

## Tilaa asumiselle

Asuinkerrostalon rakenteiden ja talo-  
tekniikan optimointi asuttavuuden ja  
sisätilojen laadun suhteen

Kirsti Sivén ja Asko Takala Arkkitehdit Oy  
Helsingin Innovaatorahasto

2016

©

Työryhmä:

arkkitehdit Kirsti Sivén, Asko Takala, Kaisa Savolainen, Milja Nykänen,  
Tatu Pärssinen ja Hanna Vikberg / Kirsti Sivén ja Asko Takala Arkkitehdit Oy,  
talotekniikan asiantuntijana Juha Pentikäinen / Climaconsult Oy,  
rakenneasiantuntijana Tero Aaltonen / Sweco AB,  
sähkösuunnittelun asiantuntija Jarmo Jauhianen / Yhtyneet Insinöörit Oy

Akustiikan asiantuntija: Alpo Halme / Arkkitehtitoimisto Alpo Halme Oy  
Näkökohtia terveen ja kestäväen rakentamisen puolesta: arkkitehti Lars-Erik Mattila

Ohjausryhmä:

kehittämispäällikkö Ifa Kytösaho / ATT,  
LVIA-suunnittelupäällikkö Minna Launiainen / ATT,  
professori Markku Hedman / TUT Arkkitehtuuri,  
professori Jarek Kurnitski / Aalto-yliopisto Rakennustekniikka,  
viestintä- ja kehityspäällikkö Petri Neuvonen / Rakennustieto,  
toimitusjohtaja Kari Seitaniemi / Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy,  
professori Juha Vinha / TUT Rakennustekniikka

Teksti: Kirsti Sivén ja Hanna Vikberg / Kirsti Sivén ja Asko Takala Arkkitehdit Oy

Graafinen suunnittelu ja taitto: Hanna Vikberg / Kirsti Sivén ja Asko Takala Arkkitehdit Oy

Helsingin innovaatorahasto

## Sisältö

Esipuhe	5
Selvitys	
Määräysten kehitys	8
Poimintoja selvitysvaiheesta	11
Talotekniikan tilantarpeen muutos	15
Rakenneratkaisujen kehitys	16
Asunnon tilat ja talotekniikan vaatimukset	19
Asumisviihtyisyys ja asumisen tilat suunnittelun ja toteutuksen keskiöön	21
Kehittämiskohteita	24
Ratkaisu	
Ratkaisuna tekniikan integroiminen rakenteisiin	34
Ratkaisun edut	35
Ratkaisun elementit	36
Pystyelementit	37
Vaihtoehtoinen ratkaisu tuloilmaelementeille	40
Välipohjaelementit	41
Avattavat elementit	42
Ratkaisun soveltuvuus	43
Loppusanat	48
Lähteet	49



*"Sisäkatot olivat ennen dekoratiivinen ja symbolinen alusta, paikka johon sijoitettiin suurta ikonografiaa. Nykyään sisäkatosta on tullut olemassaolomme mahdollistava varusteiden tehdas. Tila, joka on niin syvä, että se alkaa kilpailla arkkitehtuurin kanssa. Se on alue, jonka hallinnan arkkitehdit ovat menettäneet kokonaan, vyöhyke joka on luovutettu muille ammattikunnille."*

- Rem Koolhaas, The Guardian  
(käännös)

Rem Koolhaas, Venetsian arkkitehtuuriennustuksen installaatio, 2014. Yläpuolella Galileo Chinin maalaama kupoli vuodelta 1909 ja alapuolella nykypäivän alaslaskettu katto, jonka taakse on asennettu rakennuksen talotekniikka.



# Esipuhe

Tilaa asumiselle loppuraportti kokoaa yhteen selvitys- ja kehitystyön, jota on tehty asuinkerrostalon rakenteiden ja talotekniikan optimoimiseksi asuttavuuden ja sisätilojen laadun suhteen. Tarkoitus oli innovoida kehittämismahdollisuuksia niin, että viime vuosina voimakkaasti muuttuneiden rakentamismääräysten vaatimukset voitaisiin hallitusti täyttää kohtuullisin kustannuksin asuttavuudesta, terveellisyydestä ja turvallisuudesta tinkimättä. Raportti on suunnattu asuinkerrostalon suunnittelijoille, rakentajille ja rakennusteollisuuden edustajille. Projektin päämääränä oli saada aikaan avoimesti suunnittelijoiden käyttöön tulevia optimoituja ratkaisuja, joita ei ole sidottu tiettyyn tuotevalmistajaan tai muuhun rakennusteollisuuden toimijaan. Tarkoituksena oli kyseenalaistaa vallitsevia käytäntöjä ja ratkaisuja ja palauttaa asumisviihtyvyyttä asutosuunnittelun keskiöön.

Nykyään yhä suurempi osa suunnitteluun ja rakentamiseen käytettävästä ajasta ja resursseista kuluu talotekniikan sovittamiseen kokonaisuuteen. Ongelmatilanteissa ihmisen tila joustaa yleensä helpommin kuin tekniikka, jonka vaatimuksia on vaikea kyseenalaistaa. Kärjistetyn, mutta rankasti todellisuuteen tarttuvan kuvan tilanteesta antaa Venetsian 2014 arkkitehtuuribiennaalin päänäyttelyn sisäänkäynti: tekniikalle varattu aukileikatun alakaton sisällä oleva tila on vielä hiukan pienempi kuin ihmisen tila alapuolella, mutta jos kehitys jatkuu samanlaisena kuin viime vuosina saattaa tämä muuttua. Meidän tulisikin pohtia, että rakennammeko tiloja tekniikalle vai asumiselle.

