COMBI

COMPREHENSIVE DEVELOPMENT OF
NEARLY ZERO-ENERGY
MUNICIPAL SERVICE BUILDINGS

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Aalto-yliopisto

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

BUSINESS FINLAND

Euroopan unioni

Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020

IKKUNAT JA ENERGIATEHOKKUUS

Arkkitehtonisten suunnitteluratkaisujen vaikutuksesta

Laatijat: Tapio Kaasalainen, Tampereen teknillinen yliopisto
Taru Lehtinen, Tampereen teknillinen yliopisto

Sisällys

Ikkunat ja energiatehokkuus:
Arkkitehtonisten suunnitteluratkaisujen vaikutuksesta

Taustaa

Suunnitteluratkaisujen vaikutuksista

- Ikkunan pinta-ala
- Ikkunan mittasuhteet
- Ikkunan sijainti
- Ikkunan ulkopuolinen varjostus
- Ikkunalasin ominaisuudet
- Tilan mittasuhteet
- Julkisivun suuntaus

Yhteenveto

Taustaa

Ikkunasuunnittelu on perinteisesti eräs energiatehokkaan arkkitehtuurin keskeisiä kysymyksiä

- Keskenään vastaavantasoisin rakentein ikkunan lämmöneristävyys on aina umpiseinää heikompi
- Oleellinen osa massoittelua, yleistä arkkitehtonista ilmettä ja tilojen yhteyttä ympäristöönsä

Suunnitteluongelma on monitahoinen yhdistelmä usein vastakkaisia energiatehokkuuden, viihtyisyyden ja estetiikan tavoitteita, esimerkiksi:

- Näkymät vs. lämpöhäviöt,
- yksityisyys vs. luonnonvalo,
- häikäisy vs. auringon lämpö.

Suunnitteluratkaisujen vaikutuksista

Ikkunan ja siihen liittyvien ominaisuuksien suunnitteluratkaisut kytkeytyvät toisiinsa:

- Suuntaus vaikuttaa varjostustarpeeseen,
- huonetilan koko ja muoto vaikuttavat parhaaseen ikkunan sijaintiin,
- lasimateriaali muuttaa pinta-alan vaikutuksia,
- huonetilan käyttö vaikuttaa tavoiteolosuhteisiin,
- ympäristö vaikuttaa ikkunaan osuvaan valoon,
- jne.

→ Suunnittelua on tehtävä kokonaisvaltaisesti, sekä eri osatekijät että konteksti ja käyttö huomioiden

Edempänä esitettävät havainnot perustuvat Suomen ilmasto-olosuhteisiin

Energiatehokkuudellisesti merkittävimmät vaikutukset muodostuvat tavallisesti lämmitys- ja jäähdytystarpeiden kautta, kuitenkin riippuen mm.:

- lämmitysmuodosta,
- jäähdytystavasta,
- tavoitelämpötilasta,
- rakenteista,
- teknisistä järjestelmistä,
- valaistusratkaisusta ja -tarpeesta.

Ikkunan pinta-ala

Keskimääräisesti ikkunapinta-alan lisääminen kasvattaa sekä lämmitys- että jäähdytysenergiankulutusta, mutta…

…pienempi ei aina ole energiatehokkaampi

- Auringon lämpöenergia vähentää lämmitystarvetta
- Luonnonvalon saanti vähentää valaistustarvetta

Ylilämpenemistä voi tapahtua myös Suomen olosuhteissa, kautta maan mutta erityisesti eteläosissa

- Pinta-alan ohella otettava huomioon varjostus, suuntaus ja lasimateriaali
- Harkittava ikkunan ominaisuudet huonetilan tavoitelämpötilan, käytön ja käyttöaikataulun mukaan

Lasin U-arvo on tavallisesti puitetta parempi, jolloin yksi iso ikkuna on useaa pientä energiatehokkaampi

Vaikutus energiankulutukseen kokonaisuudessaan on suurin itä- ja länsijulkisivuilla, pienin pohjoisjulkisivulla

- Pohjoiseen suunnattuun ikkunaan kohdistuu vähiten auringonsäteilyä, jolloin myös pinta-alan tähän liittyvä vaikutus lämmitys-, jäähdytys- ja valaistustarpeeseen on vähäisimmillään

Vaikutus lämmitystarpeeseen on suurin kylmässä ilmastossa

Vaikutus jäähdytystarpeeseen on suurin lämpimässä ilmastossa

Ikkunan mittasuhteet

Vakioitaessa pinta-ala ikkunan korkeudella ja leveydellä ei ole merkittävää vaikutusta energiankulutukseen

- Suunnitteluvalinnat voidaan tehdä toiminnallisista ja esteettisistä lähtökohdista
- Vaikuttaa kuitenkin valaistusolosuhteisiin huonetilan eri osissa, millä voi olla vaikutusta käytännön valaistusenergiankulutukseen

Aivan ala-, ylä- tai välipohjaan ulottuva ikkuna saattaa aiheuttaa hankalia liitosdetaljeita

Vaikutus tilantuntuun ja näkymiin on keskeinen:

- Korkea ikkunapenkki estää näkymiä ulos,
- matala ikkunapenkki voi tarjota liikaa näkymiä sisään,
- pitkulainen ikkuna rajaa maisemaa erityisesti kauempaa huoneesta.

