



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Joona Mämmi

# ELINKAARI- JA TAKAISINMAKSULASKELMAT

Vaasan ammattiopiston U-siipi

Tekniikka ja liikenne  
2014

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Joona Mämmi
Opinnäytetyön nimi	Elinkaari- ja takaisinmaksulaskelmat
Vuosi	2014
Kieli	suomi
Sivumäärä	46 + 2 liitettä
Ohjaaja	Heikki Paananen

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Vaasan Talotoimelle peruskorjauksen hankesuunnittelun tueksi ja korjauskohteena oli Vaasan ammattiopiston U-siipi. Opinnäytetyön aiheena oli tehdä elinkaarilaskelmat ja takaisinmaksulaskelmat vaihtoehtoisille rakenteille. Talotoimen on tarkoitus hyödyntää laskelmapohjia myös tulevissa rakennuskohteissa.

Nykyisten rakenteiden ja niiden kunnon selvittämiseksi oli rakennukselle tehtävä kuntoarvio. Kuntoarvion pohjalta oli määritettävä vaihtoehtoiset korjaustavat sekä laskettava eri vaihtoehtojen elinkaarikustannukset. Elinkaarikustannuslaskelmien pohjalta selvisi elinkaariedullisimmat korjaustavat, joille laskettiin takaisinmaksuajat. Takaisinmaksuaika kertoo, kuinka kauan uuden investoinnin kestää maksaa itsensä takaisin.

Tuloksina laskelmista saatiin arvioitua elinkaariedullisimmat korjaustavat ja niille takaisinmaksuajat. Elinkaarikustannuslaskennalla saadaan hankkeelle kuitenkin vain tavoitteet, jotka pyritään toteuttamaan. Lähtöarvoihin liittyy aina epävarmuutta, varsinkin ilman laskelmien aiempaa käyttöä ja kokemuksia. Laskelmia tulee tarkentaa aina hankkeen aikana, kuten hankkeen muitakin suunnitelmia tarkennetaan. Merkittävä osa kustannuslaskentaa on vain saada laskelmat selviksi ja helposti ymmärrettäviksi päätöksentekijöille, jolloin laskelmien tulokset voivat antaa perusteluja suuremmille investoinneille. Laskelmien virhemarginaali pienenee jatkuvasti käytön aikaisten tarkennusten ja kokemusten avulla.

## ABSTRACT

Author	Joona Mämmi
Title	Life-Cycle and Payback Calculations
Year	2014
Language	Finnish
Pages	46 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Heikki Paananen

---

This thesis was made for Vaasan Talotoimi to support the project planning in a complete renovation. The object was the U-wing of the Vaasa Vocational Institute. The aim of this thesis was to make life-cycle calculations and payback calculations for alternative structures. The purpose is that Vaasan Talotoimi can use the calculation templates in future building projects.

A condition evaluation was made to determine the existing structures and their condition. Alternative renovation methods were defined and life-cycle costs and payback calculations were made based on to the result of the condition evaluation. The results of the life-cycle cost calculations revealed the most economical renovation methods for the whole life-cycle of the building. The structures with the lowest life-cycle costs were used in the payback calculations to find out their payback period. The payback period tells how long it will take for new investment to pay itself back.

The results of the calculations gave the estimated renovation methods with the lowest life-cycle costs and their payback periods. Life-cycle cost calculations give only the goals of the project that are supposed to be reached. Baseline values involve always uncertainty especially without earlier use and experiences of the calculations. The calculations have to be refined always during the project, such as all the other plans of the project. A significant part of the calculations of costs is just to get the calculations clear and easily understandable for decision-makers. Then the results of the calculations can provide reasons for major investments. The error margin of the calculations decreases constantly in use with adjustments and experiences.

---

Keywords	Complete renovation, condition evaluation, life-cycle cost, payback period
----------	--

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
1.1	Tutkimuksen tausta.....	8
1.2	Peruskorjaus.....	8
1.3	Työn vaiheet.....	9
2	VANHAT RAKENTEET.....	10
2.1	Nykyiset rakenteet.....	10
2.2	Rakenteiden ominaisuuksia.....	10
3	KIINTEISTÖN KUNNON SELVITYSMENETELMIÄ.....	12
3.1	Palvelukiinteistön peruskuntoarvio.....	12
3.2	Rakennustekninen kuntoarvio.....	13
3.3	Rakennustekninen kiinteistötarkastus.....	13
3.4	Kiinteistötarkastuksen suunnitelma.....	14
3.5	Mahdolliset vauriokohdat.....	14
4	RAKENNUSTEKNINEN KUNTOARVIO.....	17
4.1	11 Alueosat.....	17
4.2	12 Talo-osat.....	19
4.3	13 Tilaosat.....	31
5	VAIHTOEHTOISET KORJAUSTOIMENPITEET.....	34
5.1	Maanvarainen lattia.....	34
5.2	Ulkoseinien lisäeristys ja pintakäsittely.....	34
5.3	Ikkunat.....	35
6	ELINKAARILASKELMAT.....	36
6.1	Rakennuksen elinkaari.....	36
6.2	Elinkaarilaskenta ja elinkaarikustannuslaskenta.....	36
6.3	Elinkaarikustannuslaskenta menetelmä.....	36
6.4	Opinnäytetyön elinkaarikustannuslaskelmat.....	36
7	TAKAISINMAKSULASKELMAT.....	39
7.1	Takaisinmaksuajan menetelmä.....	39

7.2 Takaisinmaksulaskelmat .....	40
8 TULOKSET JA NIIDEN TULKINTA .....	41
8.1 Elinkaarikustannuslaskelmien tulokset ja tulkinta.....	41
8.2 Takaisinmaksulaskelmien tulokset ja tulkinta .....	43
LÄHTEET .....	44
LIITTEET	

**KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO**

<b>Kuvio 1.</b>	Perustusten viereinen perusmaa länsipuolella.	s. 17
<b>Kuvio 2.</b>	Halkeamia ja rapautumia länsipuolen portaissa.	s. 17
<b>Kuvio 3.</b>	Kosteus- ja pakkasrapautumia sokkelissa itäpuolella.	s. 18
<b>Kuvio 4.</b>	Korroosiovaurio sokkelissa.	s. 18
<b>Kuvio 5.</b>	Kosteusvuoto teknisessä huoneessa U039.	s. 20
<b>Kuvio 6.</b>	Kellarikerroksen pukuhuoneen kosteusvuoto.	s. 20
<b>Kuvio 7.</b>	Rapautumat ikkunan ympärillä huoneessa U033.	s. 21
<b>Kuvio 8.</b>	Julkisivurappauksen kunto länteen.	s. 22
<b>Kuvio 9.</b>	Rapautunutta rappausta rakennuksen itäsivulta.	s. 23
<b>Kuvio 10.</b>	Ikkunapellin ja ulkopuitteen vaurioita.	s. 25
<b>Kuvio 11.</b>	Alumiinivälipuite ja pinnoitteen rapautumista.	s. 25
<b>Kuvio 12.</b>	Ikkunakarmin ja -puitteiden välinen suuri rako.	s. 26
<b>Kuvio 13.</b>	Lasituskittaukset ovat kuluneet ja ulkopuitteessa on lahoamista.	s. 26
<b>Kuvio 14.</b>	Länsipuolen puurakenteinen ulkokatos.	s. 27
<b>Kuvio 15.</b>	Ullakkotilan päädyistä puuttuvat tuuletusaukot. Eristeiden päällä säilytetään ylimääräistä tavaraa.	s. 28
<b>Kuvio 16.</b>	Kattoluukun lahoamisvaurio.	s. 29
<b>Kuvio 17.</b>	Peltivesikate on kulunut ja kulkusillat ovat lahonneet.	s. 29
<b>Kuvio 18.</b>	Yläpohja ja sen eristeet olivat kuivia.	s. 30
<b>Kuvio 19.</b>	Kellarin väliseinää oli avattu ilmeisesti tarkoituksella.	s. 31
<b>Kuvio 20.</b>	Ikkunapenkkien ja ulkoseinien sisäpinnan vauriot.	s. 31
<b>Kuvio 21.</b>	Kellarikerroksen muovimaton halkeilua.	s. 32
<b>Kuvio 22.</b>	Ulkoseinärakennevaihtoehtojen elinkaarilaskelmat.	s. 36
<b>Kuvio 23.</b>	Maanvaraisen lattian takaisinmaksulaskelma.	s.38

**LIITELUETTELO****LIITE 1.** Elinkaarikustannuslaskelmat**LIITE 2.** Takaisinmaksulaskelmat

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Opinnäytetyö tehdään Vaasan Talotoimelle peruskorjauksen hankesuunnittelun tueksi. Korjauskohteena on Vaasan ammattiopiston Sampo-kampuksen U-siipi, joka on myös osa Vaasan Talotoimen peruskorjausohjelmaa. Sampo-kampus sijaitsee Vaasassa, Sepänkyläntie 16:ssa. Sampo-kampuksen rakennukset on rakennettu alun perin 1950-luvulla ja niitä on peruskorjattu vaiheittain viime vuosina.

U-siiven rakennus sisältää kaksi kerrosta ja kellarin. Rakennuksen kantava ulkoseinä on tehty kennotiilestä eli monireikätiilestä. Perustuksena toimii anturaperustus perusmuureineen. Perusmuurina eli sokkelina toimii rakenne, joka on tehty teräsbetonista. Anturat ovat paikalla valettua teräsbetonia. Alapohjana toimii maanvarainen teräsbetonilaatta. Yläpohjana toimii kuorilaatta, jonka eristävyttä ja kantavuutta on parannettu vuoden 1981 kattosaneerauksen yhteydessä. Vesikatteena toimii peltikate. Ikkunat ovat alkuperäiset puuikkunat. Kellarin sisäseinät on muurattu kevyttiilestä. Sokkelin ja kevyttiilien välissä on kosteus- ja lämmöneriste. Eristeenä rakenteissa on käytetty pääasiassa lastulevyjä.

