

Arkkitehtoniset suunnitteluratkaisut ja energiatehokkuus

COMBI WP2

Arkkitehti, projektitutkija Malin Moisio

26.1.2017

Esityksen sisältö

Johdanto

WP2 tutkimusryhmän tavoitteet, keskittymisalue ja tutkimustapa

Aineisto ja tarkastelumenetelmä

Tarkastelujen taustaa, kuukausitason laskennat

Tarkastelumenetelmä, simulaatiotarkastelut

Tarkasteltavat tekijät ja niiden ominaisuudet

Tulokset

Alustavia laskentatuloksia

Huomioita tuloksista

Yhteenveto



WP2 tavoitteet

- Palvelurakennusten energiatehokkuuden parantaminen arkkitehtonisesta laadusta karsimatta
 - Toiminnallisuus ja viihtyisyys osana tehokkaita suunnitteluratkaisuja
- Laskennallinen energiatehokkuus, energiankulutus suhteessa saavutettuun hyötyyn

WP2 keskittymisalue

- Arkkitehtuurin vaikutusmahdollisuudet energiatehokkuuteen
 - Tehokas tilasuunnittelu
 - Käytön ratkaisut
 - Yksittäiset suunnittelulementit osana kokonaisuutta
- Peruskoulut ja ikääntyneiden tehostettu palveluasuminen
 - Tulokset sovellettavissa laajemmin

WP2 tutkimustapa

Case-kohteisiin ja kirjallisuuteen perustuvat laskennat, laadulliset tarkastelut ja konseptointi

- Selvitetään nykyiset suunnittelumallit ja -tavat
- Kartoitetaan nykyiset ja tulevat suunnittelulliset tarpeet
- Laaditaan energiatehokkaita ratkaisuja suunnittelun sovittamiseksi tarpeisiin
 - Yksittäiset suunnitteluelementit
 - Tilat ja tilaryhmät
 - Konseptuaaliset mallit
 - Suunnitteluratkaisujen vaikutussuhteita havainnollistava ohjausmalli