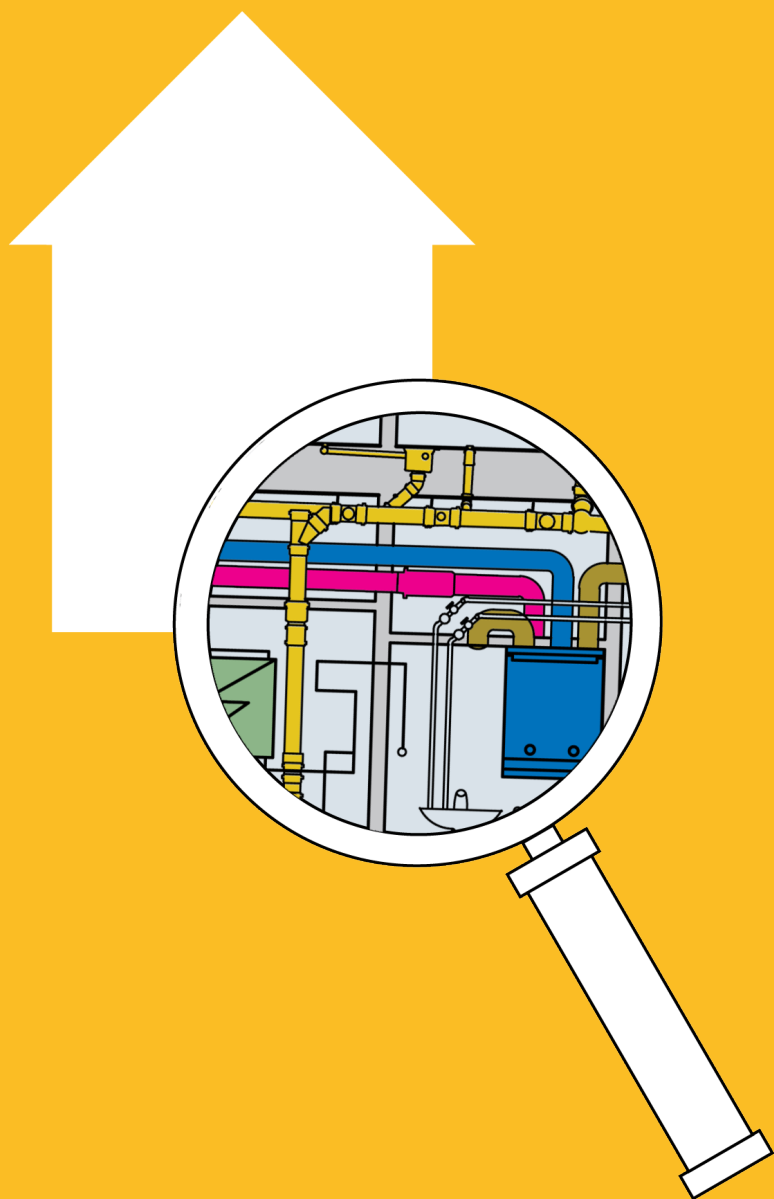
Suunnittelun ja toteutuksen resurssit tulee vapauttaa tekniikan lonkeroista ja suunnata viihtyisyyden, toimivuuden ja ajattoman kestävyuden rakentamiseen. Ihmisen ja tekniikan tilojen tasapainoiseen yhteensovittamiseen tarvitaan yleispäteviä, helppoja ja yksinkertaisia rakenne- ja talotekniikkaratkaisuja. Tilaa asumiselle –projekti tähtää tällaisten ratkaisujen kehittämiseen.

Työ on jakautunut kolmeen osaan; selvitysvaiheeseen, innovointivaiheeseen ja johtopäätösten kokoamiseen. Selvitysvaiheessa tarkoituksena on ollut tutkia määräysten kehitystä sekä rakenteiden ja talotekniikan tilantarpeiden muutosta. Tilantarpeiden muutosta on selvitetty muun muassa tutkimalla olemassa olevia ratkaisuja eri vuosikymmeniltä. Tarkastelukohteiksi valikoituivat

14 Helsingin asuntotuotantotoimiston vuokratohdetta vuosilta 1988–2012. Kohteista kerätty tieto on koottu tämän raportin erilliseksi liitteeksi.

Innovointivaiheessa pyrittiin tarttumaan esille tulleisiin ongelmiin ja löytää niihin ratkaisu. Työryhmä kehitti järjestelmämallin, joka soveltuisi erilaisiin kerrostaloihin. Tilallisesti ratkaisu luo laadukkaampia ja siistimpiä asuintiloja. Huonekorkeuden kasvu ja alaslaskujen täydellinen puuttuminen (paitsi mahdolliset esteettiset alaslaskut saunoissa ja kylpyhuoneissa) lisäävät asunnon avaruutta. Asunnon kattoon ei tarvita luokkuja, otsia eikä kotoiloita, mikä myös helpottaa asunnon muokkaamista. Talotekniikan kanavien, kaapelien ja putkien ollessa pääosin integroitua rakenteisiin vähenee niiden tilantarve ilman, että tekniset tilojen tai rakenteiden koko kasvaa. Kaikki tämä lisää asumisviihtyvyyttä asunnoissa. Tilatehokkuus on myös energiankulutuksen kannalta tavoiteltava asia: hyvä ja toimiva asunto pienemmällä ulkovaipan ja rakennusosien määrällä merkitsee pienempää energiapanosta sekä rakentamisen että käytön aikana.

Hankkeen alullepanijana ja vetäjänä on toiminut arkkitehti Kirsti Sivén, Kirsti Sivén ja Asko Takala Arkkitehdit Oy:stä. Työ on Helsingin innovaatorahaston rahoittama ja työtä on organisoinut kaupungin puolelta kehittämispäällikkö Ifa Kytösaho ja lvia-suunnittelupäällikkö Minna Launiainen Helsingin asuntotuotantotoimistolta. Työtä ovat tämän lisäksi kommentoineet ohjausryhmän jäsenet professori Markku Hedman / TUT Arkkitehtuuri, professori Jarek Kurnitski / Aalto-yliopisto Rakennustekniikka, viestintä- ja kehityspäällikkö Petri Neuvonen / Rakennustieto, toimitusjohtaja Kari Seitaniemi / Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy ja professori Juha Vinha / TUT Rakennustekniikka. Selvitys- ja innovointityön sekä johtopäätösten kokoamisen ovat toteuttaneet työryhmän jäsenet arkkitehdit Kirsti Sivén, Asko Takala, Kaisa Savolainen, Milja Nykänen, Tatu Pärssinen ja Hanna Vikberg / Kirsti Sivén ja Asko Takala Arkkitehdit Oy, talotekniikan asiantuntijana Juha Pentikäinen / Climaconsult Oy, rakennesiantuntijana Tero Aaltonen / Sweco AB ja sähkösuunnittelun asiantuntija Jarmo Jauhianen / Yhtyneet Insinöörit Oy. Arkkitehti Alpo Halme Arkkitehtitoimisto Alpo Halme Oys:stä on antanut ratkaisuehdotuksesta akustikon lausunnon.



Selvitys



# Määräysten kehitys

Tilaa asumiselle – hankkeen selvitysvaiheessa koottiin asuinrakennuksen rakenteita ja talotekniikka koskevat määräysmuutokset ja tutkittiin niiden vaikutusta sisätilan laatuun. Rakennusten energiankulutusta ja ilmanvaihtoa koskevat määräykset ovat viime vuosina muuttuneet tiuhaan ja niiden soveltamista joudutaan opettelemaan projektiokohtaisesti, kun yleispäteviä ohjeita toiminnalliset määräykset täyttävistä ratkaisuista ei ole olemassa. Ilmanvaihtoa koskevien määräysten ja niiden tulkintojen muutokset ovat tarkastelujaksolla lisänneet runsaasti asuinhuoneiston alakattojen ja kotelointien tarvetta. Kosteudenhallintaa koskevat määräykset ja käytännöt ovat tuoneet uusia vaatimuksia putkien sijoittamiselle, avattavuudelle ja huollettavuudelle. Sähkö- ja tietotekniikan asennusten määrä on kasvanut ja niiden helpon muunneltavuuden ja avattavuuden vaatimukset ovat kasvattaneet myös sähköjen tilantarvetta.

