

Roope Markkanen

MÄRKÄTILOJEN TEHOKAS RAKENTAMINEN

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2022



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Roope Markkanen
Työn nimi	Märkätilojen tehokas rakentaminen
Toimeksiantaja	JHS-Rakenne Oy
Vuosi	2022
Sivut	38
Työn ohjaaja(t)	Anu Kuusela

TIIVISTELMÄ

Märkätilarakentamisessa voidaan kerrostalokohteissa valita rakennusmenetelmäsi joko paikallaan rakennettavat märkätilat tai elementtimärkätilat. Nämä kaksi rakennustapaa eroavat toteutustavoiltaan, työmaavaiheessa projektien kestoiltaan sekä kustannusrakenteiltaan merkittävästi toisistaan.

Märkätilat paikalleen rakennettaessa on työmaan ajallinen kesto pidempi. Lisäksi projekti sisältää enemmän erillisiä työvaiheita ja on työnjohdollisesti monimutkaisempi. Kustannuksiltaan paikallaan rakennettavat märkätilat ovat edullisempi toteutusratkaisu, mikäli rakennettavien märkätilojen kappalemäärä on pieni tai märkätilat eroavat merkittävästi keskenään toisistaan.

Märkätilojen elementtirakentaminen säästää isoilla rakennustyömailla aikaa, kun märkätilat toimitetaan valmiina moduuleina, jonka jälkeen ne nostetaan paikalleen ja kytketään kiinni talotekniikkaan. Tämän rakennustavan valitseminen säästää aikaa ja työvaiheita työmaalla sekä vähentää näin kustannuksia. Tämän takia elementtimärkätilarakentaminen on kustannustehokas vaihtoehto, kun rakennettavien märkätilojen määrä on suuri ja märkätilat ovat keskenään samankaltaisia.

Kustannusvertailun perusteella 38 kappaletta märkätiloja sisältävässä uudis-kerrostalon rakennusprojektissa taloudellisesti kannattavampi vaihtoehto on elementtimärkätilarakentaminen, kun otetaan huomioon rakennustavasta aiheutuneet kustannukset, työmaan kesto ja odotetut reklamaatiokustannukset.

Asiasanat: märkätila, elementtirakentaminen, rakennuskustannusvertailu

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Roope Markkanen
Thesis title	Efficient construction of bathroom
Commissioned by	JHS-Rakenne Oy
Time	2022
Pages	38
Supervisor	Anu Kuusela

ABSTRACT

In bathroom construction, in high-rise apartment buildings, the construction method can be either built-in bathrooms or prefabricated module bathrooms. These two construction methods differ significantly from each other in terms of execution methods, project durations in the construction phase and cost structures.

When bathrooms are built in place, the time duration of the construction site is longer. In addition, the project includes more separate work phases and is more complicated in terms of site and project management. In terms of costs, built-in-place bathrooms are cheaper solution, if the number of bathrooms to be built is small and the bathrooms differ significantly from each other.

Project model that uses prefabricated module bathrooms saves time on large construction sites, when bathrooms are delivered in modules that are prefabricated units ready to be installed. Modules are lifted into place and connected to building technology. This construction method saves time and work steps at site phase and thus reduces project total costs. Because of this, prefabricated module bathrooms construction method is cost-effective option when the number of bathrooms to be built is large and bathrooms are similar like each other.

Based on a cost comparison, in the construction project of a new apartment building containing 38 pieces of bathroom units, the more economically profitable option is to select prefabricated module bathroom as a project method, when taking into account the costs caused by the construction method, the duration of the construction site and the expected reclamation costs.

Keywords: Bathroom, Modular Construction, Construction Cost Comparison

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
1.1	Tutkimuksen tausta	7
1.2	Opinnäytetyön keskeiset käsitteet	9
2	MÄRKÄTILARAKENTAMINEN	10
2.1	Yleiset määräykset	10
2.2	Rakenteet	10
2.2.1	Lattiarakenteet	11
2.2.2	Seinäarakenteet	12
2.2.3	Sisäkattorakenteet	13
2.3	Märkätilojen vedeneristys	13
3	AS. OY TAMPERE VIVIANIN MÄRKÄTILAT	14
4	PAIKALLA RAKENNETTU MÄRKÄTILA	16
4.1	Rakentaminen	16
4.2	Ajankäyttö ja riskit	16
4.3	Kustannukset	17
5	MÄRKÄTILOJEN ELEMENTTIRAKENTAMINEN	20
5.1	Märkätilojen elementtirakentaminen (Parmarine Oy)	20
5.2	Tuotantoaika	23
5.3	Kustannukset	24
6	PAIKALLAAN RAKENNETTAVAN JA ELEMENTTIMÄRKÄTILAN KUSTANNUS- JA AIKATAULUVERTAILU	26
6.1	Analyysimenetelmä	26
6.2	Materiaali- ja suorat työkustannukset	26
6.3	Työmaan kesto ja sen vaikutus kokonaiskustannuksiin	27
6.4	Laskennallisten takuukustannusten vaikutus kokonaiskustannuksiin	28
7	TULOKSET	29
8	POHDINTA	30

9	YHTEENVETO	31
	LÄHTEET	33

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Työn tilaajana toimii tamperelainen vuonna 1987 perustettu JHS-Rakenne, jonka toiminta keskittyy pääsääntöisesti uudisrakentamiseen. JHS konserni toimii pääurakoitsijana pääsääntöisesti kaikissa urakoissaan, ja heidän liiketoimintamallinsa perustuu projektin johtamiseen.

Yksi merkittävä osa-alue rakennusurakoissa on märkätilojen rakentaminen. Märkätilojen rakennuskustannukset sekä märkätilojen sitoma rakennusaika on yksi huomattavimmista kulueristä rakennustyömaalla. Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia, onko märkätilojen elementti- vai paikallarakentaminen kustannustehokkaampi vaihtoehto, kun huomioidaan rakentamisprosessi, käytetty aika ja odotetut reklamaatiokustannukset. Näiden perusteella pyritään selvittämään kustannuksiltaan kokonaistaloudellisesti paras vaihtoehto opinnäytetyön esimerkkirakennusprojektissa, joka on 38 märkätilaa sisältävä kerrostalo. Työn vahvana osapuolena tulee toimimaan myös Parmarine-elementtivalmistaja, jonka avulla saadaan kustannustietoja elementtirakentamisesta. Tätä kautta mahdollistuu paikallaanrakennettavan ja elementtimärkätilan kustannusvertailun toteuttaminen.

Tässä opinnäytetyössä etsitään vastausta seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Millainen on paikallaan rakennettavan märkätilan rakennustapa, siihen sitoutuva aika ja kustannukset?
2. Millainen on elementtimärkätilan rakennustapa, siihen sitoutuva aika ja kustannukset?
3. Onko As. OY Tampere Vivianin kaltaisessa rakennusprojektissa taloudellisesti kannattavampi vaihtoehto valita elementti- vai paikallaan rakennettava märkätila huomioiden rakennustavasta aiheutuneet kustannukset, työmaan kesto ja odotetut reklamaatiokustannukset?

JHS-Rakenne ei ole toistaiseksi käyttänyt märkätilaratkaisuuina valmiselementtejä, vaikka nykypäivän rakennustrendi on suuntautumassa tietyin edellytyksin elementtirakentamiseen. Tämän takia märkätilojen rakennustapojen vertailu on yritystoiminnan kehittämisen kannalta todella ajankohtaista.

Tässä opinnäytetyössä on sovellettu monipuolisesti erilaisia tiedonhakumenetelmiä. Teoriaosuuden kokoamiseksi on tietoa kerätty alan kirjallisuudesta sekä aihetta käsittelevistä opinnäytetöistä, jotka löytyvät Theseus-portaalista. Tämän jälkeen on syvennytty case-yrityksen työmaakohteeseen ja kerätty kustannusdataa paikallaan rakennettavan ja elementtimärkätilan vertailun laatimiseksi.

Tämä opinnäytetyö on jakaantunut yhteensä 11 lukuun. Johdannon jälkeen luvussa 2 taustoitetaan lukijalle märkätilarakentamisen yleisiä määräyksiä sekä rakennusteknisiä ja vedeneristyskäytäntöjä, joita on otettava huomioon rakentamisessa. Luvussa 3. kuvataan tämän opinnäytetyön tutkimuskohteena olevaa työmaata As OY Tampere Vivian ja sen märkätiloja, jotta lukijalle muodostuu käsitys siitä, millaisissa olosuhteissa opinnäytetyön tulokset ovat sovellettavissa. Luvussa 4. avataan paikallaanrakennettavaa märkätilarakentamista As OY Tampere Vivian -projektissa mukaan lukien paikallaan rakennettavan märkätilan kustannuserittely. Tämä luku vastaa osaltaan opinnäytetyön ensimmäiseen tutkimuskysymykseen, eli millainen on paikallaan rakennettavan märkätilan rakennustapa, siihen sitoutuva aika ja kustannukset?. Luvussa 5. annetaan vastaavanlainen kuvaus elementtimärkätilarakentamisesta sekä avataan rakennusmallista syntyviä kustannuksia As OY Tampere Vivian kaltaisessa projektissa. Tämä luku taas vastaa toiseen opinnäytetyön tutkimuskysymykseen, eli millainen on elementtimärkätilan rakennustapa, siihen sitoutuva aika ja kustannukset? Näiden jälkeen päästään toteuttamaan luvussa 6. paikallaan rakennettavan ja elementtimärkätilan kustannusvertailu, jossa on huomioitu myös työmaan keston sekä reklamaatiokustannusten vaikutus kustannustehokkaimman rakennusmenetelmän valintaan. Tämä luku vastaa opinnäytetyön viimeiseen tutkimuskysymykseen, eli onko As. OY Tampere Vivianin kaltaisessa rakennusprojektissa taloudellisesti kannattavampi vaihtoehto valita elementti- vai paikallaanrakennettava märkätila huomioiden rakennustavasta aiheutuneet kustannukset, työmaan kesto ja odotetut reklamaatiokustannukset? Viimeisessä luvussa 7. avataan tulokset, jota seuraa 8. pohdinta, 9. yhteenveto, 10. lähteet ja 11. liitteet.

