



Steinerkoulun arkkitehtinä toimi Arkkitehtuutoimisto Maarit ja Aarni Holttinen, rakennesuunnittelijana A-Insinöörit, geosuunnittelijana Geohelovuo ja LVIAS-suunnittelusta vastasi AX-Suunnittelu.

## Luovaa oppimis- ja sisäilmastoa Steinerkouluun

Markku Tapola  
Veikko Tolppa

Tämän vuoden kesällä valmistui Tampereen Rudolf Steiner-koulun uudisrakennus Tampereen Hurinkiin. Yksityisen koulun rakentaminen oli valtava voimainponnistus kouluyhdistykselle. Rakenneratkaisut ovat huomiota herättäviä. Samoin koulun talotekniikka on ainutlaatuinen. Hiljainen ilmanvaihto on aikaansaatu painovoimaperiaatteella. Hybridi-ilmastointiin kuuluu myös kesäajan jäähdytys puhallinkäyttöisellä kellariviilennyksellä. Ensimmäisen vuoden käyttökokemuksia seurataan mielenkiinnolla.

Tampereen Rudolf Steiner-koulun uudisrakennuksen ilmanvaihto on toteutettu hybridijärjestelmällä, joka perustuu painovoimaiseen ilmavaihdon toimintaan lämmityskaudella ja puhaltimella tehostettuun ilmanvaihtoon jäähdytyskaudella. Järjestelmässä tuloilma johdetaan luokahuoneisiin pääosin rakennuksen maavaraissa perustuksessa olevan kulvert-tilan eli tuloilmatunnelin kautta. Betonirakenteisessa kulvert-tilassa tuloilma lämpenee talvella ja jäähtyy kesällä, koska seinämien ja lattian lämpötila on lähellä maan lämpötilaa, 5 -12 °C. Kulvert-tilasta tuloilma johdetaan huonekohtaisia pystyroiloja pitkin luokkiin. Poistoilma johdetaan katolla olevien tuuletusluukkujen kautta ulos. Luokkakohtaisia poistoluukkuja on kaksi, joista aina tuulen alapuolella olevaa luukku avataan tarpeenmukaisesti. Välikausien

aikana poistoilmaluukuilla voidaan lisäksi tuulettaa luokahuoneita. Ilmanvaihdon tehoa säädetään automaattisesti sisälämpötilan mukaan, mutta sitä voidaan tehostaa käsisäätöisesti lisätuuletukselle. Kaa- viokuva kertoo ilmanvaihdon toimintaperiaatteen.

Jatkuvaa tehokasta ilmanvaihtoa vaativat tilat, kuten keittiö, ruokala ja sosiaalitalat on varustettu koneellisella ilmanvaihdolla, jossa käytetään myös lämmön talteenottoa.

### Sisäilman laatu luokkaa S3

Luokahuoneiden sisäilman suunnittelun laatuluokaksi määritettiin "tydyttävä eli S3-luokka" Sisäilmayhdistyksen sisäilma- luokitusohjeen 2000 mukaisesti. Tämä

määrittelee sisäilman lämpötilan ja sen vaihtelun, ilmanlaadun sekä melutason tavoite- ja suunnitteluarvot. Ohjetta ei noudateta kuitenkaan sisäilman hiilidioksidipitoisuuden ja paikallisen lattiavedon eikä huoneen lämpötilakerrostuman osalta. Kovilla pakkasjaksoilla luokahuoneiden hiilidioksidipitoisuus saa kohota yli 1.000 ppm:n. Tästä "haitasta" koituvana etuna aikaansaadaan normaalia korkeampi sisäilman kosteus kuivina pakkaskausina.

Koekohteessa normaaliolosuhteissa ilmanvaihdon teho on rakentamismääräysten ohjeiden tasolla 6 l/s,hlö. Pakkas-kaudella tuloilmavirrasta tingitään vähimillään tasolle 3 l/s, hlö. Kesällä taas ilmanvaihdon ilmavirtaa saadaan tehostettua voimakkaasti. Kulvert-puhallin mitoitettiin ominaisilmavirralla 15 l/s,hlö, mikä riittää pitämään sisälämpötilan alle 26 °C hellekaudellakin.