## 1.2 Peruskorjaus

Peruskorjaus joudutaan yleensä suorittamaan, kun kiinteistö on niin vanha, että tavalliset huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet eivät riitä ylläpitämään rakennukselta vaadittua kuntoa. Peruskorjaus tulee myös kysymykseen silloin, kun kiinteistön energiatehokkuus ja tekniset järjestelmät eivät enää vastaa nykyisiin vaatimuksiin. /5, 4/

Peruskorjauksella tarkoitetaan toimenpidettä, jossa rakennus korjataan uutta vastaavaksi. Kohteeseen ei ole laadittu julkisen sektorin yleisten hankkeiden tapaan erillistä korjaustarveselvitystä, vaan se selvitetään kokonaisuudessaan hankesuunnitteluvaiheessa. Vanha kiinteistö ei aina vastaa sen piirustuksia ja detaljeja. Korjaustarpeiden perusteellinen selvittäminen on tärkeää



hankesuunnittelussa, koska silloin määräytyy suurin osa hankkeen kustannuksista.  
/5, 4–5/

### **1.3 Työn vaiheet**

Opinnäytetyöhön kuuluu U-siivelle tehtävä rakennetekninen kuntoarvio piirustuksien ja detaljien tueksi. Työhön kuuluu myös Vaasan Talotoimen toiveiden mukaan olemassa olevien rakenteiden aukaiseminen ja niiden vastaavuuden tarkistus vähäisiin ja puutteellisiin piirustuksiin ja detaljeihin. Kiinteistöön ei tiettävästi ole aikaisemmin tehty kuntoarviota ja huoltokirjakin tehdään vasta peruskorjauksen yhteydessä. Kuntoarvion jälkeen on vertailtava eri mahdollisuuksia korjattavien ja uusittavien rakennevaihtoehtojen välillä sekä tehtävä niille elinkaarilaskelmat.

Elinkaarilaskennan tavoitteena on ennakoida halutun kokonaisuuden elinkaaren aikaisia kokonaiskustannuksia. Elinkaarilaskelmien tuloksien perusteella voidaan tehdä poikkeavia päätöksiä, mitä perinteisellä investointipainotteisella päätöksenteolla tehtäisiin. Päämääränä on siis löytää elinkaarikustannuksiltaan halvin vaihtoehto. /12, 3/

Elinkaarilaskelmien jälkeen on tehtävä takaisinmaksulaskelmat Vaasan Talotoimen toiveiden mukaan ainakin eri vaihtoehtoista julkisivun lisäeristämiseksi, ikkunoille ja maanvaraisille laatoille. Takaisinmaksulaskelmien perusteella nähdään, mitkä mahdollisista investoinneista ovat kannattavia ja mitkä ovat niiden takaisinmaksuajat /14, 51/.

## **2 VANHAT RAKENTEET**

### **2.1 Nykyiset rakenteet**

Vaasan ammattiopiston U-siipi on rakennettu vuonna 1954. U-siivelle on tehty peruskorjaus 1980-luvulla, jolloin yläpohjaan lisättiin kuorilaatan muodossa lisää kantavuutta ja samalla yläpohjaan lisättiin 15 senttimetrin paksuudelta mineraalivillaeristettä. Yläpohja oli alun perin tehty teräsbetonista. Peruskorjauksen yhteydessä ikkunoihin lisättiin puitteiden väliin alumiinilasipuitteita lisäämään lämmöneristävyyttä ja tiiveyttä. Peruskorjauksen yhteydessä rakennettiin myös uusia väliseiniä.

Kaikki muut rakenteet ovat pitkälti alkuperäisessä kunnossa. Rakennuksen kantava ulkoseinä on tehty kennotiilestä eli monireikätiilestä. Perustuksena toimii anturaperustuksen ja sokkelin yhdistelmä. Anturan materiaali on paikalla valettua betonia, jota on perusmuurin kohdalta vahvistettu raudoituksilla. Betonin sisäpinnassa on kosteuseristys ja lämpöeristeenä toimii neljän tuuman lastulevy eli levy on noin 10 senttimetriä paksu. Sokkelirakenteen sisäpintaan on kellarin kohdalle vielä muurattu kevyttiiliseinä, jonka päälle on valettu viiden senttimetrin suojabetoni. Alapohjana toimii maanvarainen teräsbetonilaatta ja eristeenä toimii kahden tuuman lastulevy eli se on vain noin viisi senttimetriä paksu. Ikkunat ovat alkuperäiset puuikkunat. Vesikatteena toimii peltikate.

### **2.2 Rakenteiden ominaisuuksia**

Kennotiiltä eli monireikätiiltä käytettiin yleisesti kantavan ulkoseinän päämateriaalina 1940-luvulta aina 1950-luvun alkupuolelle, ennen kuin betoni syrjäytti sen lähes kokonaan. Monireikätiili on tavallista umpinaista tiiltä eli täystiiltä kevytrakenteisempi ja tiilen sisälle jäävät ilmataskut toimivat myös eristeenä. Tämän takia kennotiiltä käytettäessä seinän paksuutta voitiin pienentää umpitiilen kahden kiven paksuudesta puoleentoista eli noin 60 senttimetristä 45 senttimetriin. /3/

Lastulevyt valmistetaan puulastuista ja liimasta. Lastulevyt oli usein valmistettu paikallisista materiaaleista, kuten sahojen sivutuotteena syntyneistä lastuista. Lastulevyjä, kuten muitakin puukuitueristeitä, käytettiin yleisesti eristeenä ennen mineraalivillojen yleistymistä. /2/

Perustuksina on käytetty perusmuurianturoita eli antura ja perusmuuri kuuluvat samaan rakenteeseen, joka on paikalla valettua betonia. Perusmuuria eli sokkeliä on vahvistettu raudoituksin. Betonista valettuja perustuksia on tehty 1920-luvulta lähtien. 1950-luvulle tultaessa se oli jo vallitseva menetelmä. /11, 5/ ; /15/

Maanvarainen betonilaatta yleistyi 1950-luvulla ja on nykyäänkin suosituin alapohjarakenne. Suosio johtuu ilmeisesti siitä, että se on helpporakenteinen ja melko edullinen perustustapa. Maanvaraisen laatan käytön ainoa ehto on, että maapohja ei saa olla vajoava. Myös kellari voidaan rakentaa maanvaraista laattaa käytettäessä ja se jopa vähentää painumisriskiä, sillä silloin hyväksikäytetään poistettavan maa-aineksen kuormitusta keventävää vaikutusta. /11, 4-5/ ; /6, 41/

Puuikkunat ovat olleet yleisin ikkunatyyppe Suomessa aina 1800-luvulta 1990-luvun puoliväliin asti, jolloin tuotannossa siirryttiin puualumiini-ikkunoihin. Puuikkunoiden kunnossapitotaksot ovat rakennuksen muihin osiin verrattuna lyhyitä ja vaativat yleensä jonkinasteista huoltamista muutaman vuoden välein. 1950-luvulla puuikkunat olivat yleisesti kaksinkertaista lasia. /13/

Kuorilaatat toimivat ikään kuin muotteina, joita käytettäessä pintavalu sitoo niistä kuorilaataston. Laatat sisältävät yleensä jo valmiit raudoitukset. Kuorilaatastoa voidaan käyttää ala-, väli- ja yläpohjarakenteena. /10/

### 3 KIINTEISTÖN KUNNON SELVITYSMENETELMIÄ

#### 3.1 Palvelukiinteistön peruskuntoarvio

Liike- ja palvelukiinteistöjen peruskuntoarvioilla pyritään normaalisti arvioimaan koko kiinteistön kunto. Tavallisin kuntoarvion käyttötarkoitus on kiinteistölle tehtävän kunnossapitosuunnitelman informaation kerääminen. Tällöin kuntoarvio tehdään säännöllisin väliajoin ja tarvittavat kunnossapitotoimenpiteet osataan suunnitella ja ajoittaa oikein. Ennakoivassa lähestymistavassa kuntoarviot päivitetään vanhalle kiinteistölle noin viiden vuoden sykleissä. Kuntoarvion tekee yleensä rakennus-, LVIA- ja sähkötekniikan asiantuntijoista koostuva työryhmä, ellei asiasta muuta ole sovittu. /8, 1/ ; /4, 1/

Kuntoarvion vaiheita ovat:

- ennakkosuunnittelu
- lähtötietojen kerääminen ja suunnittelu
- käyttäjäkyselyt ja haastattelut
- kiinteistötarkastus
- raportointi /8, 3/

Ennakkosuunnittelussa kuntoarvioija suunnittelee kuntoarvioinnin etukäteen keräten samalla lähtötietoja, joihin perehtyä. Käyttäjille tai kiinteistöhoitajille tehtävät kyselyt ja haastattelut auttavat kuntoarvioijaa hahmottamaan kokonaisuutta. Kiinteistötarkastus on tekninen selvitys, jossa täytyy keskittyä suurimpien vaurioiden lisäksi mahdollisiin turvallisuus- ja terveysriskeihin. Raporteissa esitetään korjaus- ja uusimistoimenpiteet sekä niiden karkeat kustannusarviot. Koska piileviä vikoja voi olla mahdotonta havaita kuntoarvioissa, kuntoarvioijat voivat kehottaa tilaajaa teettämään tarkempia kuntotutkimuksia. Kuntotutkimuksien tarvetta ei kuitenkaan kuntoarvioissakaan pystyä aina todentamaan. /4/ ; /8, 1–2/

Työnjakona on yleensä, että rakennustekniikan asiantuntija tekee kuntoarvion kiinteistön, sen tilojen ja ulkoalueiden kunnosta. Talotekniikan asiantuntija arvioi LVIA-tekniset järjestelmät ja sähkötekniikan asiantuntija puolestaan sähkö- ja tietotekniset järjestelmät. Tutkimusmenetelmänä käytetään pääsääntöisesti aistienvaraisia havaintoja ja perehtymistä saatavilla oleviin asiakirjoihin, kuten

piirustuksiin, detaljeihin ja huoltokirjaan sekä mahdolliset mittaukset, joissa yleensä vältetään rikkomasta olemassa olevia rakenteita tai materiaaleja. /8, 3/

### **3.2 Rakennustekninen kuntoarvio**

Tässä opinnäytetyössä suoritetaan vain rakennustekninen kuntoarvio, koska tehtävänantona oli vain olemassa olevien rakenteiden selvitys. Opinnäytetyön tekijä ei myöskään ole LVIA- tai sähkötekniikan asiantuntija.