Tarkasteltu ajanjakso ulottuu 1980-luvulta 2010-luvulle. Tänä aikana tapahtuneet asuinrakennusten tiloja, rakenteita ja talotekniikkaa koskevien määräysten muutokset on koottu taulukoksi (ks. seuraava aukeama), jonka avulla voidaan sijoittaa tutkittavina olleet kohteet omaan määräysympäristöönsä. Taulukosta voi nähdä alakattojen pinta-alojen kehitys suhteessa määräysten muutoksiin. Varsinkin vuonna 2003 voimaan astunut määräys lämmöntalteenotosta näyttää lisänneen alakattojen tarvetta asunnoissa.

## Asuintilat

Merkittävin asuinkeuhkoston tiloja koskeva määräys tarkasteluaikana on vähimmäiskerroskorkeuden nosto 2,8 metristä 3 metriin v. 1995. Asuinhuoneen määräysten mukainen minimikorkeus säilyi kerroskorkeuden nostosta huolimatta ennallaan 2,5 metrissä. Kerroskorkeuden nostolle antoivat sysäyksen 1.3.1994 voimaan tulleet asuntosuunnittelua koskevat määräykset G1, joissa edellytettiin esteettömyysmääräysten F1 soveltamista myös asuntojen wc- ja pesutiloihin. Kun kynnyshöheus sai olla enintään 25 mm,

tuli viemäreiden sijoittaminen kerrostalorakentamisessa tuolloin vallitsevana olleeseen 260 mm:n ontelolaattaväliin pohjaan ongelmalliseksi. Ääneneristysmääräysten C1 muutos tuli voimaan 1998, jolloin asuinhuoneiston ja sitä ympäröivien tilojen rakenteiden ilmaaneneristävyyden minimitasoa nostettiin 52 > 55 R'w (dB) ja askeläänitaso maksimia alennettiin 58 > 53 L'n,w(dB). Asuinkeuhkoston ääneneristävyyden parantamisvaatimuksiin vastattiin tuomalla markkinoille paksummat ja raskaammat ontelolaatat. Ilmanvaihtoa koskevat määräykset D2 muuttuivat vasta 2003, mutta jo 90-luvun alusta lähtien alkoivat huoneistokohtaiset ilmanvaihdonkojeet yleistyä, ja asuntoon tarvittiin alaslaskuja ja kotelointeja ilmanvaihdon tarpeisiin. Näin ollen kerroskorkeuden nosto palveli lähinnä muuttuneiden talotekniikan ja ääneneristykseen vaatimusten toteuttamista, eikä sillä ensisijaisesti pyrittyään asuinhuoneiden korkeuden kasvattamiseen. Asuinkeuhkoston huonekorkeudeksi vakiintui ontelolaattaväliin pohjia käytettäessä 2,6 - 2,7 m. Puolet kerroskorkeuden noston tuomasta lisätilavuudesta päättyi siis asunnon ilmapuudeksi, puolet talotekniikan ja rakenteiden hyväksi.

## Lämmöneristys

Rakennuksen ulkovaipan lämmöneristystä ja tiiveyttä koskevat määräykset (C3, D3) ovat tarkastelujaksolla muuttuneet neljä kertaa. Lähtötaso on vuoden 1985 määräykset. Paksummat lämmöneristeet ovat kasvattaneet ulkoseiniä, mutta samalla on ruvettu tarkastelemaan vaipan lämpöhäviöitä kokonaisvaltaisemmin. Rakennusoikeuskerrosalan laskemistapa on muuttunut, ja vuoden 2000 jälkeen tehtyjen asemakaavojen mukaan kerrosalaan lasetaan vain 250 mm ulkoseiniä, joten seinien paksunemisella ei ole tehokkuushävikin kautta vaikutusta asuinhuoneistojen laatuun. Tilakustannuksen kautta se toki vaikuttaa.

## Aukotus

Ikkunoita koskevat määräykset, jotka koskevat toisaalta ikkunoiden valoaukon vähimmäispinta-alaa suhteessa huoneen alaan ja

toisaalta ikkunoiden enimmäispinta-alaa suhteessa kerrosalaan, olivat olemassa jo tarkastelujakson alussa. Näiden kahden määrärauksen sovittaminen yhteen osoittautui ongelmalliseksi, joskus jopa mahdottomaksi, eikä enimmäispinta-alaa koskevaa määrärausta käytännössä tarkasti valvottu eikä noudatettu. Valoaukon vähimmäispinta-alamääräys on edelleen olemassa, mutta energiansäästöön tähtäävä määräys ikkunoiden enimmäispinta-alasta sen sijaan on muuttunut merkityksettömäksi, kun määräyksissä on siirrytty kokonaisvaltaiseen toiminnalliseen tarkasteluun.

## Talotekniikka

Talotekniikkaa ja energiatehokkuutta koskevat määräykset D1-D3 ovat tarkastelujaksolla muuttuneet viisi kertaa: 1987, 1988, 2003, 2010 ja 2012. Varsinkin ilmanvaihtojärjestelmien muuttuminen on vaikuttanut asuntojen tilalliseen laatuun, lisäämällä laslaskujen ja kotelointien tarvetta asunnoissa. Vuoden 1988 määräykset sallivat vielä lämmittämättömän tuloilman ottamisen asuinhuoneisiin seinään tai ikkunoihin liitettävien venttiilien kautta tai koneellisesti. Vuoden 2003 määräykset edellyttivät, että ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 30 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä. Tämä johti siihen, että tuloilma oli tuotava huonetilaan ilmanvaihtokojeen kautta eikä sitä voitu enää ottaa ulkoseinästä venttiilien tai ikkunoiden kautta huonetilaan. Vuoden 2003 määräysten mukaan tuloilmalaitteet tuli sijoittaa parvekelasituksen ulkopuolelle. Näin ei voida hyödyntää lasitettua parvekettä talvella lämpöteknillisenä puskurivyöhykkeenä.

Vuosina 2010 ja 2012 voimaan tulleet määräykset ovat kohdistuneet ensisijaisesti ilmanvaihdon energiatehokkuuteen. Vuoden 2010 määräyksissä lämmöntalteenoton tehokkuusvaatimus nousi 45 prosenttiin. Samalla kuitenkin annettiin mahdollisuus toteuttaa vastaava lämpöenergiatarpeen pienentäminen vaihtoehtoisilla tavoilla, kuten ulkovaipan lämmöneristystä ja ilmanpitävyyttä parantamalla. Vuoden 2012 D2 määräyksissä ei ilmanvaihdon energiatehokkuutta enää mainita, vaan energiatehokkuuden tarkastelu on kokonaisuudessaan, myös ilmanvaihdon osalta, siirretty rakennuksen energiatehokkuutta koskeviin määräyksiin D3.

As. Oy Helsingin Auringonkukka vuodelta 2003 ja ja As. Oy Helsingin Valkoapila vuodelta 2000, Eko-Viikissä. Ennen määräysmuutoksia vuonna 2003 parvekevyöhykettä saatettiin käyttää hyödyksi ilmanvaihdon puskurivyöhykkeinä.





