Tämän opinnäytetyön aiheen kannalta nämä huomiot ovat hyvin keskeisiä, sillä tarkka kustannuslaskenta ja riskien huomiointi jo hankkeen suunnitteluvaiheessa on erityisen oleellista talvikaudelle ajoittuvien rakennushankkeiden kokonaiskustannusten hallinnassa.

2.2.2 Rakentamisvaihe

Rakentamisvaiheen kustannushallinta on jatkoa rakentamisen valmisteluvaiheen kustannushallinnalle ja -laskennalle. Rakentamisvaiheen kustannushallinnan tavoitteena on varmistaa, että hanke toteutuu asetettujen vaatimusten ja tavoitteiden mukaisesti. Kustannusten hallinta rakentamisvaiheessa on systemaattinen ja vaiheittainen prosessi, joka koostuu ennakkovalvonnasta, työnaikaisesta seurannasta sekä loppukustannusten ennustamisesta. Käytännössä ne tarkoittavat tavoitearviota, tehtäväsuunnittelua, tilannekohtaista laskuttamista, ennustamista, lisä- ja muutostöitä sekä taloudellista loppuselvitystä ja jälkilaskentaa. Nämä kaikki yhdessä toimivat kustannushallinnan kulmakivinä koko rakentamisvaiheen ajan. (Ratu KI-6033 2018, 80.)

Rakennushankkeen tavoitearvio eli käytännössä toteuttajan budjetti on toinen erittäin keskeinen osa rakennushankkeen toteuttajan kustannushallintaa. Tavoitearvio laaditaan aiemmin tehdyn kustannusarvion tai mahdollisen tarjouksen pohjalta ja sen tarkoituksena on ohjata rakentamisvaiheen keskeisimpiä kustannuseriä (esim. työ, materiaalit ja kalusto yms.) Tavoitearvion laatiminen edellyttää kustannustietojen tarkastamista ja nimikkeiden ryhmittelyä niin, että rakennuskohde ositetaan seurantalitteroiksi. Näille nimikkeille määritetään omat kustannustavoitteet, joita seura-

taan rakennustöiden edetessä. Tämä mahdollistaa kustannusten tarkan seurannan ja ennustamisen koko rakentamisvaiheen ajan. Tavoitearviota hyödynnetään päätöksenteossa, suunnitelmien muutostilanteiden arvioinnissa sekä kustannusvaikutusten dokumentoinnissa. Näin tavoitearvio ei ole ainoastaan staattinen budjetti, vaan aktiivinen kustannusohjauksen työkalu, jota käytetään koko tuotantoprosessin ajan. (Ratu KI-6033 2018, 81–82.)

Rakentamisvaiheen kustannusvalvonta ja ennustaminen ovat myös hyvin keskeisiä työkaluja rakennushankkeen taloudellisen ohjauksen onnistumisessa. Kustannusvalvonnassa työmaan toteutuneita kustannuksia seurataan jatkuvasti ja niitä verrataan asetettuun kustannustavoitteeseen eli tavoitearvioon. Tämän avulla pyritään havaitsemaan mahdolliset poikkeamat ja reagoimaan niihin riittävän ajoissa. Kustannusvalvonnan ja ennustamisen keskeisimpänä työkaluna toimii tarkkailulaskenta, jonka avulla analysoidaan hankkeen eteneminen suhteessa tavoitearvioon. Laskelmia laaditaan sekä hankinnoille että työtehtäville erikseen, sillä tämä parantaa ennustamisen tarkkuutta sekä tukee taloudellisesti järkeviä päätöksiä etenkin projektin loppuvaiheessa. Kustannusvalvonnan ja ennustamisen tavoitteena on siis pitää rakennushankkeen budjetti eli tavoitearvio ajan tasalla. (Ratu KI-6033 2018, 85, 87; RT 10-11226 2016, 4.)

Myös Elserougy, Fathy ja Khodeir (2024) korostavat toimivan kustannusohjausjärjestelmän merkitystä osana rakennushankkeen taloudellista onnistumista. Kansainvälisten selvitysten mukaan jopa 86 % rakennushankkeista kohtaa kustannusten ylityksiä, ja 30–40 % näistä tapauksissa suurimmaksi syyksi on havaittu heikko kustannusohjaus. Näiden ongelmien taustalla on usein puutteellinen kustannusvalvontajärjestelmä, joka ei kykene tehokkaasti havaitsemaan poikkeamia tai toteuttamaan korjaavia toimenpiteitä. Tämä onkin yleensä merkittävin syy rakennushankkeiden taloudelliseen epäonnistumiseen sekä voittotavoitteiden menetyksiin. (Elserougy, Fathy & Khodeir 2024, 548–549.) Kustannusvalvonta ja kustannustietojen kerääminen liittyvät olennaisesti myös myöhemmin käsiteltävään jälkilaskentaan, sillä ne ovat edellytys jälkilaskennan suorittamiselle (Ratu KI-6033 2018, 95).

Rakentamisvaiheessa usein ilmenevät lisä- ja muutostyöt ovat olennainen osa toteuttajan kustannushallintaa, sillä ne aiheuttavat usein haasteita ja häiriöitä rakennushankkeen suunnitellulle toteutukselle. Lisä- ja muutostöillä tarkoitetaan sellaisia töitä, jotka eivät kuulu alkuperäiseen sopimukseen, mutta voivat olla tarpeellisia tai pakollisia muuttuvien tai puutteellisten suunnitelmien ja

olosuhteiden takia. (Ratu KI-6033 2018, 90; RT 10-11226 2016, 4.) Pahimmassa tapauksessa ne voivat aiheuttaa toteuttajalle suuria aikataulu- ja kustannushaasteita, joiden vaikutukset rakennushankkeen tavoitearvion mukaiselle läpiviennille voivat olla merkittäviä. (Levanko 2024, 45–47). Nämä mahdolliset lisä- ja muutostyöt sekä hyvitykset ja rakennushankkeen kokonaiskustannukset käydään läpi taloudellisessa loppuselvityksessä rakennushankkeen päätyttyä. Taloudellisen loppuselvityksen tavoitteena on varmistaa, että rakennushankkeen kaikki osapuolet ovat yhteisymmärryksessä maksettavista suorituksista sekä ennen kaikkea rakennushankkeen taloudellisesta ja muutoinkin sopimuksenmukaisesta lopputuloksesta. (Ratu KI-6033 2018, 94–95.)

Jälkilaskenta on käytännössä rakennushankkeen kustannushallinnan viimeinen osa heti taloudellisen loppuselvityksen jälkeen, millä on myös suurin merkitys toteuttajan tulevaisuuden kustannushallinnan kehityksen kannalta. Jälkilaskenta perustuu toteutuneisiin kustannuksiin ja suoritemääriin, ja sen päätavoitteena on selvittää hankkeen taloudellinen lopputulos sekä tuottaa vertailukelpoista viitetietoa tulevien hankkeiden kustannushallintaa ja -suunnittelua varten. (Ratu KI-6033 2018, 13, 95.) Myös Heikurat (2016) korostavat tutkimuksessaan jälkilaskennan merkitystä rakennusliikkeille sekä heidän tuleville rakennusprojekteilleen. Heikuroiden mukaan jälkilaskennan merkitys on kasvanut viimevuosien aikana, kun sen todellinen arvo projektien kehittämisessä on ymmärretty yhä laajemmin. Heidän mielestään rakennusyrietyksen kannattaisi nähdä jokainen toteutettu hanke osana jatkuvaa kehitysprosessia, tavoitteenaan parantaa omaa osaamistaan ja kilpailukykyään tulevaisuuden markkinoilla. (Heikura & Heikura 2016, 27.)

Jälkilaskennassa ei laadita erillistä kustannuslaskelmaa, vaan kyse on enemmänkin kustannustietojen systemaattisesta keräämisestä, analysoinnista ja hyödyntämisestä osana yrityksen oppivaa toimintaa. Jälkilaskentaprosessi jakaantuu kolmeen vaiheeseen: rakennusaikana kerättävään kustannustietoon, jälkilaskentapalaverihin sekä valmistuneen hankkeen viite- ja mallikohdetietojen keräämiseen. Kun kustannustietojen kerääminen aloitetaan jo hyvissä ajoin rakentamisvaiheen aikana, helpottaa se samalla kustannusvalvonnan ja ennustamisen toteuttamista. Jälkilaskentapalaverien tarkoitus puolestaan on mahdollistaa tuotannon ja laskennan osapuolten kanssakäymisen siitä, kuinka toteutuneet kustannukset vertautuvat suhteessa tavoitearvion. Tavoitteena on myös selvittää ja analysoida mahdollisten poikkeaminen syyt sekä laatia tarvittavat kehitystoimenpiteet tulevia rakennushankkeita silmällä pitäen. (Ratu KI-6033 2018, 95–96.)

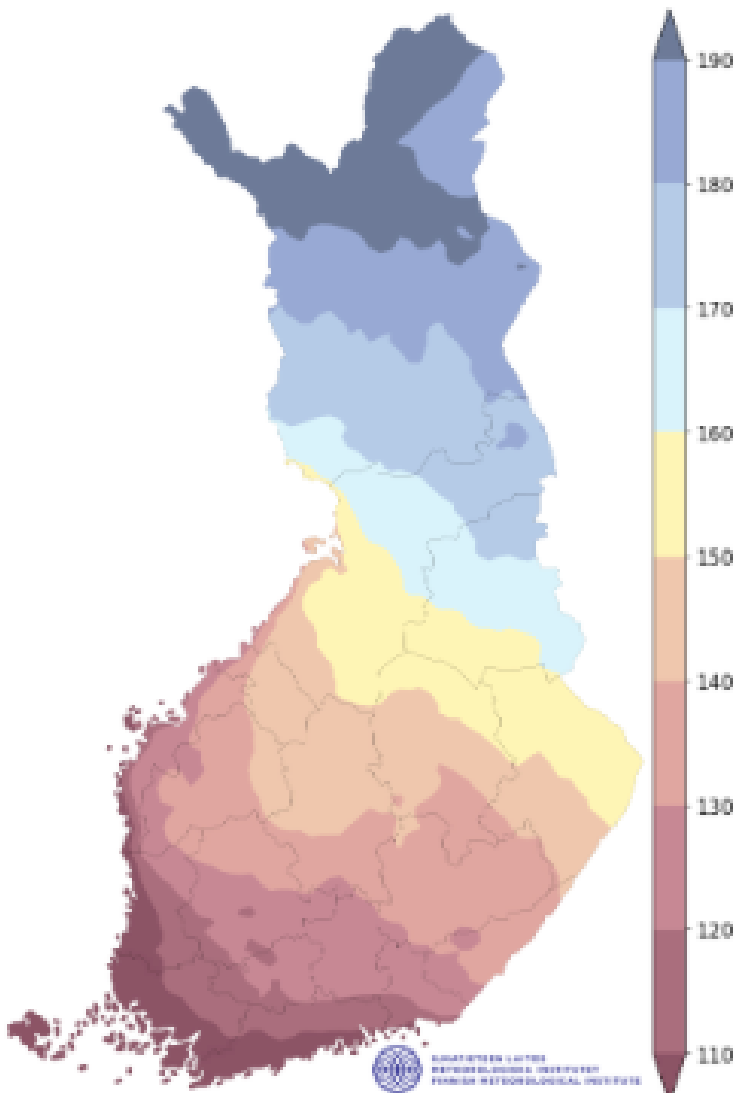
Tämän kaiken pohjalta, ja hankkeen lopullisesti valmistuttua, jälkilaskennan tiedoista ja tuloksista koostetaan viitekansio, johon kerätään kattavasti tietoa hankkeen laadusta, toteutusolosuhteista, tavoitekustannuksista sekä niiden toteutumista. Näin jälkilaskenta toimii paitsi kustannusvalvonnan- ja hallinnan välineenä, myös rakennusyrityksen osaamisen kehittämisen ja tiedonhallinnan työkaluna. (Ratu KI-6033 2018, 95–96.) Tämän opinnäytetyön tutkimustyö toteutettiin osittain jälkilaskentamenetelmää hyödyntäen, sillä se on avainasemassa rakennushankkeen toteutuneita kustannuksia tarkasteltaessa. Jälkilaskentaa osana tämän opinnäytetyön tutkimustyötä ja sen toteutusta käsitellään tarkemmin luvuissa *4 Toteutus*, *5 Tulokset* ja *6 Pohdinta*.

3 Talvirakentamisen kustannukset

3.1 Talvirakentamisen erityispiirteet

3.1.1 Talvirakentamisen olosuhteet Suomessa

Suomessa talviolosuhteet ovat vaihtelevat ja alueellisesti hyvin erilaiset, mikä vaikuttaa suoraan rakennushankkeiden suunnitteluun ja toteutukseen sekä toteutuneisiin kokonaiskustannuksiin. Terminen talvi eli talvikausi on ajanjakso, jolloin vuorokauden keskilämpötila pysyy jatkuvasti 0 °C alapuolella. Se on myös suurimmassa osassa maata pisin vuodenaika. Lapissa se kestää keskimäärin noin seitsemän kuukautta, kun taas Ahvenanmaalla vain noin kolme kuukautta. (Koskenvesa 1999, 697; Talvisään tilastoja 2025.) On siis selvää, ettei tämän aiheuttamia vaikutuksia rakentamiselle voida sivuuttaa tai muussa tapauksessa rakentamisaika jäisi vuositasolla huomattavasti lyhyemmäksi. Termisen talven pituus sekä sen alueelliset vaihtelut vertailukaudella 1991–2020 on esitetty kuviossa 4, jossa mitta-asteikko kertoo vuorokausien lukumäärän.



Kuvio 4 Termisen talven pituus sekä sen alueelliset vaihtelut Suomessa vuosina 1991-2020 (Talvisään tilastoja 2025).

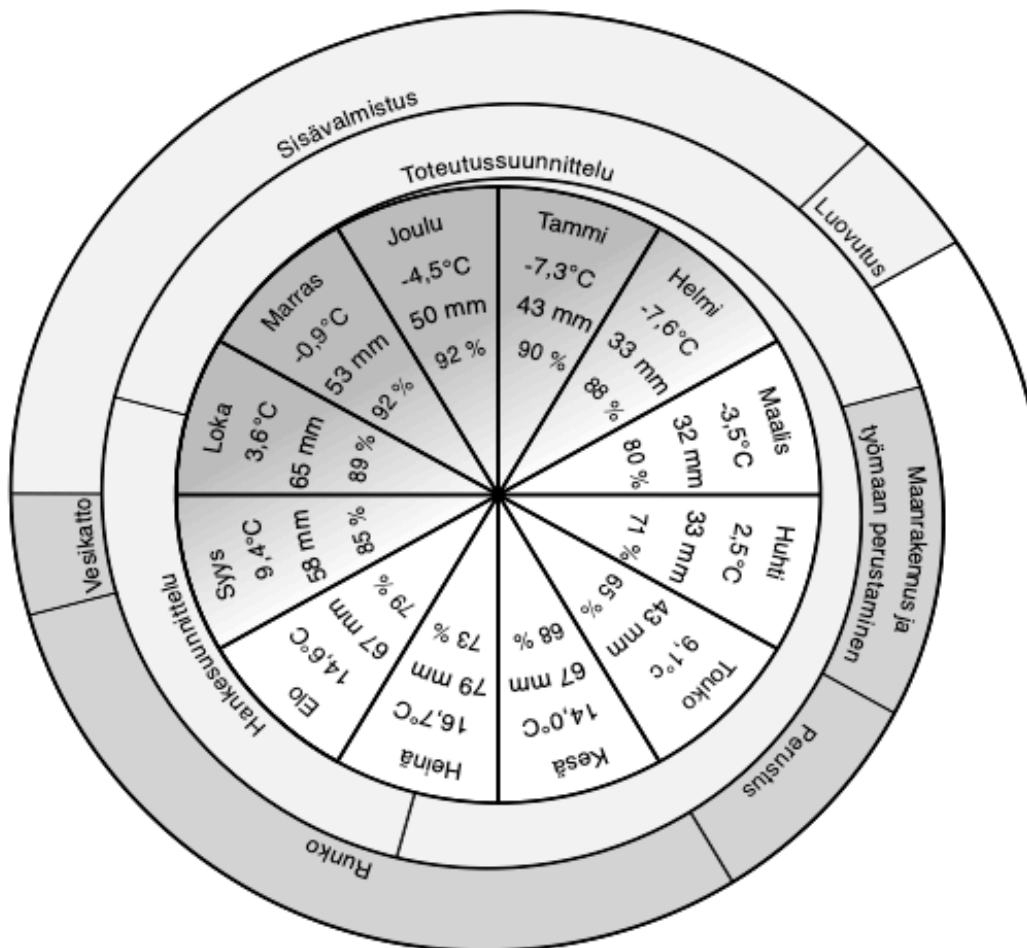
Lumipeite on pakkasen lisäksi toinen talven keskeinen tunnusmerkki. Sen muodostuminen ei tapahdu äkillisesti, vaan sää voi vaihdella viikkoja ennen kuin talvi vakiintuu. Vaikka terminen talvi perustuu pakkasjaksoon, esiintyy leutoja sääjaksoja etenkin maan etelä- ja länsiosissa. (Talvisään tilastoja 2025.) Sekä Talvisään tilastojen (2025), että Aution ja Heikkisen (2002) mukaan tämä johdetaan Golf-virrasta, joka tuo mukanaan matalapaineita sekä lauhaa säätä Atlantilta. Tällöin sää voi olla pilvinen, vesisateinen ja tuulinen, vaikka terminen talvi onkin virallisesti käynnissä. Toisaalta Autio ja Heikkinen (2002) kertovat artikkelissaan, että idästä tulevat korkeapaineet voivat puolestaan aiheuttaa pitkiäkin kylmän sään jaksoja talviaikaan. (Autio & Heikkinen 2002, 61; Talvisään tilastoja 2025.) Suomessa talviolosuhteita leimaakin suuri säätyyppien vaihtelu, mikä aiheuttaa epävarmuutta ja lisäriskejä talvirakentamisessa.

Ilmastonmuutos on nykyajan ilmiö, joka on entisestään lisännyt sääolosuhteiden vaihtelua ja epävakaisuutta niin Suomessa kuin muuallakin maailmassa. McMullanin (2007, 9) tietojen mukaan ”maapallo on lämmennyt vähintään 0,5°C viimeisen vuosisadan aikana”. Strömberg (2022) puolestaan kertoo uutisartikkelissaan, kuinka Ilmatieteenlaitoksen tilastot osoittavat Suomen keskilämpötilan nousseen noin 2°C viimeisen 150 vuoden tarkasteluajanjaksolla. Myös viimeisten vuosikymmenien aikana on havaittu selvää lämpötilojen nousua, kun niitä tarkastellaan päivätasolla. (Strömberg 2022.) Tästä hyvänä esimerkkinä toimivat vuodet 2019–2020, joiden välinen talvi oli suurimmassa osassa Suomea mittaushistorian leudoin. Tällöin koko talvikauden keskilämpötilat olivat useita asteita tavanomaista korkeammalla, minkä takia esimerkiksi lumipeitteet jäivät erittäin ohuiksi Lappia myöten. Ilmastonmuutoksen takia tällaiset sääolosuhteiden rajut vaihtelut ja muutokset ovat entistäkin todennäköisempiä myös tulevaisuudessa. (Lehtonen 2021, 4–7.) Tämä kehitys lisää tulevaisuuden talviolosuhteiden epävarmuutta, mikä korostaa entisestään talvirakentamiseen liittyvän suunnittelun ja ennakkoinnin merkitystä.

Vaikka sääolosuhteet ovat Suomessa hyvin epävakaita ja vaihtelevia, ovat päivän pituus ja sen mukainen valoisuus pysyvästi sidonnaisia sijaintiin ja vuodenaikaan nähden. Tämä perustuu maapallon vakioituneeseen kallistuskulmaan (23,5°) sekä kiertorataan suhteessa aurinkoon, joka on ainoa luonnon valon lähde. Suomessa, joka sijaitsee pohjoisella pallonpuoliskolla, tämä ilmenee suuresti vaihtelevana päivän pituutena vuodenaajan mukaan. Suomessa talvipäivänseisäys on joulukuussa (21.12.) ja kesäpäivänseisäys kesäkuussa (21.6.), jolloin päivän pituus ja luonnon valon määrä on pienin tai suurin. Keskitalvella tämä tarkoittaa, että päivän pituus on lyhyimmillään vain noin 6 tuntia. (McMullan 2007, 7, 149.) Vaihtelevien sääolosuhteiden lisäksi talvirakentamisen haasteena on siis myös ajoittainen pimeys, joka aiheuttaa omat haasteensa työmaan toimintaan esimerkiksi valaistuksen osalta. Talviaikaan vallitseva ajoittainen pimeys on kuitenkin sääolosuhteista poiketen täysin ennakoitavissa, jolloin sen aiheuttamiin haasteisiin on paljon helpompi varautua.

Kuviossa 5 on esitetty kuukausien keskilämpötilat, sademäärät ja suhteellinen kosteus Jyväskylässä vertailukaudella 1991–2020. Kuvio on opinnäytetyön tutkimuksen kannalta oleellinen, sillä tutkimuskohteet sijaitsevat Jyväskylässä. Sen perusteella voidaan todeta, että myös Jyväskylässä talvi on pisin vuodenaika. Jyväskylässä terminen talvi kestää noin 5 kuukautta eli lähes puoli vuotta. Suurimmat sademäärät painottuvat puolestaan kesään ja syksyyn, mutta alueen lumisuudessa voi esiintyä suurta vaihtelua vesistöjen (esim. Päijänne) takia. Toisaalta juuri maakunnan keskiosassa

sataa yleensä eniten. Vesistöt vaikuttavat merkittävästi myös lämpötilojen vaihteluun. Keski-Suomen ja Jyväskylän talviolosuhteet ovatkin sijaintinsa takia hyvin keskimääräiset ja normaalit, kun tarkastellaan koko Suomea. Toisaalta alueen ilmasto ja ympäristö aiheuttavat erityisen suuren olosuhteiden vaihtelujen mahdollisuuden, mikä tekee talvirakentamisesta ja olosuhteiden ennustamisesta haastavampaa. Lisäksi alueen ilmastomuutosarviot kertovat, että Keski-Suomen ilmasto tulee lämpenemään 1,9...5,4°C ja sademäärä kasvamaan 6–15 % kuluvaan vuosisadan aikana. (Keski-Suomi – Päijänteen vaikutuspiirissä 2022.) Tämä tulee tarkoittamaan talvikauden lyhentymistä, mutta toisaalta aiheuttamaan uudet haasteensa rakentamiskulttuuriin muuttuvien talviolosuhteiden takia.



Kuvio 5 Keskimääräiset sääolosuhteet Jyväskylässä vertailukaudella 1991-2020 sekä perinteisen rakennushankkeen optimaalinen ajoitus (Ratu S-1236 2021, 11).