Rakennustekninen kuntoarvio ei poikkea juuri peruskuntoarvion vaiheista kuin kiinteistötarkistuksen ja raportoinnin osalta. Kuntoarvion tulokset koskevat vain rakennustekniikan ja rakenteiden kuntoa. /8/

Suosittelenkin Vaasan Talotoimea tilaamaan halutessaan LVIA- ja sähkötekniikan kuntoarviot tukemaan rakennusteknistä kuntoarviota. Täten kiinteistölle saataisiin peruskuntoarvio ja tarkemmat tiedot korjaushanketta varten.

### **3.3 Rakennustekninen kiinteistötarkastus**

Rakennusteknisen kiinteistötarkastuksen pääpiirteinä ovat jokaisen osa-alueen rakenteiden ja rakennusosien kunnon sekä mahdollisten vaurioiden että niiden etenemisen tarkastus. Tarkastukseen kuuluu myös korjaustarpeiden ja menettelyiden määrittely. Tavallisesti korjauksille määritetään myös niiden kiireellisyys, mutta peruskorjausta varten tehtävässä tarkastuksessa ei kiireellisyyttä tarvitse määrittellä, sillä kaikki löydetyt vauriot ilmoitetaan korjausta vaativiksi. /8, 6/

Vain selkeiden vaurioiden tarkastaminen ei riitä, on myös kiinnitettävä huomiota suuren riskivaikutuksen omaaviin vaurioihin, jotka voivat olla vaikeasti havaittavissa. Myös kaikki turvallisuus- ja terveystriskit on tarkastettava ja kirjattava ylös. Osakokonaisuuksien energiataloudellisuuteen on myös kiinnitettävä huomiota. Vaurioiden kirjaamisen lisäksi on myös otettava valokuvia. Tarkastuksessa jokaisesta osa-alueesta on saatava selvä käsitys. /8, 6/

Kiinteistötarkastus tehdään pääsääntöisesti aistienvaraisesti ja vain tarvittaessa tehdään mittauksia sekä käytetään pieniä työkaluja. Yleisimmin apuna käytetään pintakosteusmittaria sekä puukkoa tai talttaa. /8, 6/

### 3.4 Kiinteistötarkastuksen suunnitelma

Kiinteistötarkastusta varten on tehtävä tarkastussuunnitelma. Suunnitelmasta on selvitettävä kohteiden tarkastusjärjestys ja painotukset. Suunnitelmaa tehtäessä on hyvä käyttää nimikkeistöä, kuten Talo 2000 -hankenimikkeistöä. Nimikkeistö otetaan tarkastukseen mukaan ja siihen ilmoitetaan rakennusosista löytyneet vauriot. Se helpottaa ennakkosuunnittelua, kiinteistötarkastuksen etenemistä ja tekoa.

/8, 5/

Nimikkeistö auttaa myös karkean kustannusarvion tekemisessä, joka tehdään kiinteistötarkastuksen jälkeen, esimerkiksi Haahtelan Kustannustieto Taku ohjelmalla. Valittu tarkastussuunnitelman rakenne, kun käytetään Talo 2000-hankenimikkeistöä rakennusosille:

- 1 RAKENNUSTEKNIikka
- 11 Alueosat
- 111 Maaosat
- 114 Alueen varusteet
- 115 Alueen rakenteet
- 12 Talo-osat
- 121 Perustukset
- 122 Alapohjat
- 123 Runko
- 124 Julkisivut
- 125 Ulkotasot
- 126 Vesikatot
- 13 Tilaosat
- 131 Tilan jako-osat
- 132 Tilapinnat /17, 2–4/

### 3.5 Mahdolliset vauriokohdat

Julkisivumuurauksessa voi olla kosteusrasitus- ja pakkasvaurioita. Vauriot voivat ilmetä muun muassa tiilien ja saumalaastin rapautumisena, seinien puuosien lahoamisena ja isona määränä suolahärmettä tiilissä. Muuratussa rakenteessa voi

olla myös rakennusrungon liikkeistä ja muodonmuutoksista aiheutuneita vaurioita. Tällöin vauriot ilmenevät tiilien halkeiluna. /9, 3–5/

Sokkelin betonipinnassa voi olla kosteusrasitus- ja pakkasvaurioita. Vauriot voivat ilmetä muun muassa pinnan halkeiluna ja rapautumisena. Raudoitettussa betonisokkelissa voi myös olla korroosiovaurioita. Vauriot ilmenevät raudoitteiden suuntaisina halkeamina ja lohkeamina. Myös sokkelissa voi olla rakennusrungon liikkeestä ja muodonmuutoksista johtuvia vaurioita. Ne ilmenevät muodonmuutoksina, kaareutumisenä ja halkeiluna. /1, 4–6/

Puuikkunoissa puuosat ovat todennäköisesti vaurioituneita. Ne ilmenevät pintakäsittelyssä, halkeiluna, muodonmuutoksina tai lahovaurioina. Myös ikkunoiden lasituksessa voi olla vauriokohtia. Ne ilmenevät itse laseissa, lasituskittauksissa tai listojen vaurioina. Muita vaurioita voi esiintyä heloissa, tiivisteissä, metalliosissa ja ympäröivissä rakenteissa, jotka ovat yleensä helposti nähtävissä. /13, 7–9/

Yläpohjassa voi esiintyä kosteus- ja katevaurioita. Vauriot esiintyvät katteiden pinnassa. Kosteusvauriot voivat ilmetä myös yläpohjan liiallisena kosteuspitoisuutena kosteusmittauksissa. /20, 6/

Maanvaraisessa alapohjassa voi olla kosteusvaurioita, koska maanvaraisen laatan alla on todennäköisesti vain kapillaarinen perusmaa. Alapohjarakenteiden alla pitäisi perusmaa olla vaihdettuna alussoraan. Soralla tehtäisiin kapillaarikatko, joka estää kosteuden kapillaarisen nousun alapohjaan.

Peltikatteiden vauriot voivat johtua korroosiosta, jolloin kate on ruostunut. Myös mekaanisia vaurioita voi ilmetä, jotka ovat seurausta huonosta talvikunnossapidosta. Vauriot ovat selvästi havaittavissa silmämääräisesti. Myös suunnittelu- ja työvirheitä voi katteessa olla, kuten peltikatteen ja aluskatteen liian pieni väli. Tällöin vauriot ilmenevät puisten alusrakenteiden kosteutena tai lahoamisena. /19, 13/

Kellarin seinärakenteissa voi olla mahdollisesti kosteus- ja homevauriota. Ne ilmenevät yleensä maakellarimaisena hajuna sisäilmassa. Ilman hajua vaurioita on

mahdotonta selvittää kuntoarviossa. Jos vaurion mahdollisuus halutaan selvittää varmasti, on kuntotutkimus välttämätön. /7, 28/



## **4 RAKENNUSTEKNINEN KUNTOARVIO**

Ammattiopiston U-siiven kiinteistötarkastus tehtiin 28. ja 29.4. Tarkastuksessa edettiin tarkastussuunnitelman mukaisesti Talo 2000 -hankenimikkeistön rakennusosien mukaan. Kiinteistötarkastusta varten ammattikorkeakoululta lainattiin Gann Hydromette RTU 600 -pintakosteusmittaria. Mittari oli kalibroitu 12.10.1999, mutta tarkastusta edeltäneessä testauksessa todettiin se edelleen hyvin toimivaksi. Pintakosteusmittarin käyttöohjeen mukaan kuivan materiaalin pintakosteuslukema tulisi olla puussa ja tiilessä alle 40 sekä sisätiloissa betonissa alle 70.

### **4.1 11 Alueosat**

#### 111 Maaosat

Sokkelin viereinen maa on länsipuolella perusmaata ja itäpuolella joko perusmaata tai asfalttipäällystettyä. Pohjoispuolella sokkelin vieressä on asfalttipäällyste ja sokkelin betonipinta on päällystetty viereisen siiven peruskorjauksen yhteydessä. Rakennus jatkuu etelään päin U-siiven jälkeisellä A-siivellä, joten julkisivua ei U-siivellä eteläpuolella ole. Sokkelin viereistä maata ei ole vaihdettu, jolloin myös vierustäyttö puuttuu. Vierustäytön puuttuessa sokkelin viereinen maa pysyy kosteana ja talvella jäätyneenä, joka aiheuttaa kosteuden imeytymistä betonisokkeliin sekä kosteus- ja pakkasvaurioita betonin pinnassa. Vauriot ilmenevät halkeiluna ja pinnan rapautumisena. Maa myös viettää pääsääntöisesti perusmuuriin päin, jolloin sadevedet sekä lumi- ja jääkertymät jäävät helposti sokkelin viereen. Sadevesikourut ovat betonisia ja huonosti toimivia. Ne ovat painuneita ja tukkoisia, joten kaikki sadevedet eivät siirry pois rakennuksen vierustalta. Salaojia ei ole ilmeisesti ollenkaan. Ikkunat ovat perusmuurissa niin lähellä maan pintaa, että kosteusvauroiden riski on suuri. Kuviossa 1 näkyy perusmaan kallistuminen sokkelia kohti sekä ikkunoiden sijainnit perusmuurissa.