Energiatohokkuuden tarkastelu on muuttunut kokonaisvaltaisemmaksi ja jättäisi tilaa erilaisille ratkaisuille, jos niiden energiatehokkuuden osoittamiseen vain löytyisivät laskennalliset keinot. Helposti laskennallisesti todistettava täyskoneellinen, lämmönalteenotolla varustettu ilmanvaihto näyttääkin olevan vakiintumassa tavanomaisen asuinkerrostalon järjestelmäksi, vaikka sen vaatima tilantarve runsaine vaakakanavineen on kovin suuri.

Myös LVIS-laitteiden sallittu maksimiäänitaso on pienentynyt asuinhuoneissa 30 >28 dB ja keittiöissä 35 >33 dB. Tehokkaat ilmanvaihdon koneet ja ilmanvaihdon kanavat tuottavat ja siirtävät ääntä, joka vaatii usein äänenvaimennuksen. Koneellisen ilmanvaihdon kanaviin tulevat äänenvaimentimet vaativat taas runsaasti tilaa asunnon alakatossa.

Tarkastelujakson ainoa vesi- ja viemäri-laitteistoja koskeva määräysmuutos vuodelta 2007 korostaa vesijohtojen sijoittamista niin, että mahdollisten vesivuotojen havaitseminen ja putkien korjaaminen on vaivatonta. Yleiseksi ratkaisuksi on vakiintunut vesijohtonousujen tuominen usein porrashuoneen puolelle sijoitettaviin avattaviin roiloihin ja kylpyhuoneisiin yläkautta tuotavat, pinta-asennetut putket. Vesijohdot kilpailevat asunnon eteisen ja kylpyhuoneen kohdalla samasta alakattotilasta ilmanvaihdon – ja myös sähköjen – kanssa. Määräysmuutoksessa kiellettiin myös vesijohtojen läpiviennit märkätilan lattiassa. Lämpimän veden minimilämpötilaa nostettiin aiemmasta 50 asteesta 55 asteeseen ja eristysten määrästä annettiin tarkempia ohjeita. Tämän myötä kiellettiin myös käyttövesikiertoinen lattialämmitys. 2007 määräyksissä varauduttiin huoneistokohtaiseen vesimäärän mittaukseen, joka tulikin pakolliseksi asuinkerrostaloissa vuonna 2012 energiatehokkuusmääräysten myötä. Mikäli asunnossa halutaan pärjätä vain yhdellä mittarilla, tuleekin kaikki asunnon käyttövedet kulkea saman pisteen kautta. Tällä on vaikutuksia keittiön ja kylpyhuoneen sijaintiin toisiinsa nähden ja johtaa helposti samankaltaisiin asuntopohjiin.

Tyypillisen asunnon eteisen alakaton takana tapahtuvaa talotekniikan risteilyä.





# Poimintoja selvitysvaiheesta

- Täyskoneellinen ilmanvaihtoratkaisu vaatii eniten alakatto- ja ja hormeja (kohde 6 vs. kohde 9-14)
- Integroimalla ilmanvaihdon kanavat välipohjan onteloihin ja huoneistojen välisiin seiniin on saavutettu pienimmät alakattopinnat (kohde 1 ja 3)
- Pystykanaviin perustuva ilmanvaihto lisää hormien pinta-alaa prosentuaalisesti vähemmän kuin vaakakanaviin perustuva ilmanvaihto kasvattaa alakaton pinta-alaa (kohde 2)
- Installaatiovyöhykkeet eivät välttämättä vähennä alakaton tarvetta, varsinkaan kun asunnoissa on huoneistokohtainen ilmanvaihto ja raitisilmanotto asunnon julkisivuilta (kohde 5)
- 2000-luvun alusta lähtien porrashuoneissa on ollut alakatto
- Asunnon koolla ei näytä olevan vaikutusta alakaton prosentuaaliseen määrään (kohde 4 ja 8)

# Alakaton kasvu ja määräysten kehitys

Taulukossa on kuvattu alakattojen osutta huoneistoalasta tarkastelukohteissa. Väripisteet erottavat eri ilmanvaihtotavat toisistaan. Tämän lisäksi kaavioon on lisätty suurimmat muutokset määräyksissä tarkasteluaikana.

Alakaton pinta-ala / huoneistoala tarkastelukohteissa (sis.porrashuoneet)



- Ilmanvaihto**
- Huoneistokohtainen koneellinen
  - Keskittetty koneellinen
  - Koneellinen poisto
  - Painovoimainen

## Tarkastelukohteet

Selvitysvaiheessa vertailtiin 14 ATT:n vuokratohdetta vuosilta 1988-2012. Rakennuksista hankittiin lähtötiedot ja ne mallinnettiin tarvittavin osin. Vertailussa tutkittiin rakenne- ja talotekniikkaratkaisuja sekä niiden tilantarvetta verrattuna rakennuksen brutto-, kerros- ja huoneistoalaan sekä tilavuuteen. Materiaali koottiin tämän raportin erilliseksi liitteeksi. Alapuolella lyhyet huomiot kohteista.

### Kohteet joissa koneellinen poisto

#### 2 . Kiint. Oy Vuosaarentie 1989

- pelkkä koneellinen poisto on johtanut pieniin alakattomääriin
- taloteknillinen ratkaisu perustuu pystyhormeihin

#### 7 . Pihlajiston kiinteistöt Oy Viikki 2000

- pelkkä koneellinen poisto on johtanut pieniin alakattomääriin
- ensimmäinen kohde, jossa porraskäytävissä on alakatto

### Kohteet joissa huoneistokohtainen koneellinen ilmanvaihto

#### 3 . Kiint. Oy Tilkanniitty, 1991

- osa IV-kanavista intergoitu välipohjan onteloihin

#### 4 . As. Oy Helsingin Laivapoika, 1993

- huoneistokohtainen ilmanvaihto ja pesutilojen suuri koko johtanut tarkastelukohteiden suurimpaan alakaton tilavuuteen asunnoissa

#### 5 . Keskinäinen Koy, Hgin korkotukisasunnot, 1995

- installaatiovyöhykkeiden ulkopuolella paljon alakattoalueita

#### 8 . As Oy Helsingin Allotrianpuisto, 2005

- isot asunnot eivät ole vähentäneet alakattojen määrää suhteessa pinta-alaan

### Kohteet joissa keskitetty koneellinen ilmanvaihto

#### 1 . Kiint. Oy Salomonkatu 19, 1988

- IV:n vaakakanavat integroitu välipohjien onteloihin

#### 9 . Vallilan Kiinteistöt Oy Muurikuja, 2007

- tarkastelukohteiden suurin alaslaskujen pinta-ala ja volyyymi, osittain arkkitehtonisista syistä

#### 10 . Heka Kalasatama Antareksenkatu 3, 2010

- kohde kuvastaa kohteiden tilastollista keskiarvoa

#### 11 . Asunto Oy Helsingin Studio, 2010

- suuret ja korkeat huoneet pienentävät sekä alakattojen että teknisten tilojen kokoa