Nämä edellä tarkastellut asiat perustelevat kaikin mahdollisin tavoin, miksi talviolosuhteilla on valtavan suuri merkitys ja vaikutus rakentamiseen Suomessa. Tämä tekee toisaalta rakentamiskulttuuristamme myös hyvin erityisen ja mielenkiintoisen. Talvirakentamisen vaikutuksia ja merkittävimpiä lisäkustannustekijöitä tarkastellaan laajemmin luvussa *3.2 Talvirakentamisen merkittävimmät lisäkustannustekijät*.

3.1.2 Talvibetonointi

Talvibetonointi korostuu erityisesti rakennushankkeen perustus- ja runkovaiheessa, jolloin rakennettavat rakenteet ovat alttiita talviolosuhteille sekä niiden vaihtelulle. Talviolosuhteet hidastavat ja vaikeuttavat koko betonointityötä, jolloin erikoistoimenpiteitä tarvitaan sen kaikissa vaiheissa. Jotta talvibetonointi ja rakenteiden suunnitelmien mukainen toteutus onnistuu myös vaihtelevissa ja haastavissa talviolosuhteissa, pitää käyttää näitä tilanteeseen soveltuvia erikoistoimenpiteitä. (BY 71/RIL 149-2019 2019, 219; Koskenvesa 1999, 710.) Tämän vuoksi talvibetonointi on yksi merkittävimmistä talvirakentamiseen liittyvistä teknisistä ja taloudellisista haasteista, erityisesti betonielementtikerrostalon perustus- ja runkovaiheen töissä. Talvibetonointi on siis erittäin relevantti aihealue tämän opinnäytetyön tutkimustyön ja sen tavoitteiden kannalta.

Talviolosuhteiden vaikutukset betonointiin

Talvibetonointi tarkoittaa betonointitöitä, jotka tehdään vuorokauden keskilämpötilan laskiessa pysyvästi alle +5 °C. Näissä olosuhteissa betonin lujuudenkehitys hidastuu merkittävästi, ja pakkanen aiheuttaa riskin jäätymisvaurioiden syntymiselle vastavaletuissa rakenteissa. Talvibetonoinnissa tärkeintä onkin huolehtia betonin riittävästä lämpötilasta sen tavoitteenmukaisen lujuudenkehityksen varmistamiseksi (Talvibetonointi 2013, 14). Talvibetonointikausi on Suomessa hyvin pitkä, sillä se on suoraan verrannollinen termisen talven pituuteen. Etelä-Suomessa se kestää keskimäärin noin seitsemän kuukautta ja Pohjois-Suomessa jopa yhdeksän kuukautta. (BY 71/RIL 149-2019 2019, 220; BY 201 2018, 492.) Tämän perusteella talvibetonoinnin voidaan todeta olevan erittäin todennäköinen sekä väistämätön menetelmä monien rakennushankkeiden toteutuksen aikana. Tähän voidaan kuitenkin vaikuttaa näiden talviolosuhteille kriittisten työvaiheiden ajoituksella, erityisesti alle vuoden mittaisissa rakennushankkeissa.

Talven sääolosuhteet kuten pakkasen, lumi, jää, vesi- ja räntäsateet sekä tuuli aiheuttavat lukuisia haasteita betonointitöille. Esimerkiksi lumi ja mahdollinen jää on poistettava muoteista ja valualustoista ennen valua, jottei valettavien rakenteiden laatu vaarannu. Rakenteet tulisivat aina suojata näiden olosuhdetekijöiden haittavaikutuksilta. Tuuli puolestaan lisää luonnollista lämmönsiirtymistä, mikä nopeuttaa kosteuden haihtumista, ja voi pahimmassa tapauksessa johtaa betonin jäätymiseen ennen jäätymislujuuden saavuttamista. Erityisesti kovalla pakkasella ja tuulella ulkolämpötila voi tuntua huomattavasti alhaisemmalta verrattuna mittausarvoon. Tämä ilmiö on esitetty erittäin hyvin taulukossa 3. Se osoittaa, kuinka suuri vaikutus tuulen nopeudella on todelliseen ilman lämpötilaan ja pakkasen purevuuteen. Nämä kaikki olosuhdetekijät voivat aiheuttaa monenlaisia keskeytyksiä valutyöhön, ja joissain tapauksissa (esim. pakkaspäivät) työskentely ulkoolosuhteissa voi olla jopa mahdotonta. (BY 71/RIL 149-2019 2019, 220–221; BY 201 2018, 492.) Talvibetonointi vaatii erityistä huomiota työmaan olosuhteisiin, logistiikkaan, aikatauluihin, rakenteiden vaatimuksiin sekä suojaus- ja lämmitysratkaisuihin.

		Ilman lämpötila °C						
		0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
Tuulen nopeus m/s	2	-3	-8	-14	-20	-26	-32	-38
	4	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41
	7	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-45
	10	-7	-14	-20	-27	-34	-40	-47
	13	-8	-15	-22	-28	-35	-42	-48

Taulukko 3 Tuulen nopeus vaikuttaa merkittävästi pakkasen purevuuteen (Ratu C8-0377 2010, 2).

Näiden talviolosuhteiden aiheuttamien haittojen ehkäiseminen edellyttää huolellista ennakkosuunnittelua. Valutöiden ja elementtiasennusten suunnittelussa kannattaa tarkastella pitkän aikavälin säätietoja, ja ottaa lisäksi huomioon paikalliset lämpötila- ja sääolosuhteet, sillä Suomen sääolosuhteet voivat vaihdella vuosittain huomattavasti. Ensimmäinen vuorokausi on betonin lujuuden kehityksen kannalta kaikista merkittävin, joten valujen ajankohtaa ja suojaustarvetta tulee tarkentaa sääennusteiden ja työmaaolosuhteiden perusteella. Tämä tulee tehdä mahdollisimman hyvissä ajoin ennen valua sekä tarvittaessa vielä valupäivänä (Talvibetonointi 2013, 29). Valmistautuminen kylmissä olosuhteissa työskentelyyn on syytä aloittaa jo varhain syksyllä, ja valmius tulee säilyttää riittävän pitkälle kevääseen saakka. Tämä tarkoittaa työmaan varustamista riittävästi

suojaus- ja lämmitysjärjestelmillä sekä valaistuksella. (BY 71/RIL 149-2019 2019, 221; BY 201 2018, 492–493.)

Betonin lujuudenkehitys kylmässä

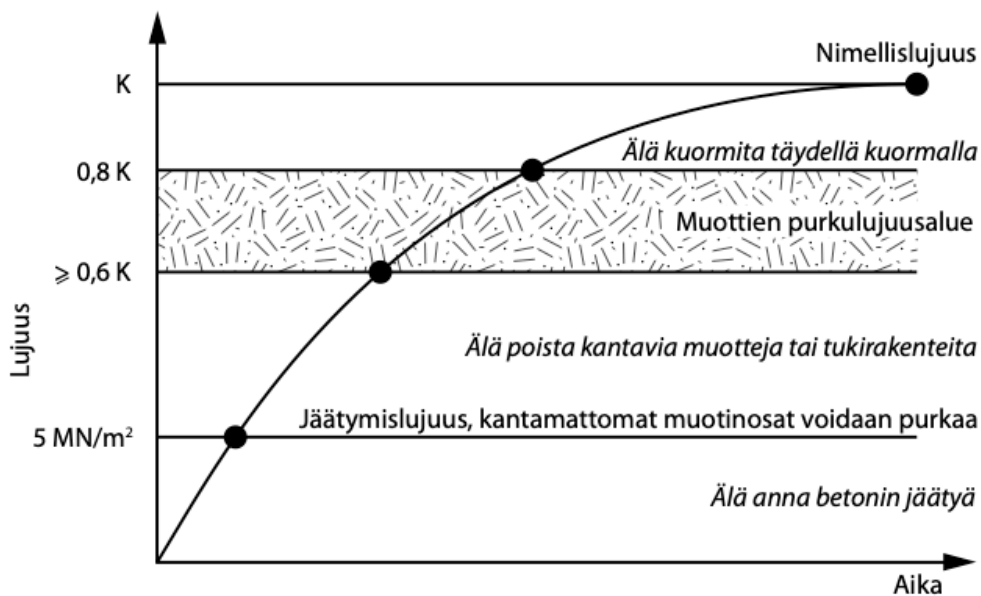
Kylmissä sääolosuhteissa betonin lujuudenkehitys hidastuu merkittävästi sen lämpötilan laskiessa. Betonin lämpötilan lisäksi sen lujuudenkehitykseen vaikuttavat erityisesti sementtityyppi ja -määrä. Betonin lämpötilan laskiessa lähelle 0 °C lujuudenkehitys hidastuu jo erittäin voimakkaasti ja reilusti pakkaselle mentäessä (-5...-15 °C) se pysähtyy käytännössä kokonaan. (BY 71/RIL 149-2019 2019, 222; BY 201 2018, 493.) Betonin lämpötila ei myöskään saa nousta liian korkeaksi (yli +60 °C), sillä sekin voi aiheuttaa lujuuskatoa suhteessa betonin nimellisljuuteen. Betonin optimaalinen lujuudenkehitys ja kovettuminen tapahtuu betonimassan lämpötilan ollessa +20...+40 °C. (Talvibetonointi 2013, 15.)

Betonoinnissa ja betonin lujuudenkehityksessä tulee huomioida kolme keskeistä tarkastuspistettä, jotka varmistavat rakenteet kestävyuden sekä estävät vaurioitumisen esimerkiksi jäätyminen tai kuormituksen vaikutuksesta (BY 201 2018, 493):

- jäätymislujuuden saavuttaminen (kaikilla betonin lujuusluokilla 5 MPa)
- muotinpurkulujuuden saavuttaminen (yleensä 60–80 % nimellisljuudesta)
- nimellisljuuden saavuttaminen (yleensä 28 vrk:n lujuus normaalibetonilla, kun kovettumisolosuhteet ovat lähellä optimaalista)

Betonin saavuttaessa jäätymislujuuden se kestää yhden kerran jäätyksen ilman vaurioita, mutta toistuvaa jäätymistä ja sulamista se ei kovettumisen alkuvaiheessa vielä kestä. Betonin jäätyminen ennen jäätymislujuuden saavuttamista aiheuttaa lujuuskatoa, jolloin suunniteltua nimellisljuutta ei voida saavuttaa. Jäätyminen aiheuttaa myös betonin muiden ominaisuuksien heikkenemisen. Muottien ja tukirakenteiden purku on sallittua vasta, kun betoni on saavuttanut riittävän lujuuden kestääkseen siihen kohdistuvat sen hetkiset rasitukset. Tätä kutsutaan muotinpurkulujuudeksi. Nimellisljuus puolestaan on rakenteen suunnitelmien mukainen lujuusluokka, jonka perusteella rakenteen täysi kuormitus ja käyttö sallitaan. (BY 71/RIL 149-2019 2019, 222–223; BY 201 2018, 493–494.) Nämä talviolosuhteissa tapahtuvan betonin lujuudenkehityksen tärkeimmät huomiot on esitetty betonin lujuudenkehityskaaviossa (kuvio 5). Kuten kaaviosta käy ilmi, on lujuudenkehityksen kannalta tärkeää, ettei betonin anneta jäätyä ennen kuin jäätymislujuus on saavutettu. Lisäksi

kuormittamista täysillä rakenteellisilla kuormilla eikä tukirakenteiden poistamista tule suorittaa ennen nimellis- ja muottipurkulujuuden saavuttamista. Näin varmistetaan rakenteiden ja rakennuksen turvallisuus koko rakentamisen ajan.



Kuvio 6 Betonin lujuudenkehityksen vaiheet ja toimenpiteet kylmissä olosuhteissa (Talvibetonointi 2013, 17).

Betonin lujuudenkehitykseen voidaan vaikuttaa betonin sekä sen lisäaineiden valinnalla. Talvibetonoinnissa käytetään yleensä nopeasti kovettuvaa betonia tai kuumabetonia, sillä niiden lujuudenkehitys on huomattavasti nopeampi normaalibetoniin verrattuna. Nopeasti kovettuva betoni saavuttaa nimellislujuutensa jopa 7 vrk kuluessa (20 °C lämpötilassa) ja sen lujuudenkehitys on huomattavasti normaalibetonia nopeampaa myös viileämissä olosuhteissa. Nopeasti kovettuvat sementtilaadut soveltuvat kylmiin olosuhteisiin myös siksi, että ne vapauttavat suurimman osan hydrataatiolämmöstään lujuudenkehityksen alkuvaiheessa. Tätä vapautuvaa lämpöä hyödynnetään betonin lämmittämisessä samalla tavalla kuin kuumabetonissa, jolloin massan korkea lämpötila nopeuttaa sitoutumisreaktiota ja ehkäisee jäätymisriskiä. (BY 71/RIL 149-2019 2019, 228; BY 201 2018, 500–503.) Nopeamman lujuudenkehityksen ansiosta nopeasti kovettuva betoni mahdollistaa muottien purkamisen ja valujen etenemisen tiukoissa aikatauluissa, mikä on erityisen tärkeää talvikaudella.

Betonin suojaus ja lämmitys

Talvibetonointi vaatii myös rakenteiden huolellista suojaamista ja tarvittaessa lämmitystä, mikäli suunniteltua lujuudenkehitystä ei muutoin saada toteutettua. Suojaamisen ensisijainen tavoite on estää betonin jäätyminen ennen jäätymslujuuden saavuttamista sekä ylläpitää sen tasaiset lämpötilaolosuhteet. Lisäksi betonin suojaaminen vähentää muun lämmityksen tarvetta ja edesauttaa betonin kosteusolosuhteiden hallintaa. Betonin suojauksessa voidaan käyttää sääsuojausta, lämpösuojausta ja lämpöä eristäviä peitteitä. Näillä menetelmillä pyritään estämään lumen ja jään kertyminen sekä betonimassan lämpöhäviö, etenkin kuumabetonia käytettäessä. Esimerkiksi muottien lämmöneristys yhdistettynä suojapeitteiden käyttöön on tehokas ja yleisin keino torjua haitallisia lämpötilaeroja valun aikana. (BY 71/RIL 149-2019 2019, 233; BY 201 2018, 505–506.)

Lämmitysmenetelmän valinnassa tulee puolestaan huomioida muun muassa vuodenaika, rakenteen koko ja muoto, työmaan sähkönsaanti sekä käytettävissä oleva kalusto. Betonin lämmittäminen voidaan toteuttaa lämmittämällä valualuetta ympäröivä ilma, muotit tai itse betonimassa. Näissä menetelmissä lämpöä voidaan tuottaa vastuslangalla, infrapunasäteilyllä, höyryllä tai kuivmailmalla. (BY 71/RIL 149-2019 2019, 234–235; BY 201 2018, 507.) Yksi yleisimmin käytetyistä lämmitysmenetelmistä on lankalämmitys, joka oli myös tämän opinnäytetyön tutkimuskohteissa yleisimmin käytetty betonin lämmitysmenetelmä.

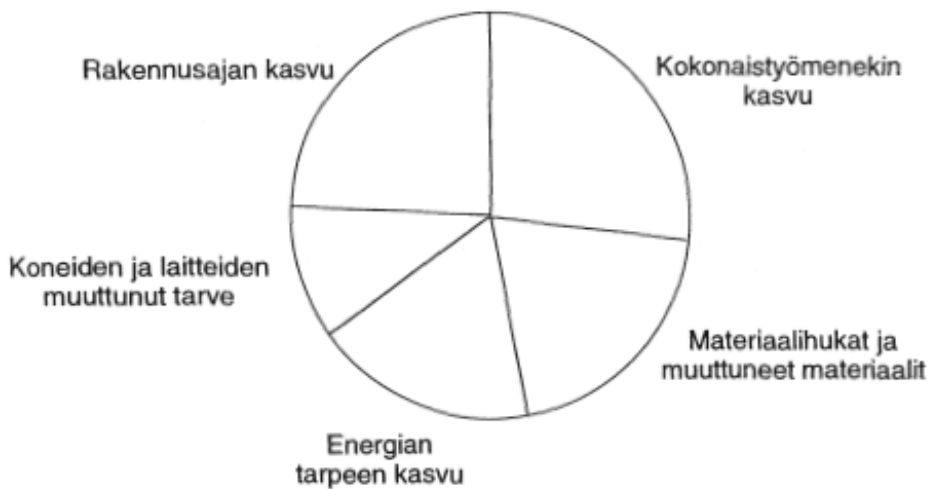
Lankalämmitystä käytetään tyypillisesti lisälämmitysmenetelmänä (suojaamisen lisäksi) varmistamaan betonin riittävä lämmönkehitys ja estämään sen jäätyminen. Menetelmä perustuu betonivaluun asennettavaan lämmityslankaan tai -kaapeliin, jonka avulla lämpö siirtyy valettuun rakenteeseen sen sisäpuolelta. Näin lämmitys saadaan kohdistettua tarkasti haluttuun kohtaan valettua rakennetta. Samalla parannetaan lämmityksen energiantehokkuutta ja vältetään tarpeeton lämmittäminen. Lankalämmitystä voidaan käyttää myös muiden lämmitysjärjestelmien tukena, jolloin sen käyttökohteet ovat entistäkin monipuolisemmat, ja soveltuvat hyvin esimerkiksi betonielementtikerrostalon lisälämmitysmenetelmäksi. Toisaalta lankalämmityksen aiheuttamat suuret lämpötilaerot voivat aiheuttaa rakenteisiin haitallisia jännityksiä. Lämmityslanka voi myös katketa vaarantaen lämmityksen tasaisuuden. Lisäksi kyseinen menetelmä vaatii paljon työmaaresursseja, niin energiankulutuksen, materiaalihukan kuin työmääränkin osalta. (BY 71/RIL 149-2019 2019, 235–236; BY 201 2018, 507–508.) Lankalämmitys on siis tehokas ja joustava lämmitysmenetelmä

monenlaisten betonirakenteiden lisälämmittämiseen talviolosuhteissa, mutta sen käyttö vaatii huolellista suunnittelua sekä riittävästi lisäresursseja työmaalla.

Yhteenvedona voidaan todeta, että talvibetonointi muodostaa hyvin keskeisen osan talvirakentamisen kokonaisuutta, etenkin betonielementtikerrostalotyömaan perustus- ja runkovaiheessa. Talvibetonoinnissa käytettävät materiaalit ja lisäaineet sekä välttämättömät suojaus- ja lämmitysmenetelmät aiheuttavat muiden lisätöiden ohella väistämättömiä lisäkustannuksia työmaan rakennuskustannuksiin. Eränummen (2020, 20) mukaan talvibetonointi voi olla jopa merkittävin lisäkustannustekijä betonielementtikerrostalon runkovaiheessa. Seuraavassa luvussa 3.2 *Talvirakentamisen merkittävimmät lisäkustannustekijät* käsitellään tarkemmin, kuinka talvibetonointi ja muut talvirakentamisen erityispiirteet vaikuttavat rakennushankkeen kustannuksiin.

3.2 Talvirakentamisen merkittävimmät lisäkustannustekijät

Rakentamisen ajoittuminen talvikaudelle vaikuttaa usein suoraan rakennushankkeen aikatauluun ja sitä kautta kustannusrakenteeseen. Vaihtelevat talviolosuhteet (pakkanen, lumi, jää ja tuuli) aiheuttavat väistämättömiä lisätöitä ja työmaan toiminnan keskeytyksiä. Näistä talviolosuhteista aiheutuvia talvilisätöitä ovat muun muassa sääsuojaus, lumen poisto sekä lämmittäminen. Myös työmaan säärajoitukset (esim. pakkanen ja tuuli), koneiden ja rakennusmateriaalien käyttörajoitukset sekä työntekijöiden lomakaudet ja arkipyhät voivat aiheuttaa viivästyksiä talvirakentamisessa. Nämä kaikki talvirakentamisen viivästystekijät saavat aikaan kokonaistyömenekin kasvun sekä rakennusajan väistämättömän pidentymisen, jotka ovat merkittävimpiä talvirakentamisen lisäkustannustekijöitä. (Ratu KI-6031 2017, 70–71; Koskenvesa 1999, 697.) Muut talvirakentamisen merkittävimmät lisäkustannustekijät on esitetty kuviossa 7, ja niitä kaikkia käsitellään tarkemmin tämän pääluvun alaluvuissa. Taulukossa 4 on puolestaan esitetty talvirakentamisen arvioidut lisäkustannukset prosentteina vastaaviin kesäajan kustannuksiin verrattuna. Myös tähän taulukkoon viitataan pääluvun alaluvuissa sekä myöhemmin varsinaisen tutkimustyön tuloksia vertailtaessa.



Kuvio 7 Talvirakentamisen merkittävimmät lisäkustannustekijät (Koskenvesa 1999, 706).

Kustannuslajit	Rakennusvaiheiden lisäkustannukset (%)	
	Perustustyövaihe	Runkotyövaihe
Työmenekkilisä	2,6...2,9	0,6...0,7
Materiaalilisä	1,7...3,7	0,6...1,9
Energialisä	0,9...1,0	1,2...1,4
Kone- ja kalustolisä	1,8...2,2	1,2...1,4
Talviajan lisätyöt	1,6...1,8	0,7...0,9
Aikakustannuslisä	2,0...2,2	1,0...1,2
Yhteensä	13...15	5,5...7,5

Taulukko 4 Kerrostalon talvirakentamisen lisäkustannukset prosentteina kesäajan vastaaviin kustannuksiin verrattuna (Koskenvesa 1999, 706, muokattu).

Eriyksen ratkaisevaa talvirakentamisen haasteiden ja lisäkustannusten ennaltaehkäisemisessä on rakentamisen aloitusajankohta ja työvaiheiden ajoitus. Mikäli rakentamisen kriittiset työvaiheet kuten perustus- ja runkovaihe sijoittuvat talveen, korostuvat talven sääolosuhteiden vaikutukset etenkin lyhyissä, alle vuoden mittaisissa rakennusprojekteissa. Ainakin näissä tapauksissa on ehdottomasti kannattavampaa ajoittaa sisävalmistusvaihe talveen, jolloin talvirakentamisen vaikutukset jäävät huomattavasti pienemmiksi. (Eränummi 2020, 20–21; Ratu KI-6031 2017, 70; ROK 2025, 20-21.) Tämä kokonaisuus havainnollistetaan erittäin hyvin kuviossa 5 (s.20), jossa on esitetty perinteisen rakennushankkeen optimaalinen ajoitus vuodenaikoihin ja niiden mukaisiin

sääolosuhteisiin nähden. Esimerkiksi Dong, Muhammad ja Nauman (2025, 15) kertovat tieteellisessä artikkelissaan, kuinka sääolosuhteiden kvantitatiiviset (numeeriset ja tilastolliset) vaikutukset aiheuttivat keskimäärin 25,7 % viivästyksen tutkimuskohteiden aikatauluihin sekä 23,8 % kasvun niiden toteutuneisiin kustannuksiin. Toisaalta myöskään rakentamisen lopettaminen, vähentäminen tai edes aloitusajankohdan siirtäminen ei välttämättä ole kannattavaa, sillä talvirakentamisen suorat lisäkustannukset voivat olla pienemmät kuin näiden muiden vaihtoehtojen aiheuttamat epäsuorat kustannukset (Laitinen 2022, 24). Nämä tutkimuksissa esitetyt huomiot ovatkin erittäin olennaisia rakennushankkeen kustannusvaikutusten kokonaisuutta arvioidessa.