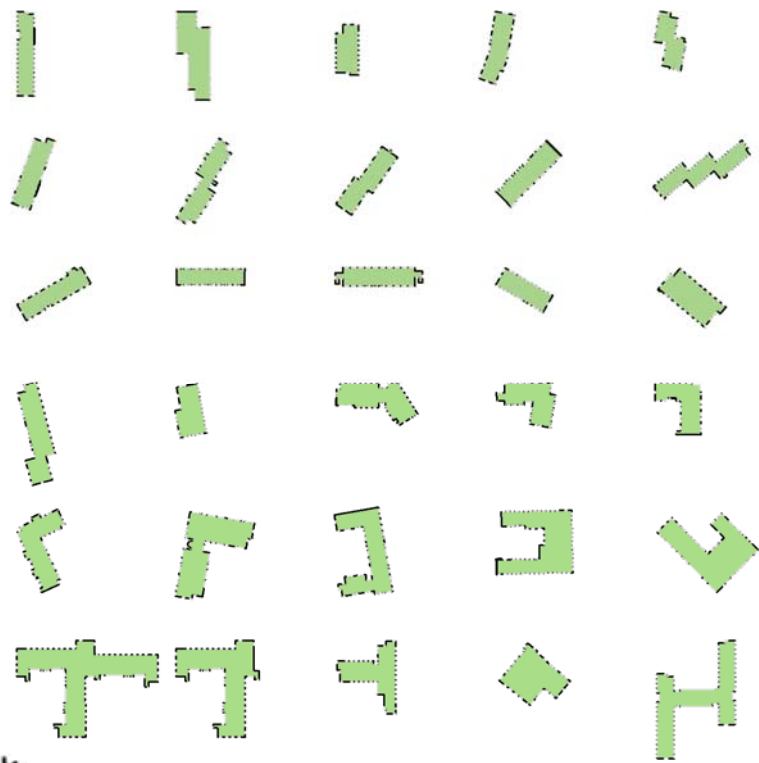
Taustaa | 1

E-lukulaskelmat, ryhmäkodit

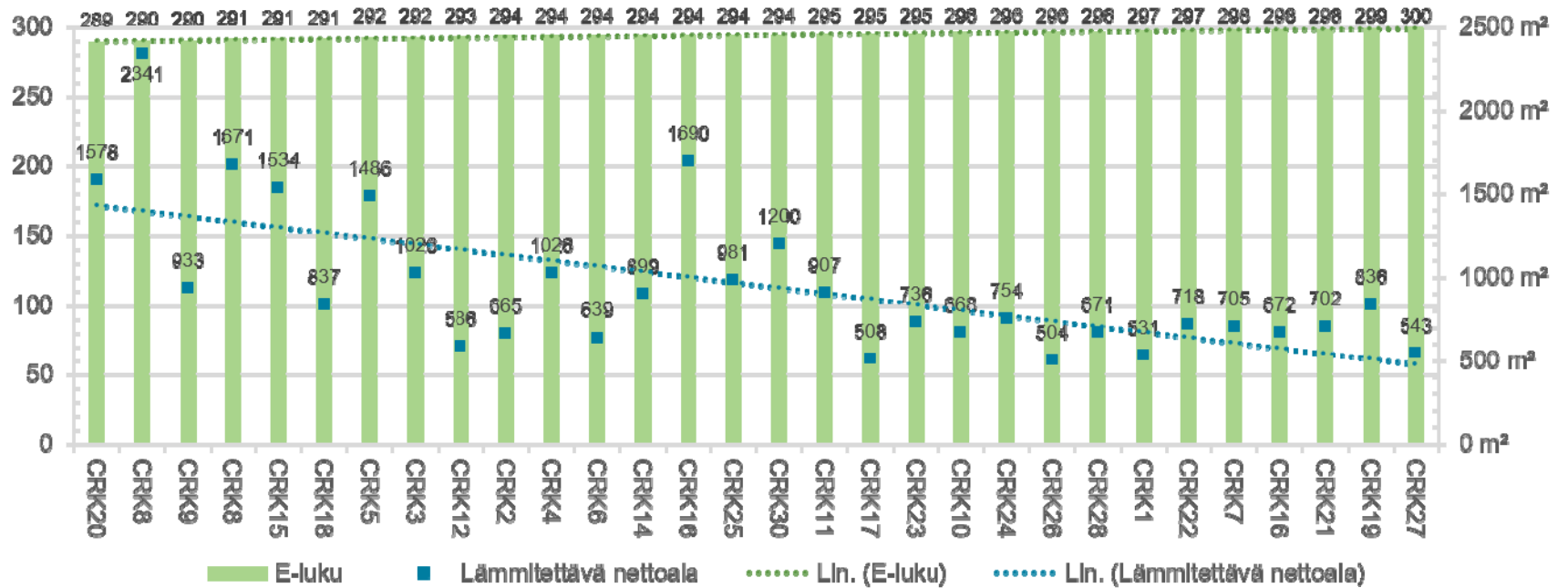
- **Otos:** yhteensä 30 palveluasumiskohdetta Tampereelta, Helsingistä ja Espoosta, sisältäen 129 ryhmäkotiyksikköä 76 kerroksessa
- **Vakiot:** sijainti (Helsinki), kerroskorkeus (yksi tarkastelukerros /kohde, h=3m), rakenteet (U-arvot vertailuarvojen suuruisia), ilmatiiveys (4), LVIS-järjestelmät ja säädöt, käyttö (RakMK D3 standardikäyttö, majoitusliikerakennus)
- **Muuttujat:** lämmitetty nettoala, vaipan osien alat, aukotuksen ala ilmansuunnittain, kylmäsillat
- **Laskentamenetelmä:** kuukausitason E-lukulaskenta (D.O.F. tech Oy, Laskentapalvelut.fi)
- **Tarkoitus:** selvittää arkkitehtonisten muuttujien vaikutus energiatehokkuuteen, ei todellisia E-lukuja



Tarkasteluaineisto, ryhmäkodit



Ryhmäkodit, E-luvut



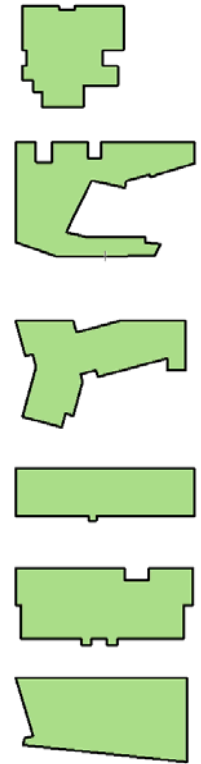
Tarkasteltujen ryhmäkotikohteiden E-luku ja lämmitettävä nettoala, suuruusjärjestyksessä E-luvun mukaan