#### 12 . Asunto Oy Helsingin Saukonkanava, 2010

- kokonaisten alakattojen sijaan on suosittu koteloita seinien vieressä ja komeroiden päällä

#### 13 . Heka Viikinmäki Harjannetie 44, 2011

- tehokas tilankäyttö ja installaatiovyöhyke asunnoissa
- rakennuksen kiilamainen muoto johtanut suuriin teknisten tilojen määrään

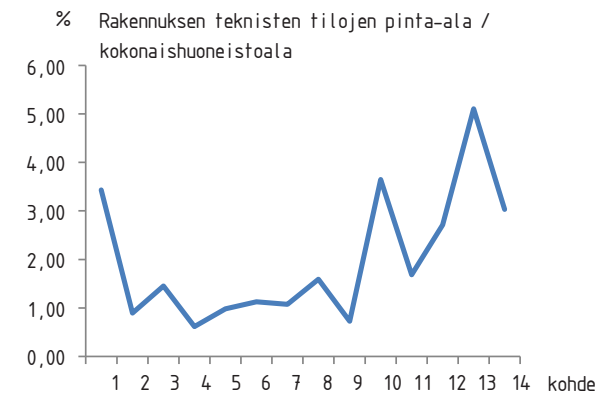
#### 14 . Asunto Oy Helsingin Leonsatama, 2012

- sovellettu vuoden 2012 määräyksiä mm. E-luku

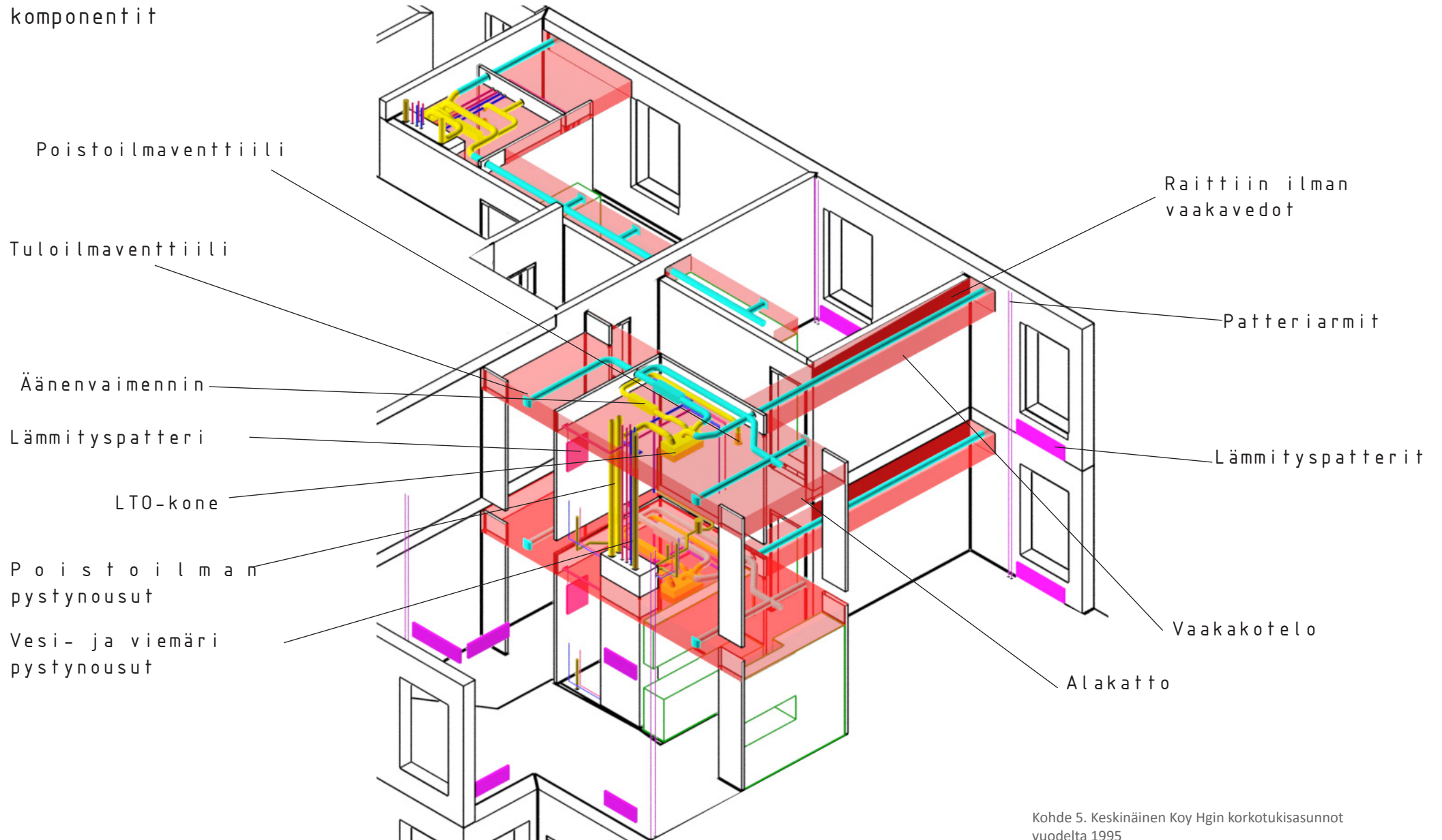
### Kohteet joissa painovoimainen ilmanvaihto

#### 6 . Helsingin Asumisoikeus Viikki, 1998

- painovoimaisen ilmanvaihdon kokeilu osana Eko-Viikki aluetta



# Talotekniikan komponentit



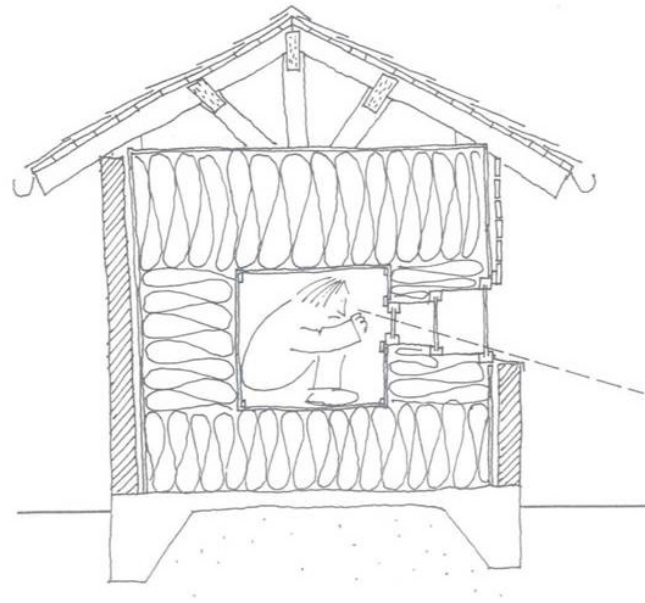
# Talotekniikan tilan- tarpeen muutos

Alakattojen ja teknillisten tilojen määrä ja koko on selvästi kasvanut tarkastelujakson aikana. Alakattojen taakse piilotetaan kasvavaa talotekniikkaa ja suuret teknilliset tilat asuinrakennusten katoilla ovat tyypillisiä 2000-luvun kerrostaloille. Varsinkin ilmanvaihdon tilantarpeet ovat kasvaneet ja talotekniikan avuttavuusvaatimukset lisäävät komponentteja asuntojen pinnoille.