3.2.1 Kokonaistyömenekin ja rakentamisajan kasvu

Talviolosuhteet vaikuttavat kokonaisuudessaan kaikista eniten rakennustöiden tuottavuuteen sekä työvoimakustannuksiin, vaikkakin rakennusvaiheiden ja -kohteiden välillä on eroja (taulukko 4). Käytännössä tämä tarkoittaa kokonaistyömenekin kasvua, joka puolestaan johtaa rakentamisajan väistämättömään pidentymiseen. Nämä tekijät muodostavatkin yhdessä ylivoimaisesti suurimman talvirakentamisen lisäkustannustekijän (kuvio 7). (Ratu KI-6031 2017, 70; Koskenvesa 1999, 706.) Tässä luvussa käsitellään kokonaistyömenekin ja rakentamisajan kasvuun vaikuttavia tekijöitä talvirakentamisesta ja -olosuhteista johtuen.

Talvilisätyöt aiheuttavat merkittävimmän osan kokonaistyömenekin kasvusta sekä talvirakentamisen kustannushaasteista, sillä ne liittyvät suoraan talviolosuhteiden aiheuttamiin haittoihin työmaan toiminnalle. Talvirakentamisen heikommat työskentelyolosuhteet hidastavat kaikkea työskentelyä, pienentävät työn tuottavuutta ja lisäävät keskeytysten määrää, mikä näkyy suoraan työsaavutusten heikkenemisenä. Varsinaiset talvilisätyöt muodostavat erillisen työvaiheen, jonka suorittaa erillinen työryhmä. Niihin kuuluvat muun muassa lumen ja jään poistaminen, sää- ja lämpösuojauksien asentaminen sekä työmaan erilaiset lämmitystyöt. (Ratu C8-0377 2010, 3; Ratu KI-6031 2017, 71; Koskenvesa 1999, 706–707.) Talven aiheuttamat lisätyöt sekä niiden sisältö on esitetty taulukossa 4. Perustus- ja runkovaiheen lisätöihin ei tässä tapauksessa lasketa roudan rikkomista ja sulatusta, sillä ne liittyvät enemmän maarakennusvaiheen töihin, joita ei tässä opinnäytetyössä käsitellä.

Talven aiheuttamat lisätyöt (Talo 90)	Sisältö
C81 Lumi- ja jäätyöt	lumen luonti, jään poisto ja sulatus erillisenä työnä rakenteilta tai rakennusalueelta sekä lumenajo ja hiekoitus
C82 Roudan rikkominen ja sulatus	erillisenä työnä tehtävä jäätyneen maan rikkominen ja sulatus
C83 Lämpösuojaus	rakennuksen ja rakenteiden lämpösuojaus erillisenä työvaiheena
C84 Lämmitys ja kuivaus	rakennusosien lämmitys ja kuivatus, kuten lämmityslaitteiden hoito ja huolto sekä lämmitysasemien pystytys ja purku

Taulukko 5 Talven aiheuttamat lisätyöt ja niiden työsisältö (Koskenvesa 1999, 707).

Talvityölisillä puolestaan tarkoitetaan niitä lisätyöitä, jotka liittyvät suoraan talvella tehtävän työn toteutukseen. Esimerkiksi talvibetonointi edellyttää betonointiin liittyvien suojausten sekä lumi- ja jäätöiden suorittamista samalta työryhmältä, mikä kasvattaa työvaiheen kokonaiskestoa. (Ratu C8-0377 2010, 3; Ratu KI-6031 2017, 71; Koskenvesa 1999, 706–707.) Myös erilaiset tuotantokatkot ja -keskeytykset lisääntyvät talvirakentamisessa vaikuttaen omalta osaltaan kokonaistyömenekin kasvuun edellä mainittujen tekijöiden lisäksi. Teoriassa tämä tarkoittaa työvaiheen lisäaikojen (TL2 ja TL3) kasvua eri pituisista työn keskeytyksistä johtuen (alle 1 h tai yli 1 h). Keskeytysten yleisimpiä syitä ovat koneiden ja laitteiden käyttöongelmat tai rikkoutuminen, sääolosuhteet, tapaturmat tai muut odotusajat. (Koskenvesa 1999, 707; Ratu KI-6035 2019, 8.)

Työturvallisuudesta huolehtiminen aiheuttaa aina lisäkustannuksia talvirakentamisessa. Esimerkiksi liukkaudentorjunta ja valaistuksen puute muodostavat muista vuodenaajoista poikkeavan työturvallisuuden parantamiseen liittyvän tarpeen. (Rekonen 2016, 53; ROK 2025, 20.) Nämä talvirakentamisen työturvallisuusriskit voivat aiheuttaa paljon helpommin työtapaturmia kuten liukastumisia ja kaatumisia. Niistä voi seurata viivästyksiä ja pahimmassa tapauksessa pitkiäkin poissaoloja (Ratu S-1190 2000, 4, 9).

Rakentamisajan pidentyminen johtuu enimmäkseen kokonaistyömenekin kasvusta, mutta siihen vaikuttavat lisäksi muutkin tekijät. Esimerkiksi työmaan pakkasrajat, talvilomat ja arkipyhät aiheuttavat katkoksia, jotka ilmenevät suoraan pidempänä rakennusaikana. Työnantajalla on työturvallisuuslain mukaan velvollisuus keskeyttää työskentely, mikäli sääolosuhteet vaarantavat työntekijän

turvallisuuden tai estävät muutoin työn laadukkaan toteutuksen. Rakentamisen aikaiset keskeytykset voivat liittyä myös materiaalien, kuten betoni, laasti tai maali, käyttörajoituksiin sääolosuhteista johtuen. Talvirakentamisessa nämä tekijät korostuvat vaihtelevien ja haasteellisten talviolosuhteiden takia. (Koskenvesa 1999, 709; Ratu C8-0377 2010, 4.) Talvirakentaminen aiheuttaa siis sekä suoria että epäsuoria viivästyksiä, mitkä näkyvät lopulta kasvaneena kokonaistyömenekkinä sekä rakentamisajan pituutena, ja sitä kautta muodostuneina lisäkustannuksina.

3.2.2 Energiankulutuksen, materiaalien ja kaluston lisäkustannukset

Talvirakentaminen aiheuttaa myös merkittäviä lisäkustannuksia, jotka liittyvät lisääntyneeseen energiankulutukseen, materiaalitarpeisiin sekä kaluston käyttöön (kuvio 7). Nämä kustannustekijät korostuvat talviolosuhteissa, jolloin työmaan olosuhteiden hallinta edellyttää jatkuvaa lämmittämistä, suojaamista ja erityisratkaisuja niin työmenetelmien kuin materiaalienkin osalta. Kaluston ja koneiden käytössä talvirakentaminen aiheuttaa muista rakentamisajankohdista poikkeavan lisäkustannustarpeen sekä enemmän rajoitteita ja huoltotarpeita, jotka nostavat lisäkustannuksia entistään. (Koskenvesa 1999, 708–709; Rekonen 2016, 50–51; Ratu C8-0377 2010, 4.) Tässä luvussa tarkastellaan näiden kolmen lisäkustannustekijän vaikutuksia sekä merkitystä osana talvirakentamisen lisäkustannusten muodostumista.

Energiankulutuksen kasvu

Energiankulutuksen lisäkustannukset johtuvat talvirakentamisen aiheuttamasta energiankulutuksen kasvusta. Talvirakentamisen edellyttämät lisätoimenpiteet, kuten talvibetonointi, työmaan lämmitys sekä rakenteiden kuivatus kasvattavat työmaan energian käytön tarvetta huomattavasti. Näiden lisäksi energiaa kuluu lumen ja jään sulattamiseen, työmaan valaistukseen sekä koneiden ja laitteiden käyttöön kylmissä olosuhteissa. Energiantarve vaihtelee myös rakennusvaiheesta riippuen. Perustus- ja runkovaiheessa korostuvat käytännössä nämä kaikki energiankulutusta kasvattavat tekijät, minkä takia nämä työvaiheet voidaan todeta kaikista kriittisimmiksi myös tämän lisäkustannustekijän kohdalla. (Koskenvesa 1999, 708; Ratu C8-0377 2010, 4.)

Ulkolämpötila (°C)	Perustusvaiheen valujen lämmitys (kWh/r-ala)	Runkovaiheen valujen ja elementtisaumauksen lämmitys (kWh/rm ³ x kk)				Työmaarakennusten lämmitys (kWh/m ² x kk) (työmaarak m ²)	Sisävalmistusvaiheen lämmitys ja kuivatus (kWh/rm ³ x kk)
		alle 10 000 rm ³		yli 10 000 rm ³			
		PR, OE	TE	PR, OE	TE		
yli 14	0,0	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	0,6
12,5...7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	2,6
7,5...2,5	3,0	0,7	0,5	0,6	0,2	19,2	5,8
2,5...-2,5	4,0	1,2	0,8	1,0	0,5	29,4	8,9
-2,5...-7,7	7,0	2,2	1,4	1,2	0,8	40,2	12,0
-7,7...-12,5	10,0	3,1	2,1	1,7	1,1	51,4	15,2
-12,5...-17,5	14,0	4,0	2,6	2,3	1,5	62,2	18,4
-17,5...-22,5	20,0	4,8	3,2	2,8	1,8	72,6	21,5
-22,5...-27,5	26,0	5,8	3,8	3,4	2,2	83,4	24,5

Ulkolämpötila (°C)	Rakenteiden työnaikainen lämmitys ja kuivatus (kWh/rm ³ x kk)	Lumen ja jään sulatus (kWh/rm ³ x kk)	Koneiden käyttö ja valaistus (kWh/rm ³)		
			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

Taulukko 6 Talvirakentamisen keskimääräiset vaikutukset energiankulutukseen (Ratu C8-0377 2010, 8).

Taulukossa 6 on esitetty energiankulutukseen vaikuttavat tekijät eri rakennusvaiheissa. Taulukon lyhenteillä tarkoitetaan paikallarakentamista (PR), osaelementtielementtitekniikkaa (OE) ja täyselementtitekniikkaa (TE). Taulukon perusteella voidaan todeta, että perustus- ja runkovaiheessa energiankulutus muodostuu suurimmaksi osaksi talvilisätöistä sekä talvibetonoinnin talvi-työlisistä lämmittämiseen liittyen. Muilta osin energiankulutusta nostavat työmaarakennusten (esim. työmaakopit) ja myöhemmin sisävalmistusvaiheessa rakennuskohteen lämmitys. Myös Hänninen (2023) nimeää erilaiset lämmitys- ja kuivatusjärjestelmät rakennustyömaan suurimmaksi energiankulutuksen aiheuttajaksi sekä kertoo kaukolämmön olevan yleisesti ottaen sähköä edellisempi lämmitysmuoto. Työmaakopit ovat puolestaan suurin yksittäinen energian kuluttaja, sillä niiden energiatehokkuus on usein todella huono. (Hänninen 2023, 66–67.) Valmiita työmaarakennuksia kannattaakin hyödyntää aina kun mahdollista, sillä ne ovat erittäin energia- ja kustannustehokas vaihtoehto siirrettäviin työmaakoppeihin verrattuna.

Taulukon 6 perusteella voidaan myös huomata, kuinka energiankulutus on aina riippuvainen lämpötiloista, vaikka muutkin talviolosuhteet (tuuli, jää, lumi) vaikuttavat kulutukseen, esimerkiksi rakenteiden sulatuksen ja kuivauksen osalta. Koneiden käytön tai valaistuksen energiankulutus ei puolestaan ole riippuvainen lämpötilasta, vaan niihin vaikuttaa pelkkä kulutus. Tämä kulutus on kuitenkin talvirakentamisessa usein suurempaa. (Ratu C8-0377 2010, 8.) Niin kuin aiemmin luvussa *3.1.1 Talvirakentamisen olosuhteet Suomessa* käsiteltiin, esimerkiksi työmaan valaistuksen tarve ja siten energiankulutus kasvavat talvella vallitsevan pimeyden takia. Yhteenvetona voidaan todeta, että nämä kaikki talvirakentamisen energiankulutusta kasvattavat tekijät nostavat yhdessä työmaan energiakustannuksia merkittävästi edullisimpiin vuodenaikoihin ja sääolosuhteisiin verrattuna. Kasvavaan energiankulutukseen ja sen kustannusvaikutuksiin onkin syytä varautua jo rakennushankkeen suunnitteluvaiheessa, sillä niiden estämistä voidaan pitää mahdottomana.

Materiaalimenekki ja muuttuneet materiaalit

Materiaalien lisäkustannukset muodostuvat pääosin määrä-, laatu- ja hintatekijöistä, joihin talvirakentaminen tuo omat lisäkomponenttinsa. Näitä ovat muun muassa materiaalihukan kasvu, materiaalihintojen kausivaihtelut, suojamateriaalien lisääntynyt tarve sekä rakennusmateriaalien ominaisuuksien ja käyttövaatimusten muutokset. (Koskenvesa 1999, 708; Ratu C8-0377 2010, 3.)

Materiaalihukka kasvaa työvaihelisän (ML3) ja työmaalisän (ML4) seurauksena. Talvella työvaihelisää syntyy esimerkiksi muottien purkuvaiheessa, kun rakenteeseen kiinni jääneet muottitavarat rikkoutuvat helpommin. Työmaalisä puolestaan johtuu materiaalien pilaantumisesta, katoamisesta tai vaurioitumisesta talviolosuhteiden seurauksena. (Koskenvesa 1999, 708; Ratu C8-0377 2010, 3; Ratu KI-6035 2019, 8.) Tämä voi heikentää materiaalien laatua ja käyttökelpoisuutta, mikä lisää tarvetta uusille hankinnoille muodostaen samalla lisää kustannuksia. Työmaalisää ovat myös työmaan kaluston ja käyttötarvikkeiden häviäminen ja rikkoutuminen, esimerkiksi lumen tai jään alle (Ratu C8-0377 2010, 3; Rekonen 2016, 41). Talviolosuhteissa tätä tapahtuu väistämättä ja erityäin helposti.

Talviolosuhteet voivat myös pakottaa muuttamaan käytettäviä rakennusmateriaaleja muihin vuodenaikoihin verrattuna. Esimerkiksi talvibetonoinnissa tämä tarkoittaa betonin lujuusluokan nostamista tai erikoissementtien ja lisäaineiden käyttöä, jotta betonointityöt saadaan toteutettua suunnitelmien mukaisesti. (Ratu C8-0377 2010, 3.) Tätä aihealuetta käsiteltiin tarkemmin rakennusteknisestä näkökulmasta aiemmassa luvussa *3.1.2 Talvibetonointi*. Talvibetonoinnissa

käytettävien nopeasti kovettuvien betonilaatujen lisähinta voi olla 5...20 % ja pakkasbetonia käytettäessä lähes kaksinkertainen normaalibetoniin verrattuna (Ratu C8-0377 2010, 5). Myös Pohjoisahon tutkimus (2022) sekä Valmisbetonihinnasto (2025) osoittavat, että talvibetonoinnissa käytettävät betonimassat ovat huomattavasti normaalibetonia kalliimpia. Talvibetonin lisäkustannukset koostuvat käytettävästä betonilaadusta ja lujuudesta, betonimassan lämmityksestä sekä käytettävistä lisäaineista. (Pohjoisaho 2022, 23; Valmisbetonihinnasto 2025, 7, 11–12.) Rakennusmateriaalien ominaisuuksien muokkaaminen ja parantaminen aiheuttavat lisäkustannuksia, mutta ovat välttämättömiä toimenpiteitä rakenteiden kestävyuden ja rakennuksen turvallisuuden varmistamiseksi.

Materiaalien talvikustannuksia nostavat vielä suojamateriaalien hankinta ja käyttö. Mahdollisten sääsuojahallien, lämmityspeitteiden ja muiden suojausratkaisujen vuokraus ja asentaminen lisäävät työmaan kokonaiskuluja verrattuna kesäolosuhteisiin. (Ratu C8-0377 2010, 3.) Näitä suojausratkaisuja tarvitaan paitsi materiaalien suojaamiseksi, myös rakenteiden sulattamisen, kuivumisen ja kovettumisen varmistamiseksi. Myös kaikki sääolosuhteille alttiit rakennusmateriaalit on suojattava ja varastoitava asianmukaisesti, mikäli niitä ei saada välittömästi sisätiloihin suojaan. (Ratu S-1236 2021, 22).

Koneiden ja laitteiden käyttö

Talvirakentaminen aiheuttaa lisäkustannuksia myös koneiden ja laitteiden käytössä. Nämä lisäkustannukset syntyvät erityisesti talvikaudella tarvittavien koneiden, lisälaitteiden ja tehokkaampien työvälineiden käytöstä, kun talviolosuhteet lisäävät koneellisten työvaiheiden vaativuutta. Keskeisiä koneiden käytön lisäkustannuksia aiheuttavat muun muassa rakennustyömaan lämmitysratkaisut sekä lumen ja jään sulattamiseen tarvittavat toimenpiteet. (Koskenvesa 1999, 708; Ratu C8-0377 2010, 4.) Näihin talvilisätöihin tarvitaan taulukon 7. mukaista kalustoa, joiden tarve riippuu sääolosuhteista, työvaiheesta sekä työmaan järjestelyistä. Niiden käyttö on välttämätöntä työmaan etenemiselle, mutta kasvattavat samalla kaluston vuokra- ja käyttökustannuksia kesärakentamiseen verrattuna. Maanrakennukseen, roudan rikkomiseen ja sulatukseen liittyvät asiat on rajattu tämän opinnäytetyön ulkopuolelle, joten niitä ei käsitellä.

Talvilisätyöt (Talo 90)	Kalustovaihtoehdot
C81 Lumi- ja jäätyöt	höyrynkehitin, höyrykattila, höyryletku, höyrytysauto, lämpöpuhallin, lumenluontivälineet, sääsuoja
C82 Roudan rikkominen ja sulatus	roudansulatusvaunu, roudansulattaja, roudansulatusmatto, kompressori ja maakiilavasara
C83 Lämpösuojaus	eristematot, pressut, sääsuojahallit, suojaustarvikkeet
C84 Lämmitys ja kuivaus	säteilylämmittimet, lämpöpuhaltimet, vesikiertopuhaltimet, lämmitysmuuntajat, betonin sähkölämmitystarvikkeet

Taulukko 7 Talvilisätöissä tarvittava kalusto (Ratu C8-0377 2010, 5).

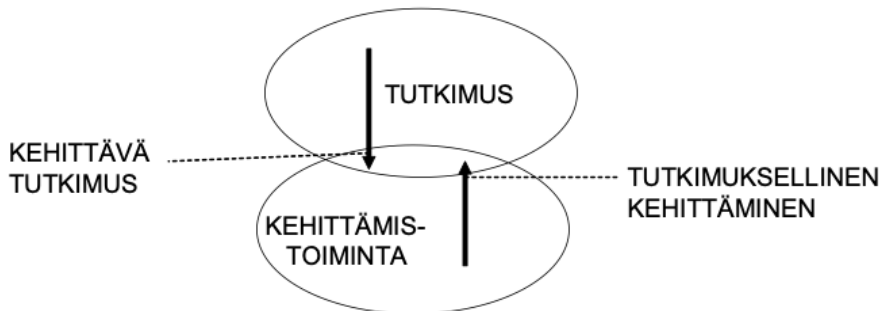
Talvirakentamisessa myös koneiden ja kaluston toimintavarmuus on keskeinen tekijä työmaan sujuvuuden ja aikataulussa pysymisen kannalta. Talviolosuhteet, kuten pakkas ja lumi, aiheuttavat kuitenkin merkittäviä haasteita tämän toteutumiselle. Esimerkiksi dieselkäyttöisten työkonien tai akkukäyttöisten laitteiden käynnistyminen voi estyä kovan pakkasen vuoksi aiheuttaen pahimmassa tapauksessa niiden vaurioitumisen. Tästä syystä koneiden ja laitteiden esilämmitys sekä säilyttäminen lämpimässä on hyvin olennaista talviolosuhteissa. Näin voidaan välttää rikkoutuneiden koneiden ja laitteiden aiheuttamia työviivästyksiä ja korjaustarpeita, mikä on tärkeää myös työmaan kustannushallinnan kannalta. (Rekonen 2016, 50–51.)

4 Toteutus

4.1 Tutkimuksellinen kehittämistoiminta

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä sovellettiin tutkimuksellista kehittämistoimintaa, jossa pääpainona oli työelämäperusteinen ja kehittävä tutkimustyö: talvirakentamisen aiheuttamien vaikutusten tutkiminen kerrostalotyömaalla sekä aiheutuneiden lisäkustannusten selvittäminen tutkimuskohteiden perustus- ja runkovaiheessa lopputuloksenaan jälkilaskelma. Tutkimuksellinen kehittämistoiminta on yhdistelmä käytännönläheistä ja tieteellistä tutkimusta, jossa yhdistyvät kehittämistoiminnan tavoitteellisuus sekä tutkimuksellinen systemaattisuus (Klein & Richey 2005, 35; Rantanen & Toikko 2009). Tämä tutkimuksen ja kehittämistoiminnan yhdistyminen sekä risteyty-

minen on havainnollistettu kuviossa 8. Pääpaino on työelämän kehittämisessä tutkivien menetelmien avulla, usein yhteistyössä toimeksiantajan kanssa. Menetelmän tarkoituksena on paitsi ratkaista käytännön ongelmia, myös tuottaa tietoa, joka on yleistettävissä ja teoreettisesti perusteltavissa. Tutkimuksellisessa kehittämistoiminnassa sovelletaan tutkimusmenetelminä esimerkiksi havainnointia, haastatteluja ja dokumenttianalyysejä työelämälähtöisellä otteella. (Rantanen & Toikko 2009.)



Kuvio 8 Tutkimuksellisen kehittämistoiminnan suhteellinen määritelmä (Rantanen & Toikko 2009, 21).