Taustaa | 2

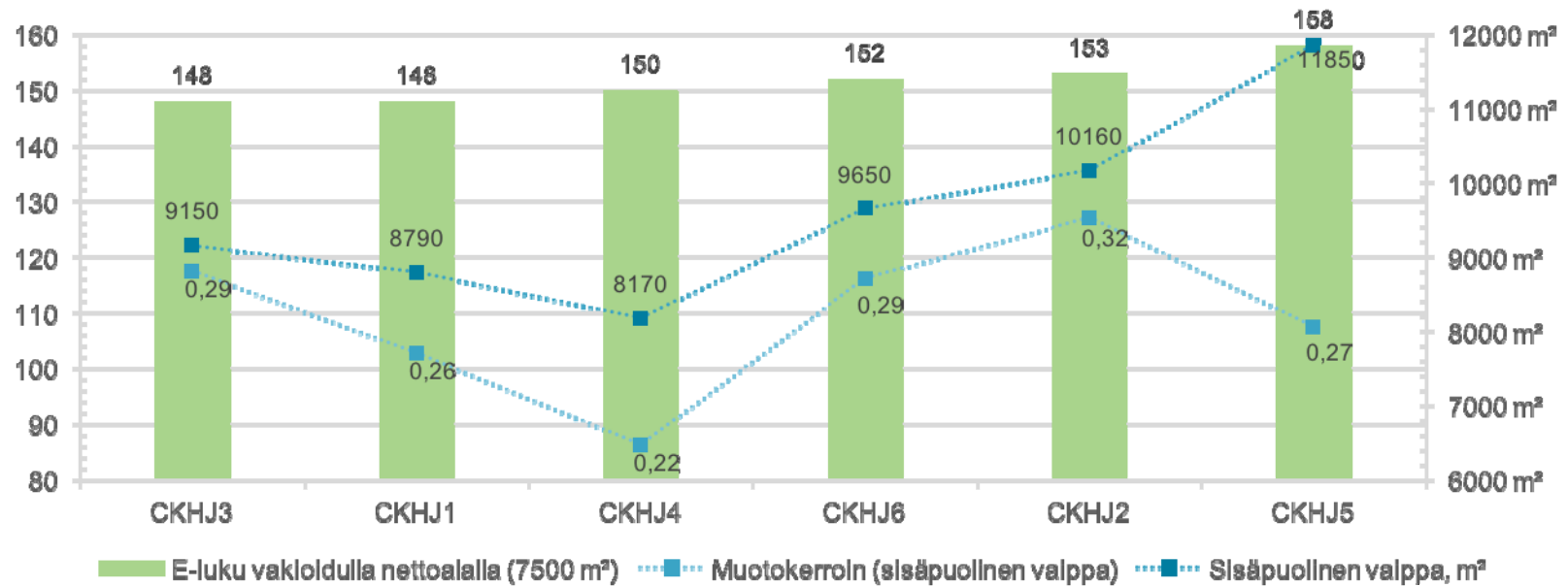
E-lukulaskelmat, peruskoulut

- **Otos:** 6 palkittua ehdotusta Helsingin Jätkäsaaren peruskoulun suunnittelukilpailusta
- **Vakiot:** sijainti (Helsinki), lämmitetty nettoala (7500 m²), rakenteet (U-arvot vertailuarvojen suuruisia), ilmatiiveys (4), LVIS-järjestelmät ja säädöt, käyttö (RakMK D3 standardikäyttö, opetusrakennus)
- **Muuttujat:** vaipan osien alat, aukotuksen ala ilmansuunnittain, muoto (kylmäsiilat)
- **Laskentamenetelmä:** kuukausitason E-lukulaskenta (D.O.F. tech Oy, Laskentapalvelut.fi)
- **Tarkoitus:** selvittää arkkitehtonisten muuttujien vaikutus energiatehokkuuteen, ei todellisia E-lukuja

Tarkasteluaineisto, peruskoulut



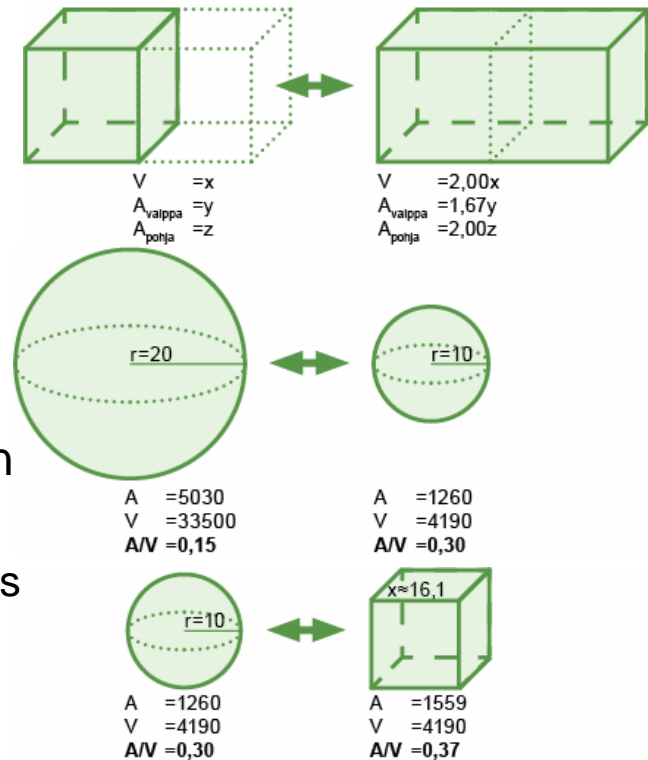
Koulut, E-luvut

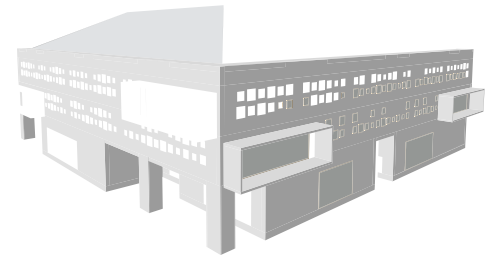


Tarkasteltujen peruskoulukohteiden E-luku ja geometriaominaisuuksia, suuruusjärjestyksessä E-luvun mukaan

Muotokerroin ja rakennuksen koko

- Rakennuksen koko: Suurempi = energiatehokkaampi?
 - Vaipan ala kasvaa eri suhteessa tilavuuteen ja pohja-alaan – samoin mm. ikkuna-ala
 - Tilankäytön tehokkuus ja vastaava alempi absoluuttinen energiankulutus jää huomiotta
- Muotokerroin: Suuri pallo on parempi muoto kuin pieni pallo?
 - Muotokerroin A_{vaippa}/V on vertailukelpoinen vain jos tilavuus tai vaipan ala on sama