Vielä 1960-70-luvuilla ei ollut tarvetta alaslaskuille, sillä ilmanvaihtona toimi koneellinen poisto suoraan pystyhormeihin kylpyhuoneesta ja keittiöstä. Tuloilma otettiin usein ikkunoiden raoista ja tiivisteitä katkomalla ja ilma siirtyi huoneiden ilmatilan läpi ilman kanavia.

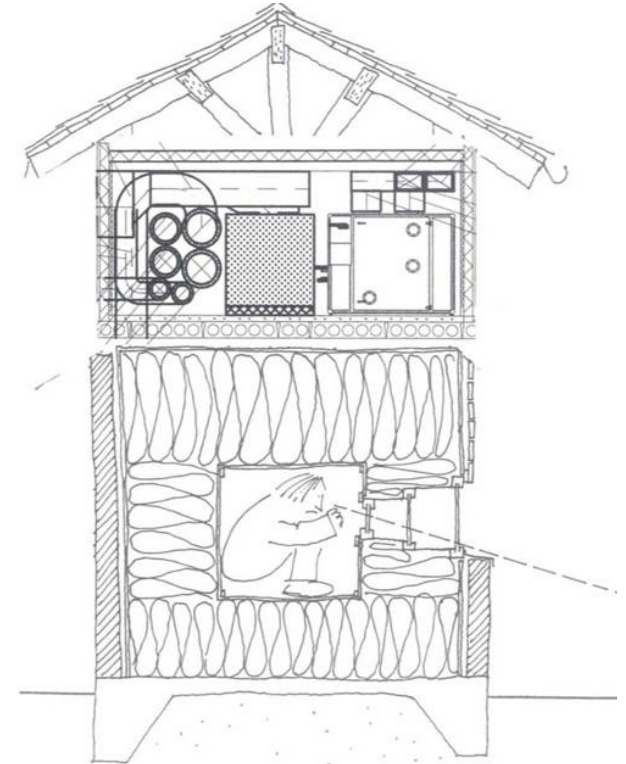
Täyskoneellinen ilmanvaihto on nykyään vakiintumassa tavanomaisen asuinrakennuksen järjestelmäksi, vaikka vuosina 2010 ja 2012 voimaan tulleet määräykset rakennuksen kokonaisvaltaisesta energiatehokkuustarkastelusta jättäisi tilaa erilaisille ratkaisuille. Esteeksi vaihtoehdoiselle ilmanvaihdolle on kuitenkin osoittautunut energiatehokkuuden osoittamiseen vaadittavien laskennallisten keinojen puuttuminen. Täyskoneellinen, lämmöntalteenotolla varustettu ilmanvaihto vaatii suuren tilan äänenvaimentimille ja ennen kaikkea tuloilman vaakakanavoille ilmanvaihtokoneelta jokaiseen asuinhuoneeseen. Kasvanut vaakakanavien määrä ei kuitenkaan ole vähentänyt pystykanavien määrää. Myös rakennusten yleisten teknisten tilojen koko näyttää kasvaneen. Kun kasvaaneeseen kanavien, putkien ja laitteiden määrään lisätään roilojen, alakattojen ja koteloitinten avuttavuusvaatimukset, muuttuu suunnittelu niin vaativaksi, että iso osa asuintalon suunnitteluajasta kuluu talotekniikan sovittamiseen.

Ratkaisuna on esitetty kerroskorkeuden kasvattamista, joka kuitenkin lisää rakennuksen lämpimänä pidettäviä kuutioita ja kustannuksia. Kerroskorkeuden kasvattaminen toisi jonkin verran helpotusta huonekorkeuteen, mutta alakattojen reunat, koteloitinnit ja tarkastusluukut olisivat edelleen asunnon katto- ja seinäpintojen ylimääräisinä aiheina.



1970-luku

Asuntomessut Forssassa 1982, Safan kilpailuohjelman kannessa esiintynyt kuva voisi kärjistetyksi kuvastaa asuntojen tilannetta 70-luvulla.



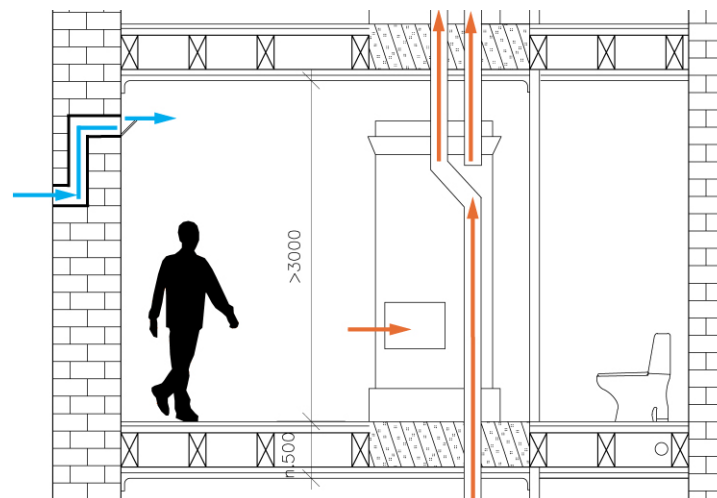
2000-luku

2000-luvulla kuvaan voi lisätä vielä talotekniikan, joka vie rakennuksen volyymistä huomattavan osan.

# Rakenneratkaisujen kehitys

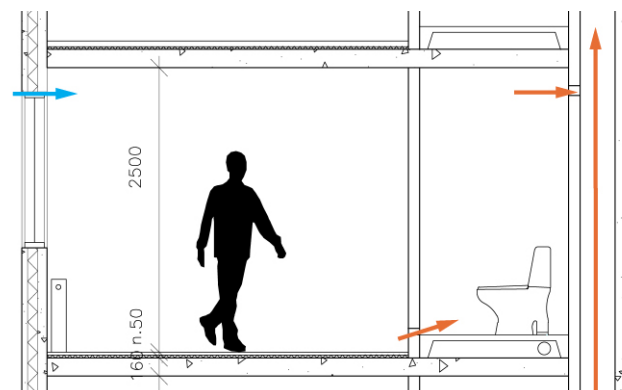
Talotekniikan lisäksi kerrostalojen rakennerratkaisuisissa on tapahtunut muutoksia, jotka vaikuttavat asunnon tilankäyttöön. Tilaa asumiselle - projektissa on vertailtu myös 1900-luvun alun asuntoja tarkastelujakson asuntoihin. Tänä aikana huonekorkeus on laskenut yli kolmesta metristä välillä jopa 2,5 metriin. Välipohjarakenne on vaihtunut 500 mm paksusta palkistorakenteesta massiivilaataan ja ohuemmasta ontelolaatasta paksumpaan. Ontelolaatan paksuneminen nykyiseen 320–370 millimetriin johtui ääneneristysvaatimuksista sekä esteettömyysmääräysten kynnysvaatimuksista, jolloin kylpyhuoneisiin kehitettiin ns. kololaatta. Ääneneristävyyksivaatimus 53 dB täyttyy silläkin vain lattian pintarakenteiden avulla, joko pehmeäpohjaisiin matoon, parketin tai laminaatin alle asennettavalla dBmatolla tai uivalla lattialla. Ontelolaattojen pitkät jännevälit sallivat kevyiden väliseinien ja huonejaon muunneltavuuden mutta märkätilojen osalta ontelolaatta on rajoittava. Ontelolaattojen myötä katosivat saumattomat, sileät kattopinnat ja tilalle tulivat leveät v-saumot ja ruiskutasoiteet.