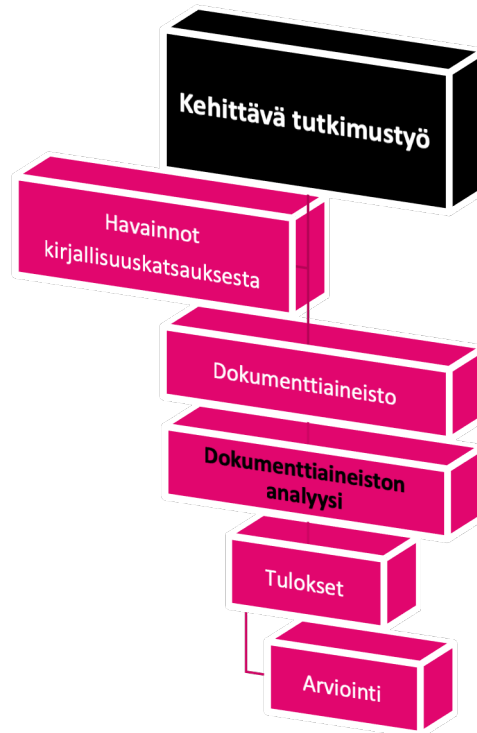
Tutkimuksellinen kehittämistoiminta, jossa pääpainona kehittävä tutkimustyö, oli tämän opinnäytetyön kannalta hyvin perusteltu menetelmä, sillä työssä tutkittiin käytännönläheistä ongelmaa: talvirakentamisen vaikutukset rakennushankkeen perus- ja runkovaiheen kustannuksiin. Lisäksi pyrittiin tuottamaan uutta ja päivitettyä sekä kohdekohtaista tietoa, joka tukee rakennushankkeiden kustannushallinnan kehittämistä niin hankesuunnittelun kuin rakennustyömaankin toiminnan näkökulmasta. Menetelmä mahdollisti myös tiiviin vuorovaikutuksen työelämän kanssa, mikä paransi työn käytännönläheisyyttä ja vaikuttavuutta. Siksi se soveltuikin erityisen hyvin juuri insinööritöiden ja rakennusalan opinnäytetöiden tutkimusmenetelmäksi. (Klein & Richey 2005, 35–36; Rantanen & Toikko 2009.) Opinnäytetyö toteutettiin vahvemmin tutkimuksellisella otteella, joten tutkimuksellisen kehittämistoiminnan menetelmäksi valittiin kehittävä tutkimustyö.

Opinnäytetyön tutkimustyön kohderyhmänä toimivat ensisijaisesti opinnäytetyön tekijä sekä toimeksiantaja, mutta toissijaisesti kaikki muutkin rakennusalan toimijat. Tutkimustyö paransi ensisijaisen kohderyhmien tietoisuutta ja asiantuntijuutta opinnäytetyön aiheesta, minkä lisäksi muiden kohderyhmien käyttöön saatiin ajankohtaista ja päivitettyä tutkimustietoa. Opinnäytetyön

toimeksiantaja sai myös tarpeellista ja arvokasta tietoa tutkimuskohteiden toteutuneista talviraikentamisen lisäkustannuksista, joita voidaan hyödyntää tulevaisuudessa niin hankesuunnittelu- kuin rakentamisvaiheen kustannushallinnassa ja -laskennassa. Tutkimustyön tuloksia voidaan lisäksi hyödyntää mahdollisissa jatkokehitystoimenpiteissä.

Kuviossa 8 on esitetty kehittävän tutkimustyön tutkimusmenetelmät ja vaiheet osana tämän opinnäytetyön toteutusta. Kuviossa on havainnollistettu, kuinka kirjallisuuskatsauksen (tietoperusta) avulla muodostettujen havaintojen ja primäärisen tutkimusaineiston pohjalta laadittiin dokumenttianalyysi (jätkilaskelma), joka oli tämän opinnäytetyön päätutkimusmenetelmä. Tämän pohjalta muodostettiin tulokset, joita arvioitiin suhteessa opinnäytetyön tavoitteisiin ja tutkimuskysymyksiin.

Haastattelun käyttäminen tukevana tutkimusmenetelmänä olisi voinut tuoda poikkeavaa tai tukevaa tutkimustietoa havaintojen ja dokumenttianalyysin tueksi. Haastattelu jätettiin kuitenkin pois, sillä tutkimustyö suoritettiin kohdekohtaisesti (Case-tutkimus), jolloin yleinen tiedonhaku (haastattelu) ei olisi tukenut tutkimustyön suorittamista. Toisaalta kohdekohtaisen haastattelun avulla olisi todennäköisesti saatu tarkempaa tietoa kohteiden toteutuksesta. Dokumenttiaineiston pohjalta laadittu kustannusanalyysi eli jätkilaskelma valikoitui kuitenkin parhaaksi tutkimusmenetelmäksi tähän opinnäytetyöhön, sillä tutkimustyön primäärisenä aineistona toimivat tutkimuskohteiden toteutuneet kustannustiedot sekä muut kustannusten muodostumiseen liittyvät asiakirjat ja tositteet (sopimukset ja aikataulut yms.).



Kuvio 9 Kehittävän tutkimustyön tutkimusmenetelmät ja vaiheet

4.2 Dokumenttiaineiston keruu ja kuvaus

Opinnäytetyön tutkimustyö suoritettiin toimeksiantajan eli rakennusliikkeen näkökulmasta suhteessa työmaan lisäkustannusten muodostumiseen talviolosuhteissa. Tutkimuksessa tarkasteltiin kahden asuinkerrostalotyömaan perustus- ja runkovaiheen toteutuneita kustannuksia äärimmäisen vaativissa ja haastavissa talviolosuhteissa. Tutkimuskohteet eli rakennustyömaat sijaitsivat Jyväskylässä, ja niiden rakentamisajankohta tutkittavien työvaiheiden (perustus- ja runkovaihe) kohdalla oli talvikausi 2023–2024. Tutkimuskohteiden oleellimmat perustiedot tutkimustyön suorittamisen kannalta on esitetty taulukossa 8.

Tutkimuskohteiden perustiedot		
	Tutkimuskohde 1	Tutkimuskohde 2
Kohteen nimi:	KOAS Tourula	Paperitehtaankatu 30
Rakentamisaika:	9/2023-12/2024	9/2023-8/2024
Rakennustyyppi:	Asuinkerrostalo	Asuinkerrostalo
Sijainti:	Jyväskylä	Jyväskylä
Perustustyyppi:	Paaluperustus	Paaluperustus
VSS rakenteet:	Paikallavalettu	Paikallavalettu
Perustusvaihe:	11/2023-01/2024	10-11/2023
Runkorakenne:	Betonielementtirunko	Betonielementtirunko
Runkovaihe:	01-04/2024	11/2023-01/2024
Lämmitysmuoto:	Kaukolämpö	Kaukolämpö
Kerros määrä (krs):	7	5
Asuntomäärä (kpl):	121	29
Bruttoala (bm2):	6 044	2 614
Bruttotilavuus (bm3):	18 872	8 128

Taulukko 8 Tutkimuskohteiden perustiedot

Opinnäytetyön primäärisenä tutkimusaineistona käytettiin toimeksiantajan dokumenttiaineistoja molemmista tutkimuskohteista. Tarkemmin eriteltynä niitä olivat tutkimuskohteiden toteutuneet kustannustiedot toimeksiantajan kustannustietokannasta (Quintet) sekä muut tarvittavat asiakirjat muun muassa aikatauluihin, hankintoihin ja aliurakoihin liittyen. Molemmat tutkimuskohteet olivat jo valmistuneet, joten kaikki tarvittava aineisto oli saatavilla, mikä tuki työn luotettavuutta. Tutkimuskohteiden kustannustietojen ja muun dokumenttiaineiston kerääminen oli toteutettu toimeksiantajan toimesta jo rakennushankkeiden aikana. Lisäksi kirjallisuuskatsausta (tietoperusta) käytettiin tukevana ja toissijaisena tutkimustyön aineistona, jonka perusteella tehtyjä havaintoja hyödynnettiin primäärisen tutkimusaineiston keräämisessä ja analysoinnissa. Käytännössä tämä tarkoitti talvirakentamisen merkittävimpien lisäkustannustekijöiden tunnistamista tarvittavan ja oleellisen dokumenttiaineiston keräämistä ja muodostamista varten.

Tutkimustyön varsinainen dokumenttiaineisto kerättiin yhteistyössä toimeksiantajan kanssa. Tutkimustyön tavoitteiden ja rajauksen perusteella kerättiin vain tarvittava sekä oleellinen dokumenttiaineisto molemmista tutkimuskohteista erikseen sekä omiin kansioihinsa. Tämä tutkimustyössä

käytetty alkuperäinen dokumenttiaineisto sekä muu salassa pidettävä aineisto hävitettiin opinnäytetyön toteutuksen jälkeen, sillä ne ovat varmuuskopioituna toimeksiantajan toimesta. Lisäksi tutkimustyön tulokset (jätkilaskelmat) luovutettiin toimeksiantajan haltuun. Tutkimustyön aineistonkeruu- ja hallinta toteutettiin yhteistyössä koko toteutusvaiheen ajan, jolloin myös yhteistoiminta ja tietoturva oli helpompi järjestää. Kokonaisuudessaan tarkasteltuna tutkimustyön aineisto oli erittäin soveltuvaa suhteessa tämän opinnäytetyön tavoitteisiin. Toisaalta tutkimuskohteiden työnjohdolle pidetty haastattelu tai tarkempi kustannustietojen analyysissä (jätkilaskelmat) käytetty tukeva aineisto olisivat voineet parantaa tutkimustyön tulosten luotettavuutta. Nämä kuitenkin rajattiin pois sopivan työmäärään perusteella.

4.3 Dokumenttiaineiston analyysi

Tutkimustyön varsinaisena toteutusmenetelmänä käytettiin dokumenttiaineiston analyysia, jossa käytännön kustannushallintamenetelmänä sovellettiin jätkilaskentaa. Tutkimuskohteiden kustannustietojen kerääminen suoritettiin jo rakentamisvaiheen aikana, mutta viitekansioiden kokoaminen sekä jätkilaskelmien tekeminen perustus- ja runkovaiheessa syntyneistä talvirakentamisen lisäkustannuksista olivat merkittävä osa tämän opinnäytetyön tutkimustyötä. Tutkimustyön dokumenttiaineiston analyysia voidaan pitää jätkilaskennan osana, sillä tutkimuskohteiden toteutuneista kustannustiedoista muodostettiin viite- ja mallikohtaiset jätkilaskelmat. Niiden tuloksia ja tietoja voidaan tarvittaessa hyödyntää tulevien hankkeiden kustannushallinnassa tai muussa mahdollisessa jatkokehityksessä. (Ratu KI-6033 2018, 96.) Jätkilaskentaa rakennushankkeen kustannushallintamenetelmänä käsiteltiin kokonaisuudessaan tarkemmin tietoperustan luvussa 2.2.2 *Rakentamisvaihe*.

Dokumenttiaineiston analyysi eli jätkilaskenta suoritettiin molempiin tutkimuskohteisiin samalla tavalla, jotta tulosten vertailu oli mahdollisimman helppoa. Molempien kohteiden jätkilaskelmat laadittiin myös omiksi Excel-tiedostoiksi. Aineistosta analysoitiin kaikki tutkimuskohteiden perustus- ja runkovaiheeseen kuuluneiden erillisten työvaiheiden kustannustiedot (Quintet) mukaan lukien työvoima-, materiaali- ja kalusto- sekä energiakustannukset. Perustus- ja runkovaiheen erillisiä työvaiheita olivat muottityöt, raudoitustyöt, betonointityöt, elementtiasennus sekä talvilisätyöt. Näiden erillisten työvaiheiden kustannustiedot jaoteltiin työvoima- sekä materiaali- ja kalustokustannuksiin. Energiakustannuksissa sähkö- ja lämmityskustannukset jaoteltiin erikseen perustus- ja runkovaiheen kulutusten mukaisesti eikä niissä analysoitu muuta kuin työmaiden

energiankulutusta ja -kustannuksia. Jälkilaskelmissa ei siis analysoitu kaikkia perustus- ja runkovaiheen toteutuneita kustannuksia vaan ne, joihin talvirakentaminen lähtökohtaisesti vaikutti.

Työvoimakustannuksista analysoitiin työmenekin kasvun sekä talvilisätöiden aiheuttamat lisäkustannukset edullisempaan rakentamisajankohtaan nähden. Työmenekin kasvun aiheuttamat lisäkustannukset määritettiin töiden talvityöhaitta- ja lisäprosenttien avulla. Lisäprosentit arvioitiin sääolosuhteiden, yleisaikataulun ja laskentaohjeiden perusteella (Ratu C8-0377 2010, 6; Ratu KI-6035 2019, 59). Työmenekin kasvun lisäkustannukset laskettiin siis arvioimalla toteutuneista työvoimakustannuksista talvirakentamisen aiheuttamien lisäkustannusten osuus lisäprosenttien avulla. Talvilisätöiden työvoimakustannukset puolestaan saatiin määritettyä suoraan kustannustietojen perusteella, sillä talvilisätyöt ovat kokonaisuudessaan talvirakentamisen lisäkustannuksia, joita ei muuhun vuodenaikaan rakennettaessa syntyisi. Näin ollen työvoimakustannusten lisäkustannukset saatiin määriteltyä ja jaoteltua tarkasti perustus- ja runkovaiheen sekä erillisten työvaiheiden kustannuksiin. Tällä pyrittiin helpottamaan ja optimoimaan tulosten analysointi sekä hyödyntäminen.

Materiaali- ja kalustokustannuksista analysoitiin materiaalimenekkiä kasvun sekä muuttavien materiaalien ja kalustojen aiheuttamat lisäkustannukset. Materiaalimenekkiä kasvun aiheuttamat lisäkustannukset määritettiin materiaalimenekkiä ja -hukan lisäprosenttien avulla. Lisäprosentit arvioitiin käytettyjen materiaalien ja laskentaohjeiden perusteella (Ratu C8-0377 2010, 3; Ratu KI-6035 2019, 53–57). Menekkiä kasvun lisäkustannukset laskettiin siis arvioimalla toteutuneista materiaalikustannuksista talvirakentamisen aiheuttamien lisäkustannusten osuus lisäprosenttien avulla. Muuttuvien materiaalien osalta (esim. erilaiset talvibetonit) määritettiin lisäksi hinnan kasvuprosentti (suhdeluku), jonka avulla saatiin laskettua kalliimman materiaalin käytöstä aiheutuneet materiaalien lisäkustannukset. Hinnan kasvuprosentit määritettiin arvioimalla talvirakentamisessa käytettyjen materiaalien hintoja suhteessa muuna rakentamisajankohtana käytettävien materiaalien hintoihin. Näiden suhdelukujen määrittämisessä käytettiin apuna hankintasopimuksesta sekä muista yleisistä hintatiedoista saatuja kustannustietoja. Myös materiaali- ja kalustokustannuksissa talvilisätöistä aiheutuneet lisäkustannukset analysoitiin suoraan kustannustietojen perusteella. Materiaali- ja kalustokustannuksien laskelmissa jaottelu suoritettiin muutoinkin samalla tavalla kuin työvoimakustannusten laskelmissa.

Energiakustannuksista analysoitiin sähkön- ja lämmönkulutuksen kasvusta aiheutuneet lisäkustannukset perustus- ja runkovaiheessa. Tässä suhdelukujen eli lisäprosenttien määrittämisessä käytettiin apuna vertailukelpoisen kohteen energiankulutusmääriä suhteessa KOAS Tourulan energiankulutukseen. Vertailukelpoisen kohteen perustus- ja runkovaiheen ajoitus oli lähes optimaalinen (kevät/kesä), joten sen avulla saatiin arvioitua, millainen tutkimuskohteiden energiankulutus olisi ollut edullisempaan ajankohtaan rakennettaessa. Energiankulutusmäärien vertailujen perusteella määritettiin suhdeluvut energian lisäkustannusten laskemiseksi (sähkö ja lämmitys). Molempien tutkimuskohteiden energiakustannusten laskelmissa käytettiin samoja suhdelukuja/lisäprosentteja karkeisiin oletuksiin perustuen. Näin ollen energiankulutuksen lisäkustannukset saatiin määriteltyä ja jaoteltua perustus- ja runkovaiheen sähkö- ja lämmityskustannuksiin. Rakennushankkeen energiankulutusta ei siis tarkasteltu kokonaisuutena eikä energiakustannusten laskelmissa huomioitu myöskään sähkön hintojen vaihtelua, mitkä heikentävät laskelmien tulosten luotettavuutta energiakustannusten osalta.

Dokumenttiaineiston analyysissä eli jälkilaskelmissa ei myöskään analysoitu rakentamisajan kasvun/pidentymisen vaikutuksia tarkasteltujen työvaiheiden kustannuksiin muutoin kuin kokonaistyömenekin kasvun osalta. Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska rakentamisajan kokonaiskasvun aiheuttamien lisäkustannusten analyysi olisi pitänyt tehdä kokonaisuutena, sillä kyseessä on koko hankkeen rakentamisaika. Lisäksi rakentamisajan kasvun aiheuttamien lisäkustannusten tarkempi analysointi olisi vaatinut enemmän dokumenttiaineistoa, jotta tulokset olisivat olleet muutakin kuin vain karkeita arvioita. On kuitenkin selvää, että rakentamisajan pidentyminen tuo paljon epäsuoria lisäkustannuksia kaikkiin rakennushankkeen kustannustekijöihin, kun rakentaminen kestää yksinkertaisesti kauemmin. Tämän lisäkustannustekijän vaikutusten arvioiminen perustus- ja runkovaiheen jälkilaskelmissa oli kuitenkin liian haastavaa ja työlästä tutkimustyön laajuuteen sekä tavoitteisiin nähden, joten sen vaikutuksia ei jälkilaskelmissa analysoitu. Tämä huomioitiin kuitenkin tutkimustyön tuloksia analysoidessa ja luotettavuutta arvioidessa.

5 Tulokset

Tutkimustyön tulokset on esitetty ja analysoitu ensin tutkimuskohteittain, minkä lisäksi niitä vertaillaan keskenään. Esitetyt tulokset perustuvat dokumenttiaineiston analyysiin eli tutkimuskohteille suoritettuun jälkilaskentaan sekä tietoperustan pohjalta tehtyihin havaintoihin. Tavoitteena

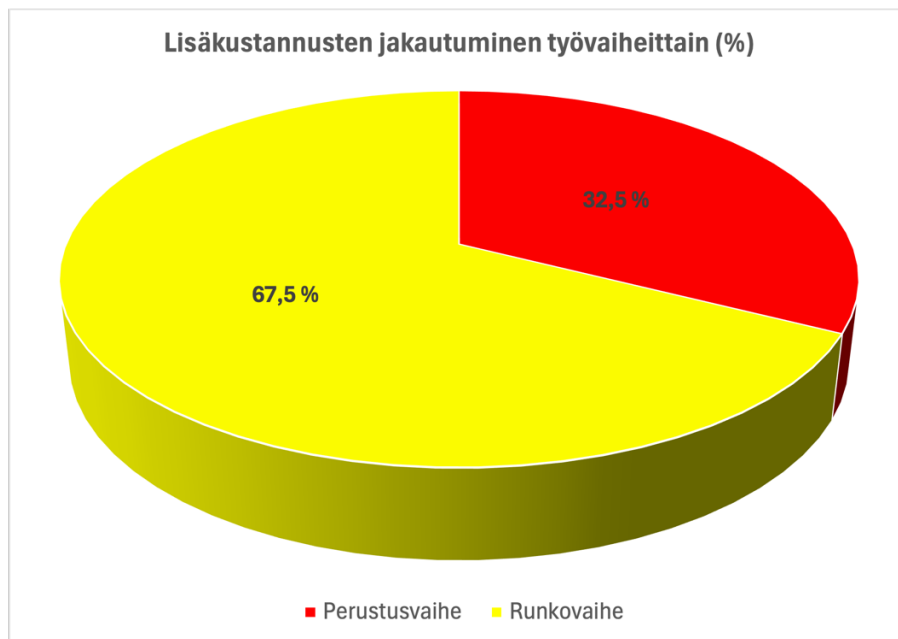
on esittää tutkimustyön keskeisimmät tulokset sekä vertailla ja arvioida niitä keskenään. Tutkimuskohteille suoritettussa jälkilaskennassa saatiin selville talvirakentamisesta aiheutuneet lisäkustannukset (€/%) sekä merkittävimmät lisäkustannustekijät.

5.1 Jälkilaskennan tulokset

5.1.1 KOAS Tourula

Lisäkustannukset ja niiden jakautuminen työvaiheittain

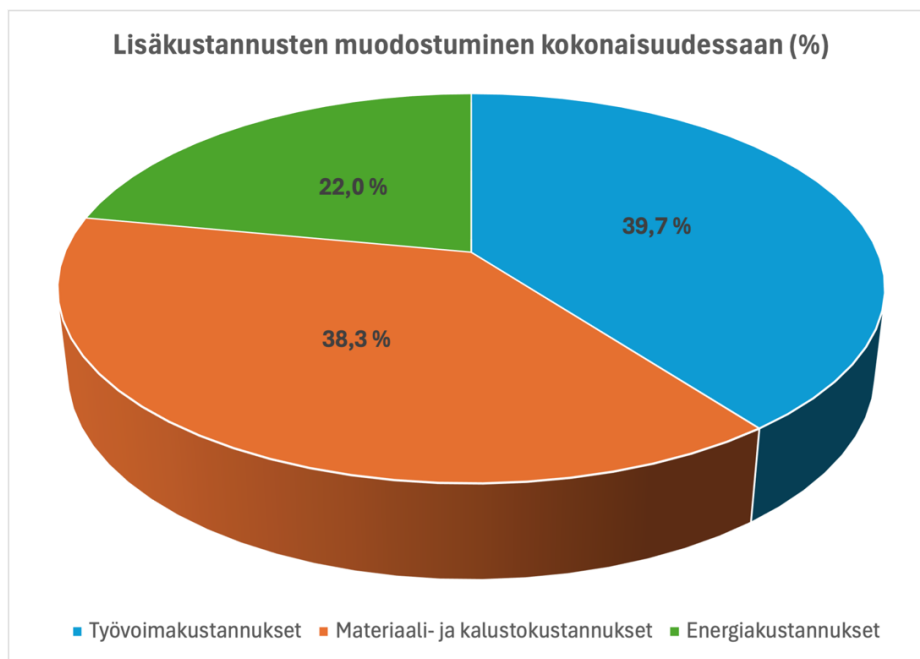
KOAS Tourulan perustus- ja runkovaiheessa syntyneet talvirakentamisen lisäkustannukset olivat suoritettun jälkilaskennan perusteella **29,3 %** toteutuneista kustannuksista. Analysoitujen kustannustietojen mukaiset perustus- ja runkovaiheen kustannukset olisivat siis olleet arviolta noin 29,3 % pienemmät, mikäli nämä kriittiset työvaiheet olisivat ajoittuneet kesäaikaan. Perustusvaiheen lisäkustannukset olivat **23,7 %** vaiheen toteutuneista kustannuksista, kun runkovaiheen lisäkustannukset puolestaan **33,0 %**. Runkovaiheen lisäkustannusten osuus oli siis suurempi verrattuna perustusvaiheen lisäkustannusten osuuteen toteutuneista työvaiheen kustannuksista. Lisäkustannusten jakautuminen perustus- ja runkovaiheen välillä on esitetty kuviossa 10. KOAS Tourulan kokonaiskustannuksiin verrattuna talvirakentamisen lisäkustannusten osuus oli arviolta **2,1 %**, mikä ei kokonaisuutta tarkasteltaessa ole kovinkaan suuri osuus.