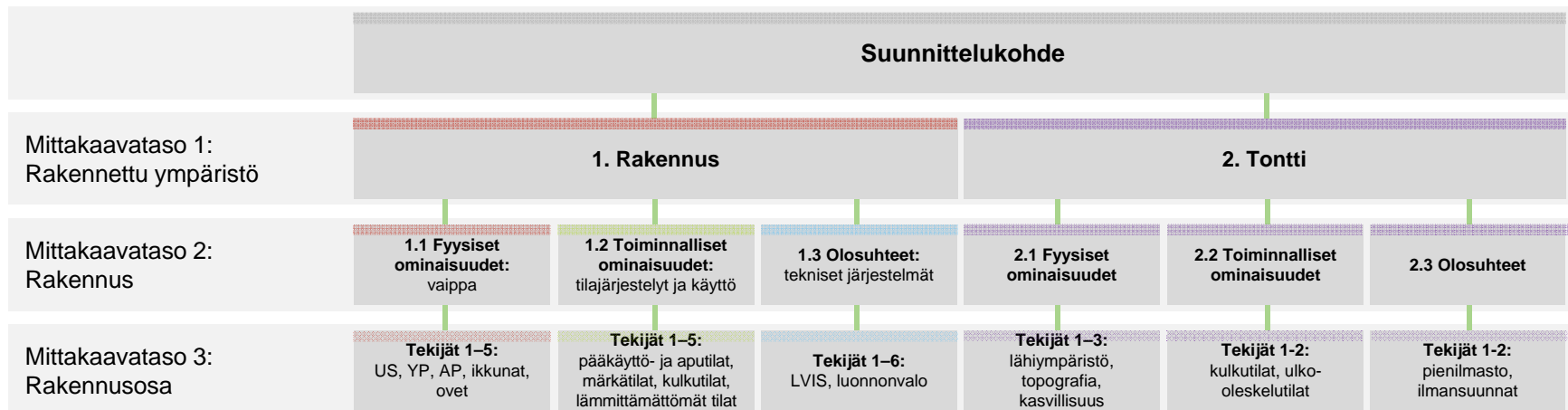
TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Tarkastelumenetelmä: Simulaatiotarkastelut

- **Muuttujat:**
 - Tarkasteltava Case-kohde on jaettu tekijöihin, näitä on valittu 31 kpl
 - Tekijöille haettu energiatehokkuuteen vaikuttavia ominaisuuksia, ominaisuuksia on yhteensä 70 kpl
 - Ominaisuuksia varioidaan muodostamalla laskentatapauksia eli variantteja
 - Variantteja simuloidaan 2-5 kpl/ominaisuus jolloin laskentatapauksia saadaan yhteensä n. 230 kpl
 - Kaikki variantit simuloidaan standardikäytöllä
 - Osa ominaisuuksista simuloidaan lisäksi tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla sekä tarpeenmukaisella valaistusteholla yhteistyössä TAMK:n talotekniikan kanssa

Arkkitehtoniset energiatehokkuustekijät

- Suunnittelukohde (rakennus + tontti) on jaettu tekijöihin
- Tekijät muodostavat kokonaisuuksia eri mittakaavatasoilla



Tekijät ja ominaisuudet | 1

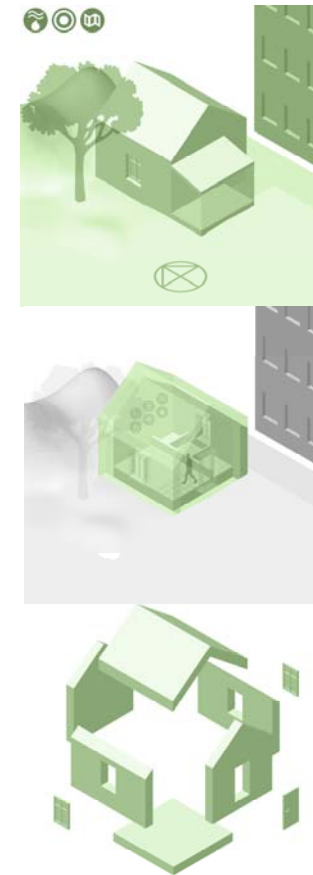
Suunnittelukohde

1. Rakennus

- Rakennuksen käyttötarkoitus
- Rakennuksen koko (nettoala, tilavuus)

1.1 Fyysiset ominaisuudet eli vaippa

- Vaipan määrä (muoto)
- Massiivisuus
- Väri, ulkopinnat
- U-arvot
- Tiiveys
- Kylmäsillat
- Materiaalit



Tekijät ja ominaisuudet | 2

1.1.1 Ulkoseinät

- U-arvo
- Materiaalit

1.1.2 Yläpohja

- Koko
- U-arvo
- Materiaalit

1.1.3 Alapohja

- U-arvo
- Materiaalit



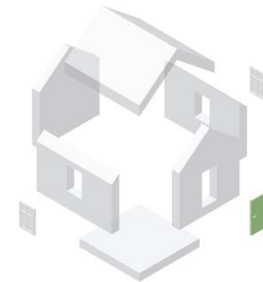
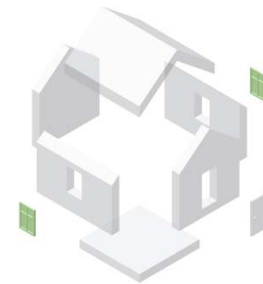
Tekijät ja ominaisuudet | 3

1.1.4 Ikkunat

- Koko
- U-arvo
- g-arvo
- T-arvo
- Varjostus (verho, lippa)
- Näkyvyyskerroin eli ikkunan sijoittelu

1.1.5 Ovet

- Koko
- U-arvo
- Materiaalit (lasiovet)



Tekijät ja ominaisuudet | 4

1.2 Toiminnalliset ominaisuudet eli tilajärjestelyt ja käyttö

- Tilaohjelman tehokkuus
- Tilavyöhykkeet
- Avoimuusaste
- Käyttövyöhyke; määrä, sijoittelu
- Henkilötiheys
- Käyttötarkoituusvyöhyke
- Käyttöaste; pää- ja lisäkäyttöaste



Tekijät ja ominaisuudet | 5

1.2.1 Pääkäyttötilat

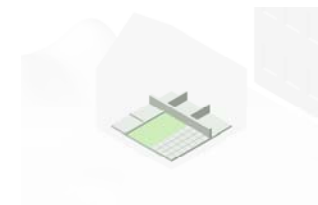
- Tilatehokkuus (käyttötilat/aputilat)