1.2 Opinnäytetyön keskeiset käsitteet

Märkätila	huonetila, joka ei ole asuinhuone ja jonka lattiapinta on tilan käyttötarkoituksen vuoksi vedelle alttiina ja jonka seinäpinnoille voi normaalissa käyttötilanteessa roiskua tai tiivistyä vettä (Finlex 2022).
Elpo-hormi	Talotekniikkaelementti, jossa betonirunkoiseen hormielementtiin saadaan kaikki vesi- ja lämpöjohdot, viemärit, sadevesiviemärit, ilmanvaihtokanavat sekä putkitukset sähkö- ja tietoliikennekaapeleita varten. Kohdekohtaisesti räätälöity elementti asennetaan työmaalla nopeasti ja turvallisesti kerros kerrallaan. (Rudus 2022.)
PPK-liitäntä	Vesipiste pesukonetta varten,
RT-kortisto	Rakennusalan toimijoille suunnattu tietopalvelu, josta saa tekniset ohjeet tila- ja rakennesuunnitteluun sekä muutenkin päivitettyä tietoa laadukkaaseen rakentamiseen rakennusalaan ohjaavat lait, määräykset ja ohjeet huomioiden. (Rakennustieto 2022)
LVIS	Lämpö, vesi, ilmanvaihto, sähkö
Littera	Numerosarja, joka kuvaa kustannuspaikkaa, eli sitä talon osaa johon kustannus kohdistuu. (Sivén 2018). Litterat ryhmittyvät eli jakautuvat vielä pääryhmien alle. Esimerkkinä littera-pääryhmä numero 5 Pintarakenteet ja sen alla littera numero 52 Pesuhuoneen seinät ja 52001 Betoniseinien tasaus.

2 MÄRKÄTILARAKENTAMINEN

2.1 Yleiset määräykset

Opinnäytetyön taustoittamiseksi on tarpeen avata märkätilarakentamisen käsitteistöä ja keskeisimpiä määräyksiä. Tämä luo viitekehyksen, johon johdannossa esitellyt tutkimuskysymykset nojaavat. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (Finlex 2022) on määritellyt märkätilat seuraavasti: Märkätilan kuvataan olevan *huonetilaa, joka ei ole asuinhuone ja jonka lattiapinta on tilan käyttötarkoituksen vuoksi vedelle alttiina ja jonka seinäpinnoille voi normaalissa käyttötilanteessa roiskua tai tiivistyä vettä*. Märkätilojen rakenteet tulee kestää käyttötarkoituksellisen ajan kosteutta ilman, että se vaikuttaa rakenteen toimintaan. Märkätiloille on esitettävä tietyt huolto- tai korjausvälit, jos rakenne ei ole suunniteltu kestämään koko rakennuksen suunniteltua käyttöikää. Rakennerratkaisut sekä materiaalit tulee valita niin, etteivät ne kerää haitallisissa määrin kosteutta. Mahdollisen kastumisen tai kostumisen jälkeen rakenteille on esitettävä suunnitelma niiden kuivattamisesta esimerkiksi vesivahinkotilanteissa. (Laamanen, P., Heimala, A., Heimonen, I., Järvinen, P., Vinha, J., & Åström, G. 2012, 14)

Rakennustekniikoiden ja materiaalien kehittyessä tai muuttuessa tehdään yleisiin märkätilarakentamisen määräyksiin aika ajoin muutoksia ja tarkennuksia. Eurofin (2019) on tiivistänyt märkätiloja ja sen vedeneristystä sekä vertaillut viimeisimpiä muutoksia määritelmässä. Vallitsevan asetuksen mukaan ”vesi ei saa valua tai siirtyä kapillaarivirtauksena märkätilasta ympäröiviin rakenteisiin ja huonetiloihin” ja lisäksi ”märkätilan vedeneristyksen on muodostettava kokonaisuus, joka on tiivis kaikilta vedeneristetyiltä pinnoiltaan sekä niiden saumoista, läpivienneistä ja liittymistä.” (Eurofin 2022)

2.2 Rakenteet

RT-kortissa 84-11166 on kuvattu, kuinka yleisesti märkätilojen rakenteisiin on kaksi toimintatapaa. Rakenteet tehdään joko ranka- tai kivirakenteisesti. Kivirakenteet ovat huomattavasti raskaampia, mutta myös tukevampia rakenteita, koska laadukkaasti rakennettuna niiden sisällä oleva metallirauditus jäykistää rakenteen sitomalla sementin ja kiviaineksen yhteen. Kivirakenteen muodostavat esimerkiksi betonivalut tai -elementit tai tiilirakenteet. Rankarakenteita,

jotka valmistetaan joko puu- tai metallirangoista, on usein tuettava levytyksen ja vedeneristuksen onnistumiseksi rakennusvaiheessa. Jäykistystapa ja -materiaali tulee selvittää rakennuttajalta tai toimittajalta.

Tässä työssä vertaillaan elementtimärkätilaa ja paikallaan rakennettavaa märkätilaa kerrostalotyömaalla rakennustapana ja kustannuksiltaan. Kerrostalo-kohteissa suositaan yleensä paremman kantokyvyn kannalta kivirakenteisia märkätiloja. Lisäksi kivirakenteita suositaan märkätiloissa, koska niissä ei ole orgaanisia aineita, jotka reagoisivat voimakkaasti kosteuden kanssa ja voisivat näin toimia kasvualustana esimerkiksi homeelle. Kyseinen näkökulma on huomioitu tämän opinnäytetyön taustalla, vaikka kyseisten rakenteiden vertailu on rajattu tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Työssä ei siten arvioida näiden kahden rakennustavan vaikutuksia paikallaanrakennettavan ja elementtimärkätilan vertailussa.

2.2.1 Lattiarakenteet

Tiloissa, joissa altistutaan usein vedelle, on oltava kallistetut lattiarakenteet, kaivo sekä vedeneristys. Kallistuksen voi tehdä joko valun yhteydessä esimerkiksi holvivalulla tai myöhemmin pintavaluna. Kaltevuuden tulee olla 500 mm:n päässä lattiakaivosta minimissään 1:100 sekä vähintään 1:50. Suunnitelmissa tulee näkyä lattioiden tavoitekaltevuudet ja niistä voidaan poiketa vain märkätikalalusteiden kohdalla.

RT-kortiston (RT 84-11166, 3) mukaan rankarakenteinen välipohja tai -lattia vaatii lisätuentaa mahdollisten liikkumisten välttämiseksi. Näihin voidaan hyödyntää esimerkiksi seiniin tukeutumista tai mahdollisia lisäkoolauksia. Esimerkki tästä löytyy kuvasta 1. Lattian materiaalin valinnassa tulee olla huolellinen, jotta kyseinen materiaali sopii lattian kantavaksi osaksi. Esimerkkinä tästä voidaan pitää 15 mm:n lattiakipsiä. Kipsi- tai muun levyn päälle on usein tehtävä kallistuksien saamiseksi pintavalu.



Kuva 1. Puista rankarakennetta ja sen lisäkoolausta

Valmiiksi kallistettuja lattiarakenteita tehtäessä on otettava huomioon toimintatavat ja materiaalitoleranssit. Betonin valmistus tulee suorittaa luokan A-4-II mukaan. (Betonilattiat 2014) Paksuissa lattiavaluissa tulee käyttää betoni-sementtiyhdistettä, jonka kutistuma on pieni. Näin saadaan vältettyä niin kutsuttu kuivumishalkeilu ja taattua vedeneristeen kesto. Suurien valujen ongelmana työmailla on pitkä kuivumisaika. (RT 84-11166, 4) Valujen pitkällä kuivusmisajalla voi olla vaikutusta projektin kokonaiskesto, joka osaltaan vaikuttaa kokonaiskustannuksiin. Pitempi projektin kesto sitoo resursseja ja aiheuttaa näin kustannuksia.

2.2.2 Seinärakenteet

Märkätilojen rakentamisessa suositellaan yleisesti kivirakenteita, vaikka rankarakentaminen on todella yleistä nykypäivänä johtuen sen hyvästä kantoky-

vystä sekä sopivuudesta märkätiloihin epäorgaanisena aineena. Jos rakentamismalliksi valitaan rankarakenteen käyttäminen, kylpyhuoneen seiniä tehdessä on käytettävä lisätuentaa seinärakenteen jäykistämiseksi.

Seinän jäykistämisen voi toteuttaa ja sitä voi tehostaa seuraavasti:

- levytysmateriaalin valinta
- koolausväli k300–400 (normaaleissa väliseinärakenteissa k600)
- runko ja kantavien tolppien vaakakoolaus
- tuplalevyt

Valmiin seinärakenteen ja lattiarakenteen saumaan tulee asentaa saumassa. Näin vältetään veden kulkeutuminen vedeneristeen ja lattiapintakerroksen välillä (RT 84-11166, 6.)