Kuvio 10 KOAS Tourula: Lisäkustannusten jakautuminen työvaiheittain

Kuvion 10 perusteella voidaan todeta, että yli kaksi kolmasosaa talvirakentamisen lisäkustannuksista syntyi runkovaiheessa. Tämä selittyy suurimmaksi osaksi työvaiheiden kokonaiskestolla sekä kokonaiskustannusten määrällä (kerrannaisvaikutus), mutta esimerkiksi runkovaiheessa käytetyt talvibetonit olivat myös huomattavasti kalliimpia verrattuna perustusvaiheessa käytettyihin talvibetoneihin, mikä nosti materiaalien ja kaluston lisäkustannuksia runkovaiheessa. Toisaalta työvoimakustannusten osuus lisäkustannuksista oli suurempi perustusvaiheessa verrattuna runkovaiheeseen, joten lisäkustannusten jakautumisen ero olisi voinut olla vieläkin suurempi erilaisella työvaiheiden ajoituksella. Lisäkustannusten muodostuminen kokonaisuudessaan on esitetty kuviossa 11. Perustus- ja runkovaiheen lisäkustannusten muodostuminen on esitetty myöhemmin kuvioissa 15 ja 16.

Lisäkustannusten muodostuminen kokonaisuudessaan

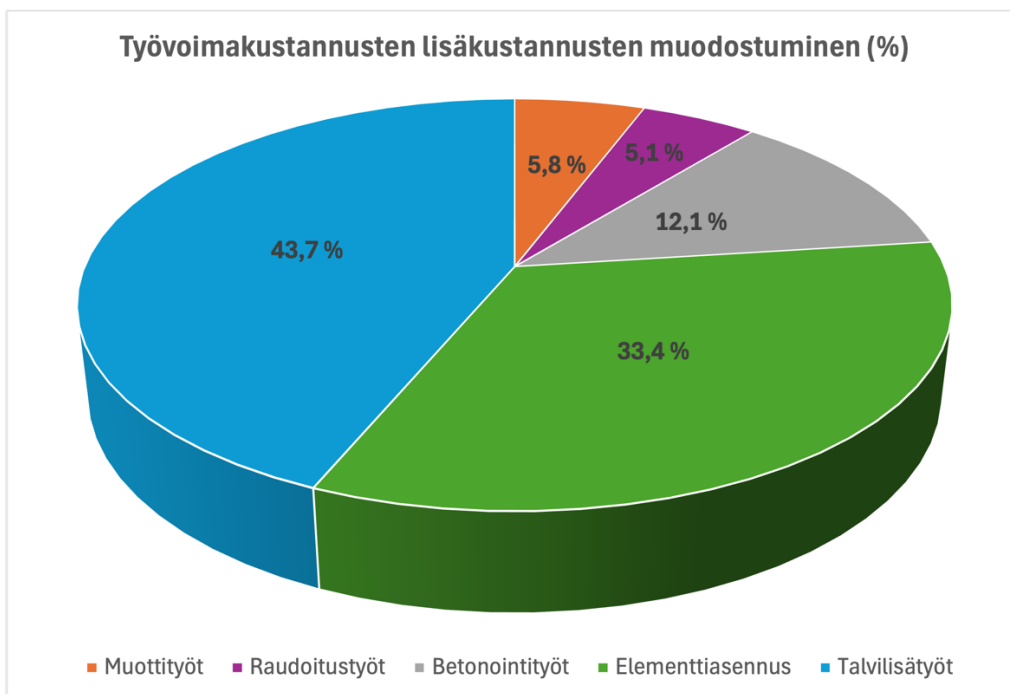


Kuvio 11 KOAS Tourula: Lisäkustannusten muodostuminen kokonaisuudessaan

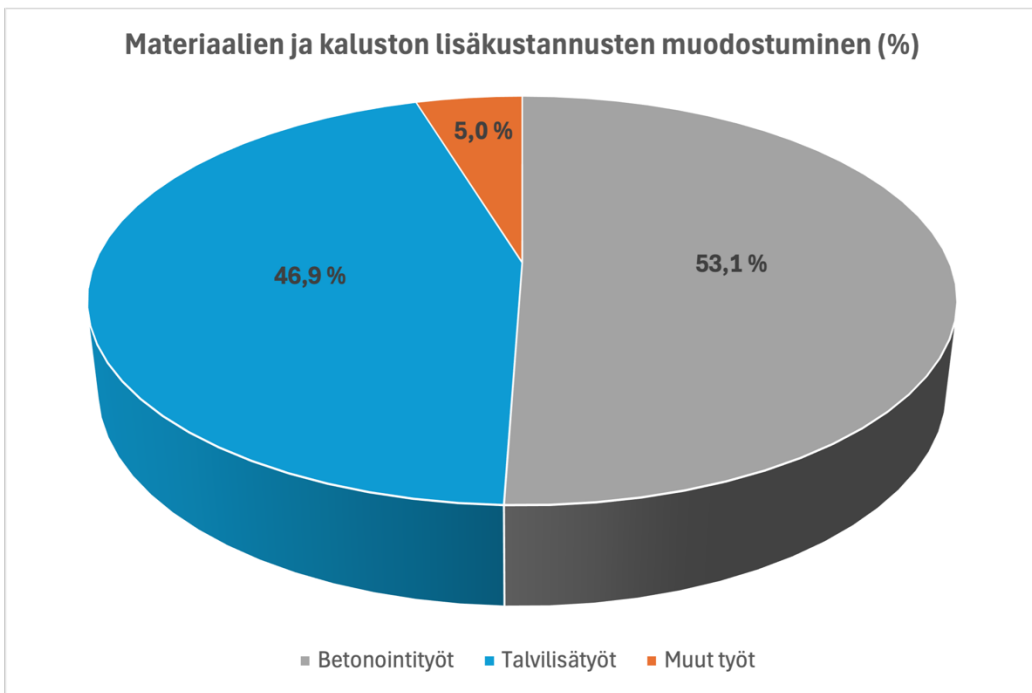
Kuvion 11 perusteella voidaan todeta, että suurin osa (**78,0 %**) KOAS Tourulan analysoiduista lisäkustannuksista muodostuivat työvoimakustannuksista sekä materiaali- ja kalustokustannuksista. Työvoimakustannusten lisäkustannukset aiheutuivat työmenekin kasvusta sekä talvilisätöistä. Materiaali- ja kalustokustannukset puolestaan aiheutuivat muuttuneista materiaalien ja kaluston tarpeista (talvibetoni ja talvilisätyöt) sekä materiaalihukan ja -menekin kasvusta. Kasvaneen energiankulutuksen aiheuttamien lisäkustannusten osuus puolestaan oli **22,0 %** talvirakentamisen

lisäkustannuksista. KOAS Tourulan merkittävimmät talvirakentamisen lisäkustannustekijät olivat siis kokonaisuudessaan tarkasteltuna kokonaistyömenekin kasvu sekä materiaali- ja kalustokustannukset, joiden osuudet kaikista lisäkustannuksista olivat kuitenkin lähes yhtä suuret (**39,7 %/38,3 %**).

Kuviossa 12 on esitetty kokonaistyömenekin kasvusta aiheutuneiden talvirakentamisen lisäkustannusten muodostuminen kokonaisuudessaan tarkasteltuna. Kuvion perusteella voidaan huomata, että lähes puolet (**43,7 %**) lisäkustannuksista muodostuivat talvilisätyöiden takia. Tämä on todella suuri osuus, mikä osoittaa suoraan haastavien talviolosuhteiden vaikutukset talvirakentamisen lisäkustannuksille. Niin kuin aiemmin on todettu, oli KOAS Tourulan perustus- ja runkovaiheen ajoitus huonoin mahdollinen tästä näkökulmasta tarkasteltuna. Lisäksi rakentamisajankohdan talvi (2023–2024) oli olosuhteidensa puolesta äärimmäisen haastava ja pitkä, mikä näkyi suoraan talvilisätyöiden kustannusten suuruutena. Toinen suuri työvoimakustannuksia nostanut tekijä oli elementtiasennustyöt (**33,4 %**). Lisäkustannusten loppuosa muodostui perustusvaiheen työvaiheista ja betonointityöistä (**22,9 %**). Niin kuin aiemmin todettiin, tämä ero johtui työvaiheiden keskinäisestä ajoituksesta sekä kokonaiskestoista.



Kuvio 12 KOAS Tourula: Työvoimakustannusten lisäkustannusten muodostuminen



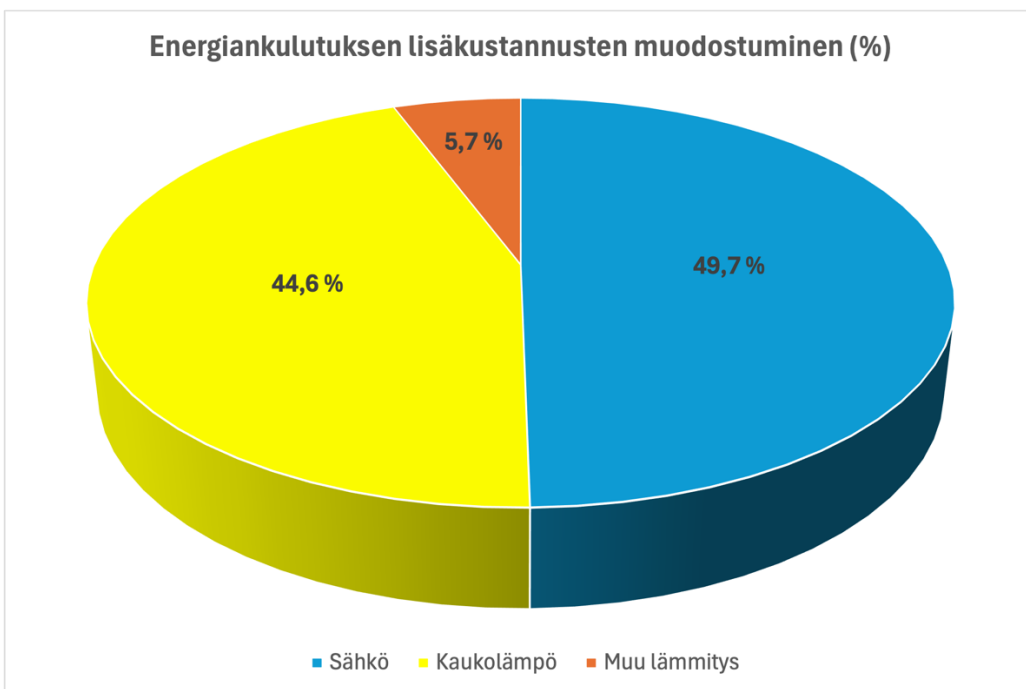
Kuvio 13 KOAS Tourula: Materiaalien ja kaluston lisäkustannusten muodostuminen

Kuviossa 13 on esitetty materiaalien ja kaluston aiheuttamien talvirakentamisen lisäkustannusten muodostuminen. Sen perusteella voidaan todeta, että käytännössä kaikki materiaalien ja kaluston lisäkustannukset (**95,0 %**) muodostuivat talvilisä- ja talvibetonointitöiden aiheuttamista muutoksista materiaalien ja kaluston tavanomaiseen käyttöön. Talvilisätöissä tarvittavat materiaalit ja lisäkalusto ovat kokonaisuudessaan ylimääräisiä edullisempaan rakentamisajankohtaan verrattuna. Betoni puolestaan on ainoita rakennusmateriaaleja, joihin talvirakentaminen aiheuttaa merkittävän lisäkustannuksen materiaalien hinnan osalta. Muihin rakennusmateriaaleihin talvirakentaminen ei yleensä aiheuta muita lisäkustannuksia kasvaneen materiaalihukan- ja menekin lisäksi. Tämä materiaalihukkien ja -menekkien pieni vaikutus lisäkustannuksiin voidaan todeta muiden työvaiheiden aiheuttamien materiaalien ja kaluston lisäkustannusten olemattomasta osuudesta (**5,0 %**) kokonaisuuteen verrattuna. Ankarien talviolosuhteiden vaikutus näkyi ja korostui myös talvilisätöiden sekä talvibetonoinnin materiaali- ja kalustokustannuksissa.

Kuviossa 14 on esitetty kasvaneesta energiankulutuksesta aiheutuneiden lisäkustannusten muodostuminen. Sen perusteella voidaan todeta, että lisäkustannukset jakoutuivat puoliksi sähkö- ja lämmityskustannusten välillä. Lisälämmityksessä käytettiin ennen kaukolämmön käyttöön saa-

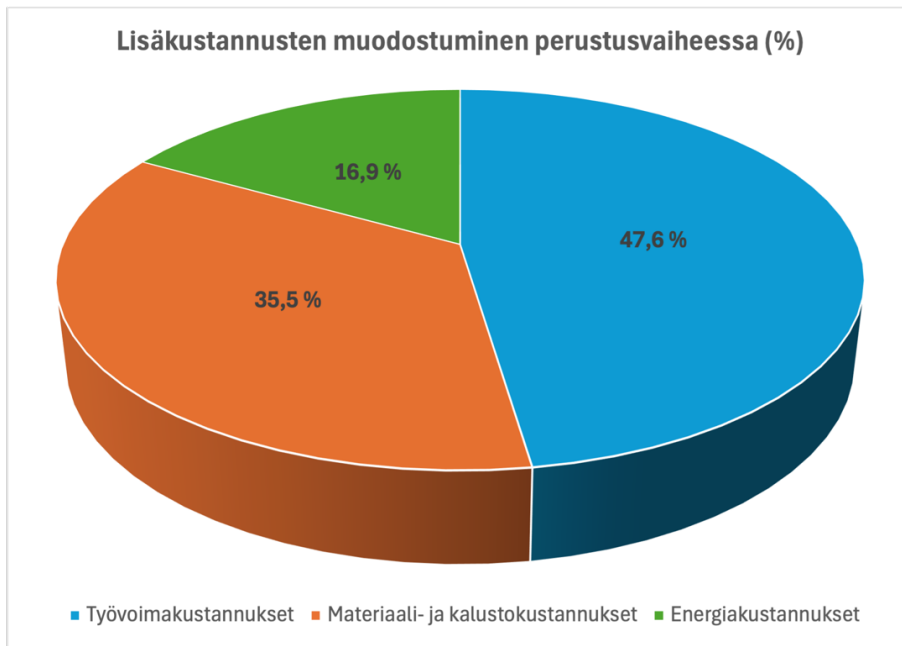
mista nestekaasua. Energiankulutuksen lisäkustannuksista voidaan todeta, että edullisempaan rakentamisajankohtaan verrattuna perustus- ja runkovaiheen lisäkustannusten osuus oli **92,4 %** toteutuneista ja analysoiduista kokonaiskustannuksista. Jälkilaskennassa suoritettujen energiankulutuksen kohdevertailujen perusteella todettiin, että KOAS Tourulan perustus- ja runkovaiheen sähkönkulutus oli noin 7-kertainen vertailukelpoisen tutkimuskohteen sähkönkulutukseen verrattuna. Kaukolämmön kulutusta vertailukohteen perustus- ja runkovaiheessa ei ollut.

Tämä tarkoittaa, että kesällä rakennettaessa perustus- ja runkovaiheen energiakustannukset olisivat olleet lähes olemattomat. Tähän syynä on se, ettei kesällä rakennettaessa esimerkiksi rakenteiden tai rakennuksen lämmitystä tarvita lähtökohtaisesti ollenkaan. Myös sähkönkulutus olisi kesäaikaan lähes olematon talviaikaan verrattuna. Toisaalta energiankulutusta ja -kustannuksia tulisi aina tarkastella kokonaisuutena, sillä niiden kulutus ja kustannukset nousevat joka tapauksessa talviaikaan. On kuitenkin ilmiselvää, ettei esimerkiksi rakennuksen ja rakenteiden lämmittämiseen kuluisi yhtä paljon energiaa sisävalmistusvaiheessa perustus- ja runkovaiheeseen verrattuna. Tämän jälkilaskennan tulokset osoittavatkin, millaiset perustus- ja runkovaiheen energiankulutuksen lisäkustannukset olivat edullisempaan rakentamisajankohtaan verrattuna.

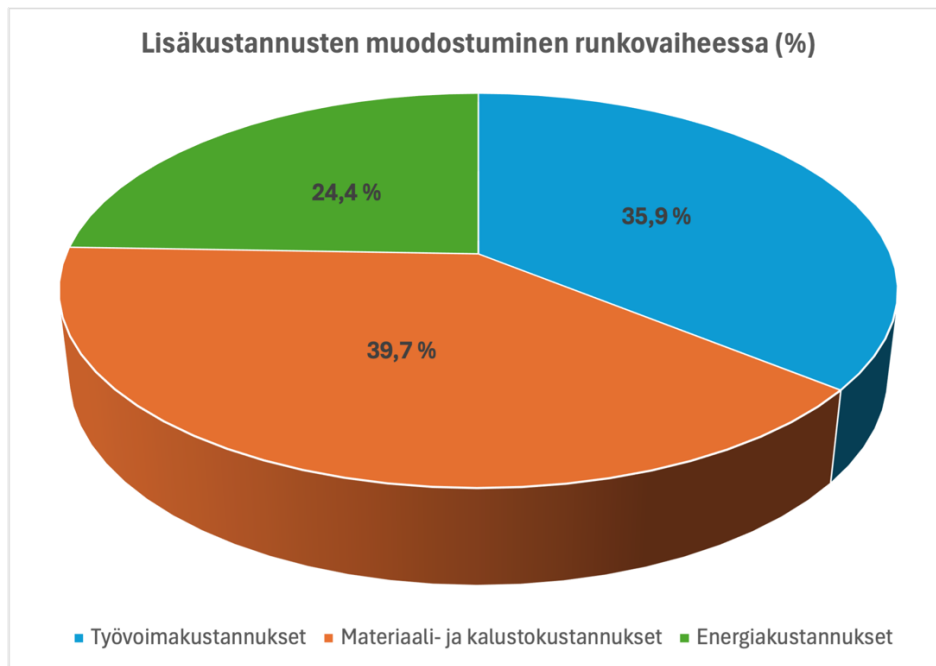


Kuvio 14 KOAS Tourula: Energiankulutuksen lisäkustannusten muodostuminen

Lisäkustannusten muodostuminen ja vertailu työvaiheittain



Kuvio 15 KOAS Tourula: Lisäkustannusten muodostuminen perustusvaiheessa



Kuvio 16 KOAS Tourula: Lisäkustannusten muodostuminen runkovaiheessa

Niin kuin aiemmin jo hieman analysoitiin, perustus- ja runkovaiheen lisäkustannusten muodostumisesta löytyi myös eroja, jotka on havainnollistettu kuvioissa 15 ja 16. Perustusvaiheessa selvästi

merkittävin lisäkustannustekijä oli työvoimakustannukset, kun taas runkovaiheessa materiaali- ja kalustokustannukset. Myös energiakulutuksesta aiheutuneet lisäkustannukset painottuivat selvästi enemmän runkovaiheeseen.

Näille perustus- ja runkovaiheen lisäkustannusten muodostumisen eroille oli useita syitä. Perustusvaiheessa talviolosuhteet vaikuttivat kaikista merkittävimmin erillisten työvaiheiden työsaavutuksiin eli kokonaistyömenekin kasvuun, kun taas runkovaiheessa vastaavanlaiset vaikutukset eivät olleet yhtä suuria. Perustusvaiheessa kokonaistyömenekin kasvusta aiheutuneet lisäkustannukset olivat **28,4 %** analysoiduista ja toteutuneista vaiheen kustannuksista, kun taas runkovaiheessa vastaavien lisäkustannusten osuus oli **21,3 %**. Tämä ero johtuu työvaiheiden keskinäisistä ajoituksista sekä niiden mukaisista sääolosuhteista. Perustusvaihe ajoittui kaikista haastavimpien sääolosuhteiden ajalle (marraskuu-tammikuu), kun taas runkovaiheen ajoitus oli hieman myöhäisempi jatkuen osittain keväälle (tammikuu-huhtikuu). Näistä tuloksista voidaan huomata, kuinka suuri vaikutus talviolosuhteilla on näiden kriittisten työvaiheiden työsaavutuksille. Esimerkiksi betonointitöiden lisäkustannusprosentti oli perustusvaiheessa lähes kaksinkertainen runkovaiheeseen verrattuna (**31,6 %/17,0 %**). Talvilisätöiden aiheuttama työvoimakustannusten kasvu jakautui suurin piirtein puoliksi työvaiheiden välillä, vaikka runkovaiheen kesto olikin perustusvaihetta pidempi. Tämäkin kertoo siitä, että perustusvaiheessa jouduttiin tekemään suhteellisesti enemmän talvilisätöitä runkovaiheeseen verrattuna. Runkovaiheen ajoitus oli siis selvästi hieman parempi perustusvaiheeseen verrattuna, niin kuin aiemmin jo todettiin.

Materiaalien ja kaluston aiheuttamat talvirakentamisen lisäkustannukset olivat puolestaan huomattavasti suuremmat runkovaiheessa perustusvaiheeseen verrattuna. Perustusvaiheessa materiaalien ja kaluston aiheuttamat lisäkustannukset olivat **15,1 %** analysoiduista ja toteutuneista vaiheen kustannuksista, kun taas runkovaiheessa vastaavien lisäkustannusten osuus oli **36,5 %**. Runkovaiheessa materiaalien ja kaluston lisäkustannukset olivat siis yli kaksinkertaiset perustusvaiheeseen verrattuna. Suurimpana syynä tälle erolle olivat betonitöissä käytettyjen talvibetonien hintaerot. Perustusvaiheessa käytettyjen talvibetonien lisäkustannusprosentti oli ”vain” **19,6 %**, kun runkovaiheen talvibetonien vastaava prosenttiluku oli **63,6 %**. Perustusvaiheessa käytettyjen rakennebetonien talvilaatujen lisäkustannusprosentti vaihteli arvioiden mukaan 13...25 % sääolosuhteista riippuen. Vastaavasti runkovaiheen saumavaluissa jouduttiin käyttämään poikkeuksetta

pakkasbetonia, jonka käyttö oli arviolta 70...75 % kalliimpaa kesäolosuhteissa käytettäviin betoni-laatuihin verrattuna. Pakkasbetonin käyttö on siis lähes kaksi kertaa kalliimpaa vastaaviin kesälaituihin verrattuna, mikä onkin yksi merkittävin lisäkustannustekijä talvirakentamisen lisäkustannusten kokonaisuuttakin tarkasteltaessa.