Mittasuhteet vaikuttavat kalustettavuuteen erityisesti ikkunan ulottuessa lähelle lattiaa

Matalalle ulottuva ikkuna saattaa erityisesti heikoilla U-arvoilla laskea koettua lämpötilaa, vaikka lämpöhäviöt eivät muuttuisi

- Korkean ikkunan edessä alhaisen pintalämpötilan vaikutus tuntuu suuremmassa osassa kehoa, vaikka huonelämpötila olisi muutoin riittävällä tasolla

Ikkunan sijainti

Ikkunan vaaka- tai pystysuuntaisella sijainnilla ei ole merkittävää suoraa vaikutusta energiankulutukseen

- Suunnitteluvalinnat voidaan tehdä toiminnallisista ja esteettisistä lähtökohdista
- Vaikuttaa kuitenkin valaistusolosuhteisiin huonetilan eri osissa, millä voi olla vaikutusta käytännön valaistusenergiankulutukseen

Vaikutus näkymiin on merkittävä, vastaavista syistä kuin ikkunan mittasuhteita muokattaessa

Sijainti vaikuttaa kalustettavuuteen erityisesti ikkunan asettuessa lähelle lattiaa tai nurkkaa

Ikkunan ulkopuolinen varjostus

Oikein toteutettuna varjostus mahdollistaa auringon lämpöenergian ja luonnonvalon hyödyntämisen ilman ylikuumenemista

Varjostuksen tulee olla säädeltävissä

- Kiinteällä varjostuksella ei voida parhaalla mahdollisella tavalla sekä estää ylikuumenemista että hyödyntää lämpösäteilyä ja luonnonvaloa

Ulkopuolisen varjostuksen käyttäminen suositeltavinta, koska toisin kuin sisäinen se:

- estää liikalämmön pääsyn sisään lainkaan,
- ei estä epäsuoraa auringonvaloa,
- ei peitä näkymiä.

Ulkopuolisella sivuvarjostuksella voidaan suuntauksen vaatiessa rajata viistoa auringonpaistetta ilman kohtuuttoman pitkiä lippoja

Vaikutus energiankulutukseen kokonaisuudessaan on suurin eteläjulkisivulla, pienin pohjoisjulkisivulla

- Eteläjulkisivulla auringonsäteilyn tulokulma on korkein, ja samalla lipan vaikutus suurin
- Pohjoiseen suunnattuun ikkunaan kohdistuu ylipäätään vähiten auringonsäteilyä, jolloin myös varjostuksen vaikutus on vähäisimmillään

Vaikutus jäähdytystarpeeseen on huomattavasti suurempi kuin lämmitystarpeeseen

- Lämmityskaudella aurinko paistaa pääosin matalalta, jolloin realistisen mittainen lippa ei useimmiten peitä sitä
- Vaikutus jäähdytystarpeeseen on lähes yhtä suuri itä- ja länsijulkisivuilla kuin eteläjulkisivulla
- Vaikutus lämmitystarpeeseen on lähes sama maantieteellisestä sijainnista riippumatta
- Vaikutus jäähdytystarpeeseen on huomattavasti suurempi eteläisessä sijainnissa kuin pohjoisessa

Ikkunalasin ominaisuudet

Matala U-arvo (lämmönläpäisykerroin) on aina eduksi

- Liikalämpenemistä vastaan ei taistella vaipan lämpöhäviöillä
- Korkeampi ikkunan pintalämpötila lisää asumisviihtyisyyttä, kun lämpötilaero ikkunan ja ympäröivän seinäpinnan välillä on mahdollisimman pieni

Sopiva g-arvo (auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin) riippuu ikkunasta kokonaisuutena ja tavoitelluista sisäolosuhteista

- Matalalla g-arvolla yhdistettynä korkeaan valonläpäisyyn (lt-arvo) voidaan välttää ylikuumenemista säilyttäen luonnonvalon saanti
- Korkealla g-arvolla yhdistettynä varjostukseen voidaan hyödyntää auringon lämpöenergia ja valo ilman ylikuumenemista

U-arvon vaikutus energiankulutukseen on suurin kylmässä ilmastossa

g-arvon vaikutus jäähdytystarpeeseen on merkittävä kaikissa muissa paitsi pohjoisjulkisivun suunnatuissa ikkunoissa