1.2.2 Aputilat

- Tilatehokkuus (käyttötilat/aputilat)

1.2.3 Kulkutilat

- Tilatehokkuus (käyttötilat/kulkutilat)
- Ovien käyttö
- Tuulikaappi



Tekijät ja ominaisuudet | 6

1.2.4 Märkätilat

- Märät ja kuivat vyöhykkeet
 - märkätilojen määrä
 - tilojen etäisyys lämmönjakuhuoneesta
 - tilojen pirstaleisuus

1.2.5 Lämmittämättömät tilat

- Lämpimät ja kylmät vyöhykkeet
 - lämpimät, puolilämpimät ja kylmät tilat



Tekijät ja ominaisuudet | 7

1.2 Olosuhteet eli tekniset järjestelmät

- Energiamuoto

1.2.1 Luonnonvalo

- Valaistusvyöhykkeet
- Luonnonvalovyöhykkeet
- Tilojen runkosyvyys
- Tilojen avoimuusaste
- Ikkunan koko
- Ikkunan Ilmansuunnat
- Ikkunan varjostus (verhot, automatiikka varjostuksessa)
- Pintojen heijastavuus (väri, materiaali)



Tekijät ja ominaisuudet | 8

1.2.2 Lämmitys

- Sisälämpötila
- Lämmöntuotto
- Lämmönluvutus
- Lämmönjako
- Varastointi

1.2.3 Käyttövesi

- Määrä
- Lämmitystapa
- Jakelu (kiertojohton määrä ja eristys)
- Varastointi (häviöt)



Tekijät ja ominaisuudet | 9

1.2.4 ilmanvaihto

- Määrä
- Ilmanvaihdon lämmitysmuoto
- Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton määrä
- Ilmanjakotapa
- SFP-luku

1.2.5 Jäähdytys

- Määrä
- Lämpötila

1.2.6 Sähkö

- Laitesähkö, määrä (standardikäyttö vs. tarpeenmukainen)
- Valaistus, määrä (standardikäyttö vs. tarpeenmukainen)



Tekijät ja ominaisuudet | 10

2. Tontti

- Sijainti, paikka (säävyöhyke)
- Kaava (välilliset vaikutukset)

2.1 Tontin fyysiset ominaisuudet

2.1.1 Tontin Lähiympäristö

- Naapurirakennusten varjostus

2.1.2 Tontin topografia

- Tontin topografian varjostus

2.1.3 Tontin kasvillisuus

- Tontin kasvillisuuden varjostus



Tekijät ja ominaisuudet | 11

2.2 Tontin toiminnalliset ominaisuudet

2.2.1 Kulkutilat

- Sulanapitotarve

2.2.2 Ulko-oleskelutilat

- Lasitus



Tekijät ja ominaisuudet | 12

2.3 Tontin olosuhteet

- Tontin ilmansuunnat

2.3.1 Pienimasto

- Tuulisuus

2.3.2 Suuntaus, ilmansuunnat

- Ikkunoiden Ilmansuunnat



Alustavia laskentatuloksia | 1

- Kaikki työpaketin laskentatulokset esitetään WP2-pääjulkaisussa ns. tuloskortin muodossa
- Tuloskorttiin on koottuna tärkeimmät kuvaajat, laskennan lähtötiedot ja tulokset
- Tuloskortit ovat rakenteeltaan yhteneviä ja siten vertailukelpoisia
- Tuloskortit luovat pohjan ohjausmallille



29

Tutkitaan ulko-oven käyttäjän vaikutusta energiatehokkuuteen.

Lähtötiedot

Laskennan nimi: CR'MI
 Esimerkkikohte: Työpiirialli I
 Muuttajat: Ulko-oven käyttöaika
 Väliket: Kalkinutus

Laskentatapaolosuhteet:

Variantti 1: Yksi ovi a-ra kiinni
 Variantti 2: Yksi ovi auk: 2h
 Variantti 3: Yksi ovi auk: 12h
 Variantti 4: Yksi ovi a-ra auk: 24h

Joka päivä klo 12 - 14]
 Joka päivä klo 07 - 19]

Tulokset

| | E-luku | Ostoenergian määrä | Va. -al. % |
|--------------|---------------|--------------------|------------|
| Variantti 1: | 302 kWh/vuosi | 210 105 kWh | 100,00 % |
| Variantti 2: | 309 kWh/vuosi | 215 275 kWh | 102,54 % |
| Variantti 3: | 333 kWh/vuosi | 225 030 kWh | 107,10 % |
| Variantti 4: | 354 kWh/vuosi | 259 207 kWh | 123,37 % |

Lämmitysjärjestelmä:

Lämmitys:

Jäähdytys:

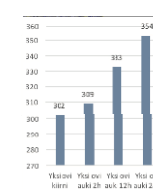
Tarpeellinen valaistus:

Tarpeellinen lämmitys:

Käyttötoteutus:

Tietätyksellisesti: (Kaikki tiedot on esitetty jokaisessa tuloskortissa)

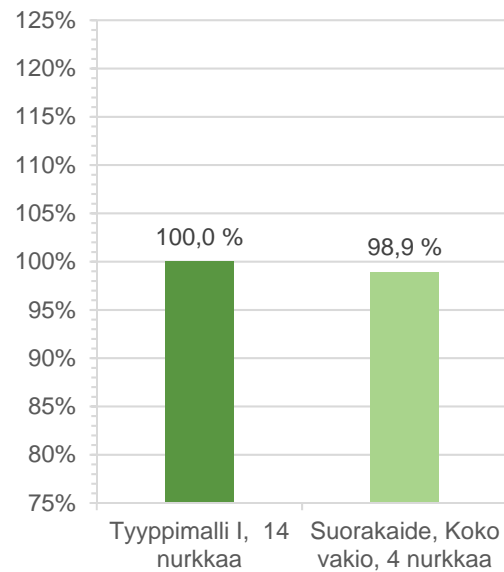
Käyttäjän vaikutus: *****
 Vaikutus laatuun: **