Talvirakentamisesta aiheutuneet energiankulutuksen lisäkustannukset olivat myös suuremmat runkovaiheessa perustusvaiheeseen verrattuna. Perustusvaiheessa energiankulutuksen aiheuttamat lisäkustannukset olivat **89,6 %** analysoiduista ja toteutuneista kustannuksista, kun taas runkovaiheessa **94,3 %**. Myös kuvioiden 15. ja 16. perusteella voidaan todeta, että energiakustannukset painottuivat runkovaiheeseen. Tämä johtui yksinkertaisesti siitä, että runkovaiheen energian tarve oli huomattavasti suurempi perustusvaiheeseen verrattuna. Esimerkiksi rakennuksen lämmitystarve syntyy luonnollisesti vasta runkovaiheessa. Myös runkovaiheen betonointityöt (saumojen betonointi) vaativat huomattavasti enemmän lisälämmitystä (lankalämmitys) perustusvaiheeseen verrattuna, jonka betonointityöt ovat massiivisempia. Tällöin betonin lämmittäminen ei vaadi yhtä paljon lisälämmitystä, jolloin energiankulutus (sähkö) on paljon pienempi.

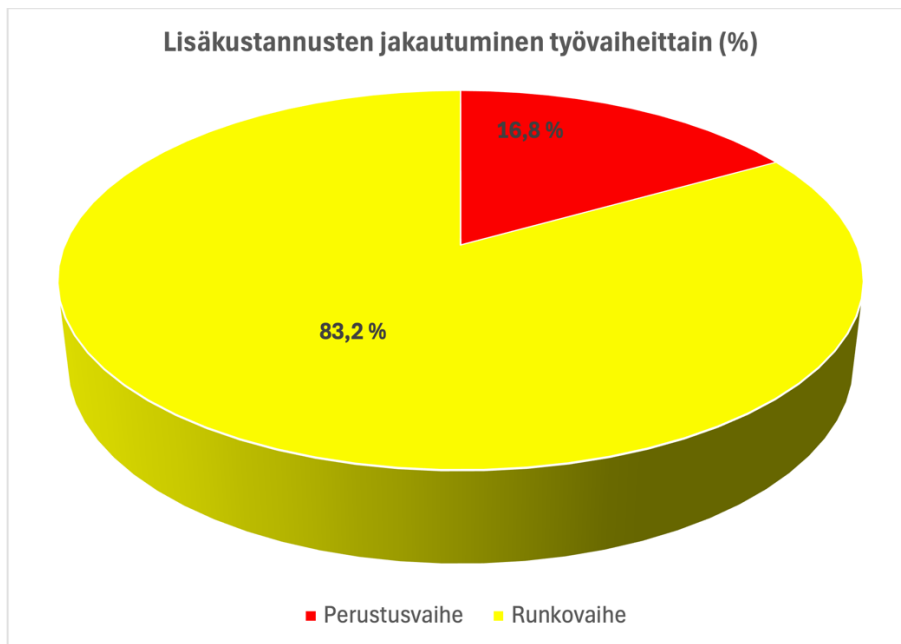
5.1.2 Paperitehtaankatu 30

Tämän toisen tutkimuskohteen (Paperitehtaankatu 30) tulokset on pyritty esittämään ja analysoimaan välttäen tarpeetonta päällekkäisyyttä ja toistoa ensimmäisen tutkimuskohteen (KOAS Tourula) tuloksiin verrattuna, sillä tuloksissa ja niiden analysoinnissa toistuvat osittain samat asiat ja huomiot. Yhteneväisiä tuloksia on siis analysoitu tarkemmin ensimmäisen tutkimuskohteen kohdalla luvussa 5.1.1 KOAS Tourula. Paperitehtaankatu 30:n jälkilaskennassa käytettiin samoja suhdelukuja kuin KOAS Tourulassa.

Lisäkustannukset ja niiden jakautuminen työvaiheittain

Paperitehtaankatu 30:n perustus- ja runkovaiheessa syntyneet talvirakentamisen lisäkustannukset olivat suoritettujen jälkilaskennan perusteella **29,1 %** toteutuneista kustannuksista. Analysoitujen kustannustietojen mukaiset perustus- ja runkovaiheen kustannukset olisivat siis olleet arviolta noin 29,1 % pienemmät, mikäli nämä kriittiset työvaiheet olisivat ajoittuneet kesäaikaan. Perustusvaiheen lisäkustannukset olivat **12,3 %** vaiheen toteutuneista kustannuksista, kun runkovaiheen lisäkustannukset puolestaan **40,2 %**. Runkovaiheen lisäkustannusten osuus oli siis huomattavasti

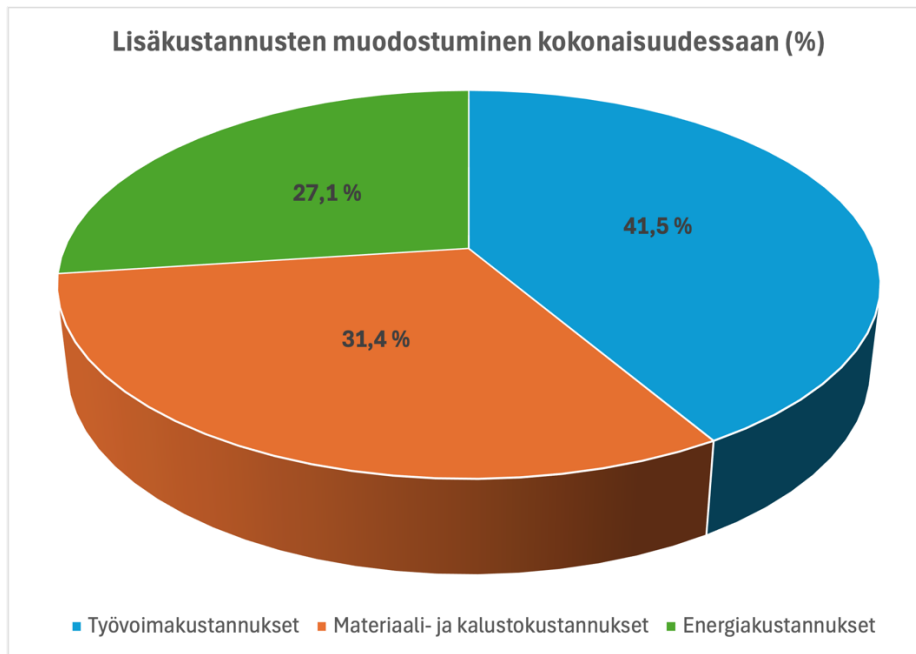
suurempi verrattuna perustusvaiheen lisäkustannusten osuuteen toteutuneista työvaiheen kustannuksista. Lisäkustannusten jakautuminen perustus- ja runkovaiheen välillä on esitetty kuviossa 17. Paperitehtaankatu 30:n kokonaiskustannuksiin verrattuna talvirakentamisen lisäkustannusten osuus oli arviolta **1,5 %**, mikä ei myöskään ole kokonaisuutta tarkasteltaessa kovinkaan suuri osuus.



Kuvio 17 Paperitehtaankatu 30: Lisäkustannusten jakautuminen työvaiheittain

Kuvion 17 perusteella voidaan siis todeta, että suurin osa (**83,2 %**) talvirakentamisen lisäkustannuksista syntyi runkovaiheessa. Tämä selittyy näiden kriittisten työvaiheiden ajoituksella. Perustusvaiheen rakentamisajankohta oli (lokakuu-marraskuu) ja runkovaiheen (marraskuu-tammikuu). Suurin osa perustusvaiheen töistä kerettiin siis tehdä ennen kaikista ankarimpien talviolosuhteiden alkamista. Runkovaiheen työt puolestaan ajoittuivat täysin näiden haastavimpien talviolosuhteiden ajalle. Tämä näkyykin erittäin selvästi lisäkustannusten jakautumisessa ja vahvistaa entisestään talvirakentamisen vaikutusten todellisuutta suhteessa rakennustyömaan kustannuksiin.

Lisäkustannusten muodostuminen kokonaisuudessaan



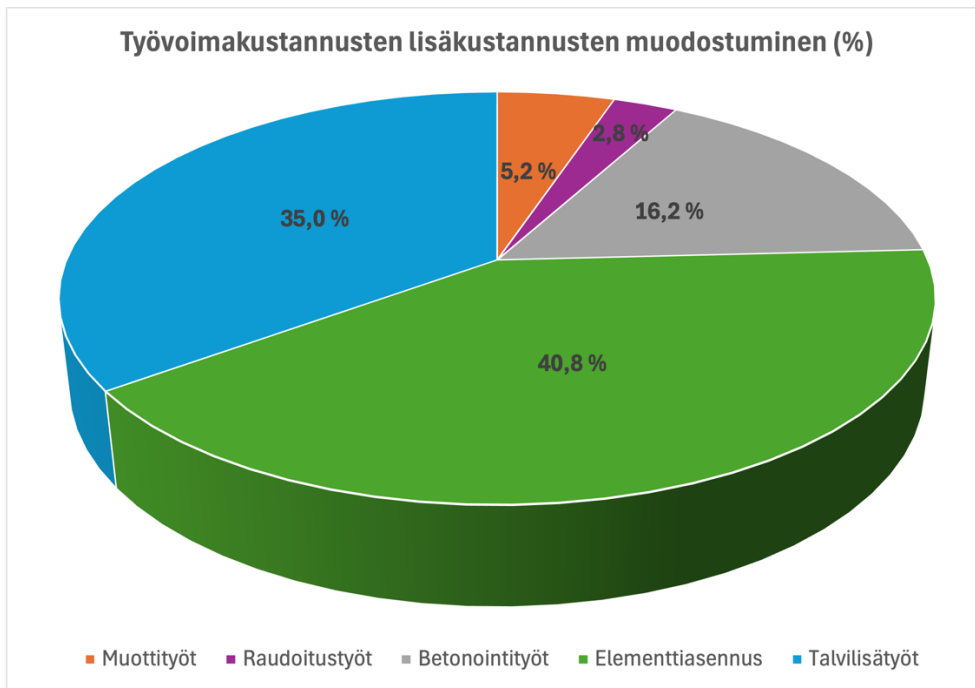
Kuvio 18 Paperitehtaankatu 30: Lisäkustannusten muodostuminen kokonaisuudessaan

Lisäkustannusten muodostuminen kokonaisuudessaan on esitetty kuviossa 18. Sen perusteella voidaan todeta, että Paperitehtaankatu 30:n suurin talvirakentamisen lisäkustannustekijä oli työvoimakustannukset eli kokonaistyömenekin kasvu (**41,5 %**). Toiseksi suurin lisäkustannustekijä oli materiaali- ja kalustokustannukset (**31,4 %**) pienellä erolla energiakustannuksiin (**27,1 %**).

Lisäkustannusten muodostumista sekä niiden eroja analysoidaan tarkemmin lisäkustannustekijä kerrallaan sekä työvaiheittain.

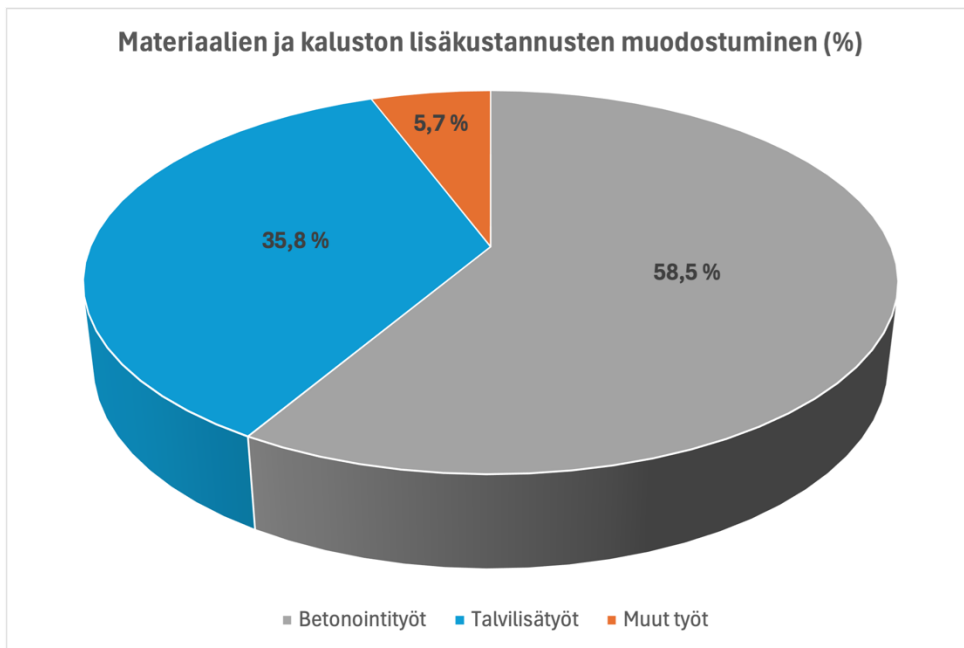
Kuviossa 19 on esitetty kokonaistyömenekin kasvusta aiheutuneiden talvirakentamisen lisäkustannusten muodostuminen kokonaisuudessaan tarkasteltuna. Kuvion perusteella voidaan huomata, että kolme neljäsosaa (**75,8 %**) lisäkustannuksista syntyi elementtiasennuksesta ja talvilisätöistä. Loppuosa lisäkustannuksista syntyi perustusvaiheen työvaiheista ja betonointitöistä (**24,8 %**). Elementtiasennustöiden suurin työvoimakustannusten osuus vahvistaa myös, kuinka talviolosuhteet ovat vaikuttaneet kaikista eniten runkovaiheen töihin eli elementtiasennukseen. Tämä johtui suurimmaksi osin työvaiheiden ajoituksesta niin kuin aiemmin jo todettiin. Lisäksi elementtiasennustöiden laajuus (kokonaiskesto) kasvatti lisäkustannuksia entisestään. Talvilisätöiden pienempi

osuus tukee myös sitä analyysia, etteivät talviolosuhteet vaikuttaneet yhtäjaksoisesti niin paljoa koko perustus- ja runkovaiheen ajan.

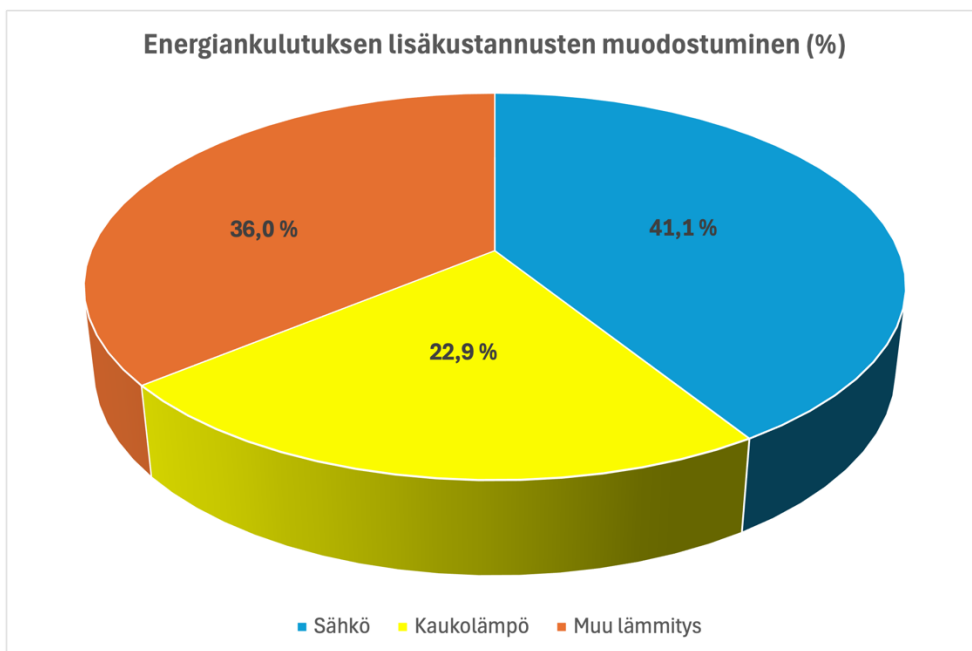


Kuvio 19 Paperitehtaankatu 30: Työvoimakustannusten lisäkustannusten muodostuminen

Kuviossa 20 on esitetty materiaalien ja kaluston aiheuttamien talvirakentamisen lisäkustannusten muodostuminen. Sen perusteella voidaan todeta, että myös Paperitehtaankatu 30:n käytännössä kaikki materiaalien ja kaluston lisäkustannukset (**94,3 %**) muodostuivat talvilisä- ja talvibetonointitöiden aiheuttamista muutoksista materiaalien ja kaluston tavanomaiseen käyttöön. Betonointitöiden osuus materiaalien ja kaluston lisäkustannuksista oli selvästi suurin. Tämäkin perustuu runkovaiheen betonointitöissä käytettyihin todella kalliisiin talvibetonilaatuihin. Talvilisätöiden aiheuttamien materiaalien ja kaluston lisäkustannusten pienempi osuus perustuu samoihin syihin kuin työvoimakustannusten muodostumisessa. Paperitehtaankatu 30:n materiaalien ja kaluston lisäkustannusten muodostumisessa näkyy siis niin ikään lisäkustannusten painottuminen runkovaiheeseen.



Kuvio 20 Paperitehtaankatu 30: Materiaalien ja kaluston lisäkustannusten muodostuminen



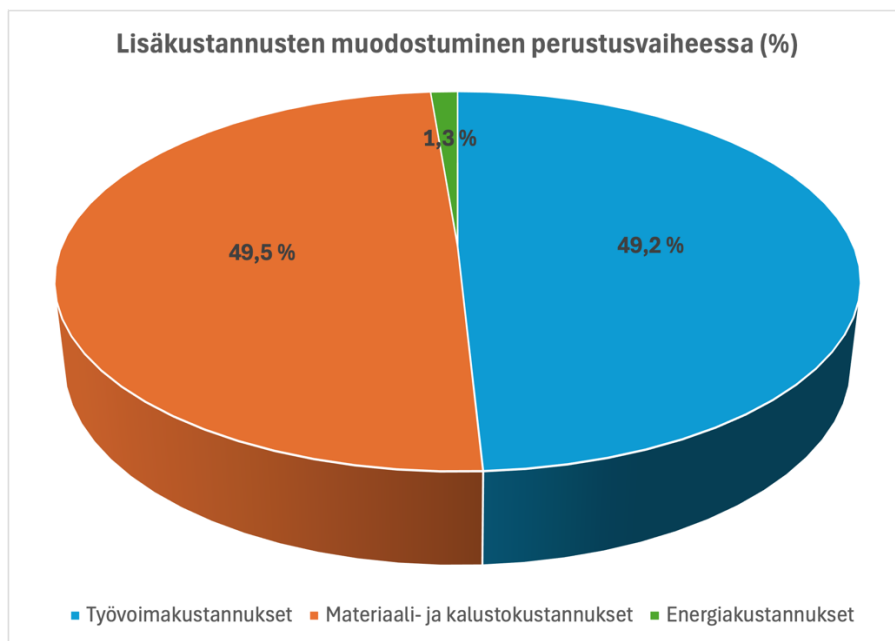
Kuvio 21 Paperitehtaankatu 30: Energiankulutuksen lisäkustannusten muodostuminen

Kuviossa 21 on esitetty kasvaneesta energiankulutuksesta aiheutuneiden lisäkustannusten muodostuminen. Sen perusteella voidaan todeta, että lisäkustannukset painoutuivat suhteellisesti enemmän lämmityskustannuksiin (**58,9 %**) sähkökustannusten osuuden ollessa pienempi (**41,1 %**).

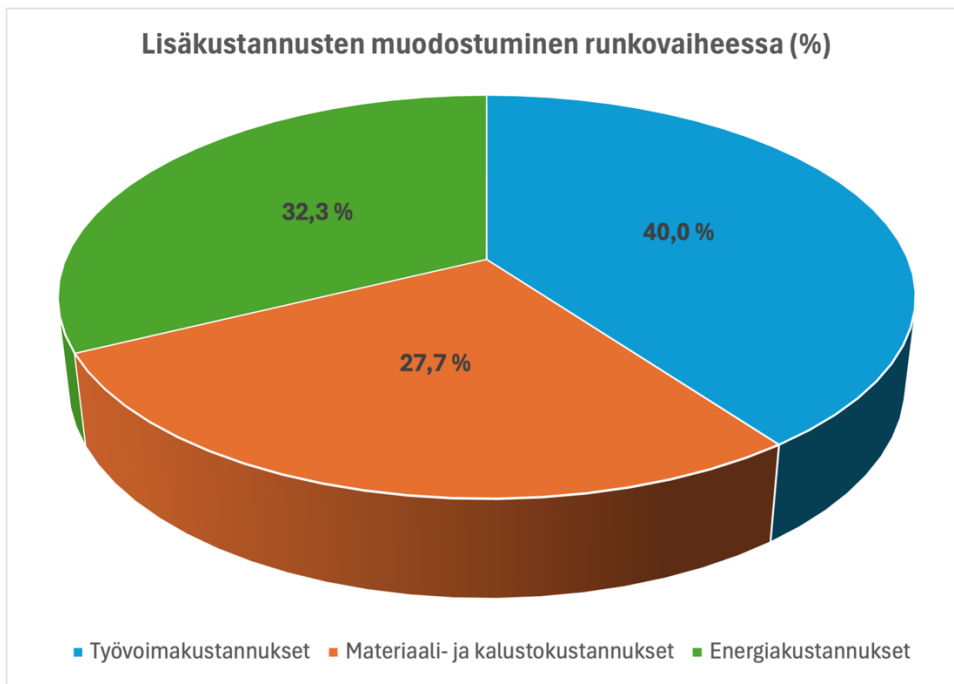
Paperitehtaankatu 30:n lisälämmityksessä käytettiin polttoainetta, jonka lisäkustannukset olivat suhteellisen suuret (**36,0 %**) nostaten lämmityskustannuksia kokonaisuudessaan. Energiankulutuksen lisäkustannuksista voidaan todeta, että edullisempaan rakentamisajankohtaan verrattuna perustus- ja runkovaiheen lisäkustannusten osuus oli **93,6 %** toteutuneista ja analysoiduista kokonaiskustannuksista.

Lisäkustannusten muodostuminen ja vertailu työvaiheittain

Paperitehtaankatu 30:n perustus- ja runkovaiheen lisäkustannusten muodostuminen on havainnollistettu kuvioissa 22 ja 23. Perustusvaiheessa merkittävimmät lisäkustannustekijät olivat työvoima- sekä materiaali- ja kalustokustannukset yhtä suurilla lisäkustannusten osuuksilla (**49,2 %/49,5 %**). Runkovaiheessa merkittävin lisäkustannustekijä oli puolestaan työvoimakustannukset. Lisäksi suuremmasta energiakulutuksesta aiheutuneet lisäkustannukset muodostuivat käytännössä kokonaan runkovaiheessa.