2.2.3 Sisäkattorakenteet

Märkätiloissa ollaan aina tekemisissä veden kanssa. Tämän takia märkätilojen kattomateriaalit on valittava siten, että ne kestävät mahdollisista roiskeista aiheutuvat hetkelliset kastumiset. Kosteuspitoisuudet laskevat kuitenkin käytön jälkeen ilmanvaihdon avulla, mikäli se on järjestetty asianmukaisesti.

Märkätilojen höyrysulku tulee olla myös katossa. Höyrysulun voi asentaa kantavassa betonirakenteessa, rankarakenteessa tai alakattorakenteessa. Nämä seikat tulee huomioida märkätilarakentamisessa, oli sitten valittu rakennusmenetelmä paikallaanrakennettava märkätila tai elementtimärkätila.

2.3 Märkätilojen vedeneristys

Märkätiloissa on seinä- ja lattiarakenteisiin rakennettava yhtenäinen vedeneristyskerros. Vedeneristys voi sijaita näissä tiloissa pintamateriaalissa tai pintamateriaalin alla, kuitenkin suosituksen mukaan vedeneristys tulee asettaa mahdollisimman lähelle valmista pintaa. Vedeneristyskerroksen paksuus valmiissa märkätilassa voi vaihdella riippuen valitusta eristysmateriaalista. Vedeneriste on joko paikallaan asennettava tai levitettävä tai valmiiksi rakenteeseen osittain tai kokonaan asennettu. Vedeneristyskerroksen paksuus riippuu eristysmateriaalista. (Laamanen.P. at all. 2012, 170.) Taulukossa 1 on kuvattu

asunnoissa olevien erilaisten tilojen vedeneristystarvetta lattia-, seinä- ja kattorakenteissa. Taulukosta voidaan havaita, että vedeneristys on merkittävässä roolissa märkätilarakentamisessa. Taulukossa esitetyt vaatimukset on otettava huomioon, olipa valittava rakennusmenetelmä märkätilalle paikallaanrakennettava tai elementtimärkätila.

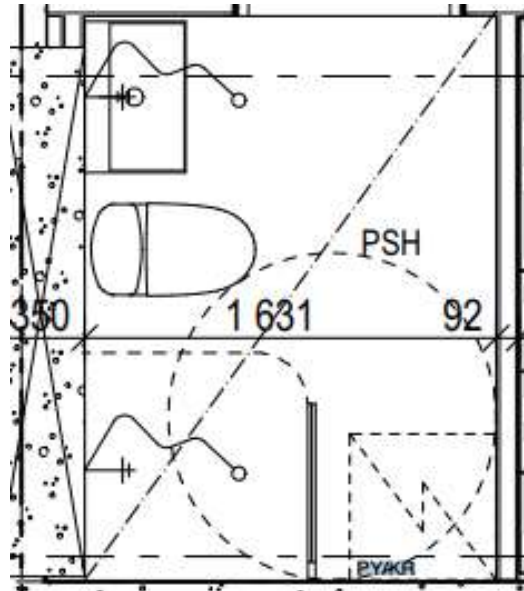
Taulukko 1 Taulukko, joka havainnollistaa erilaisten tilojen ja niiden eri rakenteiden veden- tai kosteudeneristykseen tarvetta (RT 84-11166,2)

Asunnon rakenteiden veden- tai kosteudeneristykseen tarve sekä pintarakenteilta vaadittava vedenkestävyys			
Tila	Lattia	Seinä	Katto
kylpy- tai suihkutilat, pesuhuoneet (aina lattiakaivo)	vedeneristys	vedeneristys	kosteutta kestävä pinta
löylyhuoneet (lattiakaivo suositus)	vedeneristys	höyrynsulku	kosteutta kestävä pinta, RT 82- 10582 Puiset sisäverhoukset
höyryhuoneet (aina lattiakaivo)	vedeneristys	erityissuunnitelman mukaan	erityissuunnitelman mukaan
saunakaapit (lattiakaivolliseen tilaan)	erillinen vedeneristys kaapin alla	erillinen vedeneristys kaapin takana	
wc-tilat (lattiakaivo suositus)	vedeneristys	laatoitettavilla seinän osilla vähintään kosteussulku	
kodinhuoltohuoneet (aina lattiakaivo)	vedeneristys	laatoitettavilla seinän osilla vähintään kosteussulku	
kuraeteiset (aina lattiakaivo)	vedeneristys	vedeneristys 1,2 metrin korkeuteen vaakasuunnassa 1,5 metrin etäisyyteen vesipisteestä	
keittiöt	Vuotovesikaukalo tai vastaava vesijohtoon kytkettyjen laitteiden alle.	kosteussulku vähintään pesualtaan kohdalla	
LVI-tekniset tilat	vedeneristys käyttötarkoituksen mukaan		

3 AS. OY TAMPERE VIVIANIN MÄRKÄTILAT

Tutkimuksen esimerkkikohteeksi on valittu JHS-Rakenteen viimeisin kohde, joka on valmistunut helmikuussa 2022. As. OY Tampere Vivianissa märkätilat toteutettiin perinteisellä paikalleen tehtävällä rakennusmenetelmällä. Asuinhuoneistojen tilaratkaisuissa märkätilat sisältävät yleisesti suihkutilan tai suihkukaapin, wc-istuimen, allaskaapin sekä PPK-liitännän, joka tarkoittaa vesipistettä esimerkiksi pesukonetta varten. Märkätilat ovat keskimäärin 3.5 m² – 4.5 m² huoneistoratkaisusta riippuen. Märkätilojen koko, toiminnallisuus ja varustelu on suunniteltu palvelemaan asuntosijoittamista. Kylpyhuoneet olivat tyyliltään pelkistettyjä ja pitkälle standardoituja asuntojen välillä, koska se

osaltaan mahdollistaa skaalautumisen kautta saavutettavan kustannustehokkuuden, ja ne ovat lisäksi tyyliiltään neutraaleja ja useita potentiaalisia sijoittajia ja asukkaita miellyttäviä. Esimerkki kyseisen kylpyhuoneen pohjapiirroksista on nähtävissä kuvassa 2.



Kuva 2 Pohjapiirros As. Tampere Vivianin toisen kerroksen märkätilasta. Tämä kuva havainnollistaa tämän opinnäytetyön laskennassa ja vertailussa käytettyä märkätilatyyppeä sekä rakennusteknisiä ratkaisuja (JHS-Rakenne 2022)

Märkätilojen talotekniikka on kuljetettu ylempiin kerroksiin käyttäen Elpo-hormi-valmiselementtiä hyväksi. Elpo-hormi yhdistettynä betonielementtiin näkyy yllä olevassa kuvassa wc-istuimen takana koko seinän pituudella kulkevalla ristillä. Elpo-hormi on tilatehokas ratkaisu talotekniikan kuljetuksessa kerrosten välillä ja siksi rakennussuunnitelmassa Elpo-hormit on pyritty tuomaan ylös mahdollisimman lähellä märkätiloja. Tämä säästää tilaa, koska Elpo-hormi on suunniteltu optimaalisesti ja työmaan mukaan räätälöity valmisbetonirakenne, johon on sisällytetty kaikki vesi- ja ilmanvaihtoputket, viemärit sekä varaukset sähkö- ja tietoliikennekaapeleiden asentamiselle. Tällaisen ratkaisun käyttäminen säästää työmaalla tehtävään työhön käytettyä aikaa eli kustannuksia.

4 PAIKALLA RAKENNETTU MÄRKÄTILA

4.1 Rakentaminen

Märkätilojen paikalla rakentamisessa työvaiheita on monia aina rakennuksen runkovaiheesta sen viimeistelyvaiheeseen saakka. As. OY Tampere Vivianissa märkätilakohtaiset viemäröinnit, lämmitysjärjestelmät sekä siltä osin mahdolliset muut LVIS-työt aloitettiin kerroskohtaisessa holvivaluvaiheessa. Kerroksen elementtiseinien ja seuravan kerroksen holvivalun jälkeen alkoi väliseinävaihe. Kohteen kerrosten märkätilojen seinistä vähintään yksi on kivi- eli betonirakenteinen, ja sen kautta talotekniikka nousee kerroksien välillä. Tämän etuna on putkien läheinen sijainti niiden liittämistä ajatellen.

Muut väliseinärakenteet on rakennettu teräksisistä rankarungoista, jotka on jäykistetty sisäpuolisin osin erikoiskovalla Gyproc GRI13 -kipsilevyllä (13 mm) ja ulkopuolelta Gyproc GN -levyllä (13 mm). Rankarunkoiset väliseinät levytettiin ensin märkätilojen sisäpuolelta, jotta sähköt ja muut talotekniikat saatiin asennettua suunnitelmien mukaisesti. Väliseinävaiheen jälkeen suoritettiin lattian kaatojen viimeistely maakostealla betonivalulla. Märkätilojen katossa kulkeva talotekniikka valmisteltiin tässä vaiheessa alas lasketun katon mittojen antamien mahdollisuuksien mukaan. Vedeneristys toteutettiin Ardex-tuoteperheen sisäpuolisella vedeneristeellä, joka levitettiin telalla. Märkätilojen läpivientien (kaivot, hanakulmat, IV, nurkat ja sähköt) tukeminen toteutettiin valmistajan sekä RT-84-11166, 11 ohjeiden mukaisesti (Ardex-märkätilajärjestelmät). Märkätilojen pintamateriaalien asennus sekä kalustus toteutettiin rakennustapaselosteen mukaisesti märkätiloihin.