Kaavio 4: Ulko-oven käyttöön siirto olemassa olevasta ohjausmallista

Alustavia laskentatuloksia | 2

Tyypimalli I, Ostoenergiankulutus suhteessa perustapakukseen



Muodon vaikutus energiatehokkuuteen

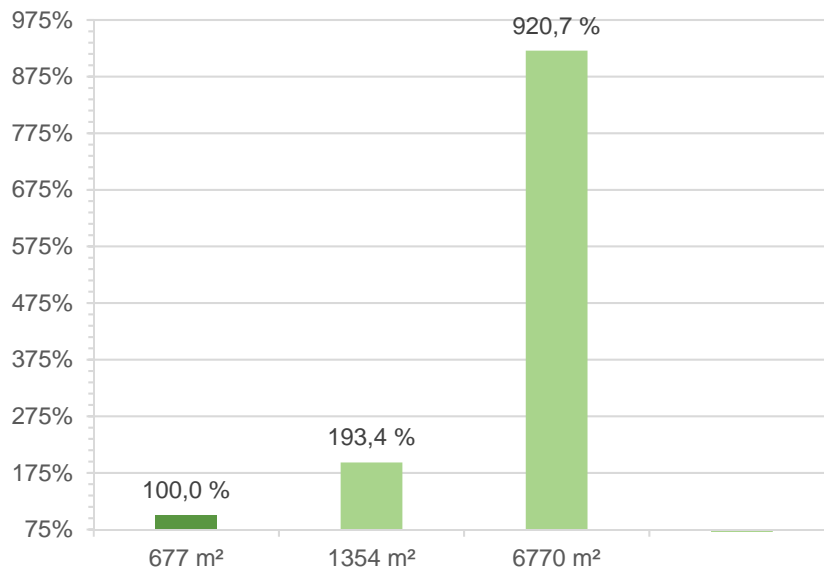
Muuttuja: Rakennuksen muoto

Tyypimalli I

Muoto_2

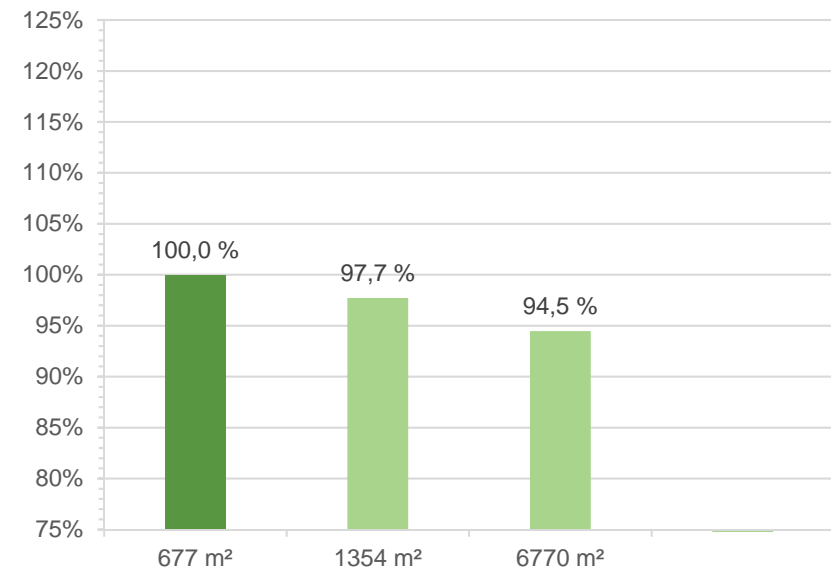
Alustavia laskentatuloksia | 3

Tyypimalli I, Ostoenergiankulutus suhteessa perustapaukseen



Koon vaikutus energiatehokkuuteen (ostoenergiankulutukseen)
Muuttuja: Rakennuksen koko

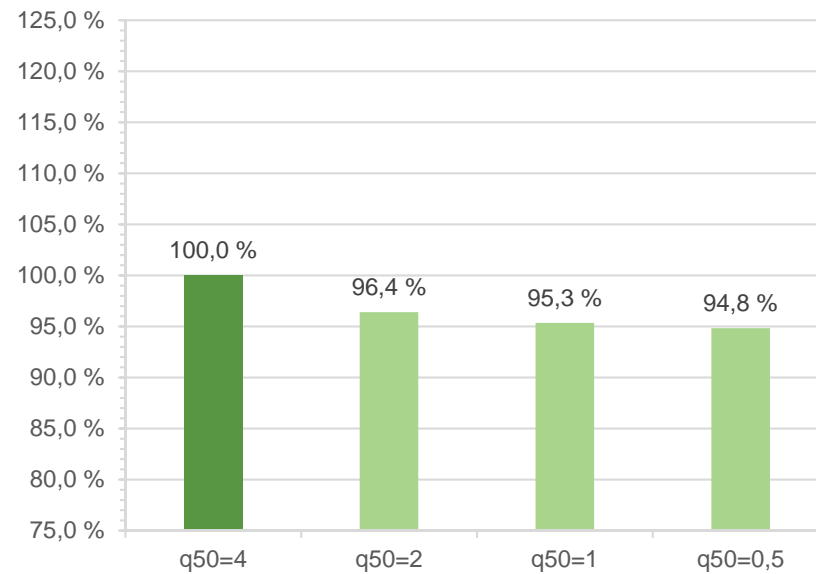
Tyypimalli I, E-luku suhteessa perustapaukseen