- Vaikutus on suurin etelässä sijaitsevissa rakennuksissa, mutta huomattava myös pohjoisessa

g-arvon vaikutus valaistuksen energiankulutukseen on hyvin vähäinen verrattaessa ikkunan muihin ominaisuuksiin kuten kokoon ja suuntaukseen

Tilan mittasuhteet

Syvä tila vaatii enemmän keinovaloa, erityisesti matalalla kerroskorkeudella

- Matalalta paistavan auringon valo saattaa teoriassa yltää tilan perälle saakka, mutta käytännössä johtaa usein kaihtimien tai verhojen käyttämiseen häikäisyn ehkäisemiseksi
- Vaikutus kokonaisenergiankulutukseen tavallisesti vähäinen verrattuna lämmityksen ja jäähdytyksen osuuksiin

Julkisivun edustalle rajautuva huonetila pakottaa käyttäjät ikkunoiden läheisyyteen, kasvattaen näihin liittyvien suunnitteluratkaisujen merkitystä

- Suoran auringonpaisteen vaikutus viihtyisyyteen, sekä lämmön että häikäisyn osalta
- Ikkunan U-arvon ja siitä seuraavan pintalämpötilan vaikutus koettuun lämpötilaan
- Ikkunan (pysty)sijainnin vaikutus yksityisyyteen

Julkisivun suuntaus

Julkisivun ja täten ikkunan suuntaus vaikuttaa keskeisesti kaikkiin muihin ikkunan suunnitteluratkaisuihin

- **Ikkunapinta-alan** muokkaamisen vaikutus auringon lämpösäteilyn ja valon saantiin muuttuu ikkunaan osuvan auringonsäteilyn määrän mukaan
- **Ikkunan mittasuhteiden** ja **sijainnin** vaikutus valonsaantiin tilan eri osissa muuttuu auringonsäteilyn tulokulman mukaan
- **Ikkunan ulkopuolisen varjostuksen** sijoitus, mitoitus ja tarve muuttuvat auringonsäteilyn tulokulman mukaan
- **Ikkunalasin** toimivimmat ominaisuudet muuttuvat ikkunaan osuvan auringonsäteilyn määrän mukaan
- **Tilan mittasuhteiden** vaikutus luonnonvalon saantiin muuttuu auringonsäteilyn tulokulman mukaan

Yhteenveto

Energiatehokkuudelliset tavoitteet eivät lähtökohtaisesti rajoita arkkitehtonista ikkunoiden suunnittelua, mutta ohjaavat sitä

- Kokonaisuudessaan energiatehokas lopputulos voidaan saavuttaa usealla eri tavalla, mutta esimerkiksi lämpimään ilmansuuntaan avautuminen on lähtökohtana otollisempi

Energiatehokkain ratkaisu on ikkuna, joka tukee tilan aiottua käyttöä ja on

- pinta-alaltaan keskikokoinen tai suurehko,
- mittasuhteiltaan ja sijainniltaan tarkoituksenmukainen,
- varjostettu ulkopuolisin, säädeltävin rakentein,
- lasiominaisuuksiltaan hyvin lämpöä eristävä ja auringon säteilyä läpäisevä,
- suunnattu aurinkoiseen ilmansuuntaan.

Lähteet

Kaasalainen, T., Lehtinen, T., Mäkinen, A., Moisio, M., Hedman, M. & Vinha, J. 2018. **Window design and energy efficiency: a multivariable simulation study in Finnish climates.** (To be published.)

Moisio, M., Kaasalainen, T., Lehtinen, T. & Hedman, M., 2018. **Energiatehokkaan arkkitehtisuunnittelun ohjekortisto.** Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Arkkitehtuurin laboratorio, Asuntosuunnittelu, Julkaisu 32.

Kiitos!

Lisätietoja esityksen sisällöstä

Tapio Kaasalainen	Tampereen yliopisto	tapio.kaasalainen@tuni.fi
Taru Lehtinen	Tampereen yliopisto	taru.lehtinen@tuni.fi

COMBI-tuloskortti: Ikkunoiden suunnittelun vaikutus energiatehokkuuteen
Julkaisu: Kaasalainen, T., Lehtinen, T., Mäkinen, A., Moisio, M., Hedman, M. & Vinha, J. 2018. Window design and energy efficiency: a multivariable simulation study in Finnish climates

Lisätietoja COMBI-hankkeesta

Juha Vinha	Tampereen yliopisto	juha.vinha@tuni.fi	040 849 0296

https://research.tuni.fi/rakennusfysiikka/tutkimusprojektit/combi

Tämän teoksen suhteen noudatetaan lisenssiä Creative Commons Nimeä-JaaSamoin 4.0 Kansainvälinen.
Lisenssiin voit tutustua osoitteessa https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.fi