4.2 Ajankäyttö ja riskit

Paikalla rakennettavien märkätilojen valmistaminen on prosessina pitkä, sillä niiden työvaiheet alkavat runkovaiheesta ja ovat sidonnaisia moniin työvaiheisiin aina viimeistelyyn saakka. Työvaiheiden suunnitteleminen ajankäytöllisesti on tärkeää, sillä rakennusvaiheessa märkätilojen eri vaiheita tekevät monet eri asentajat ja aliurakoitsijat. Riskinä ovat mahdolliset viivästymiset rakennusprojektin kokonaiskestossa, mikä johtuu usein monista erillisistä mutta toisiaan seuraavista rakennusvaiheista. Toiset näistä märkätilan rakennusvai-

heista ovat sidonnaisia toisiinsa niin, että seuraavan vaiheeseen ei voida siirtyä ennen edellisen valmistumista. Tästä on esimerkkinä muun muassa mahdollinen väliseinärakenteen viivästyminen, joka osaltaan estäisi vesieristystöiden aloittamista ja niissä etenemistä. Useiden asentajien ja aliurakoitsijoiden työn laadun säilyminen voi myös vaarantua, mikäli töissä ei edetä alkuperäisen suunnitelman mukaisesti jouhevassa aikataulussa, vaan työhön tulee erilaisia yllättäviä keskeytyksiä ja häiriötekijöitä. Nämä voivat kulminoitua rakennusvirheiksi sekä niiden kautta syntyviksi reklamaatiokuluiksi. Toisaalta tutkitusti usein rakentamisen laatuun vaikuttavat negatiivisesti liian tiukoiksi laskeut projektiakataulut, vaillinainen suunnittelu ja projektiin osallistuvat useat osapuolet (Rakennusteollisuus-2022). Ajankäytön hahmottamisessa auttavat erilaisten rakennusprojektien aikataulutukseen laaditut tietokoneohjelmat. Riskiestä kannattaa myös aina laatia kattava riskianalyysi ennen projektin aloittamista. Riskien tiedostaminen voi vähentää todennäköisyyttä niiden toteutumiselle.

4.3 Kustannukset

Märkätilojen paikallarakennuksen kustannuslaskenta on tehty hyödyntäen JHS-Rakenteen materiaalimenekkejä. JHS-Rakenne on alallaan vakiintunut toimija, jolla on pitkältä ajalta kokemusperusteista tietoa ja dataa projektissa toteutuneista materiaalmääristä. Laskelmassa käytetyt määrät noudattelevat JHS-Rakenteen omassa tarjouslaskennassaan soveltamia materiaalmääriä. Tässä opinnäytetyössä alla esitetyssä laskennassa käytettävät työtunnit ja niiden muodostama kustannus tulee niin ikään JHS-Rakenteen omien tarjouslaskelmien pohjalta. Laskenta noudattelee As. OY Tampere Vivianin projektia, jolloin kyseinen rakennus sisältää 38 kappaletta märkätiloja.

Taulukoissa 2, 3 ja 4 on eritelty litteroittain As. OY Tampere Vivianin projektissa tarvittavat tunnistetut litterat sekä niiden kustannukset huomioiden sekä määrät, työkustannukset ja ainekustannukset sekä mahdolliset muut palvelut. Kaikki kustannukset ovat tässä opinnäytetyössä ilmoitettu muodossa ALV 0. Taulukoista käy hyvin ilmi se, että paikallaan rakennettava märkätila on rakennuttajalle monivaiheinen työ, joka koostuu useista eri työvaiheista. Myös kustannusanalyysissä on otettava huomioon useita eri kustannuseriä, jotka voivat yksittäin tarkasteltuna tuntua vähäpätöisiltä, mutta suuressa

projektissa ne muodostavat merkittävän kuluerän. Yhteensä kyseisen kohteen laskennassa erillisiä litteroita on 36 kappaletta.

Kustannuslaskennan lopputuloksena taulukon 4 viimeisellä rivillä huomataan, että yhden kylpyhuonemärkätilan arvioitu kustannus As. OY Tampere Vivianin projektissa on 8 872 €. Kaikkein suurimman yksittäisen kustannuksen aiheuttaa työmaalla tehtävä seinien laatoitus. 20 m²:n märkätilan laatoittamiseen menee aikaa noin 14 tuntia, joka vastaa melko tarkasti yhden työntekijän kahden päivän työtä. Kun yhden työtunnin laskennallinen hinta on 45 €, muodostuu laatoitustyön kustannukseksi märkätilaa kohden 630 €. Kun tähän lisätään laattojen ostosta syntyvä kustannus 400 €, tulee laatoituksen kokonaiskustannukseksi 1 030 € märkätilaa kohden. Tämä on 11,6 % märkätilan kokonaiskustannuksista. Toiseksi kalleimpana yksittäisenä työnä on LVI-työt, eli putkitukset, jotka maksavat 950 € märkätilaa kohden.

Taulukko 2 Kustannuslaskelma ja -erittely litteroittain paikallaan rakennettavan märkätilan ovista, väliseinistä ja pesuhuoneen seinistä. Laskelmassa on huomioitu määrät, työkustannukset, ainekustannukset sekä mahdollinen muu palvelu.

Nimike ja selitys	Lajittele litteran mukaan		Määrätiedot		Työkustannus			Ainekustannus		Alih / oma palvelu		YHTEENSÄ	
	Määrä	yks	h/yks	h yht	€/h	€/yks	€ yht	€/yks	€ yht	€/yks	€ yht	€/yks	€ yht
PAKALLA RAKENNETTAVA KYLPYHUONE													
OVET													
Pesuhuoneen ovi (Jeld-Wen Easy 9x21) Sis.karmit	1	kpl	0,70	0,7	40,0	28,0	28,0	90,0	90,0			118,0	118,0
Oven muovailtoitus kylpyhuoneen puolelta	5	jm	0,12	0,6	40,0	4,8	24,0	4,0	20,0			8,8	44,0
Oven tammikynnys	1	kpl	0,50	0,5	40,0	20,0	20,0	15,0	15,0			35,0	35,0
VÄLISEINÄT													
Pesuhuoneen seinät (kostean tilan seinä)													
- Metranka 65mm (kattoon asti)	10	m2	0,70	7,0	45,0	31,5	315,0	5,0	50,0			36,5	365,0
- Edellisen ylä ja alapää	8	jm	0,30	2,4	45,0	13,5	108,0	7,0	56,0			20,5	164,0
- Gyproc levytys EK	10	m2	0,50	5,0	45,0	22,5	225,0	5,0	50,0			27,5	275,0
- Gyproc levytys GR (kostean tilan levy)	10	m2	0,50	5,0	45,0	22,5	225,0	9,0	90,0			31,5	315,0
- 50mm min villa k.3000 (ei saunan seinin)	10	m2	0,15	1,5	45,0	6,8	67,5	3,0	30,0			9,8	97,5
PESUHUONEEN SEINÄT													
Betoniseinien lasoitus (Velonit MT)	10	m2	0,30	3,0	40,0	12,0	120,0	5,0	50,0			17,0	170,0
Seinien vesieristys kostean tilan levyyn päälle suoraan (Ardex)	20	m2	0,30	6,0	45,0	13,5	270,0	5,0	100,0			18,5	370,0
Seinien laatoitus (Kesko Primus 200x200)	20	m2	0,70	14,0	45,0	31,5	630,0	20,0	400,0			51,5	1 030,0
Laatoituksen kulmalistat hormiin	1	kpl	1,00	1,0	45,0	45,0	45,0	50,0	50,0			95,0	95,0
Silikkooni (Killo)	10	jm								2,5	25,0	2,5	25,0

Taulukko 3 Kustannuslaskelma ja -erittely litteroittain paikallaan rakennettavan märkätilan sisäkattojen ja lattioiden pintarakenteista sekä kylpyhuonevarusteista. Laskelmassa on huomioitu määrät, työkustannukset, ainekustannukset sekä mahdollinen muu palvelu.