**Kuvio 1.** Perustusten viereinen perusmaa länsipuolella.

#### 115 Alueen rakenteet

Ulkoportaat, -tasot ja -liuskat ovat betonisia ja niiden pinnassa esiintyy paljon halkeilua ja rapautumia. Halkeilut ja rapautumat johtuvat kosteus- ja pakkasvaurioista sekä kunnossapidon puutteesta. Kuviossa 2 näkyy länsipuolen ulkoportaissa olevia halkeamia ja rapautumia.



**Kuvio 2.** Halkeamia ja rapautumia länsipuolen portaissa.

## 4.2 12 Talo-osat

### 121 Perustukset

Kosteus- ja pakkasvaurioita esiintyy sokkelissa etenkin itäpuolella, kuten kuviosta 3 näkyy. Betonisokkelissa on lännenpuoleisen ulkoliuskan alla korroosioaurio ikkunan yläpuolella, joka johtuu todennäköisesti liian vähäisestä suojabetonipeitteestä (katso kuvio 4).



**Kuvio 3.** Kosteus- ja pakkasrapautumia sokkelissa itäpuolella.



**Kuvio 4.** Korroosioaurio sokkelissa.

## 122 Alapohjat

Alapohjassa ja sen pintakäsittelyssä esiintyi paikallisesti halkeamia, mutta suuria painumia ei ollut havaittavissa. Teknisessä huoneessa U039 oli pieni kosteusvuoto vanhasta putkesta ja haju oli maakellarimainen. Pintakosteusmittauksissa pintakosteusarvo oli U039-huoneessa vuotokohdan betonissa keskimäärin 72. Vuodon voi nähdä kuviossa 5. U010-pukuhuoneessa on myös ollut ilmeisesti keväällä kosteusvuoto ja lattiaa oli kuivattu. Pintakosteusmittari antoi kuitenkin muovimatosta arvoksi noin 130, joten rakenteen kosteus on ilmeinen (katso kuvio 6 sivulla 20). Myös U002-varaston haju oli kellarimainen. Haju tuli todennäköisesti luukusta tekniseen tilaan U001, joka on lämmittämätön tila. Muuten alapohjan pintakosteusarvot vaihtelivat keskimäärin välillä 50–70. Alapohjan kanaalit ovat keväällä vuotaneet ja vuotokohdat olivat korjattu.

Suosittelenkin Vaasan Talotoimea suorittamaan tarkemmat alapohjan kuntotutkimukset, sillä useammat vuodot ja yli 80 pintakosteusarvot ovat suuria kosteusvahinkojen ja jopa homevaurioiden aiheuttajia. Myös alapohjan kanaalien kunto on tutkittava tarkemmin, sillä niiden uusimisen tarve voi vaikuttaa alapohjan kunnostustoimenpiteen valintaan.





**Kuvio 5.** Kosteusvuoto teknisessä huoneessa U039.



**Kuvio 6.** Kellarikerroksen pukuhuoneen kosteusvuoto.

## 123 Runko

Kellarikerroksen U033 siivoushuoneen lasitiili-ikkuna on vuotanut kosteutta sisälle. Kosteusvuoto on aiheuttanut pahoja rapautumia ikkunan yläpuoleisissa palkissa ja viereisissä runkorakenteissa, kuten kuviossa 7 näkyy. Vuoto johtuu osin ikkunan yläpuoleisesta korroosiovauriosta betonisokkelissa (katso kuvio 3), mutta todennäköisesti ikkunan saumat myös vuotavat, sillä vaurioita on myös ikkunan alaosissa. Kosteusvahinko vaatii tarkemman kuntotutkimuksen vaurion laajuuden selvittämiseksi.

Muuten pilarit ja palkit olivat pääsääntöisesti pinnaltaan hyväkuntoisia. Yksittäisiä halkeamia ja pieniä rapautumia oli kuitenkin havaittavissa.



**Kuvio 7.** Rapautumat ikkunan ympärillä huoneessa U033.



## 124 Julkisivut

Julkisivurappaus oli todella huonossa kunnossa, kuten kuvioista 8 ja 9 voi havaita. Ikkunapelleissä ei ollut vaadittuja kaatoja. Ikkunapeltien pinnoitukset olivat myös pääsääntöisesti todella huonossa kunnossa ja ne olivat paikoitellen muodoltaan vääristyneitä (katso kuvio 10 sivulla 25).



**Kuvio 8.** Julkisivurappauksen kunto länteen.



**Kuvio 9.** Rapautunutta rappausta rakennuksen itäsivulta.

Puuikkunoita tarkastettiin pistokokein vähintään kaksi ikkunaa kellarista ja ylimmästä kerroksesta jokaiseen mahdolliseen ilmansuuntaan. Ensimmäisessä kerroksessa tehtiin myös pistokokeet jokaiseen ilmansuuntaan todeten, ettei ikkunoiden kunto juuri eronnut ylimmän kerroksen ikkunoista. Kuntoarviossa todettiin, ettei ilmansuunnalla ole isompaa vaikutusta ikkunoiden tämän hetkiseen kuntoon. Puuikkunoiden vauriot olivat koko rakennuksessa aivan vastaavia keskenään.



Ikkunoiden pintakäsittely oli vaurioitunut kauttaaltaan koko ikkunassa. Pahimmat pintakäsittelyn vauriot olivat ulkopuitteissa ja alakarmeissa, joissa maalipintaa ei ollut juuri enää jäljellä ollenkaan. Sisäpuitteiden pintakäsittelyn hilseilyä ja irtoamista oli vain paikoitellen. Pintakäsittelyn vauriot johtuvat huollon puutteesta ja kosteista puuosista. Kuvio 11 havainnollistaa maalin hilseilyä.

Puuosat ovat halkeilleet paikoitellen, varsinkin karmin ja ulkopuitteiden ulkosivuilta. Halkeilu johtuu huollon puutteesta ja liiasta auringonvalosta. Lievää lahoamista oli havaittavissa vain muutamassa ikkunassa, joissa on ollut eniten kosteusvaurioita. Muodonmuutoksia oli myös jonkin verran havaittavissa, jolloin karmin ja puitteen välinen rako on joko liian suuri (kuten kuvion 12 ikkunassa) tai se on liian tiukka.

Lasitusten kiinnitykset olivat pääsääntöisesti huonossa kunnossa. Etenkin lasituskittaukset olivat kuluneet lähes olemattomiin sekä sisä- että ulkopuitteissa. Tämän näkee selvästi kuvioista 13 sivulla 26. Lasituslistat olivat pääsääntöisesti osin tai kokonaan irronneita. Vauriot johtuvat lasituskitin ja -listojen vanhentumisesta. Itse lasitus oli muutamasta paikasta rikkoutunut.

Muita ikkunoiden vaurioita oli tiivisteiden huonokuntoisuus sekä satunnaiset korroosiovauriot heloissa. Tiivisteet ovat vanhoja, kuluneita ja menettäneet muotonsa vuosien saatossa. Helojen korroosiovauriot johtuvat korkeasta kosteuspitoisuudesta ja huollon puutteesta.

Puuikkunoihin oli myös lisätty 1980-luvun remontin yhteydessä ikkunan puitteiden väliin alumiinipuitteet (katso kuvio 11 sivulta 25). Alumiinipuitteisen lasin tarkoitus on ollut lisätä tiiveyttä ja toimia lisäeristeenä. Alumiinipuitteista osa oli kääntynyt huonoon asentoon, jolloin ne eivät olleet tiiviitä ja lähes jokaisen tiivisteet olivat huonossa kunnossa. Noin viidesosasta ikkunoista nämä lisälasit oli vuosien saatossa poistettu.



**Kuvio 10.** Ikkunapellin ja ulkopuitteen vaurioita.



**Kuvio 11.** Alumiinivälipuite ja pinnoitteen rapautumista.



**Kuvio 12.** Ikkunakarmin ja -puitteiden välinen suuri rako.



**Kuvio 13.** Lasituskittaukset ovat kuluneet ja ulkopuitteessa on lahoamista.

## 125 Ulkotasot

Länsipuolen puurakenteinen ulkokatos on huonossa kunnossa. Sen puuosat ovat osin lahonneita ja sisäpuolinen pintakäsittely on hyvin kulunut (katso kuvio 14).



**Kuvio 14.** Länsipuolen puurakenteinen ulkokatos.

## 126 Vesikatot

Ullakkotilan päädyissä on tiiliseinät, joissa ei ole lainkaan tuuletusaukkoja (katso kuvio 15 sivulla 28). Päätyjen tiilisaumat ovat myös hyvin rapautuneet. Vesikate on pääsääntöisesti pitänyt hyvin vettä, eikä suurempia vuotokohtia ollut. Peltikatteen pinta oli kuitenkin erittäin kulunut, mutta ruostumista ei ollut havaittavissa. Kattoluukkujen puuosat olivat pahasti lahonneita, kuten myös vesikatteen päällä olevat puiset kulkusillat (katso kuviot 15 ja 16 sivulla 29). Kattoluukkujen kosteuslukema pintakosteusmittauksissa oli noin 90. Vesikourut ovat uusittu länsipuolelta. Yläpohjan lämmöneristeet olivat muuten aivan hyvässä kunnossa, mutta niiden päällä varastoitiin paljon sinne kuulumatonta tavaraa.