Koon vaikutus energiatehokkuuteen (E-lukuun)
Muuttuja: Rakennuksen koko

Alustavia laskentatuloksia | 4

Tyyppimalli I, Ostoenergiankulutus suhteessa perustapakukseen



Vaipan tiiveyden vaikutus energiatehokkuuteen

Muuttuja: ilmanvuotoluku (q50)

Alustavia laskentatuloksia | 5

Tyyppimalli I, Ostoenergiankulutus suhteessa perustapaukseen

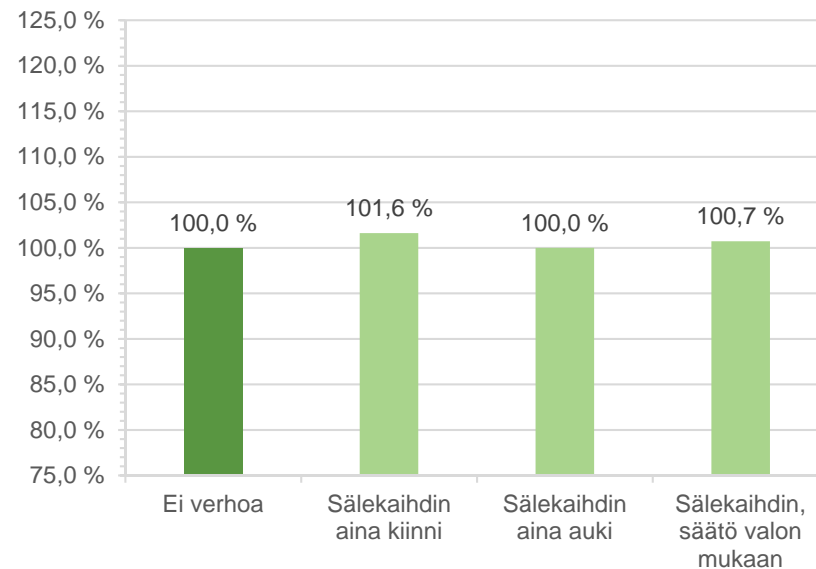


Ikkunan U-arvon vaikutus energiatehokkuuteen

Muuttuja: ikkunan U-arvo

Alustavia laskentatuloksia | 6

Tyyppimalli I, Ostoenergiankulutus suhteessa perustapakukseen

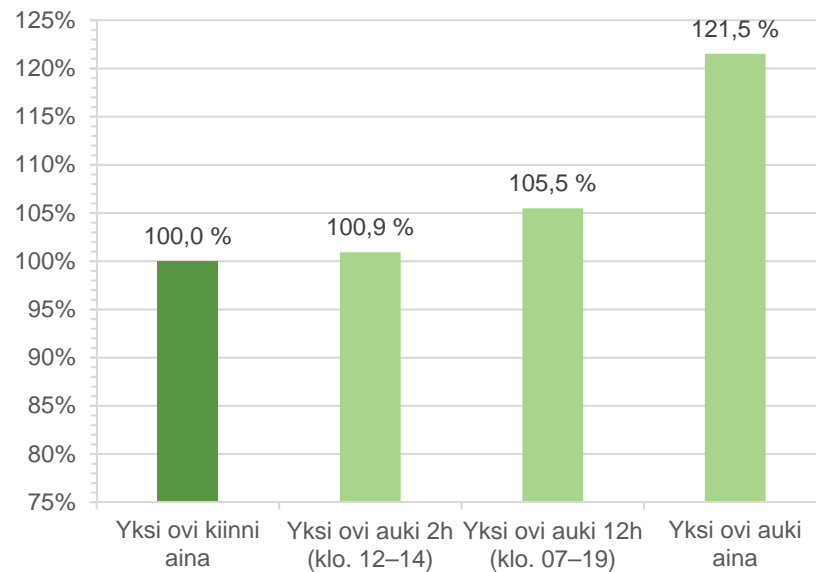


Ikkunan varjostuksen vaikutus energiatehokkuuteen

Muuttuja: verho

Alustavia laskentatuloksia | 7

Tyyppimalli I, Ostoenergiankulutus suhteessa perustapaukseen

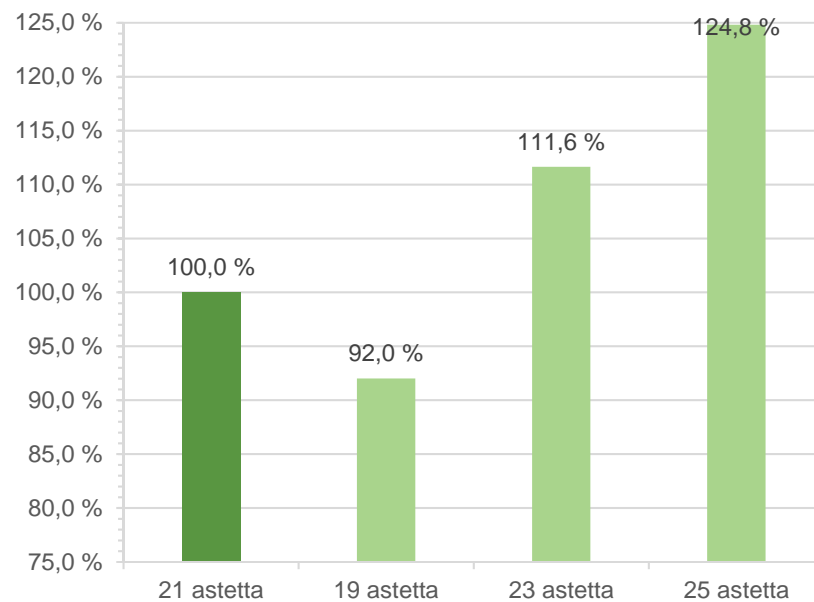


Ovien käytön vaikutus energiatehokkuuteen

Muuttuja: oven aukioloaika

Alustavia laskentatuloksia | 8

Tyyppimalli I, Ostoenergiankulutus suhteessa perustapakukseen

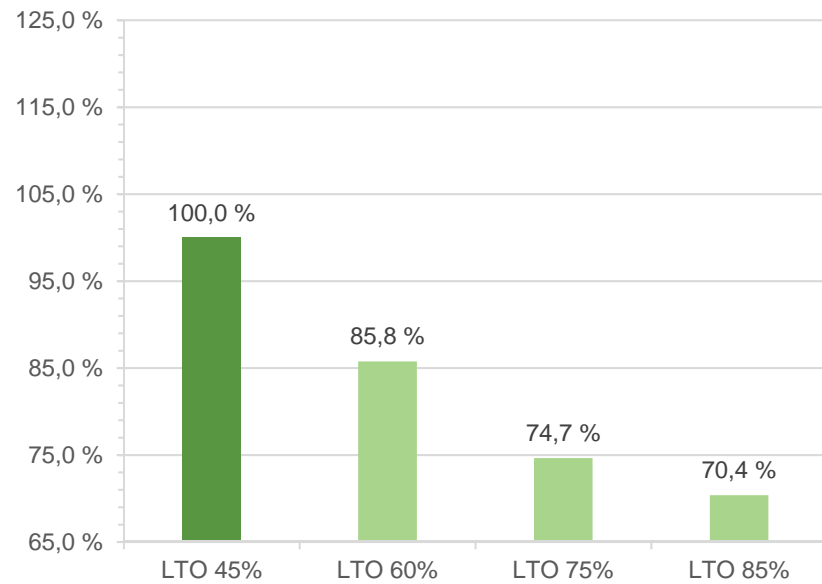


Sisälämpötilan vaikutus energiatehokkuuteen

Muuttuja: sisälämpötila

Alustavia laskentatuloksia | 9

Tyyppimalli I, Ostoenergiankulutus suhteessa perustapakukseen



Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vaikutus energiatehokkuuteen

Muuttuja: ilmanvaihdon LTO hyötysuhde



Huomioita alustavista tuloksista | 1

- Kuinka arkkitehtonisilla keinoilla voidaan saavuttaa energiatehokkaampia rakennuksia?
 - Laskentatulokset osoittivat, että yksittäisillä arkkitehtonisilla tekijöillä kuten ikkunoiden U-arvolla ja rakennuksen muodolla ei ole suurta vaikutusta energiatehokkuuteen
 - Suurin suhteellinen vaikutus syntyi teknisten järjestelmien ja rakennuksen käytön osa-alueilla