Nimike ja selitys	Lajittele litteran mukaan		Määrätiedot		Työkustannus			Ainekustannus		Alih / oma palvelu		YHTEENSÄ	
	Määrä	yks	h/yks	h yht	€/h	€/yks	€ yht	€/yks	€ yht	€/yks	€ yht	€/yks	€ yht
SISÄKATTOJEN PINTARAKENTEET													
Alaslasitettu pellikatto (polyesteri pinnoitettu pelli kasetti)	5	m2	2,00	10,0	45,0	90,0	450,0	30,0	150,0			120,0	600,0
Kasetin ja laatan väisen liitymän siistiminen (esim.pelli)	9	jm	0,10	0,9	45,0	4,5	40,5	7,0	63,0			11,5	103,5
LATTIOIDEN PINTARAKENTEET													
KPH lattian kaadot (vetonit 5000)	5	m2	1,20	6,0	45,0	54,0	270,0	25,0	125,0			79,0	395,0
KPH lattian lasoitus (vetonit 3100)	5	m2	0,50	2,5	45,0	22,5	112,5	10,0	50,0			32,5	162,5
Lattioiden laatoitus (Assen Grey 10x10)	5	m2	0,70	3,5	45,0	31,5	157,5	20,0	100,0			51,5	257,5
Vesieristys (Ardex 8+9+P51)	5	m2	0,40	2,0	45,0	18,0	90,0	5,0	25,0			23,0	115,0
Lattikaivon RST kansi (suihkun sekä lavuaarin alle)	2	kpl	0,50	1,0	45,0	22,5	45,0	25,0	50,0			47,5	95,0
Säikkooni (Killo)	9	jm								2,5	22,5	2,5	22,5
VARUSTEET													
WC.paperi teline	1	kpl	0,20	0,2	45,0	9,0	9,0	15,0	15,0			24,0	24,0
Naulakko 4 koukkua KPH ja WC	1	kpl	0,20	0,2	45,0	9,0	9,0	15,0	15,0			24,0	24,0
Suihkuverho (FP 6100/ 900 x 900)	1	kpl	1,00	1,0	40,0	40,0	40,0	27,0	27,0			67,0	67,0

Taulukko 4 Kustannuslaskelma ja -erittely litteroittain paikallaan rakennettavan märkätilan LVI- ja sähkövarusteista sekä työmaan yhteiskustannuksista. Laskelmassa on huomioitu määrät, työkustannukset, ainekustannukset sekä mahdollinen muu palvelu.

Nimike ja selitys	Lajittele litteran mukaan		Määrätiedot		Työkustannus			Ainekustannus		Alih / oma palvelu		YHTEENSÄ	
	Määrä	yks	h/yks	h yht	€/h	€/yks	€ yht	€/yks	€ yht	€/yks	€ yht	€/yks	€ yht
LVI VARUSTEET													
Suihkusekotin Oras Optima 7149 + Suihkuseiti Optima 2790	1	kpl						239,0	239,0			239,0	239,0
Pesuallas Gustavsberg 5556	1	kpl	0,70	0,7	40,0	28,0	28,0	72,0	72,0			100,0	100,0
WC allashana (Oras Safra 1014F)	1	kpl	0,70	0,7	40,0	28,0	28,0	182,0	182,0			210,0	210,0
WC istuin (Gustavsberg Nautic 1500)	1	kpl	1,00	1,0	40,0	40,0	40,0	252,0	252,0			292,0	292,0
SÄHKÖVARUSTEET													
Kattovalaisin (ALSD180PU IP 44 11W / 840 (4000K) LED)	1	kpl	0,40	0,4	45,0	18,0	18,0	42,0	42,0			60,0	60,0
Pelikaappi (Polania VPK 550 LED 4000K)	1	kpl	1,00	1,0	45,0	45,0	45,0	198,0	198,0			243,0	243,0
Pistorasiat ja kytkimet Schneider Exxact Primo- sarja (IP44).	1	erä	2,00	2,0	45,0	90,0	90,0	38,0	38,0			128,0	128,0
LVV-Työt (putkitukset)	1	erä								950,0	950,0	950,0	950,0
IV-Työt(kanava asennukset)	1	erä								480,0	480,0	480,0	480,0
Sähköasennukset (Johdotukset)	1	erä								450,0	450,0	450,0	450,0
TYÖMAAN YHTEISKUSTANNUKSET													
Syntyvät jätemaksut	1	erä								150,0	150,0	150,0	150,0
Aika kustannus yleiskulujen osalta (arvio 1vk)	1	erä								500,0	500,0	500,0	500,0
Paikallarakennettava kylpyhuone	38	kpl								8 872,0	337 136,0	8 872,0	337 136,0

Kustannusanalyysin perusteella voidaan havaita, että paikallaan rakennettavassa märkätilassa työkustannukset muodostavat suurimman osan kylpyhuonemärkätilan kustannuksesta. Suorat työtunnit yhtä kylpyhuonetta kohden As. OY Tampere Vivianissa olivat 3 550 €. Kun tähän lisätään vielä LVI-työt sekä sähköasennukset 1 880 € tulee työn osuudeksi yhteensä 5 430 €, joka on 61,2% märkätilan kokonaiskustannuksista, vaikka jätetään tarkastelun ulkopuolelle esimerkiksi aikaan sidotut työjohtokustannukset.

5 MÄRKÄTILOJEN ELEMENTTIRAKENTAMINEN

5.1 Märkätilojen elementtirakentaminen (Parmarine Oy)

Parmarine on elementtimärkätiloja valmistava yritys, jolla on tuotteilleen Teknologian tutkimuskeskus VTT:n sertifikaatti 160/1. Tämän opinnäytetyön vertailu paikallaan rakennettavan ja elementtimärkätilan välillä pohjautuu Parmarine Oy:n tarjoamaan elementtimärkätilaratkaisuun (ks. Kuva 3).



Kuva 3 Havainnekuva elementtimärkätilamoduulista (Parma Kylpyhuoneet, Parmarine Oy 2022)

Elementtien suunnitelmallisen teollisen valmistuksen sekä suuren volyymin ansiosta hankintakustannukset ovat kilpailukykyisiä. Valmiselementtien ansiosta työmaalla vältetään riskialtiiden ja aikaa vievien rakenteiden valmistuksesta, jolloin valmiselementtien märkätilojen oikeasta toiminnallisuudesta vastaa elementtitoimittaja. Tämä nopeuttaa työmaalla rakennuksen valmistamista, jolloin työmaan yleiskustannukset pienenevät. Näin pienennetään samalla rakennusaikaisia riskejä.

Märkätilaelementit ovat työmaalle saapuessaan valmiita kokonaisuuksia, niin talotekniikan, pintakäsittelyn kuin kalustuksen osalta. Valmiselementin liittämisen rakennuksen talotekniikkaan tapahtuu elementin ulkopinnassa olevassa hormitilassa. Valmiselementit täyttävät itsessään jo vedeneristykselle asetetut vaatimukset.

Elementtien pohjan runkorakenne valmistetaan teräsbetonista, jossa kulkevat muun muassa viemäröinnit. Seinän ja katon runkorakenteena toimii sinkitty ja pohjamaalattu teräsohutlevy. Seinän pintamateriaali voidaan toteuttaa asiakkaan toiveiden tai rakennustapaselostuksen mukaan.

Vaihtoehtoja märkätilaelementin lämmityksen toteutukselle:

- Sähkökäyttöinen radiaattori
- Vesikiertoinen patteri
- Sähköinen lattialämmitys
- Vesikiertoinen lattialämmitys

Asuinhuoneistossa talotekniikasta suurin osa sijaitsee märkätiloissa tai WC:n yhteydessä. Tämän takia suunnitteluvaiheessa on otettava talotekniset seikat huomioon esimerkiksi nousujen osalta. Nousuhormeissa ja niiden suunnittelussa tulee huomioida muun muassa korjaustyömahdollisuudet, äänitekniset ratkaisut ja elementtien sijoitus. Elementtirakentamisessa suunnitelmallisuus ja suunnitelmassa pysyminen ovat avaintekijöitä.

Märkätilaelementit toimitetaan ja asennetaan työmaalle rakennuksen runko-vaiheessa. Elementtien asennus suositellaan tehtäväksi välittömästi niiden saavuttua toimitusaikataulussa sovittujen aikojen mukaan päältäasennus menetelmällä. Näin ollen vältetään välivarastoinnilta, jossa valmiselementit voisivat altistua mahdolliselle kosteudelle sekä muille rakenteellisille vaurioille.

Märkätilaelementtien talotekniikan liitännät sekä kattorakenteissa kulkevat putket ovat riskialttiita mahdollisille kolhuille ylimääräisten nostojen aikana. Ennen elementtien saapumista tulee elementtien paikat valmistella huolellisesti.

Suunnitteluvaiheessa tehtyjen piirustusten paikkansapitävyys tulee varmistaa ennen elementin asennusta. Kuten kuva 4 havainnollistaa, elementin tuenta ja vaa`itus tulee suorittaa kestävästä materiaalista, esimerkiksi teräksestä tai betonista. Ennen elementin asennusta on varmistettava, että sen pohjassa kulkevat viemäroinnit mahtuvat kulkemaan. Asennusvirheistä vastaa urakoitsija. (Parmarine asennus- ja vastaanotto-ohje 2021)



Kuva 4 Havainnekuva märkätilaelementin nostopaikan vaa`itus ja valmistelusta (Parmarine asennus- ja vastaanotto-ohje 2021)

Märkätilaelementin nostaminen tapahtuu Parmarinen lähettämien nostorak-sien avulla merkattuihin paikkoihin. Nostaminen on kriittinen vaihe, jonka epäonnistuksessa elementti voi vaurioitua. Tämän takia nostoissa noudatetaan huolellisuutta ja nostoon suunniteltuja työvälineitä, kuten nostorakseja. Märkätila elementtien asennustoleranssi on 10 mm.