Ylimääräisten tavaroiden säilytystä yläpohjan eristeiden päällä ei suositella, sillä se painaa eristeet kasaan. Eristeiden painuessa myös lämmöneristävyys kärsii ja pahimmassa tapauksessa eristeet vaurioituvat. Betoninen yläpohja, puiset kattoristikot ja aluskatteet olivat kaikki kuivia pintakosteusmittauksien perusteella (katso kuvio 18 sivulla 30). Huomioitavaa on kuitenkin, että peltikatteen ja puisen aluskatteen välissä ei ole tuuletusrakoa. Tiivis peltikate ja katon lappeiden suuntaiset tuuletusraot ovat ilmeisesti estäneet vaurioiden synnyn.



**Kuvio 15.** Ullakkotilan päädyistä puuttuvat tuuletusaukot. Eristeiden päällä säilytetään myös ylimääräistä tavaraa.



**Kuvio 16.** Kattoluukun lahoamisvaurio.



**Kuvio 17.** Peltivesikate on kulunut ja kulkusillat ovat lahonneet.



**Kuvio 18.** Yläpohja ja sen eristeet olivat kuivia.

### **4.3 13 Tilaosat**

#### 131 Tilanjako-osat

Tiilistä muurattujen väliseinien kunto vaihteli suuresti, mutta ne olivat pääsääntöisesti kohtalaisen hyvässä kunnossa. Rapautumia oli havaittavissa paikoitellen ja väliseinissä oli paikoitellen kulumia. Suurin osa kulumista oli todennäköisesti oppilaiden itse tekemiä. Myös uusista tilanjaoista ja laitteiden ja järjestelmien huoltotoimenpiteistä oli jälkiä, kuten kuviosta 19 ilmenee. 80-luvun remontin yhteydessä oli rakennettu myös uusia väliseiniä ja niiden kunto oli erinomainen.





**Kuvio 19.** Kellarin varaston väliseinää oli avattu ilmeisesti tarkoituksella.

### 132 Tilapinnat

Henkilökunnan haastattelujen mukaan viistosade on tuonut ikkunoiden kautta kosteutta ikkunapenkeille ja se oli selvästi havaittavissa rapautumina, kuten kuviossa 20 ilmenee. Pitkäaikaisen kosteusrasituksen takia kannattaa tilata tarkempi ikkunan viereisten rakenteiden kuntotutkimus. Lattioiden pintoina toimii pääsääntöisesti erilaisia muovimattoja. Muovimattojen kunto vaihtelee myös suuresti, mutta lähes poikkeuksetta niissä oli kuitenkin jonkin asteisia vaurioita, lähinnä halkeamia (katso kuvio 21). Muovimattojen kiinnityksessä on mahdollisesti käytetty asbestia, joten asbestikartoitus on välttämätön, jos lattian pinnoitteita puretaan. Ulkoseinien sisäpuoliset pinnat olivat paikoin erittäin kuluneita ja seinissä oli paljon koloja ja rapautumia. Vauriot ovat syntyneet todennäköisesti normaalin kulumisen lisäksi oppilaiden toimesta ja vaurioita oli lähes jokaisessa luokassa (katso kuvio 20).





**Kuvio 20.** Ikkunapenkkien ja ulkoseinien sisäpinnan vauriota.



**Kuvio 21.** Kellarikerroksen muovimaton halkeilua.

## **5 VAIHTOEHTOISET KORJAUSTOIMENPITEET**

### **5.1 Maanvarainen lattia**

Maanvaraisen lattian korjausvaihtoehtoja rajoittaa kellarikerroksen yhteys kahteen muuhun siipeen, jolloin lattian korkeutta ei voi merkittävästi muuttaa. Lattiaan upotetut putkikanaalit ja niiden huoltoluukut myös rajoittavat paksujen kerrosten rakentamista niiden päälle. Rajoitteet huomioon ottaen ei korjaustapoja löydetty kuin kaksi. Vaihtoehdoista ensimmäinen on laatan pinnoitteen uusiminen ilman lisäeristystä. Toinen vaihtoehto on vanhojen laattojen ja eristeiden purkaminen sekä niiden korvaaminen uudella normien mukaisella alapuolelta eristetyllä betonilaatalla. Tällöin myös vanhaa perusmaata on poistettava lisäeristyksen ja kapillaarikatkon muodostavan lisätäytön mahdollistamiseksi. Myös energiatehokkaampaan betonilattiaan vaihtaminen olisi mahdollista, mutta se ei ole kannattavaa 50 vuotta vanhassa rakennuksessa. Alapohjan pinta-alaksi laskettiin piirustuksista ja kuvista karkeasti noin 500 m<sup>2</sup>. /2/

### **5.2 Ulkoseinien lisäeristys ja pintakäsittely**

Suuren rakennuksen korjausrakentamishankkeessa on elinkaariedullisinta olla purkamatta vanhaa ulkoseinärakennetta, ellei purkaminen ole välttämätöntä. Vaasan ammattiopiston U-siiven seinärakenteissa ei ole havaittavissa rakenteellisia muutoksia tai vaurioita. Ainoastaan julkisivujen pintakäsittely ja lämmöneristävyys kaipaavat parannusta. Parantaakseen rapatun tiiliseinärakenteen lämmöneristävyyttä on rakennetta lisäeristettävä. Uuden julkisivun on oltava pintakäsittelyltään rapattu, sillä U-siipi yhtyy kolmeen julkisivultaan jo korjattuun ja rapattuun siipeen. Uusi julkisivurakenne ei voi myöskään kasvaa liikaa paksuutta, koska se muuttaisi rakennuksen ulkonäön lisäksi ikkunoiden ja sadevesijärjestelmien toimivuutta. Lisäeristämisen ja halutun pintakäsittelyn mahdollistamiseksi on olemassa vain kaksi järkeenkäypää vaihtoehtoa, eristerappaus tai kuorielementtien käyttö. Koska ohutrappaus käytetään yleensä vain pienten rakennusten rappausmenetelmänä, valittiin menetelmäksi kolmikerroseristerappaus. Kolmikerroseristerappauksessa lämmöneristeiden ulkopintaan muodostetaan yhtenäinen, metallisella rappausverkolla lujitettu,

jäykkä levy. Levy ankkuroidaan lämmöneristeen läpi seinän runkoon. Kolmikerroseristerappaus käsittää kolme rappauskerrosta, jotka ovat pohja-, täyttö ja pintalaasti. Korjausrakentamisessa lämpöeristeen paksuus vaihtelee 50 - 100 millimetrin välillä ja itse rappauksen paksuus on noin 25 millimetriä. Kuorielementiksi valittiin betonipintainen kuorielementti, jonka pinta on rapattu. Tähän vaihtoehtoon päädyttiin, koska se on kustannuslaskelmien mukaan kuorielementtivaihtoehdoista selvästi edullisin. Kuorielementti on itsessään yleensä vähintään 50 millimetriä paksu. Lisäeristeen paksuudeksi valittiin laskelmiin 50 millimetriä, jolloin julkisivun paksuus ei kasva liian suureksi. Kuorielementit myös ankkuroidaan alusrakenteeseen. Lisälämmöneristeet kiinnitetään vanhaan rakenteeseen. Kuorielementin ja vanhan rakenteen välillä on oltava myös tuuletusrako. Julkisivujen pintakäsittelyn pinta-alaksi laskettiin piirustuksista ja kuvista karkeasti noin 630 m<sup>2</sup>. /1/ ; /9/

### **5.3 Ikkunat**

Vanhoiden puuikkunoiden energiatehokkuuden parantamiseksi on olemassa vain kaksi toimintatapaa. Ensimmäinen toimintatapa on vanhan ikkunan kunnostus ja sen ulkopuolelle asennettava alumiinietuikkuna. Etuikkunatekniikka on melko vähän käytetty peruskorjaustapa, koska sen kustannukset ovat yleensä lähellä ikkunoiden uusimisen kustannuksia, eikä tekniikalla päästä uusien ikkunoiden energiatehokkuuteen. Toinen tapa on ikkunoiden perusteellinen uusiminen puualumiini-ikkunoilla. Puualumiini-ikkunat ovat yleisin nykyisin asennettava ikkunatyyppe, jossa ikkunan ulkopuolella ja ulos näkyvät osat ovat alumiinia, karmi ja muut puitteet puuta. Ikkunoista on myös mahdollista saada hyvin energiatehokkaita, mutta niiden käyttö vanhassa peruskorjatussa rakennuksessa ei ole kannattavaa. Ikkunoiden pinta-alaksi laskettiin piirustuksista ja kuvista karkeasti noin 285 m<sup>2</sup>. /13/

## **6 ELINKAARILASKELMAT**

### **6.1 Rakennuksen elinkaari**

Elinkaarella tarkoitetaan rakennuksen tai sen osan käyttöikä, joka alkaa suunnittelusta, jatkuu rakentamisen ja rakennuksen käytön kautta aina lopulliseen purkamiseen saakka. Elinkaareen ei lasketa kuitenkaan mukaan purkamismateriaalien hyötykäyttöä. Korjaushankkeilla sekä asianmukaisilla huolloilla voidaan pidentää rakennuksen tai sen osan elinkaarta käytön aikana. Suunnittelussa voidaan vaikuttaa koko rakennuksen elinkaaren kustannustehokkuuteen. /12, 8/