Kuvio 22 Paperitehtaankatu 30: Lisäkustannusten muodostuminen perustusvaiheessa



Kuvio 23 Paperitehtaankatu 30: Lisäkustannusten muodostuminen runkovaiheessa

Paperitehtaankatu 30:n runkovaiheessa talviolosuhteet vaikuttivat kaikista merkittävimmin elementtiasennuksen työsaavutuksiin eli kokonaistyömenekin kasvuun, kun taas perustusvaiheessa talviolosuhteiden vaikutukset olivat huomattavasti pienemmät. Perustusvaiheessa kokonaistyömenekin kasvusta aiheutuneet lisäkustannukset olivat **15,2 %** analysoiduista ja toteutuneista vaiheen kustannuksista, kun runkovaiheessa vastaavien lisäkustannusten osuus oli peräti **28,6 %**. Niin kuin aiemmin on todettu, perustusvaiheen työt kerettiin suurimmaksi osaksi suorittaa ennen haastavien talviolosuhteiden alkamista. Runkovaiheen työt puolestaan ajoittuivat kaikista haastavimpien talviolosuhteiden kohdalle, mikä näkyi suoraan lisäkustannusten suuruudessa ja muodostumisessa. Näistäkin tuloksista voidaan huomata, kuinka suuri vaikutus talviolosuhteilla on näiden kriittisten työvaiheiden työsaavutuksille. Talvilisätöiden aiheuttamat kokonaistyömenekin kasvun lisäkustannukset painottuivat myös suurimmilta osin (n. 80 %) runkovaiheeseen. Runkovaiheen ajoitus oli siis huonoin mahdollinen, kun taas perustusvaiheen ajoitus oli vielä suhteellisen hyvä, vaikkei missään tapauksessa optimaalinen.

Materiaalien ja kaluston aiheuttamat talvirakentamisen lisäkustannukset olivat myös huomattavasti suuremmat runkovaiheessa perustusvaiheeseen verrattuna. Perustusvaiheessa materiaalien

ja kaluston aiheuttamat lisäkustannukset olivat vain **10,2 %** analysoiduista ja toteutuneista vaiheen kustannuksista. Lisäksi ne olivat samansuuruiset työvoimakustannusten lisäkustannusten kanssa. Runkovaiheessa vastaavien lisäkustannusten osuus oli puolestaan **37,1 %**. Runkovaiheessa materiaalien ja kaluston lisäkustannukset olivat siis melkein nelinkertaiset perustusvaiheeseen verrattuna. Perustusvaiheessa käytettyjen talvibetonien lisäkustannusprosentti oli ”vain” **16,0 %**, kun runkovaiheen talvibetonien vastaava prosenttiluku oli **72,1 %**. Tämä olikin ylivoimaisesti suurin yksittäinen lisäkustannustekijä Paperitehtaankatu 30:n perustus- ja runkovaiheen lisäkustannuksissa. Kaikista luvuista voidaan huomata, kuinka runkovaiheeseen ajoittuneet ankarat talviolosuhteet ovat vaikuttaneet lisäkustannusten muodostumiseen.

Talvirakentamisesta aiheutuneet energiankulutuksen lisäkustannukset muodostuivat käytännössä sata prosenttisesti runkovaiheessa, mikä voidaan todeta kuvioiden 22 ja 23 perusteella. Tämä johtui yksinkertaisesti siitä, että perustusvaiheessa energian tarve ei ollut merkittävästi suurempi paremmasta ajoituksesta johtuen. Runkovaiheen energiankulutuksen lisäkustannusten osuus (**32,3 %**) puolestaan oli todella suuri muihinkin lisäkustannustekijöihin verrattuna. Runkovaiheessa energiankulutuksen aiheuttamat lisäkustannukset olivat **93,7 %** analysoiduista ja toteutuneista kustannuksista. Runkovaiheen energiakustannuksissa näkyy siis erittäin hyvin kylmien ja haastavien sääolosuhteiden vaikutukset myös niihin.

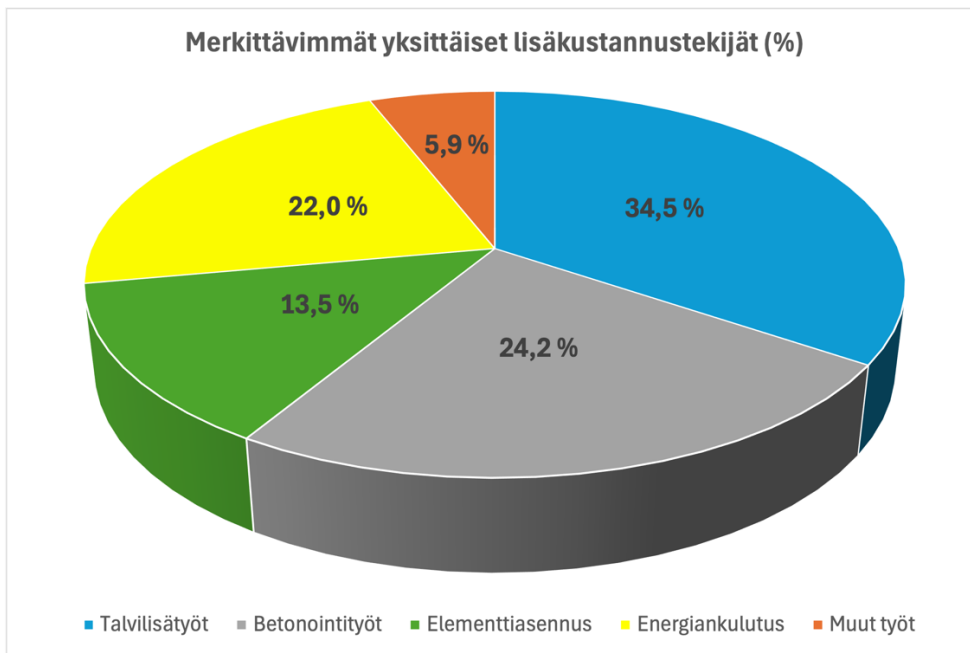
5.2 Tutkimuskohteiden vertailu

Tutkimuskohteita vertaillen esiin nousi muutamia selkeitä eroja sekä yhtäläisyyksiä. Molempien tutkimuskohteiden lisäkustannukset (%) kokonaisuudessaan olivat hyvin linjassa keskenään sekä samansuuruiset. KOAS Tourulan lisäkustannusten osuus suhteessa tutkittujen työvaiheiden analysoituihin ja toteutuneisiin kokonaiskustannuksiin oli **29,3 %**, kun Paperitehtaankatu 30:n vastaava prosenttiluku oli **29,1 %**. Tämä osoittaa, että suoritettujen jälkilaskelmien tulokset ovat vertailukelpoisia ja linjassa ainakin keskenään sekä onnistuneet yhtä hyvin. KOAS Tourulan lisäkustannukset suhteessa hankkeen kokonaiskustannuksiin olivat hieman Paperitehtaankatu 30 suuremmat (**2,1 %/1,5 %**). Tämä toisaalta osoittaa, että talvirakentamisen vaikutukset KOAS Tourulalle olivat kokonaisuudessaan Paperitehtaankatu 30 verrattuna hieman suuremmat, vaikka näitä työvaiheita tarkastellessa ero ei ollutkaan yhtä suuri.

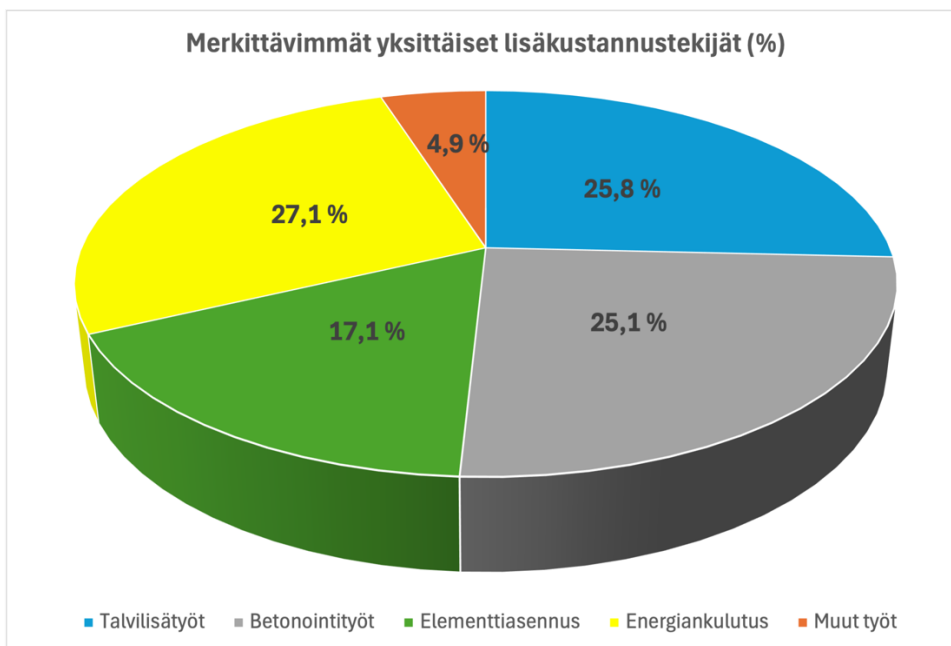
Tutkimuskohteiden selkeät erot löytyivät kuitenkin lisäkustannusten muodostumisesta eli lisäkustannustekijöistä. Suurin ja selkein ero löytyy tutkimuskohteiden lisäkustannusten jakautumisista työvaiheiden välillä, mikä näkyi hyvin myös tutkimuskohtaisissa tuloksissa. Molemmissa tutkimuskohteissa suurin osa lisäkustannuksista syntyi runkovaiheessa, mutta toisessa tutkimuskohteessa jakautumisen ero oli todella suuri. KOAS Tourulassa lisäkustannukset jakoutuivat perustus- ja runkovaiheen välillä seuraavasti: Perustusvaihe **32,5 %** ja runkovaihe **67,5 %**. Paperitehtaankatu 30:n vastaavat prosenttiluvut olivat: Perustusvaihe **16,8 %** ja runkovaihe **83,2 %**. Erot näkyivät myös näiden työvaiheiden lisäkustannusten osuuksissa suhteessa analysoituihin ja toteutuneisiin kustannuksiin. KOAS Tourulan perustusvaiheen lisäkustannusprosentti oli **23,7 %** ja runkovaiheen **33,0 %**. Paperitehtaankatu 30:n puolestaan perustusvaiheessa **12,3 %** ja runkovaiheessa **40,2 %**.

KOAS Tourulan lisäkustannukset jakoutuivat siis huomattavasti tasaisemmin perustus- ja runkovaiheen välillä. Paperitehtaankatu 30:n lisäkustannuksista valtaosa puolestaan muodostui runkovaiheessa. Selvä syy tälle erolle oli näiden kriittisten työvaiheiden ajoituksessa suhteessa kalenteriin ja vuodenaikoihin. KOAS Tourulan perustusvaiheen rakentamisajankohta oli marraskuu-tammikuu ja runkovaiheen tammikuu-huhtikuu. Paperitehtaankatu 30:n perustusvaiheen ajankohta puolestaan oli lokakuu-marraskuu ja runkovaiheen marraskuu-tammikuu. Paperitehtaankatu 30:n perustusvaiheen työt ehdittiin suurimmaksi osaksi tehdä lokakuussa ennen ankarimpien talviolosuhteiden alkamista (marraskuu), mikä näkyi perustusvaiheen pienempinä lisäkustannuksina. Paperitehtaankatu 30:n runkovaiheen aikana talviolosuhteet olivat puolestaan todella ankarat, mikä näkyi runkovaiheen suurempina lisäkustannuksina toiseen suuntaan.

KOAS Tourulan perustus- ja runkovaiheen lisäkustannukset puolestaan jakoutuivat huomattavasti tasaisemmin, sillä myöhäisemmästä rakentamisen aloitusajankohdasta johtuen nämä talven 2023–2024 haastavat talviolosuhteet vaikuttivat tasaisemmin molempien työvaiheiden suorittamiseen. KOAS Tourulan runkovaiheen ajoittuminen osittain keväälle kuitenkin pienensi työvaiheen lisäkustannusten osuutta, sillä kaikista ankarimmat talviolosuhteet eivät vallinneet runkovaiheen loppuun saakka. Näistä syistä johtuen tutkimuskohteiden lisäkustannusten jakautumisessa oli huomattavia eroja, vaikka kokonaisuudessaan tarkasteltuna lisäkustannukset muodostuivatkin lähes yhtä suuriksi niin kuin aluksi todettiin.



Kuvio 24 KOAS Tourula: Merkittävimmät yksittäiset lisäkustannustekijät



Kuvio 25 Paperitehtaankatu 30: Merkittävimmät yksittäiset lisäkustannustekijät

Kuvioissa 24 ja 25 on esitetty molempien tutkimuskohteiden merkittävimmät yksittäiset lisäkustannustekijät, joissa lisäkustannukset on jaoteltu yksittäisiin työvaiheisiin sisältäen työvoima- sekä

materiaali- ja kalustokustannukset. Energiakustannukset on eritelty omaksi osuudekseen. Kuvioiden perusteella voidaan analysoida vielä hieman tarkemmin tutkimuskohteiden eroja niiden lisäkustannusten muodostumisessa.

Myös kuvioiden 24 ja 25 perusteella voidaan huomata, kuinka tutkimuskohteiden erot näiden kriittisten työvaiheiden ajoituksissa näkyivät yksittäisten työvaiheiden lisäkustannusten muodostumisessa. Esimerkiksi talvilisätöiden osuus (**34,5 %**) kaikista KOAS Tourulan talvirakentamisen lisäkustannuksista oli huomattavasti Paperitehtaankatu 30:n vastaavaa osuutta (**25,8 %**) suurempi. Tämä johtuu yksinkertaisesti siitä, että Paperitehtaankatu 30:n perustusvaiheen talvilisätyöt jäivät paremman ajoituksensa ansiosta kohtuullisen pieniksi. KOAS Tourulan talvilisätöiden aiheuttamat lisäkustannukset olivat yli 3 kertaa suuremmat kuin Paperitehtaankatu 30:n talvilisätyökustannukset. Osa tästä selittyy hankkeiden ja työvaiheiden kokonaiskestojen eroilla (kerrannaisvaikutus), sillä KOAS Tourulan tarkasteluajanjakso (työvaiheiden rakentamisaika) oli Paperitehtaankatu 30:n verrattuna pidempi. On kuitenkin selvää, että talviolosuhteet aiheuttivat KOAS Tourulalle myös suhteellisesti enemmän lisäkustannuksia talvilisätöistä johtuen.

Paperitehtaankatu 30:n suurempi elementtiasennustöistä aiheutuneiden talvirakentamisen lisäkustannusten osuus (**17,1 %**) KOAS Tourulan vastaavaan lisäkustannusten osuuteen (**13,5 %**) verrattuna on myös hyvin linjassa muiden tulosten kanssa. Niin kuin aiemmin on todettu, KOAS Tourulan runkovaiheen ajoitus oli jokseenkin parempi Paperitehtaankatu 30:een verrattuna, mikä näkyy myös elementtiasennuksen lisäkustannusten osuuksissa. Lisäksi Paperitehtaankatu 30:n energiankulutuksen aiheuttamien lisäkustannusten osuus (**27,1 %**) oli KOAS Tourulan vastaavaa osuutta (**22,0 %**) suurempi. Tämä ero johtuu tutkimuskohteiden lisälämmitykseen käytetyistä energianlähteistä. KOAS Tourulassa lisälämmityksessä käytettiin nestekaasua, kun taas Paperitehtaankatu 30:n lisälämmityksessä polttoainetta (diesel). Erityisesti polttoaineiden hinta oli vielä näiden tutkimuskohteiden rakentamisaikana hyvin korkealla energiakriisistä johtuen. Lisäksi nestekaasun käyttö lämmityksessä on huomattavasti polttoaineita tehokkaampaa, sillä se tuottaa enemmän energiaa polttoaineyksikköä kohden. Tästä johtuen Paperitehtaankatu 30:n energiankulutuksen aiheuttamat lisäkustannukset olivat KOAS Tourulaan verrattuna suuremmat.

6 Pohdinta

6.1 Tulosten tarkastelu ja arviointi

Tutkimustyön tulokset olivat osittain johdonmukaisia opinnäytetyön tietoperustaan eli aiemmin tutkittuun tietoon nähden. Tietoperustassa esitetyn kuvion 7 (s.28) mukaisiin talvirakentamisen merkittävimpien lisäkustannustekijöiden osuuksiin verrattuna tutkimustyön tulokset olivat saman suuntaisia. Kuvion mukaan merkittävin talvirakentamisen lisäkustannustekijä on kokonaistyömenekin kasvu eli tämän tutkimustyön tapauksessa työvoimakustannukset. Molempien tutkimuskohdeiden merkittävin lisäkustannustekijä oli kokonaistyömenekin kasvu (työvoimakustannukset), mikä osoittaa johdonmukaisuutta suhteessa tietoperustassa esitettyyn teoriataustaan (kuvio 7). Myös materiaalien ja kaluston aiheuttamien talvirakentamisen lisäkustannusten osuudet olivat suhteessa samansuuruisia kuvioon 7 verrattuna. Yhdistettynä nämä lisäkustannustekijät vaikuttavat lisäkustannusten muodostumiseen keskiarvallisesti yhtä paljon kokonaistyömenekin kasvun kanssa, mikä toteutui myös tämän opinnäytetyön tutkimustyön tuloksissa. Energian tarpeen kasvun aiheuttamien lisäkustannusten osuudet olivat molemmissa tutkimuskohteissa niin ikään johdonmukaisia kuvioon 7 verrattuna. Tämän opinnäytetyön tutkimustyön jälkilaskelmissa ei huomioitu rakentamisajan kasvun aiheuttamia lisäkustannuksia. Tutkimustyön tulokset olivat siis johdonmukaisia tietoperustan teoretietoihin verrattuna, kun tarkastellaan lisäkustannusten muodostumiseen vaikuttavien lisäkustannustekijöiden osuuksia (kuvio 7).

Lisäkustannusten suuruuksissa (%) oli kuitenkin merkittäviä eroja kaikkien näiden edellä mainittujen lisäkustannustekijöiden kohdalla. Tietoperustassa esitetyn taulukon 4 (s.28) mukaiset talvirakentamisen lisäkustannusprosentit olivat kaikkiin tutkimustyön tuloksiin verrattuna todella pieniä. Taulukossa esitetyt talvirakentamisen lisäkustannusten prosentit ovat tietenkin vain arvioita, joten erot ovat hyvinkin mahdollisia. Esimerkiksi tämän opinnäytetyön tutkimustyön tapauksessa talviolosuhteet olivat äärimmäisen ankarat ja haastavat, mikä on yksi selvä syy suuremmille lisäkustannuksille. Mielestäni taulukon 4 mukaiset talvirakentamisen arvioidut lisäkustannusprosentit ovat tästäkin huolimatta liian pieniä ja myös osittain ristiriidassa yleisten laskentaohjeiden kanssa (sama lähde).

Esimerkiksi työmenekin kasvun aiheuttamien lisäkustannusten prosentit taulukossa 1 (Ratu C8-0377 2010, 1) ovat todella pieniä verrattuna taulukossa 8 (Ratu C8-0377 2010, 6) esitettyihin töiden talvityöhaitta- ja lisäprosentteihin, joiden mukaan tämän tutkimustyön kohteiden lisäkustannukset on arvioitu. Mielestäni nämä tiedot ovat ristiriidassa keskenään, eivätkä kokonaistyömenekin kasvun aiheuttamat lisäkustannukset voi olla taulukon 4 mukaisia. Kaikki muutkin taulukossa 4 esitetyt lisäkustannusprosentit vaikuttavat liian pieniltä eri syistä johtuen. Esimerkiksi talvibetonien suuremmat materiaalikustannukset aiheuttavat betonielementtikerrostalossa huomattavasti suuremmat materiaalien lisäkustannukset, niin kuin jälkilaskelmien tulokset osoittavat. Tutkimustyön tuloksien mukaiset lisäkustannusten suuruudet (%) eivät siis ole miltään osin johdonmukaisia tietoperustaan (taulukko 4) verrattuna. Tämän takia opinnäytetyön tulokset kyseenalaistavatkin olemassa olevien tietojen todenmukaisuutta.

Opinnäytetyön tavoitteisiin ja tutkimuskysymyksiin suhteutettuna tulokset olivat erittäin johdonmukaisia. Tulokset vastasivat systemaattisesti kaikkiin opinnäytetyön tavoitteisiin ja tutkimuskysymyksiin hyvin laajasti. Tulokset antoivat ajankohtaista ja päivitettyä tietoa talvirakentamisen vaikutuksista betonielementtikerrostalon perustus- ja runkovaiheen kustannuksiin erityisen ankarissa talviolosuhteissa. Tämän ansioista tutkimustyön eli jälkilaskelmien tulokset ovat erittäin hyödyllisiä niin toimeksiantajalle kuin muillekin alan toimijoille.

6.2 Johtopäätökset ja kehittämisehdotukset

Opinnäytetyö osoittaa, kuinka talvirakentaminen vaikuttaa kerrostalotyömaan perustus- ja runkovaiheen toimintaan sekä kustannusten muodostumiseen erityisen haastavissa ja ankarissa talviolosuhteissa. Vaikutukset ovat merkittäviä, sillä näiden kriittisten työvaiheiden työt ovat kokonaisuudessaan alttiita sääolosuhteille ja niiden vaihteluille. Talven ajoittuminen sisävalmistusvaiheeseen ei puolestaan vaikuttaisi työvaiheen töiden suorittamiseen itsessään millään tavalla. Tästä johtuen rakennushankkeen ja työvaiheiden ajoituksilla on äärimmäisen suuri vaikutus työmaan toimintaan sekä kustannusten muodostumiseen erityisesti lyhyissä rakennushankkeissa. Kerrostalotyömaan toimintaan ja lisäkustannusten muodostumiseen yksityiskohtaisemmin vaikuttavia tekijöitä ovat rakentamisajan kasvu/pidentyminen, kokonaistyömenekin kasvu, materiaalien ja kaluston muuttuneet käyttötarpeet sekä materiaalimenekkien ja energiankulutuksen kasvu. Nämä johtuvat talviolosuhteiden aiheuttamasta ”talvitahmeudesta” eli työsaavutusten pienemisestä, talvilisätöistä,

erityisten rakennusmateriaalien käytöstä (esim. talvibetonointi), materiaalien häviämisestä sekä suuremmasta rakennuksen ja rakenteiden lämmitystarpeesta.