Märkätila elementtien kytkentä rakennuksen talotekniikkaan (ks. Kuva 5) ta-pahtuu sopimuksesta riippuen Parmarinen yhteistyökumppanin tai Parmarinen

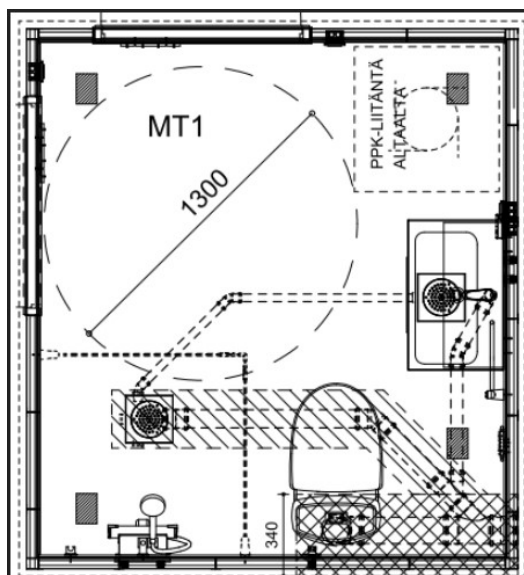
toimesta. Liitettyä elementtirakennuksen talotekniikkaan on urakoitsijan suoritettava sulkuvalu.



Kuva 5 Havainnekuva elementtimärkätilan liitoksesta rakennuksen talotekniikkaan (Parmarine asennus- ja vastaanotto-ohje 2021)

5.2 Tuotantoaika

Havainnekuvan 6 kaltaisen märkätilaelementin tilaus tulee tehdä elementtivalmistajalle 10-työviikkoa ennen sovittua toimituspäivää. Loma-aikoina toimitusaika voi olla jopa 14 viikkoa. Parmarine Oy on asennusohjeessa kuvannut, että toimittajalle on toimitettava hyvissä ajoin etukäteen kohteen aikataulu, materiaalien tilauslupa sekä lopulliset suunnitteluasiakirjat. Elementtitalauksen yhteydessä on toimittajalle annettava elementtitoimituksen alustava aikataulu. Neljä viikkoa ennen ensimmäistä toimitusta tulee vahvistaa koko rakennusurakan märkätilojen aikataulu. Viimeisessä vaiheessa kolme päivää ennen elementtien toimitusta sovitaan tarkat aikataulut osapuolten välillä. Parmarine ei sitoudu tilauksen jälkeen enää aikaistamaan toimitusaikoja, mutta tarvittaessa mahdollisista viivästyksistä voidaan sopia rakennuttajan kanssa. (Parmarine Oy, Päältäasennuksen vastaanotto ja asennus)



Kuva 6 Havainnekuva valmismärkätilaelementin pohjaratkaisusta, joka havainnollistaa myös taloteknisiä ratkaisuja (J. Palmanen (Parmarine Oy) 2022)

5.3 Kustannukset

Märkätilaelementtien kustannuslaskelma on tehty Parmarinen antamien hintojen perusteella, jonka jälkeen laskelmaa on laajennettu kattamaan myös muut JHS-Rakenteen projektille aiheutuvat kustannukset. Laskelmassa käytetty märkätila vastaa märkätilaratkaisua, jota voitaisiin käyttää As. OY Tampere Vivian kaltaisessa kohteessa, jossa märkätilat on suunniteltu erityisesti vastaamaan asuntosijoittajien yleisimpiä tarpeita ja vaatimuksia.

Parmarinen antamassa tarjouksessa yhden märkätilaelementin laskennallinen kustannus As. OY Tampere Vivian kaltaisessa kohteessa on 7 000 € elementiltä. Tämä hinta sisältää valmistuskustannusten lisäksi myös elementtien kuljetuskustannuksen asennuskohteeseen. Elementtien paikalleen nostot sekä liitännät rakennuksen talotekniikkaan suorittaa rakennuttaja, joten näistä syntyneet kustannukset on huomioitu erikseen erillisinä riveinä taulukossa 5. Samaisen taulukon viimeiseltä riviltä voidaan havaita, että suorat kustannukset huomioiden yhden märkätilan kustannukset ovat 9 248 €. Valmiselementti muodostaa yksinään 75,7% koko märkätilan kustannuksista.

Verrattuna paikallaan rakennettavaan märkätilaan JHS-Rakenteen näkökulmasta elementtirakentamisvaihtoehto sisältää huomattavasti vähemmän erilaisia muuttujia. Paikallaan rakennettavassa märkätilassa kustannusanalyysi sisälsi 36 eri litteraa, kun taas elementtirakentamisvaihtoehdossa eri litteroita on

ainoastaan 9 kappaletta. Tämä johtuu siitä, että suurin osa työvaiheista voidaan ohittaa hankkimalla valmiselementti. Esimerkiksi paikallaan rakennettavassa märkätilassa suurin yksittäinen kustannuserä oli märkätilan laatoitus. Elementtirakentamisessa laatat ovat valmiiksi asennettuja, joten tätä työtä ei tarvitse erikseen suorittaa työmaalla. Sama koskee kaikkia ovi-, seinä-, katto- ja lattiarakenteita sekä varusteita ja kalusteita. Vertailemalla paikallaan rakennettavan märkätilan litteroita, jotka voidaan katsoa suoraan sisältyvän 7 000 € kustantamaan elementtiin, saadaan paikallaan rakennettavassa ratkaisussa vastaavan laajuuden kustannukseksi 6 241,5 €, joka on 758,5 € vähemmän. Pelkästään tämän perusteella ei kuitenkaan voida tehdä suoria johtopäätöksiä, koska eri rakennusmalleissa on erilaisia työvaiheita, eikä niitä voida täysin verrata pelkästään tämän perusteella.

Taulukko 5 Kustannuslaskelma ja -erittely litteroittain elementti märkätilan hankinta ja asennuskustannuksista sekä työmaan yhteiskustannuksista. Laskelmassa on huomioitu määrät, työkustannukset, ainekustannukset sekä mahdollinen muu palvelu.

Nimike ja selitys	Määrätiedot		Työkustannus					Ainekustannus		Alih / oma palvelu		YHTEENSÄ	
	Määrä	yks	h/yks	h yht	€/h	€/yks	€ yht	€/yks	€ yht	€/yks	€ yht	€/yks	€ yht
ELEMENTTIKYLPHYUONE													
Kylpyhuone (Parmarine Oy tarjouksen mukaisesti)	1	kpl								7 000,0	7 000,0	7 000,0	7 000,0
Kylpyhuoneen asennus	1	kpl	3,00	3,0	40,0	120,0	120,0					120,0	120,0
Kylpyhuoneen ulkopuolinen seinälevytys (Gyproc GN 13mm)	22	m2	0,60	13,2	40,0	24,0	528,0	5,0	110,0			29,0	638,0
Esivalmistelu kylpyhuoneen asennukselle	1	erä	2,00	2,0	40,0	80,0	80,0	50,0	50,0			130,0	130,0
Vesijohtojen liitos hormiin	1	erä								320,0	320,0	320,0	320,0
IV-Kanava kytkennät hormiin	1	erä								280,0	280,0	280,0	280,0
TYÖMAAN YHTEISKUSTANNUKSET													
Syntyvät jätemaksut	1	erä								150,0	150,0	150,0	150,0
Aika kustannus yleiskulujen osalta (arvio 1vk)	1	erä								250,0	250,0	250,0	250,0
Nosturikustannus asennukselle	2	h								180,0	360,0	180,0	360,0
KYLPHYUONEITA	38	kpl								9 248,0	351 424,0	9 248,0	351 424,0

6 PAIKALLAAN RAKENNETTAVAN JA ELEMENTTIMÄRKÄTILAN KUSTANNUS- JA AIKATAULUVERTAILU

6.1 Analyysimenetelmä

Tässä opinnäytetyössä tutkimusosuuden muodostaa vertailu, jossa vastakkain asetetaan kaksi vaihtoehtoista rakennusmenetelmää märkätilarakentamiselle: paikallaan rakennettava märkätila ja elementtimärkätila. Tässä vertailussa on käytetty pohjana opinnäytetyön luvuissa 4.3. ja 5.3. tehtyjä kustannusanalyyssejä. Kustannusanalyysissä on eritelty paikallaan rakennettavan märkätilan ja elementtimärkätilan kustannukset litteroittain. Tämän jälkeen on suoritettu kustannusvertailu, jonka lopputuloksena pyritään löytämään kustannustehokain ratkaisu, eli vastaus JHS-Rakenteen ongelmaan rakennusmenetelmien valinnassa.

Tässä vertailussa on huomioitu myös rakentamismallit, prosessit ja aikataulutiedot osana analyysia. Vertailu on relevantti märkätilarakentamisessa tapauksessa, joka vastaa As. OY Tampere Vivian tai vastaavan rakennusprojektin toteutuksessa. Vertailua ei voida suoraan laajentaa koskemaan As. OY Tampere Vivianista merkittävästi eroavaa projektia, kun huomioon otetaan muun muassa rakentamisajankohta sekä sijaintipaikkakunta. Kerätyn tiedon pohjalta opinnäytetyön luvussa 6 esitetään kustannus-hyöty analyysi.

6.2 Materiaali- ja suorat työkustannukset

Luvussa 4.3. on avattu paikallaan rakennettavan märkätilan kustannusanalyysi litteroittain. Analyysin lopputulos on esitetty alla olevassa taulukossa 6. Laskelman lopputuloksena paikallaanrakennettavan märkätilan arvioitu kokonaiskustannus 38:lle märkätilalle olisi 337 136 euroa. Tämä tekee 8 872 euroa jokaista yksittäistä kylpyhuonemärkätilaa kohden, koska laskelmassa kaikki kylpyhuoneet ovat keskenään toisiaan vastaavia. Hintaa ei sisällä arvonlisävero (ALV) ja noudattelee JHS-Rakenteen toimintamalleja.