### **6.2 Elinkaarilaskenta ja elinkaarikustannuslaskenta**

Elinkaarilaskennan määritelmä on laaja ja sen käyttökohteita on useita. Näitä ovat muun muassa hankintamallien vertailu, suunnitteluvaihtoehtojen valinta sekä tarjousten vertailu. Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus laskea vaihtoehtoisille rakenteille niiden elinkaaren aikaiset kokonaiskustannukset, joten oikea menetelmä tähän on elinkaarikustannuslaskenta. /12, 10 & 34/

### **6.3 Elinkaarikustannuslaskenta menetelmä**

Elinkaarikustannuslaskelmien tavoitteena on pyrkimys ennakoida valitun rakennuksen, sen osan tai järjestelmän elinkaaren aikaisia kokonaiskustannuksia. Elinkaarikustannuslaskentaa voidaan käyttää päätöksenteon aikaisen vertailun apuvälineenä. Elinkaarikustannuslaskennan tuloksien päämääränä on löytää elinkaarikustannuksiltaan edullisin vaihtoehto, perinteisen investointipainotteisen vertailun sijaan. /12, 34/

### **6.4 Opinnäytetyön elinkaarikustannuslaskelmat**

Opinnäytetyössä tehtiin Excel-laskentapohja elinkaarikustannuksia varten. Vaasan Talotoimen toiveena oli saada elinkaarilaskelmat julkisivun lisäeristämisen, maanvaraisen lattian sekä ikkunoiden eri rakennevaihtoehtoista. Elinkaarikustannuslaskelmista on esimerkkinä ikkunoiden korjausvaihtoehtojen

laskelmat kuviossa 22. Elinkaarikustannukset voidaan laskea energiankulutuksen, kunnossapitokustannusten ja investointikulujen avulla. Elinkaarikustannukset laskettiin seuraavalla kaavalla: /21, 31/ ; /22, 151–152/

$$\begin{aligned} & \text{Elinkaarikustannukset} = \\ & \text{Energiankulutus} * \text{Kunnossapitokustannukset} * \text{Investointikulut} \quad (1) \end{aligned}$$

Energiankulutus laskettiin kertomalla rakenteen lämmönläpäisykerroin eli U-arvo, korjauskohteen pinta-ala, vuorokauden tunnit, lämmitystarveluku Vaasassa ja energian keskimääräinen hinta. Investointikulujen laskuun ja kunnossapitokustannusten arviointiin käytettiin Haahtela-yhtiöiden Taku Kustannustieto 2011 -ohjelmaa. Rakenteiden jäännösarvoa ei ole laskelmissa otettu huomioon, sillä sitä on todella vaikea arvioida julkisiin rakennuksiin. Kaikille rakennusvaihtoehdoille tehtäviä samoja korjaustoimenpiteitä ei ole huomioitu laskuissa. Varsinaiset elinkaarikustannuslaskelmat ovat työn liitteessä 1. /21/ ; /22/

Rakenteiden U-arvot kerättiin eri kirjallisuuslähteistä ja nettijulkaisuista. Vanhojen kunnossapidettävien MS-ikkunoiden U-arvona voidaan käyttää 2,5 W/m<sup>2</sup>K. Alumiinivälipuitteita ei ole tässä U-arvossa otettu huomioon, sillä niitä ei ollut jäljellä kuin n. 70 % ikkunoista ja ne olivat pääsääntöisesti todella huonossa kunnossa. Jäljellä olevien välipuitteiden ja ikkunoiden erittäin huonon kunnan katsotaan kumoavan toisiensa vaikutukset U-arvoon. Vanhojen MS-ikkunoiden kunnostamiselle ja suojaavalle etuikkunalle käytettiin U-arvoa 1,7 W/m<sup>2</sup>K. Vaihdeettaville puualumiini-ikkunoille käytettiin arvoa 1,1 W/m<sup>2</sup>K. /23, 58/ ; /13/

Puolentoista kiven paksuisen kennotiiliseinän U-arvona voidaan käyttää 1,031 W/m<sup>2</sup>K /24/. Nykyisen rakenteen päälle tehtävän eristerappauksen U-arvoina voidaan käyttää 50 millimetrin lisäeristyksellä 0,486 W/m<sup>2</sup>K ja 100 millimetrin lisäeristyksellä 0,318 W/m<sup>2</sup>K /24/. Nykyisen rakenteen ja 50 millimetrin lisäeristeisen kuorielementti yhdistettynä U-arvona voidaan käyttää 0,410 W/m<sup>2</sup>K /25/. Vaasan Talotoimen pitää varmistaa kennotiiliseinän uusien rakenteiden kantavuus.

50 millimetrin lastulevyllä eristetyn maanvaraisen lattian U-arvona voidaan käyttää 0,47 W/m<sup>2</sup>K /26/. Uuden eristetyn betonilattian U-arvona voidaan käyttää 0,17 W/m<sup>2</sup>K /27/.

Maanvaraisen lattian elinkaarikustannuslaskelmissa ei ole laskettu mukaan muovipinnoitteen uusimista, koska se täytyy tehdä kaikille vaihtoehdoille. Kaikille vaihtoehdoille tehtäviä samoja toimenpiteitä ei siis huomioida laskuissa, kuten aikaisemmin on mainittu. Vanhan lattiapinnoitteen päälle voidaan myös asentaa uusi pinnoite, jolloin ylimääräisiä kustannuksia ei purkutöistäkään synny.

Laskentapohjissa sinisellä taustalla olevat arvot ovat muutettavia lähtöarvoja. Lähtöarvojen syöttämisen jälkeen pohja laskee automaattisesti elinkaarikustannukset.

#### Elinkaarikustannuslaskelma

Rakennuksen eteläkaari  
Energian hinta  
Arvoilijävero  
Lämmitystarveku Vaasassa

30 luotta  
0,1 €/kWh  
24 %  
4463 KJ

Energiankulutuksen laskukaava  
U-arvo (W/Km<sup>2</sup>\*pinta-ala (m<sup>2</sup>\*24h)\*lämmitystarveku (KJ)\*energian hinta (€/kWh) = €/vuosi

Rakennuosa Puitteikkunat

Toimenpiteet	Korjausala (m <sup>2</sup> )	Korjaushinta	Korjaushinta / m <sup>2</sup>	Investointikulut	Investointikulut /m <sup>2</sup>	Kunnossapitokustannukset / m <sup>2</sup>					Yhteensä	Ikämääräisyys	U-arvo W/Km <sup>2</sup>	Energiankulutus / a	Energiankulutus / m <sup>2</sup>	Elinkaarikustannukset / m <sup>2</sup>
						10v	20v	30v	40v	50v						
HE-ikkunan kunnostus ja suljaisa etuikkuna	285	97 300 €	341,4 €	120 652,0 €	423,3 €	10 €	10 €	10 €	0 €	0 €	30 €	0 €	1,7	5 136,6 €	547,0 €	1 000,3 €
Puutalvini-ikkunoihin vaihtaminen	285	112 900 €	396,1 €	129 996,0 €	459,2 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	1,1	3 361,5 €	353,9 €	385,2 €

**Kuvio 22.** Ikkunavaihtoehtojen elinkaarikustannuslaskelmat.

## 7 TAKAISINMAKSULASKELMAT

### 7.1 Takaisinmaksuajan menetelmä

Takaisinmaksuajan menetelmä on eräs elinkaarilaskennan investointilaskentamenetelmistä. Takaisinmaksulaskelmilla selvitetään investoinnin takaisinmaksuaika seuraavalla kaavalla:

$$\frac{\text{Investointikulut}}{\text{vuosittainen nettotuotto}} = \text{takaisinmaksuaika (vuosina)} \quad (2)$$

Investointikuluissa lasketaan yhteen rakenteen tai järjestelmän hankkimis- ja asentamiskustannukset. Vuosittaiset nettotuotot eli kustannussäästöt saadaan vähentämällä alkuperäisistä vuotuisista ylläpito- ja huoltokustannuksista tietyn vaihtoehdon vuotuiset ylläpito- ja huoltokustannukset. Kaikilla vaihtoehdoilla toistuvia samoja kustannuksia ei tarvitse huomioida. Kun investointikulut jaetaan vuosittaisella nettotuotolla, saadaan selville takaisinmaksuaika eli kuinka monta vuotta sijoituksen kestää kustantaa itsensä takaisin. Takaisinmaksulaskelmissa voidaan huomioida tai jättää huomioimatta koron vaikutus. /14, 51/ ; /16, 754/ ; /18/

Elinkaarilaskelmissa laskentakorkoa voidaan tarkastella joko tuottoa tai kustannuksia silmälläpitäen. Tuottoa tarkastellaan, kun pääomalla on vaihtoehtoisia sijoituskohteita, joilla tehdä tuottoa. Kustannusnäkökulmassa laskentakorko koostuu lainan koroista ja sijoituksen riskistä. Riskit muodostuvat itse kohteesta, kysynnästä ja tarjonnasta sekä rahoituksesta. /14, 50/

Tämän opinnäytetyön laskelmissa ei oteta huomioon inflaatiota tai laskentakorkoa, koska vertaillessa julkisen sektorin korjausrakennushankkeen eri rakennevaihtoehtoja, ei laskentakorkoa ole järkevää laskea tuoton eikä kustannusten näkökulmasta. Tätä myös suosittelee EU:n elinkaarilaskelmia käsittelevä työryhmä raportissaan ”Sustainable construction, Life Cycle Costs in Construction”. /14, 50/.