Pitkään kestäviin pakkasausiin varaudutaan tuloilman esilämmityksellä. Kulvert-tilan etuosaan on asennettu radiaattoreita, joilla tuloilmaa esilämmitetään sen verran, että veto-ongelmilta vältytään. Radiaattorien sijainti ja teho pitävät energiakulutuksen kohtuullisena. Massiivinen kulvert-tila toimii lämmöntasaajana antaen riittävästi energiaa päivä/yö-rytmin ja viikonloppujen jaksollisesta käytöstä johtuen.

Tuloilmaa ei suodateta kuitusuodattimilla järjestelmän paine-eron minimoimiseksi. Kokemusten perusteella uskotaan, että tuloilma pysyy kuitenkin puhtaana, koska kulvert-kellarissa ilma puhdistuu hiukkasten (siitepöly D ~ 10 µm) laskeutuessa kamion lattialle. Lattiat siivotaan imuroimalla muutamaan kertaan vuodessa.

## Painovoimaisella ilmanvaihdolla saadaan äänettömyyttä

Puhtaasti teknisesti arvioituna painovoimaisen ilmanvaihdon merkittävin etu on äänettömyys. Ilman virratessa painovoimaisesti pienellä nopeudella luokkiin se ei suhise eikä puhaltimien huminaa kuulu. Hiljaisuus on ylellisyyttä. Hiljainen tila tukee luovuutta. On mukava keskittyä oppimisen ja tekemisen haasteisiin.

Talvella ilmanvaihto on pienimmillään. Rutikuiva talvi-ilma ärsyttää ihmisen limakalvoja ja herkistää tartunnoille. Tässä ilmanvaihdossa sisäilman vähäistä kosteutta ei vaihdeta perinteisellä tehokkuudella ulos eli sisäilma pysyy kosteampana. Haittapuolena voi olla, että sisäilma tuntuu pakkasilla tunkkaisemmalta, mutta rai-kastuu toki välituntien aikana.

Puhallinvoimalla toimiva lämmön talteenottojärjestelmä, joka siirtää lämmön poistoilmasta tuloilmaan vaatii suuren paine-eron eikä sovellu painovoimaiseen ilmanvaihtojärjestelmään. Koska poistoilmasta ei voida ottaa normien edellyttämää lämpöenergiaa talteen, on se korvattu tuloilman kulvert-lämmityksellä eli maaperästä saatavalla lämmöllä.

## Tarvittiin sitkeätä suunnittelua laskelmineen

Suunnittelu oli varsin haastavaa. Painovoimaisen järjestelmän mitoitus-tieto on hajanaista ja selkeät perusteet puutteellisia. Samoin comfort-tilojen tuloilmavirrat tuntuvat olevan muoti-ilmiöiden ohjaimia. Painovoimaisen ratkaisun automatiikka on niin ikään haasteellista, koska käytökokemuksia on vähän. Epästационаarinen maaperän lämmönluovutuksen hallinta on monien muuttujien summa. Ongelmaa haarukoitiin mm. IDA-ohjelman avulla. Laskelmien mukaan maaperästä saadaan lämpöenergiaa noin 14 MWh vuodessa. Tämä vastaa 30 - 40 % ilmanvaihdon lämmityksen vaatimasta energiamäärästä, kun keskimääräinen tuloilmamäärä on noin 1,5 m<sup>3</sup>/s ja ilmanvaihto on päällä koulupäivien aikana klo 7 - 16 välisenä aikana.

Tutkimustulosten mukaan hybridijärjestelmällä toteutetut koulut kuluttavat energiaa saman verran kuin koneellisella ilmanvaihdolla ja koneellisella lämmön talteenotolla varustetut koulut.