 - Käytön ja tilajärjestelyjen vaikutus energiatehokkuuteen on osa-alue jossa on paljon energiansäästämahdollisuuksia
 - Nykyinen tarkastelutapa (E-lukulaskenta) ei riitä ohjaamaan tilasuunnittelua ja käyttöä energiatehokkaampaan suuntaan

Yhteenveto

- Rakennus on systeemi jolloin sitä ei voi optimoida optimoimalla sen yksittäistä osasta
- Rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat useat eri tekijät
- Yksittäisten arkkitehtonisten tekijöiden merkitys energiatehokkuuteen on vähäinen
- Olosuhteiden ja käytön merkitys energiatehokkuuteen korostuu
- Tilojen suunnittelulla voidaan vaikuttaa käyttöön sekä taloteknisiin järjestelmiin
 - Rakennus on kokonaisuus ja energiatehokkuutta voidaan parantaa usean ominaisuuden yhteisvaikutuksella. Kokonaisuus on suunniteltava niin että olosuhteet tiloissa saavutetaan mahdollisimman tehokkaasti ja rakennus on mahdollisimman tehokkaasti käytettävissä



Jatkotoimenpiteet

- Simuloidaan ominaisuudet valmiiksi
- Vertaillaan eri ominaisuuksien vaikutusta energiatehokkuuteen
 - Keskenään
 - Suhteessa saman mittakaavatason tekijöihin
 - Suhteessa kokonaisuuteen
- Syvennetään tarkastelua
 - Osa tapauksista simuloidaan lisäksi tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla sekä tarpeenmukaisella valaistusteholla
 - Luodaan luontevia ja energiatehokkuuden kannalta merkittäviä useamman ominaisuuden yhdistelmiä



Kiitos!

Tampereen teknillinen yliopisto

Arkkitehtuurin laitos

Asuntosuunnittelun tutkimusryhmä, ASUTUT

COMBI WP2-tutkimusryhmä

Markku Hedman, professori, vastuhenkilö, markku.hedman@tut.fi

Tapio Kaasalainen, projektipäällikkö, tapio.kaasalainen@tut.fi

Malin Moisio, projektitutkija, malin.moisio@tut.fi

Taru Lindberg, projektitutkija, taru.lindberg@tut.fi