Jos koron vaikutus huomioitaisiin, olisi nettotuotot diskontattava. Diskonttauksessa tulevaisuuden tuotoille lasketaan nykyarvot korkojen avulla. /14, 49/ ; /16, 753–754/

## 7.2 Takaisinmaksulaskelmat

Opinnäytetyössä tehtiin Excel -laskentapohja takaisinmaksulaskelmia varten käyttäen hyväksi kaavaa 2 ja elinkaarikustannuslaskelmia. Takaisinmaksulaskelmat tehtiin vain elinkaarikustannuksiltaan edullisimmalle rakennevaihtoehdolle. Kunnossapitokustannukset ja investointikulut saatiin käyttämällä Taku Kustannustieto 2011 –ohjelmaa, kuten elinkaarilaskelmissakin. Vuosittainen nettotuotto saatiin vähentämällä nykyisen rakenteen vuosittaisista ylläpito- ja huoltokustannuksista elinkaariedullisimman rakennevaihtoehdon vastaavat. Vastaukseksi saatiin vaihtoehdoisen rakenteen takaisinmaksuaika vuosina.

Takaisinmaksulaskelmista on esimerkkinä maanvaraisen laatan takaisinmaksulaskelma kuviossa 23. Koska elinkaarikustannuslaskelmissa käytettiin tarkasteluajanjaksona 30 vuotta, käytetään sitä myös takaisinmaksulaskuissa. Nykyisten vanhojen rakenteiden yli 30 vuoden kunnossapidon arvioiminen on myös todella vaikeaa, sillä ei ole varmuutta kestäisivätkö rakenteet nykykunnossa niin pitkään ilman peruskorjausta. Varsinaiset takaisinmaksulaskelmat ovat työn liitteessä 2.

Takaisinmaksulaskelma		Kunnossapitokustannukset / m <sup>2</sup>						Yhteensä	Jäännösarvo	U-arvo W/Km <sup>2</sup>	Energiankulutus / a	Energiankulutus / m <sup>2</sup>
Nykyinen rakenne	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	10v	20v	30v	40v	50v						
Maanvarainen teräsbetonilattia (alusbetoni 60mm, 50mm lastulevy, 50mm pintavalu)	500	15 €	25 €	35 €	0 €	0 €	75 €	0 €	0,47	2 520,5 €	5,0 €	
<b>Investointikulut = takaisinmaksuaika (vuosia)</b> <b>Vuosittainen nettotuotto =</b>												
	Ylläpito- ja huoltokustannukset / a	Investointikulut										
Nykyisen rakenteen	3 770,52 €	0 €										
Halin vaihtoehtoinen rakenne	858,00 €	67 410 €										
Vuosittainen nettotuotto =	2 912,52 €											
Vaihtoehtoisen rakenteen takaisinmaksuaika vuosina =		23,14 vuotta										

**Kuvio 23.** Maanvaraisen lattian takaisinmaksulaskelma.



## 8 TULOKSET JA NIIDEN TULKINTA

### 8.1 Elinkaarikustannuslaskelmien tulokset ja tulkinta

Maanvaraisen lattian elinkaarikustannuslaskelmien mukaan pelkällä lattiapinnoitteiden uusimisella ei ole paljoa korkeammat elinkaarikustannukset betonilaatan uusimiseen ja lisäeristämiseen verrattuna. Pitää kuitenkin ottaa huomioon, että kosteusvahinkojen ja homeongelmien riski on paljon suurempi vanhalla betonilaatalla. Peruskorjauksen yhteydessä tehtävät salaojat ja vierusmaan vaihdosta muodostuva kapillaarikatko toki vähentävät kosteusrasitusta alapohjan rakenteissa. Vahinkoja ja ongelmia kohdatessa kunnossapitokustannukset voivat nousta huomattavasti. On myös huomioitava, että elinkaarikustannuslaskelmissa elinkaaren laskentapituutena käytettiin vain 30 vuotta, koska vanhan rakennuksen pidempiaikainen käyttö ei ole varmaa. Mikäli rakennusta huolletaan ja kunnossapidetään hyvin, voi elinkaari olla myös paljon pitempi, jolloin jokainen vuosi lisää uusitun betonilaatan säästöjä.

Ulkoseinärakenteiden lisäeristys ja pintakäsittely vaihtoehtoista elinkaariedullisin vaihtoehto oli kolmikerroseristerappaus 100 millimetrin lisäeristyksellä. Elinkaarikustannusten erot eri vaihtoehtojen välillä eivät olleet järin suuria, mutta kuitenkin erot olivat selviä. Merkityksellisintä oli havaita, kuinka eristeen paksuus vaikuttaa kolmikerroseristerappauksen elinkaarikustannuksiin.

Elinkaarikustannuslaskelmien mukaan on selvä asia, että ikkunoiden vaihtaminen puualumiini-ikkunoiksi on paras vaihtoehto. Elinkaarikustannuslaskelmissa ei ole otettu huomioon ikkunan tiiviyn vaikutusta energiatehokkuuteen, mutta on ilmeistä, että myös tiiviys on uusituissa ikkunoissa parempi verrattuna kunnostettuihin ikkunoihin. Tiiviyn mukana ilmavuodot vähenevät, joka antaa lisää kustannussäästöjä. Puualumiini-ikkunoiden elinkaari on itsessään yli 40 vuotta, joten rakennuksen pitempiaikaisessa käytössä säästöjä kertyy enemmän myös uusituissa ikkunoissa.

Elinkaarikustannuslaskelmien kunnossapitokustannuksia tutkiessa täytyy myös huomioida, että kaikille vaihtoehdoille ja vanhalle rakenteelle tehtäviä samoja kunnossapitotoimenpiteitä ei ole otettu mukaan laskelmiin.

Elinkaarikustannuslaskelmien kunnossapitokustannuksia tutkiessa täytyy myös huomioida, että ne kunnossapitotoimenpiteet, jotka jouduttaisiin tekemään kaikille uusille vaihtoehdoille sekä myös vanhalle rakenteelle, eivät ole mukana laskelmissa.

On tärkeää ottaa huomioon, että peruskorjauksessa on huomioitava nykyiset korjausrakentamismääräykset. Korjausrakentamismääräysten mukaan, korjauksen vaatiessa rakennus- tai toimenpideluvan, tulee korjauksen yhteydessä pääsääntöisesti myös parantaa rakenteen lämmöneristävyttä pienentämällä vanhan rakenteen U-arvo puoleen tai korjaamalla se nykypäivän vaatimusten tasolle. /28/

Elinkaarikustannuslaskelmien kunnossapitokustannuksissa eivät ole mukana ne kunnossapitotoimenpiteet, jotka jouduttaisiin tekemään sekä kaikille uusille vaihtoehdoille että myös vanhalle rakenteelle. Tämän takia esimerkiksi puualumiini-ikkunoilla ei ole laskelmissa kunnossapitokustannuksia.

Laskelmia tutkiessa on myös otettava huomioon, että elinkaarikustannuslaskennalla saadaan hankkeelle vain tavoitteet, jotka pyritään toteuttamaan. Lähtöarvoihin liittyy aina epävarmuutta, varsinkin ilman laskelmien aiempaa käyttöä ja kokemuksia. Laskelmia tulee tarkentaa aina hankkeen aikana, kuten hankkeen muitakin suunnitelmia tarkennetaan. Merkittävä osa kustannuslaskentaa on vain saada laskelmat selviksi ja helposti ymmärrettäviksi päätöksentekijöille. Päätöksentekijöille laskelmien tulokset voivat antaa perusteluja suurimmille investoinneille. /12, 32–33/

Vaasan Talotoimi voi käyttää pohjia tulevaisuudessa vapaasti rakennevaihtoehtojen alustavaan vertailuun sekä muokata ja täsmentää lähtötietoja kokemusten ja tietämyksien mukaan, jonka avulla laskelmien prosentuaalinen virhe vähenee huomattavasti.

## 8.2 Takaisinmaksulaskelmien tulokset ja tulkinta

Kun takaisinmaksulaskelmissa laskelmat tehdään useammalle vaihtoehdolle, paras vaihtoehto selviää käytännössä sillä, millä niistä on lyhyin takaisinmaksuaika. Kun laskelmat tehdään vain yhdelle vaihtoehdolle, kuten tässä opinnäytetyössä, selviää takaisinmaksuajasta investoinnin kannattavuus.

Kaikissa kolmessa takaisinmaksulaskelmassa takaisinmaksuaika oli selvästi alle 30 vuotta. Investointien kannattavuus on ilmeinen, sillä peruskorjattavan rakennuksen elinkaari ylittää 30 vuoteen hyvin suurella todennäköisyydellä. Vaikka tulevaisuuden talousnäkyviä on vaikea ennustaa, on energian hinta noussut jo pitkään ja todennäköisesti hinta nousee myös tulevaisuudessa. Energiatehokkaat investoinnit tekevät säästöjä energian hinnan kallistuessa, jolloin takaisinmaksuajat myös lyhenevät.

Suosittelen myös Vaasan Talotoimea selvittämään ilmanvaihto- ja lämmityslaitteiden vaihtamisen elinkaariedullisuus. Selvitys on aina järkevää tehdä peruskorjauksen yhteydessä. Uusien ilmanvaihto- ja lämmityslaitteiden investointikulut ovat melko suuria, mutta vanhojen laitteiden lämpöhäviöt voivat olla suuruudeltaan lähellä vaipan lämpöhäviöitä. Vasta kun vaipan korjauksien yhteydessä vanhat ilmanvaihto- ja lämmityslaitteet päivitetään, saadaan rakennuksesta mahdollisimman energiaterokas ja elinkaariedullinen.