1900-luvun alussa painovoimainen ilmanvaihto sijoitettiin huoneistojen välisiin tiiliseiniin tai talon keskellä kulkevaan sydänmuuriin, jossa myös tulisijojen hormit olivat. Vaakavedoille ja alaslaskuille ei ollut tarvetta, kattopinnat säilyivät puhtaina ja liittyivät pehmeällä pyörityksellä tai koristeellisella kipsilistalla rapattuihin seiniin. 1900-luvun alun palkistorakenne mahdollisti välipohjiin integroidut viemärit kun taas nykypäivän ontelolaattoihin harvoin integroidaan talotekniikkaa. Viemäreiden sijoittelun suhteen ontelolaatta on hyvin rajoittava, koska ontelossa voidaan tehdä vaakavetoja vain lyhyitä matkoja yhteen suuntaan. Ilmanvaihdon integroimista laatan onteloihin kaavailtiin jo ontelolaatan tullessa käyttöön. Tarkastelukohteissa onkin rakennus 80-luvulta (kohde 1), jossa ilmanvaihdon kanavointiin on käytetty ontelolaattojen onteloita yhdessä konehuoneesta tulevien pystykanavien kanssa. Ratkaisu olisi tänäkin päivänä soveltamiskelpoinen myös lämmöntalteenoton kanssa. Onteloiden käyttö talotekniikalle on kuitenkin jäänyt hyvin harvinaiseksi. Ongelmia



1900

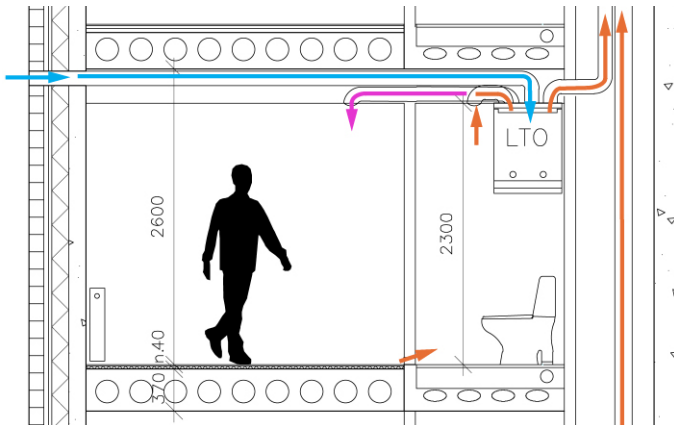
1900-luvulla huonekorkeudet olivat yli kolme metriä ja ilmanvaihto painovoimaista. Lämmitys- sekä poistoilma hoidettiin uunien avulla. Viemärit voitiin integroida välipohjan palkkien väliin.



1960

1960-luvulla huonekorkeus oli usein vain 2,5 metriä. Välipohjarakenteena toimi massiivilaatta, jonka ansiosta saatiin aikaiseksi saumaton katto asuntoihin. Tuloilma otettiin usein painovoimaisesti ikkunoiden raoista ja ilmaa poistettiin koneellisesti.





2000  
2000-luvulla tyypillinen huonekorkeus on 2,6 metriä. Ontelolaattavälipohjan vuoksi kylpyhuoneisiin on kehitetty kololaatta. Täyskoneellisen ilmanvaihdon vuoksi jokaiseen huoneeseen tuodaan ilmaa kanavan kautta.



Kuva: Hermann Kaufmann ZT GmbH  
Hermann Kaufmannin suunnittelemassa puutoimistotalossa LifeCycle Tower One Itävallassa talotekniikka on koteloitu välipohjan palkkiväleihin.

oli muun muassa puhtaus- ja lämpökapasiteetin kanssa. Nykyään onteloita osattaisiin käsitellä niin, ettei niistä irtoa epäpuhtauksia mutta onteloiden käyttö kanavina ei ole yleistynyt. Syynä saattaa olla mm. ääneneristykseen liittyvät ongelmat ja pystyroilojen suurempi tilantarve, joka syö huoneistoalaa.

1960-70-luvuilla käytössä oli ohut massiivivälipohja, jonka paksuus oli usein vain 160 mm. Asunnoissa oli kantavia, paikallavälipohjia väliseiniä ja maksimijänneväli oli yleensä vain huoneen mittainen, alle neljä metriä. 2010-luvulla massiivilaattavälipohjat ja paikallavälipohjat ovat palaamassa, mutta nyt paksuutena kuin 60-luvulla, minkä vuoksi jännemitat ovat pitempiä ja ääneneristävyyttä on parempi. Myös lattialämmityksellä varustettuna massiivilaatta on kuitenkin ohuempi kuin ontelolaatta ja jättää enemmän huonekorkeutta asuntoon. Massiivilaatta ei kuitenkaan mahdollista talotekniikan integrointia vaan johtaa alaslaskuihin asunnoissa.

1960-70-luvuilla kehittyivät paikallavälipohjan rinnalla elementtirakenteiset runkoratkaisut. BES- ja PLSselvitykset esittelivät pitkiin jänneväleihin soveltuvat kevennetyt välipohjalaatat, jotka vapauttivat asunnon pohjaratkaisun, kun huoneiden seinien ei enää tarvinnut olla kantavia. Pilari-laatta –järjestelmä PLS jäi vain vähäiseksi kokeiluksi asuntorakentamisessa ja vallitsevaksi tulivat kantavat seinät ja ontelolaatat. Ontelolaattojen rinnalla 60-70 –lukujen vaihteessa valmistettiin vähän aikaa ripalaatan tyyppistä Nilcon-laattaa, joka talotekniikan sijoittamisen suhteen olisi voinut tarjota hyvät mahdollisuudet tekniikan sijoittamiselle välipohjaan. Nilcon –laatan käyttö jäi kuitenkin vähäiseksi, ja ontelolaatta valtasi markkinat seuraaviksi vuosikymmeniksi tähän päivään saakka.