Taulukko 6 Paikallaan rakennettavan märkätilan kokonaiskustannusarvio huomioiden kaikki opinnäytetyön luvussa 4.3. eritellyt kustannuserät

Nimike ja selitys	Määrätiedot		Työkustannus			Ainekustannus		Alih / oma palvelu		YHTEENSÄ	
	Määrä	yks	h/yks	h yht	€/h	€/yks	€ yht	€/yks	€ yht	€/yks	€ yht
PAKALLA RAKENNETTAVA KYLPYHUONE											
Paikallarakennettava kylpyhuone	38	kpl						8 872,0	337 136,0	8 872,0	337 136,0

Luvussa 5.3. esitetty elementtimärkätilan kustannusanalyysi. Analyysin lopputulos on esitetty alla olevassa taulukossa 7. Laskelman lopputuloksena märkätilojen toteuttaminen elementtirakentamisella muodostaisi arvioiduiksi kokonaiskustannuksiksi 38:lle märkätilalle 351 424 €. Tämä tekee 9 248 € jokaista yksittäistä märkätilaa kohden. Myös tässä laskelmassa kaikki märkätilat ovat oletettu olevan keskenään toisiaan vastaavia. Hinta ei sisälää arvonlisäveroa (ALV) ja noudattelee JHS-Rakenteen toimintamalleja.

Taulukko 7 Elementtimärkätilan kokonaiskustannusarvio huomioiden kaikki opinnäytetyön luvussa 5.3 eritellyt kustannuserät

Nimike ja selitys	Määrätiedot		Työkustannus			Ainekustannus		Alih / oma palvelu		YHTEENSÄ	
	Määrä	yks	h/yks	h yht	€/h	€/yks	€ yht	€/yks	€ yht	€/yks	€ yht
ELEMENTTIKYLPYHUONE											
KYLPYHUONEITA	38	kpl						9 248,0	351 424,0	9 248,0	351 424,0

Laskelmat huomioivat työkustannukset, rakennusmateriaali eli ainekustannukset sekä alihankinnat ja muut palvelut. Paikallaan rakennettavan märkätilan suorat työkustannukset JHS-Rakenteelle ovat merkittävästi suuremmat kuin elementtirakentamisessa. Yhtä märkätilaa kohden elementtirakentamisessa työkustannukset ovat noin 728 € kun taas paikallaan rakennettavassa 3 550 €. Märkätilojen rakennusmateriaalien sekä välittömien työkustannusten perusteella laskentakohteen märkätiloille kustannustehokkain ratkaisu olisi tämän laskelman perusteella valita rakennusmenetelmäksi paikallaan rakennettava kylpyhuonemärkätila.

6.3 Työmaan kesto ja sen vaikutus kokonaiskustannuksiin

Laskentakohteessa on yhteensä 38 märkätilaa. Mikäli rakentamismenetelmäksi valitaan elementtirakentaminen on märkätilojen valmiusaste työmaalle

saapua huomattavasti korkeampi. Tällä elementtirakennusmenetelmällä työmaan kesto lyhenee noin kuukaudella. Tässä on otettu huomioon sisätilavaiheessa märkätiloihin menevä rakennusaika. As. OY Tampere Vivian kokoisella työmaalla projektin kokonaiskeston lyhentyminen kuukaudella muodostaa laskennallisesti noin 16 000 € kustannussäästöä kiinteistä kuluista. Erittely kustannussäästöistä alla olevassa taulukossa 8.

Taulukko 8 Erittely syntyvistä kustannussäästöistä, mikäli työmaan kesto lyhentyy yhdellä kuukaudella

KUSTANNUS SÄÄSTÖ (n.1kk)	EUR
Vast.mestari	7 500,00
Vesi ja Sähkö	1 500,00
Siivous ja raivaus	1 200,00
Vuokratyökalut	1 000,00
Työmaa tilat	800,00
Työmaan hallintokulut	4 000,00
TOTAL	16 000,00

Huomioon ottaen todennäköinen ajansäästöpotentiaali laskelman mukaisessa projektissa, laskee elementtirakentamismallissa projektin arvioitu kokonaiskustannus 351 424 eurosta 335 424 euroon. Tämän perusteella ajansäästö huomioiden elementtirakentamismalli on kustannustehokkaampi vaihtoehto As. OY Vivian kaltaiseen projektiin.

6.4 Laskennallisten takuukustannusten vaikutus kokonaiskustannuksiin

Märkätilojen eri rakennustapojen korjaustyöt on huomioitava laskennassa, sillä rakennustavasta riippuen niistä vastaavat eri tahot. JHS-Rakenne laskee tarjousvaiheessa töilleen 1% osuuden kustannuksista korjaus- ja reklamaatiotöille. Paikallaan rakennettavan märkätilan tapauksessa arvioitu takuukustannus on 3 371,36 €. Mikäli reklamaatioita tulee, on paikallaan rakennettavassa mallissa JHS-Rakenne vastuullinen näistä kustannuksista.

Elementtirakentamisessa laskennallinen varaus reklamaatiokustannuksille on 3 514,24 €. Kuitenkin tässä tapauksessa reklamaatiotöistä kustannusvastuun kantaa elementtirakentaja. As. OY Tampere Vivianissa tämä tuo laskennallista säästöä elementtirakentamiselle 3 514,24 €.

7 TULOKSET

Tutkimuksessa saatujen tulosten mukaan (ks. Taulukko 9), huomioitaessa työmaan kokonaiskesto, As. OY Tampere Vivianin märkätilat olisivat tulleet arviolta noin 5 226,24 € halvemmaksi hyödyntämällä märkätilaelementtejä.

Märkätilojen rakennusmateriaalien sekä niiden asennuskulut:

Paikallarakennusmenetelmä: 337 136 €
Elementtirakennusmenetelmä: 351 424 €

Elementtimärkätilan laskennalliset säästöt työmaan aikana: 19 512,24 €

Työmaan todelliset kustannukset:

Paikallarakennus menetelmä: 337 136 €
Elementti rakennus menetelmä: 331 909,76 €

Taulukko 9 Kustannusvertailun tulokset, kun vertailussa paikallaan rakennettava märkätila ja elementtimärkätila. Veratilu huomioi myös työmaan ajallisen keston ja mahdollisten reklamaatiokustannusten vaikutuksen lopputulokseen

KUSTANNUSARVIO	EUR
PAIKALLAAN RAKENNETTAVA KYLPYHUONE TOTAL	337 136,00
Elementtikylpyhuone	351 424,00
(-) 1kk lyhyempi työmaa-aika	- 16 000,00
(-) reklamaatiokulujen poisjääminen	- 3 514,24
ELEMENTTIKYLPYHUONE TOTAL	331 909,76
Erotus elementtikylpyhuoneen hyväksi (As.OY Tampere Vivian)	5 226,24

Kustannusvertailun lisäksi on rakennusmenetelmää valittaessa syytä huomioida, että elementtirakentaminen on JHS-Rakenteelle huomattavasti vähempiriskinen vaihtoehto, johtuen siitä, että reklamaatiokustannukset voidaan osoittaa elementtivalmistajalle ja rakennusprojektissa olevien muuttujien määrä on huomattavasti pienempi. Esimerkkeinä näistä muuttujista pienempi määrä eri kustannuslitteroita sekä vähemmän toisistaan erillisiä, mutta samaa aikaa ketjuksi linkittyneitä työvaihetta. Kustannusten nousu ja kokonaiskustannusten ennakointi on haastavampaa kun eri kustannuskohteita on paljon. Samoin projektin hallinta on kustannusten ja projektin keston kannalta vaikeampaa, kun irrallisia työvaihetta ja toimijoita on useampia. Tämä osaltaan vahvistaa,

että elementtirakentaminen on kustannukset, työmaan kesto ja odotetut reklamaatiokustannukset huomioiden taloudellisesti kannattavampi vaihtoehto JHS-Rakenteelle As. OY Tampere Vivian kanltaisessa projektissa.

8 POHDINTA

Koska JHS-Rakenteen liiketoimintamalli perustuu pääosin projektin johtoon ja urakat suoritetaan alihankintaa hyödyntäen, voi tämä vaikuttaa tutkimuksessa saatuihin tuloksiin. Analyysi on tehty kuitenkin palvelemaan JHS-Rakenteen toimintamallia ja As. OY Tampere Vivian kaltaista projektia, jossa eteenkin asuntosijoittajat on huomioitu rakennettaessa ja siksi kylpyhuoneratkaisut on pidetty yksinkertaisina. Mikäli analyysi olisi tehty palvelemaan rakennuttajaa, jolla on osana omaa organisaatiota kaikki paikallaan rakennettavan märkätilan eri rakennusvaiheissa tarvittava henkilöstö, voisi tulos olla toisenlainen. Samoin paikallaan rakennettavan märkätilan valitseminen olisi perustellumpaa mikäli kerrostaloon rakennettavat kylpyhuonemärkätilat eroaisivat merkittävästi toisistaan tai asukkaat haluavat tehdä niihin runsaasti personoituja ratkaisuja. Elementtirakentamista suositaan usein sijoitustarkoituksiin tehdyissä ja ARA (Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus) rahoitteisissa kohteissa.

Työn tulokset perustuvat tarjouslaskelmaan, joka voi aiheuttaa pieniä eroja esimerkiksi eri toimittajien välillä. Luvut ovat kuitenkin JHS-Rakenteen todellisiin tarjouksiin pohjautuvia. Vaikka tutkimuksessa on käytetty vain yhtä elementtivalmistajaa laskennassa, voidaan Parmarinen tarjousta pitää kilpailukyisenä johtuen heidän johtavasta markkina- asemasta elementtimarkkinoilla.