## LÄHTEET

- /1/ Betonijulkisivut. Korjausrakentaminen. 1996. Rakennustieto Oy. KH-Net palvelu. KH 92-00221. Viitattu 17.4.2014. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/kh/kortit/00221.html.stx>
- /2/ Hänninen, P. 2012. Ekorakentajan opas. Rakennustarkastusyhdistys RTY ry. Viitattu 07.4.2014. <http://www.rakentajanekolaskuri.fi/taustatietoa.php>
- /3/ Ilonen, A. 2006. 1950-luvun asuntoarkkitehtuurin henki ja aine. RY. Rakennettu ympäristö. Viitattu 07.4.2014. [http://www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/lehti/P\\_184.html](http://www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/lehti/P_184.html)
- /4/ Kiinteistön ja asunnon kunnan selvitysmenetelmiä. 2007. Rakennustieto Oy. KH-Net palvelu. KH 90-40053. Viitattu 15.4.2014. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/kh/kortit/40053.html.stx>
- /5/ Koulurakennus, korjausrakentamisen suunnittelu. 2010. Rakennustieto Oy. RT-Net palvelu. RT 96-10983. Viitattu 01.4.2014. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10983.html.stx>
- /6/ Kähkönen, P. 2005,2. Ontelolaattojen käyttö pientalorakentamisessa. Betoni-lehti. Viitattu 07.4.2014. [http://www.betoni.com/Download/21871/BET0502\\_s41-43.pdf](http://www.betoni.com/Download/21871/BET0502_s41-43.pdf)
- /7/ Kärki, J.-P. Heikkinen, P. 2011. Riskirakenteet ja niiden tunnistaminen sekä tutkimusmenetelmät. Viitattu 17.4.2014. Ympäristö ja Terveys-lehti. Pori. Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy. [http://www.sisailmakeskus.fi/kuvat/file/Artikkeli\\_Riskirakenteet%20ja%20niiden%20tunnistaminen\\_\\_\(1\).pdf](http://www.sisailmakeskus.fi/kuvat/file/Artikkeli_Riskirakenteet%20ja%20niiden%20tunnistaminen__(1).pdf)
- /8/ Liike- ja palvelukiinteistön kuntoarvio. Kuntoarvioijan ohje. 2012. Rakennustieto Oy. RT-Net palvelu. RT 18-11086. Viitattu 01.4.2014. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/11086.html.stx>
- /9/ Muuratut julkisivut. Korjausrakentaminen. 1996. Rakennustieto Oy. KH-Net palvelu. KH 92-00227. Viitattu 17.4.2014. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/kh/kortit/00227.html.stx>
- /10/ Parman kuorilaatatot. Suunniteluohje. 2012. Viitattu 08.4.2014 [http://www.parma.fi/images/files/publications/kuorilaatasto\\_korjattu.pdf](http://www.parma.fi/images/files/publications/kuorilaatasto_korjattu.pdf)
- /11/ Pientalon perustamistavan valinta. 1992. Rakennustieto Oy. RT-Net palvelu. RT 81-10486. Viitattu 07.4.2014. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10486.html.stx>

- /12/ Pulakka, S. Heimonen, I. Junnonen, J.-M. Vuolle M. 2007. Talotekniikan elinkaarikustannukset. Viitattu 13.4.2014. VTT tiedotteita – Research Notes 2409. Espoo. VTT. [www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2409.pdf](http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2409.pdf)
- /13/ Puuikkunat. Korjausrakentaminen. 2003. Rakennustieto Oy. KH-Net palvelu. KH 94-00329. Viitattu 17.4.2014. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/kh/kortit/00329.html.stx>
- /14/ Rakennus- ja kiinteistöalan ympäristö- ja elinkaarimittarit, K&T 80. 2005. Helsinki. Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy.
- /15/ Rinne, H. 2009. Vanha talo lepää kivien päällä. Artikkelit Perinnemestarin verkkosivuilla. Viitattu 07.4.2014. <http://www.perinnemestari.fi/?id=65&id2=74>
- /16/ Saari, A. 2000. Elinkaarikustannusten ja ympäristökuormitusten ohjaus rakennushankkeissa. Viitattu 12.4.2014 Rakentajain kalenteri 2001. Helsinki. Rakennustieto Oy. [https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A\\$47\\$RK010701\\$46\\$pdf/RK010701.pdf](https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A$47$RK010701$46$pdf/RK010701.pdf)
- /17/ Talo 2000 hankenimikkeistö. Rakennusosat. 2008. Rakennustieto Oy. RT-Net palvelu. RT 10-10918. Viitattu 16.4.2014. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10918.html.stx>
- /18/ Tenhunen, M.-L. 2013. Johdon laskentatoimi eri laskentatilanteissa. Johdon laskentatoimen koulu osa 4/10. Viitattu 12.4.2014 <http://www.tilisanomat.fi/content/johdon-laskentatoimi-eri-laskentatilanteissa>
- /19/ Vesikaton korjaus. Korjausrakentaminen. 2009. Rakennustieto Oy. KH-Net palvelu. KH 92-00284. Viitattu 17.4.2014. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/kh/kortit/00284.html.stx>
- /20/ Yläpohjan lämmöneristäminen. Korjausrakentaminen. 1998. Rakennustieto Oy. KH-Net palvelu. KH 92-00248. Viitattu 17.4.2014. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/kh/kortit/00248.html.stx>
- /21/ Linne, S. 2010. Ulkovaipan lämpötalouteen vaikuttavat korjaustoimenpiteet käytännössä. Julkisivuyhdistys ry. Viitattu 25.5.2014. <http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari2/images/stories/File/tutkittua/lisalammoneristetutkimus.pdf>
- /22/ Myyryläinen, L. 2003. Kiinteistön kunnossapidon ja elinkaaren hallinta. Helsinki. Kiinteistöalan kustannus.
- /23/ Jukkola, E. 1997. Julkisivujen korjausopas. Viitattu 29.5.2014. Julkisivuyhdistys r.y. <http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari2/images/stories/File/JulkkariOpas/julksivuopas.pdf>

- /24/ Lämpörappaus, U-arvo ja rakennuksen energiansäästö. Artikkelit Keratam Oy:n verkkosivuilla. Viitattu 29.5.2014. <http://www.keratam.fi/52-rappaus-u-arvo-ja-energia.html>
- /25/ Lisäeristäminen, rakenteet. Artikkelit Perinnemestarin verkkosivuilla. Viitattu 30.5.2014 <http://www.perinnemestari.fi/?id=65&id2=177>
- /26/ Mäkiö, E. 1990. Kerrostalot 1940 – 1960. Helsinki. Rakennuskirja.
- /27/ Alapohjarakenteita. 2010. Rakennustieto Oy. RT-Net palvelu. RT 83-11009. Viitattu 01.6.2014. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/11009.html.stx>
- /28/ Kauppinen, J. Kiuru, K. Ympäristöministeriön asetus. Rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. 2013. Helsinki. Viitattu 3.6.2014. fenerYmpäristöministeriö. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BC811B930-25A1-4CF9-84AA-AC06CA8A182D%7D/31587>



## LIITE 2

### Takaisinmaksulaskelma

Nykyinen rakenne	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Kunnossapitokustannukset / m <sup>2</sup>					Yhteensä	Jäännösarvo	U-arvo W/Km <sup>2</sup>	Energiankulutus / a	Energiankulutus / m <sup>2</sup>
		10v	20v	30v	40v	50v					
Maanvarainen teräsbetonilattia (alusbetoni 60mm, 50mm lastulevy, 50mm pintavalu)	500	15 €	25 €	35 €	0 €	0 €	75 €	0 €	0,47	2 520,5 €	5,0 €

**Investointikulut** = takaisinmaksuaika (vuosia)  
**Vuosittainen nettotuotto**

	Ylläpito- ja huoltokustannukset / a	Investointikulut
Nykyisen rakenne	3 770,52 €	0 €
Halvin vaihtoehtoinen rakenne	858,00 €	67 410 €
Vuosittainen nettotuotto =	2 912,52 €	

Vaihtoehtoisen rakenteen takaisinmaksuaika vuosina = **23,14 vuotta**

### Takaisinmaksulaskelma

Nykyinen rakenne	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Kunnossapitokustannukset / m <sup>2</sup>					Yhteensä	Jäännösarvo	U-arvo W/Km <sup>2</sup>	Energiankulutus / a	Energiankulutus / m <sup>2</sup>
		10v	20v	30v	40v	50v					
Vanha kaksilasinen MS-ikkuna, 70% ikkunoista alumiinisäpuite	285	20 €	30 €	30 €	0 €	0 €	80 €	0 €	2,5	7 642,0 €	804,4 €

**Investointikulut** = takaisinmaksuaika (vuosia)  
**Vuosittainen nettotuotto**

	Ylläpito- ja huoltokustannukset / a	Investointikulut
Nykyisen rakenne	8 401,99 €	0 €
Halvin vaihtoehtoinen rakenne	3 056,80 €	139 996 €
Vuosittainen nettotuotto =	5 345,19 €	

Vaihtoehtoisen rakenteen takaisinmaksuaika vuosina = **26,19 vuotta**

### Takaisinmaksulaskelma

Nykyinen rakenne	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Kunnossapitokustannukset / m <sup>2</sup>					Yhteensä	Jäännösarvo	U-arvo W/Km <sup>2</sup>	Energiankulutus / a	Energiankulutus / m <sup>2</sup>
		10v	20v	30v	40v	50v					
450mm paksu kennotiliseinä	630	50 €	50 €	50 €	0 €	0 €	150 €	0 €	1,031	6 966,6 €	11,1 €

**Investointikulut** = takaisinmaksuaika (vuosia)  
**Vuosittainen nettotuotto**

	Ylläpito- ja huoltokustannukset / a	Investointikulut
Nykyisen rakenne	10 116,60 €	0 €
Elinkaariedullisin vaihtoehtoinen rakenne	2 778,77 €	87 048 €
Vuosittainen nettotuotto =	7 337,83 €	

Vaihtoehtoisen rakenteen takaisinmaksuaika vuosina = **11,86 vuotta**