Tutkimustyön eli suoritettujen jälkilaskelmien perusteella saatiin selville, että talvirakentaminen aiheuttaa merkittäviä lisäkustannuksia edullisempaan rakentamisajankohtaan nähden. Niiden muodostumiseen vaikuttavat useat eri tekijät. Tutkimuskohteiden lisäkustannusten muodostumiseen vaikuttavien tekijöiden osuudet olivat jokseenkin linjassa tietoperustassa esitettyihin vertailuarvoihin nähden. Tämän perusteella voidaan todeta, että talvirakentamisen merkittävimpiä lisäkustannustekijöitä betonielementtikerrostalon perustus- ja runkovaiheessa ovat kokonaistyömenekin kasvu (työmenekin kasvu ja talvilisätyöt), materiaalien ja kaluston muuttunut käyttötarve (talvibetonointi ja talvilisätyöt) sekä energiankulutuksen kasvu. Nämä tekijät vaikuttivat kaikista merkittävimmin tutkimuskohteiden lisäkustannusten muodostumiseen.

Erityisesti talvibetonointi nousi keskeiseksi talvirakentamisen lisäkustannuksia kasvattavaksi tekijäksi, sillä siinä yhdistyvät lähes kaikki merkittävimmät lisäkustannustekijät. Talvibetonointi kasvattaa niin työvoimakustannuksia (talvityölisät), materiaali- ja kalustokustannuksia (huomattavasti kalliimpi talvibetoni ja talvilisätyöt) kuin energiakustannuksiakin (lisälämmittäminen). Talvibetonointi kasvattaa talvirakentamisen lisäkustannuksia siis kaikin mahdollisin tavoin, mistä johtuen sitä voidaan pitää yhtenä merkittävimpänä yksittäisenä lisäkustannustekijänä betonielementtikerrostalon perustus- ja runkovaiheessa. Tämä johtopäätös on hyvin johdonmukainen myös Eränurmen tekemien johtopäätösten kanssa (s.27).

Talvirakentamisen aiheuttamat lisäkustannukset (%/€) olivat molempien tutkimuskohteiden tapauksessa todella merkittävät, mikä ei ole rakentamisajankohdan äärimmäisen ankarista talviolosuhteista johtuen edes yllättävää. Lisäkustannukset olivat näihin ennako-oletuksiin nähden odotettuja ja totuudenmukaisia, mutta puolestaan osittain ristiriidassa tietoperustan ja olemassa olevien tietojen kanssa (taulukko 4) niin kuin edellisessä luvussa tarkemmin arviotiin. Toisaalta lisäkustannusten suuruudet olivat linjassa Dongin, Muhammadin ja Naumanin tekemien johtopäätösten kanssa (s.29), mikä tukee tämän tutkimustyön tulosten luotettavuutta. Talvirakentaminen voi siis pahimmassa tapauksessa aiheuttaa todella merkittäviä lisäkustannuksia, vaikkakin rakennushankkeen ja rakentamisen kokonaisuutta tarkasteltaessa talvirakentamisen aiheuttamat lisäkustannukset jäävät usein tästäkin huolimatta suhteellisen pieniksi.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että näiden kriittisten työvaiheiden ajoittaminen edullisempaan rakentamisajankohtaan on huomattavasti talvirakentamista kannattavampaa. Se ei kuitenkaan muista tekijöistä johtuen ole aina mahdollista, joten ratkaisuna korostuvat talvirakentamisen vaikutusten ja lisäkustannusten huomioiminen jo hankesuunnitteluvaiheen kustannuslaskennassa. Tätä näkemystä tukevat myös Laitisen tekemät johtopäätökset liittyen rakennushankkeen kokonaisvaikutuksiin (s.29).

Opinnäytetyössä tarkasteltiin talvirakentamisen vaikutuksia sekä lisäkustannuksia ainoastaan perustus- ja runkovaiheen osalta, joten vaikutuksia rakennushankkeen kokonaiskustannuksiin ei selvitetty. Opinnäytetyön rajauksesta johtuen tarkastelun ja tutkimustyön ulkopuolelle jäivät mm. maarakennusvaiheen kustannusten sekä energiakustannusten kokonaisuus. Maarakennusvaihe on kolmas erittäin kriittinen työvaihe perustus- ja runkovaiheen lisäksi, kun tarkastellaan talvirakentamisen aiheuttamien lisäkustannusten kokonaisuutta. Myös energiankulutuksen aiheuttamia lisäkustannuksia olisi ollut hyvä tarkastella kokonaisuutena, sillä talvi vaikuttaa energiankulutukseen myös sisävalmistusvaiheessa, vaikka vaikutukset ovatkin huomattavasti pienemmät. Nämä tutkimustyön ulkopuolelle rajatut tekijät olisivat varmasti aiheuttaneet merkittäviä lisäkustannuksia, mikäli rakennushankkeen kustannuksia olisi tarkasteltu kokonaisuutena.

Tutkimustyön laskelmissa ei huomioitu rakentamisajan kasvun aiheuttamia lisäkustannuksia muutoin kuin kokonaistyömenekin kasvun osalta. Rakentamisajan pidentymisen aiheuttamat lisäkustannuksetkin olisi pitänyt mielestäni tarkastella koko rakennushankkeen ajalta kokonaisuutena. Tästä johtuen sen vaikutukset rajattiin tutkimustyön ulkopuolelle tiedostaen kuitenkin sen merkittävien lisäkustannusvaikutusten puuttuminen jälkilaskelmien tuloksista.

Esitettyjen johtopäätösten ja pohdintojen perusteella voidaan ehdottaa seuraavia jatkotoimenpiteitä ja kehittämisehdotuksia:

1. Tutkimuskohteiden lisäkustannusten tarkasteltu kokonaisuutena:

Selvitetään talvirakentamisen aiheuttamat lisäkustannukset rakennushankkeesta kokonaisuutena. Esimerkiksi maarakennusvaiheen lisäkustannukset, energiankulutuksen tarkastelu sisävalmistusvaiheessa sekä rakentamisajan kasvun/pidentymisen aiheuttamat lisäkustannukset. Tämä muodostaisi luotettavamman lopputuloksen talvirakentamisen vaikutuksista rakennushankkeen kokonaiskustannuksiin.

2. Lisätutkimusten suorittaminen ja tulosten vertailu:

Suoritetaan vastaavanlaisia jälkilaskelmia eri ajankohtina rakennettuihin kohteisiin ja vertaillaan laskelmien tuloksia keskenään. Tämä antaisi vertailutietoa siitä, kuinka paljon erilaisten talvien lisäkustannusvaikutukset eroavat toisistaan.

3. Laskentaohjeiden (teoria) tarkastaminen ja mahdollinen päivittäminen:

Tarkastetaan olemassa olevien laskentaohjeiden paikkansapitävyys ja päivitetään tarvittaessa niiden tiedot vastaamaan toisiaan sekä nykypäivää. Tämän avulla tiedot saataisiin päivitettyä nykypäivän talviolosuhteiden sekä hintatason mukaisiksi. Laskentaohjeiden väliset keskinäiset ristiriidat tulisi vähintäänkin selvittää.

4. Kriittisten työvaiheiden ajoittaminen:

Pyritään ajoittamaan rakennushankkeen työvaiheet mahdollisimman optimaalisesti. Tämä tarkoittaa näiden talviolosuhteille kriittisten työvaiheiden ajoittamista kesäaikaan ja sisävalmistusvaiheen ajoittamista talviaikaan. Tämän avulla etenkin lyhyet alle vuoden mittaiset rakennushankkeet saadaan toteutettua mahdollisimman kustannustehokkaasti rakentamisolosuhteidensa puolesta.

5. Riittävät riskivaraukset rakennushankkeen laskentavaiheessa:

Pyritään arvioimaan ja huomioimaan talvirakentamisen aiheuttamat lisäkustannukset riittäväillä riskivarauksilla jo rakennushankkeen toteuttajan laskentavaiheessa. Mitä paremmin talvirakentamisen lisäkustannukset saadaan huomioitua jo riskivarausten avulla, sitä parempi rakennushankkeen taloudellinen lopputulos on.

Näiden jatkotoimenpiteiden ja kehittämisehdotusten tavoitteena on kehittää ja parantaa toimeksiantajan rakennushankkeiden kustannushallintaa niin suunnittelu kuin toteutusvaiheessa. Lisäksi tavoitteena kehittää koko alan tietoisuutta talvirakentamisen todellisista kustannusvaikutuksista.

6.3 Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys

Tutkimustyö pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman luotettavasti ja eettisesti vastuullista tutkimus- ja kehittämistoimintaa noudattaen. Luotettavuuden varmistamiseksi tietoperustan ensisijaisina lähteinä käytettiin vain yleisesti tunnettuja ja luotettavia lähteitä. Myös syventävät ja toissijaiset lähteet valittiin yleistä lähdekriittisyyttä noudattaen.

Tutkimustyön eli jälkilaskelmien mahdollisimman luotettavien tulosten saamiseksi aineistoina käytettiin kohdekohtaisia dokumenttiaineistoja. Laskelmien luotettavuutta tukevat käytössä olleiden kustannustietojen laajuus (kaikki aineisto oli saatavilla) sekä käytetyt laskentamenetelmät. Jälkilaskelmat tehtiin ajankohtaisimpia laskentaohjeita ja standardeja (Ratu) noudattaen. Jälkilaskelmien tulosten luotettavuutta tukevat myös niille suoritettut vertailut, mikä lisää tutkimuksen yleistettävyyttä ja validiteettia.

Jälkilaskelmien luotettavuutta puolestaan heikentävät niissä tehdyt erilaiset arviot ja rajaukset. Niin kuin aiemmin todettiin, tutkimustyössä jouduttiin tekemään useita rajauksia ja arvioita, jotka osaltaan heikentävät tulosten luotettavuutta. Koska rakentamisajan kasvun aiheuttamat lisäkustannukset puuttuvat laskelmista, eivät tulokset anna täysin oikeaa kuvaa talvirakentamisen lisäkustannusten muodostumisesta ja suuruudesta. Myös energiankulutuksen aiheuttamiin lisäkustannuksiin tehdyt arviot heikentävät tulosten luotettavuutta. Tällä tarkoitetaan ensisijaisesti jo aiemmin mainittua energiakustannusten tarkastelua kokonaisuudessaan. Jälkilaskelmissa ei myöskään huomioitu tai arvioitu sen tarkemmin energian hinnan vaihteluiden vaikutuksia energiankulutuksen lisäkustannukseen. Tämä on kuitenkin huomion arvoista, sillä tutkimuskohteiden rakentamisajankohtana (talvikausi 2023–2024) energian hinnat olivat vielä erittäin korkealla ja niiden vaihtelu oli todella suurta energiakriisin takia. Opinnäytetyö pyrittiin suorittamaan kuitenkin mahdollisimman luotettavasti tavoitteiden ja rajausten mukaisella tavalla, tiedostaen kuitenkin samalla sen luotettavuutta heikentävät tekijät.

Opinnäytetyö tehtiin hyvää tieteellistä käytäntöä sekä Jyväskylän ammattikorkeakoulun eettisiä periaatteita, arvoja ja raportointiohjeistusta noudattaen. Jyväskylän ammattikorkeakoulun arvoja ovat luottamus, luovuus ja vastuu. Tutkimustyössä sovellettiin myös Suomen Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (TEKN) *Hyvä tieteellinen käytäntö* -ohjeita, jotka korostavat vilpittömyyttä, tarkkuutta ja avoimuutta kaikissa tutkimustyön vaiheissa. Tämän avulla pyrittiin mahdollisimman virheettömiin, harhaan johtamattomiin sekä yhteiskunnallisesti vastuullisiin tutkimustyön tuloksiin. (Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK) 2024; Jyväskylän ammattikorkeakoulun eettiset periaatteet 2018.)

Tutkimustyön keskeisimpiä eettisiä kysymyksiä olivat luottamuksellinen tietojen ja dokumenttien käsittely, jälkilaskennan objektiivisuus sekä tutkimustulosten oikeudenmukainen raportointi. Koska tutkimustyössä käytettiin aineistona toimeksiantajan salassa pidettäviä dokumentteja ja kustannustietoja, kiinnitettiin erityistä huomiota luottamuksellisten liiketoimintatietojen hallintaan ja käsittelyyn. Kaikki tiedot pyrittiin myös esittämään oikeassa kontekstissaan ilman manipulaatiota tai harhaanjohtavaa tulkintaa.

Tutkimustyön eettiset kysymykset ratkaistiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun eettisten periaatteiden ja salassapitosopimuksen mukaisesti:

- 1. Tietojen anonymisointi:** Toimeksiantajalta saatuja tietoja käsiteltiin luottamuksellisesti ja kaikki salassa pidettävät tunnistetiedot anonymisoitiin. Näin varmistettiin, ettei salassapitosopimuksen mukaisia tietoja voida yhdistää tutkimuksen tuloksiin. Nämä tiedot (jälkilaskelmat) ovat opinnäytetyön salassa pidettävinä liitteinä salassapitosopimuksen mukaisen ajan.
- 2. Lupa aineiston käyttöön:** Kaikki tutkimustyössä käytetty aineisto kerättiin yhteistyössä ja toimeksiantajan luvalla heidän hyväksymäänsä aineistonhallintasuunnitelmaan perustuen.
- 3. Avoimuus ja läpinäkyvyys:** Kaikki tutkimusprosessin aikana käytetyt menetelmät (laskelmat), aineisto ja lähteet dokumentoitiin huolellisesti, jotta tulosten jäljitettävyyttä ja luotettavuutta pystyttiin varmistamaan asianmukaisella tavalla.

Lähteet

Autio, J. & Heikkinen, O. 2002. The climate of Northern Finland. *Fennia – International Journal of Geography*, 180 (1-2), 61-66. Viitattu 28.9.2025. https://www.researchgate.net/publication/277833296_The_climate_of_northern_Finland

Avainluvut 2024. 2025. Taloudelliset tiedot ja näkymät. YIT Group. Viitattu 10.10.2025. <https://www.yitgroup.com/fi/sijoittajat/taloudelliset-tiedot>

BY 71/RIL 149-2019. 2019. Betonirakenteiden työmaatoteutus. Suomen Betoniyhdistys. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL.

BY 201. 2018. Betonitekniikan oppikirja. Suomen Betoniyhdistys. Helsinki: BY-Koulutus.

Das, K., Khursheed, S. & Paul, V. K. 2025. The impact of BIM on project time and cost: insights from case studies. *Discover Materials*, 5, 25. Viitattu 16.9.2025. <https://doi.org/10.1007/s43939-025-00200-2>

Dong, R. R., Muhammad, A. & Nauman, U. 2025. The influence of weather conditions on time, cost, and quality in successful construction project delivery. *Buildings*, 15 (3), 474. Viitattu 22.10.2025. <https://doi.org/10.3390/buildings15030474>

Elserougy, M., Fathy, F. & Khodeir, L. M. 2024. Practices and techniques for construction projects cost control – A critical review. *HBRC Journal*, 20 (1), 525–552. Viitattu 28.10.2025. <https://doi.org/10.1080/16874048.2024.2337060>

Eränummi, E. 2020. Talven vaikutus kerrostalon runkovaiheen kustannuksiin. Kandidaatintyö. Tampereen yliopisto, rakennustekniikka. Viitattu 22.10.2025. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/122589/EränummiErik.pdf>

Haahtela, Y. & Kiiras, J. 2011. Talonrakennuksen kustannustieto. Helsinki: Haahtela-kehitys.

Heikura, M. & Heikura, M. 2016. Rakennusprojektin kustannuslaskenta. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, tuotantotalous. Viitattu 11.9.2025. https://lut-pub.lut.fi/bitstream/handle/10024/130689/Lopullinen_Kandi_Matti_Heikura_Mikko_Heikura.pdf

Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK). 2024. Tutkimuseettinen neuvottelukunta. Viitattu 27.11.2025. <https://tenk.fi/fi/hyva-tieteellinen-kaytanta-htk>

Hänninen, A. 2023. Rakennustyömaan energiakustannusten optimointi. Opinnäytetyö, AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Viitattu 23.10.2025. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/801431/Opinnaytetyo_Hanninen_Aleksi.pdf

Jyväskylän ammattikorkeakoulun eettiset periaatteet. 2018. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 27.11.2025. <https://www.jamk.fi/fi/opiskelijalle/tutkinto-opiskelija/saannot-ja-periaatteet>

Keski-Suomi – Päijänteen vaikutuspiirissä. 2022. Ilmasto-opas. Viitattu 29.10.2025.
<https://www.climateguide.fi/artikkelit/keski-suomi-paijanteen-vaikutuspiirissa>

Kivistö, T. 2025. Siirtykö rakennusala uuteen normaaliin? Rakennuslehti, 59, 27, 3.10.2025. 2.

Klein, J. D. & Richey, R. C. 2005. Developmental research methods: Creating knowledge from instructional design and development practice. *Journal of Computing in Higher Education*, 16 (2), 23-38. Viitattu 3.11.2025. https://myweb.fsu.edu/jklein/articles/Richey_Klein_2005.pdf

Konsernin rakenne ja liiketoiminnot. 2025. YIT Group. Viitattu 10.10.2025. <https://www.yit-group.com/fi/tietoa-yitsta/konsernin-rakenne>

Kortelainen, M. 2024. Materiaalit halpenivat enää vähän, edessä voi olla maltillista nousua. *Rakennuslehti*, 58, 29, 18.10.2024. 12–14.

Kortelainen, M. 2025. Gryndin pohjakosketus ohi, toipuminen hidasta. *Rakennuslehti*, 59, 17, 23.5.2025. 4–5.

Koskenvesa, A. 1999. Talvirakentaminen. *Rakentajain kalenteri 1999*. Rakennustieto. Viitattu 28.9.2025. <https://tiedostot.rakennustieto.fi/rakentajain-kalenteri/RK99s697.pdf>

Laitinen, M. 2022. Rakentamisajankohdan vaikutus puurunkoisen kerrostalon runkovaiheen kustannustekijöihin. Kandidaatintyö. Tampereen yliopisto, rakennustekniikka. Viitattu 22.10.2025. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/136627/LaitinenMiika.pdf>

Lehtonen, I. 2021. Record mild winter of 2019/2020 in most of Finland. *FMI's Climate Bulletin: Research Letters*, 3 (1), 4-7. Viitattu 29.9.2025. <https://doi.org/10.35614/ISSN-2341-6408-IK-2021-02-RL>

Levanko, J. 2024. Lisä- ja muutostöiden ajallinen ja kustannuksellinen vaikutus pääurakoitsijalle. Insinöörityö, AMK. Metropolia ammattikorkeakoulu, rakennustekniikka. Viitattu 28.10.2025. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/850295/Levanko_Jesse.pdf

Lättilä, H. 2025. Rakennusliikkeet ja erikoisurakoitsijat 2024. *Rakennuslehti*, 59, 16, 16.5.2025. 12.

McMullan, R. 2007. *Environmental Science in Building*. Basingstoke, UK & New York, US: PALGRAVE MACMILLAN.

Pohjoisaho, R. 2022. Talvitöistä aiheutuvat lisäkustannukset maa- ja betonirakentamisessa. Opin näytetyö, AMK. LAB-ammattikorkeakoulu, rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Viitattu 23.10.2025. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/747328/Pohjoisaho_Roope.pdf

Rantanen, T. & Toikko, T. 2009. *Tutkimuksellinen kehittämistoiminta*. Tampere: Tampereen Yliopistopaino. Viitattu 30.10.2025. https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/100802/Toikko_Rantanen_Tutkimuksellinen_kehittamistoiminta.pdf

Ratu C8-0377. 2010. Talvityöt ja -kustannukset. Ratu-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 30.9.2025. https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu_C8-0377

Ratu KI-6031. 2017. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Ratu-käsikirja. Talonrakennusteollisuus & Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 30.9.2025. https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu_KI-6031

Ratu KI-6033. 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta. Ratu-käsikirja. Talonrakennusteollisuus & Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 12.2.2025. https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu_KI-6033

Ratu KI-6035. 2019. Rakennustöiden menekit 2020. Ratu-käsikirja. Talonrakennusteollisuus & Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 22.10.2025. https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu_KI-6035

Ratu S-1190. 2000. Rakennustyön lisäajat. Ratu-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 22.10.2025. https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu_S-1190

Ratu S-1236. 2021. Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Ratu-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 2.10.2025. https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu_S-1236

Rekonen, J. 2016. Talvirakentamisen riskien ja kustannusten hallinta. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, rakennustekniikan diplomi-insinöörin koulutusohjelma, rakennustuotanto. Viitattu 17.9.2025. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/24586/Rekonen.pdf>

ROK. 2025. Rakennusosien kustannuksia. Ratu-digikirja. Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 22.10.2025. [https://verkojulkaisut.rakennustieto.fi/teos/ROK2025 - RAKENNUSOSIEN\(20\)KUSTANNUKSIA\(20\)2025](https://verkojulkaisut.rakennustieto.fi/teos/ROK2025 - RAKENNUSOSIEN(20)KUSTANNUKSIA(20)2025)

RT 10-10992. 2010. Tietomallinnettava rakennushanke. Ohjeita rakennuttajalle. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 16.9.2025. https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT_10-10992

RT 10-11224. 2016. Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankkeen vaiheet ja osittelu. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 12.2.2025. https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT_10-11224

RT 10-11226. 2016. Talonrakennushankkeen kulku. Kustannusten muodostuminen ja ohjaus. RT-ohjekortti. Rakennustieto. Viitattu 13.2.2025. https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT_10-11226

Siiskonen, V. 2024. Talvi, joka jatkuu vain – oliko kulunut talvi epätavallisen pitkä ja kylmä? Ilmatieteen laitos. Viitattu 8.10.2025. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/puheenvuoro/1PH2QhDHwa7WE7tHwVCzL>

Strömberg, J. 2022. Tilastot sen kertovat: Ilmastonmuutos on nostanut lämpötiloja Suomessa selvästi. Yle Uutiset 15.1.2022. Viitattu 29.9.2025. <https://yle.fi/a/3-12263453>

Talvibetonointi. 2013. Betoniteollisuus. Helsinki: Suomen Rakennusmedia. Viitattu 18.10.2025. [https://www.rudus.fi/Download/23829/Talvibetonointi-kirja 2013.pdf](https://www.rudus.fi/Download/23829/Talvibetonointi-kirja%202013.pdf)

Talvisään tilastoja. 2025. Talvtilastot. Ilmatieteen laitos. Viitattu 26.9.2025. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/talvitalastot>

Valmisbetonihinnasto. 2025. Rudus, Etelä-Suomi. Viitattu 23.10.2025. [https://www.rudus.fi/Download/23921/Betonihinnasto Etelä-Suomi 1.10.2025.pdf](https://www.rudus.fi/Download/23921/Betonihinnasto%20Etelä-Suomi%201.10.2025.pdf)

Vesterinen, J. 2019. Rakennushankkeen kustannusten muodostumien ja niihin vaikuttaminen – omaperusteisessa asuntotuotannossa. Opinnäytetyö, AMK. Turun ammattikorkeakoulu, rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Viitattu 10.9.2025. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/172484/Vesterinen Juuso.pdf](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/172484/Vesterinen%20Juuso.pdf)

Liitteet

Liite 1. KOAS Tourula: Jälkilaskelma (salassa pidettävä)

Liite 2. Paperitehtaankatu 30: Jälkilaskelma (salassa pidettävä)