Vaikka tämän kustannusanalyysin perusteella JHS-Rakenteen kannalta kustannustehokkain vaihtoehto olisi ollut elementtimärkätila, päätettiin projekti toteuttaa paikallaan rakennettavilla märkätiloilla. Tämä johtuu siitä, että JHS-Rakenne ei ole tähän mennessä toteuttanut rakennusprojekteja elementtimärkätiloja hyödyntäen. Tässä opinnäytetyössä laadittu vertailu oli ensimmäinen tässä laajuudessa heidän tarpeisiin tehty kustannusvertailuanalyysi paikallaan rakennettavan ja elementtimallin välillä. Tulevaisuudessa JHS-Rakenne tulee mahdollisesti hyödyntämään projekteissaan myös elementtimärkätiloja. Jatko-tutkimusaiheena tämän opinnäytetyön jälkeen olisi tarpeen JHS-Rakenteen kannalta pyrkiä selvittämään, missä sijaitsee kriittinen piste rakennettavien

märkätilojen määrässä projektia kohden, jonka jälkeen elementtimärkätilojen valitseminen olisi taloudellisesti kannattavampi vaihtoehto kuin paikallaan rakennettava märkätila. Tämän opinnäytetyön perusteella voidaan kuitenkin todeta, että projektissa, joka sisältää 38 kylpyhuonetta, elementtirakentaminen on kustannustehokkaampi vaihtoehto.

9 YHTEENVETO

Märkätilarakentamisessa voidaan kerrostalokohteissa valita rakennusmenetelmäksi joko paikallaan rakennettavat märkätilat tai elementtimärkätilat. Nämä kaksi rakennustapaa eroavat toteutustavoiltaan, projektien kestoiltaan ja kustannusrakenteiltaan merkittävästi toisistaan.

Tässä opinnäytetyössä on vastattu kolmeen tutkimuskysymykseen pohjautuen opinnäytetyön tilaaja yrityksen JHS-rakenteen As. OY Tampere Vivianin kaltaisella kerrostalotyömaalla jossa rakennettavien märkätilojen kokonaismäärä oli 38 kappaletta.

Opinnäytetyön yhteenvedona voidaan todeta, että märkätilat paikalleen rakennettaessa on työmaan ajallinen kesto pidempi. Lisäksi projekti sisältää erillisiä enemmän erillisiä työvaiheita ja on työnjohdollisesti monimutkaisempi. Kustannuksiltaan paikallaan rakennettavat märkätilat ovat edullisempi toteutusratkaisu, mikäli rakennettavien märkätilojen määrä on pieni tai märkätilat eroavat merkittävästi keskenään toisistaan.

Märkätilojen elementtirakentaminen säästää isoilla rakennustyömailla aikaa, kun märkätilat toimitetaan valmiina moduuleina jonka jälkeen ne nostetaan paikalleen ja kytketään kiinni talotekniikkaan. Tämän rakennustavan valitseminen säästää aikaa ja työvaiheita työmaalla sekä vähentää näin kustannuksia. Tämän takia elementtimärkätilarakentaminen on kustannustehokas vaihtoehto, kun rakennettavien märkätilojen määrä on suuri ja märkätilat ovat keskenään saman kaltaisia.

Tämän opinnäytetyön kustannusvertailun perusteella As. OY Tampere Vivianin kaltaisessa rakennusprojektissa taloudellisesti kannattavampi vaihtoehto

olisi ollut elementtimärkätilarakentaminen, kun otetaan huomioon rakennustavasta aiheutuneet kustannukset, työmaan kesto ja odotetut reklamaatiokustannukset. Tästä huolimatta JHS-Rakenne päätti toteuttaa projektin paikallaan rakennettavilla märkätiloilla, johtuen ensisijaisesti siitä, että heillä ei ollut ennestään kokomeusta rakennusprojektien toteuttamisesta elementtimärkätilamenetelmällä.

Märkätilarakentamisen tutkiminen on ollut todella mielenkiintoinen projekti niin opiskelijan kuin työn tilaajalle JHS-Rakenteeelle. JHS-Rakenne tulee jatkossa huomioimaan urakkalaskelmissa myös elementtirakennustavan. Elementtimärkätilojen kustannustehokkuus ja vähempiriskisyys projektien toteutusmallina voi luoda tulevaisuudessa heille uusia onnistumismahdollisuuksia liiketoiminnassaan.

LÄHTEET

Ardex. 2022. Saatavissa : <https://ardex.fi/wp-content/uploads/2022/03/AR-DEX-Markatilajarjestelmat.pdf> [11.5.2022].

by 45 / BLY 7 Betonilattiat. 2018.

Eurofin. 2022. Saatavissa : rakentamisensertifikaatit.fi [11.5.2022]

Finlex. 2022. Saatavissa : <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782> [11.5.2022]

Laamanen, P., Heimala, A., Heimonen, I., Järvinen, P., Vinha, J., & Åström, G. 2012. RIL 107-2012. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet.

Parma Kylpyhuoneet Parmarine Oy (RT 38784). 2022

Parmarine Oy 2021. Parma märkätilat - Päältä asennuksen vastaanotto- ja asennusohjeet

Rakennusteollisuus. 2022. Saatavissa : <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Laatu/kymmenen-kysymysta-rakentamisen-laadusta2/> [11.5.2022]

Rakennustieto. 2022. Saatavissa : <https://www.rakennustieto.fi/palvelut/tietoa-rakentamiseen/kortistot/rt-kortisto> [26.5.2022]

Ratu. 2015. Ratu 0433 Vedeneristys, sisäpuolinen vedeneristys.

RT-Kortti. 2022. RT 84-11166 KH 92-0056, Märkätilojen rakenteet

Rudus. 2022. Saatavissa : <https://www.rudus.fi/tuotteet/elpo-hornit> [26.5.2022]

Sivén, R. 2018. Rakennusalan yrityksen rakennusprojektien kustannusanalyysi.

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1 Taulukko, joka havainnollistaa erilaisten tilojen ja niiden eri rakenteiden veden- tai kosteudeneristyksen tarvetta (RT 84-11166,2)	14
Taulukko 2 Kustannuslaskelma ja -erittely litteroittain paikallaan rakennettavan märkätilan ovista, väliseinistä ja pesuhuoneen seinistä. Laskelmassa on huomioitu määrät, työkustannukset, ainekustannukset sekä mahdollinen muu palvelu.....	18
Taulukko 3 Kustannuslaskelma ja -erittely litteroittain paikallaan rakennettavan märkätilan sisäkattojen ja lattioiden pintarakenteista sekä kylpyhuonevarusteista. Laskelmassa on huomioitu määrät, työkustannukset, ainekustannukset sekä mahdollinen muu palvelu.	19
Taulukko 4 Kustannuslaskelma ja -erittely litteroittain paikallaan rakennettavan märkätilan LVI- ja sähkövarusteista sekä työmaan yhteiskustannuksista. Laskelmassa on huomioitu määrät, työkustannukset, ainekustannukset sekä mahdollinen muu palvelu.....	19
Taulukko 5 Kustannuslaskelma ja -erittely litteroittain elementti märkätilan hankinta ja asennuskustannuksista sekä työmaan yhteiskustannuksista. Laskelmassa on huomioitu määrät, työkustannukset, ainekustannukset sekä mahdollinen muu palvelu.....	25
Taulukko 6 Paikallaan rakennettavan märkätilan kokonaiskustannusarvio huomioiden kaikki opinnäytetyön luvussa 4.3. eritellyt kustannuserät.....	27
Taulukko 7 Elementtimärkätilan kokonaiskustannusarvio huomioiden kaikki opinnäytetyön luvussa 5.3 eritellyt kustannuserät	27
Taulukko 8 Erittely syntyvistä kustannussäästöistä, mikäli työmaan kesto lyhentyy yhdellä kuukaudella.....	28
Taulukko 9 Kustannusvertailun tulokset, kun vertailussa paikallaan rakennettava märkätila ja elementtimärkätila. Veratilu huomioi myös työmaan ajallisen keston ja mahdollisten reklamaatiokustannusten vaikutuksen lopputulokseen	29

KUALUETTELO

Kuva 1. Puista rankarakennetta ja sen lisäkoolausta	12
Kuva 2 Pohjapiirros As. Tampere Vivianin toisen kerroksen märkätilasta. Tämä kuva havainnollistaa tämän opinnäytetyön laskennassa ja vertailussa käytettyä märkätilatyyppejä sekä rakennusteknisiä ratkaisuja (JHS-Rakenne 2022)	15
Kuva 3 Havainnekuva elementtimärkätilamoduulista (Parma Kylpyhuoneet, Parmarine Oy 2022)	20
Kuva 4 Havainnekuva märkätilaelementin nostopaikan vaa`itus ja valmistelusta (Parmarine asennus- ja vastaanotto-ohje 2021)	22
Kuva 5 Havainnekuva elementtimärkätilan liitoksesta rakennuksen talotekniikkaan (Parmarine asennus- ja vastaanotto-ohje 2021)	23
Kuva 6 Havainnekuva valmismärkätilaelementin pohjaratkaisusta, joka havainnollistaa myös taloteknisiä ratkaisuja (J. Palmanen (Parmarine Oy) 2022)	24