Puukerrostalot ovat tuoneet kerrostalon runkoon pilari-palkki – tyyppisiä rakenteita. Järjestelmälliset tekniikkaelementit palkkiväleissä voisivat tarjota uudenlaisia esivalmistusmahdollisuuksia, kun koko tekniikkaelementti voitaisiin tuoda välipohjaan tehtaalla koottuna ja kytkeä vain työmaalla paikoilleen. Tällä hetkellä palosuojaus estää kuitenkin IV-kanavien sijoittamisen palkkiväliin ja ne joudutaan koteloidaan alakaton taakse suojaverhouksen alapuolelle.

	1900	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Huonekorkeus	yli 3 metriä	2,5 metriä	2,5 metriä	2,5 metriä	2,6 metriä	2,6 metriä	2,6 metriä
Välipohjan rakenne	500 mm, palkisto	160 mm, paikallavalettu massiivilaatta + uiva laatta	200-265 mm, ontelolaatta / 300 mm U-laatta (Nilcon)	265 mm, ontelolaatta	320 mm, ontelolaatta	320-370 mm, ontelolaatta kylpyhuoneissa kololaatta	280 mm massiivi- / 370 mm ontelolaatta
Alaslasku	Ei alaslaskuja	Ei alaslaskuja	Ei alaslaskuja	Ei alaslaskuja	Märkätiloissa, eteisessä	Märkätiloissa, eteisessä, keittiössä, porrashuoneissa	Märkätilat, eteisessä, keittiössä, porrashuoneissa, vaakavedot julkisivulle
Kattopinta	Rapatut ja maalatut katot tai ponttilaudoit. Koristelistat	Saumaton, tasoitettu ja maalattu / ruiskutasoitettu	Saumallinen, ruiskutasoite	Saumallinen, ruiskutasoite	Saumallinen	Saumallinen	Tasoitettu / saumallinen, huoltoluukkuja
Ääneneristys	Heikko	Hyvä	Heikko	Heikko	Hyvä	Hyvä	Hyvä
Ilmanvaihto	Painovoimainen, tuloilma ulkoilmakanavasta, poisto tulisi-sijan kautta	Tuloilma ikkunoiden raoista, koneellinen poisto Kaukolämpöverkkoon kytketty	Tuloilma ikkunoiden raoista, koneellinen poisto	Tuloilma seinä- tai ikkunaventtiilistä, koneellinen poisto	Koneellinen tulo- ja poisto	Keskitetty	Täyskoneellinen, huoneistokohtainen/keskitetty
Lämmitys	Huonekohtainen uunilämmitys, 1910- vesikeskuslämmitys	Vesikeskuslämmitys	Kaukolämpöverkkoon kytketty vesikeskuslämmitys	Kaukolämpöverkkoon kytketty vesikeskuslämmitys	Asuntokohtainen jakotukki	Patteri tai lattialämmitys, kaukolämpö	Patteri tai lattialämmitys, kaukolämpö

Taulukkoon on kerätty eri vuosikymmenille tyypillisiä ratkaisuja asuinkerrostaloissa.

# Asunnon tilat ja talotekniikan vaatimukset



Kohde 2. Kiint. Oy Vuosaarentie, 1990. Hormit (keltaisella) sijaitsevat keittiöiden, kylpyhuoneiden ja komeroitten yhteydessä, jolloin ei ole tarvetta vaakavedoille eikä täten myöskään alakatoille. Koneellisen poiston ilmanvaihto.

## Kylpyhuone

Taloissa, joissa oli pelkästään koneellinen poisto, ei kylpyhuoneen alakattoa rakennettu talotekniikan vaatimuksesta, vaan käytännön syistä: maalattu betoni hilseilee helposti märkätilassa, joten se korvattiin helpommin kunnossa pysyvällä ja huollettavalla puupanelikatolla. Talotekniikan, erityisesti ilmanvaihdon, tarpeet ovat kasvattaneet kylpyhuoneen alakattoa: uusimmassa kohteessa, jossa on 2012 määräysten mukainen ilmanvaihto, ei 300 mm:n alaslasku tahdo enää riittää, ja vapaa huonekorkeus uhkaa laskea jopa alle 2,3 metriä.

## Eteinen

Toisin kuin pelkän koneellisen poiston rakennuksissa tarvitaan täyskoneellisen ilmanvaihdon taloissa eteiseen aina alaslasku, jonka on risteilyjen vuoksi oltava melko matalalla. Huoltovaatimukset tuovat kattoon paljon luukkuja, mikä tuottaa ulkonäköongelmia. Tarkalla suunnittelulla avasta vaativat osat pyritään sijoittamaan kylpyhuoneen puolelle tai naulakkokalusteen yläosaan, mutta yleensä tilanne viimeistään asennusvaiheessa ryöstäytyy käsistä niin, että käytännöllisintä olisikin tehdä eteisen katto kokonaan avattavaksi.

## Keittiö

Keittiön liesituulettimen tai -kuvun vaatima putki mahtui aiemmin yleensä vakiokorkuisten kalusteiden yläokeliin. Lämmöntalteenottovaatimus on lisännyt vaakakanavien määrää niin, että keittiöihin usein tarvitaan yläkaappien ylätilaa suurempia kotelointeja tai alaslaskualueita.

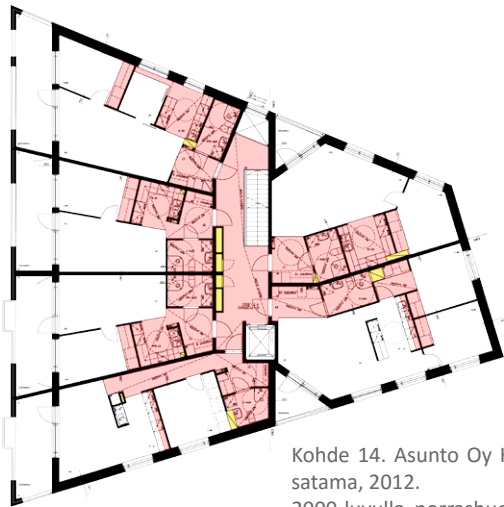
Tämä tuo asunnon kattoon uusia aiheita, jota huolellisella suunnittelulla ja toteutuksella voidaan saada kuriin, mutta tavanomaisessa asuntotuotannossa lopputulos on usein sattumanvarainen ja hallitsematon.

## Asuinhuoneet

Ennen koneellista ilmanvaihtoa makuu- ja olohuoneet säilyivät melko puhtaina talotekniikasta. Ongelmana olivat korkeintaan kömpelösti ja rumasti sijoitetut lämpönousut ja ensimmäisessä kerroksessa runkolinjojen kuljettaminen verholautakoteloissa. Huoneistokohtainen ilmanvaihtokoju vaatii raittiin ilman sisäännoton, joka otetaan yleensä julkisivulta, jolloin asuinhuoneisiin ilmestyy kotelointeja. Keskitetyllä koneellisella ilmanvaihdoilla näiltä vältytään, mutta kun jokaiseen asuinhuoneeseen on kanavalla tuotava ilmaa, tulee alaslaskuja ja kotelointeja huonetta ympäröiviin tiloihin ja kalusteiden päälle. Muuntojoustavuus vähenee, kun tiloja muuteltaessa on huomioitava ilmastoinnin kanavat.

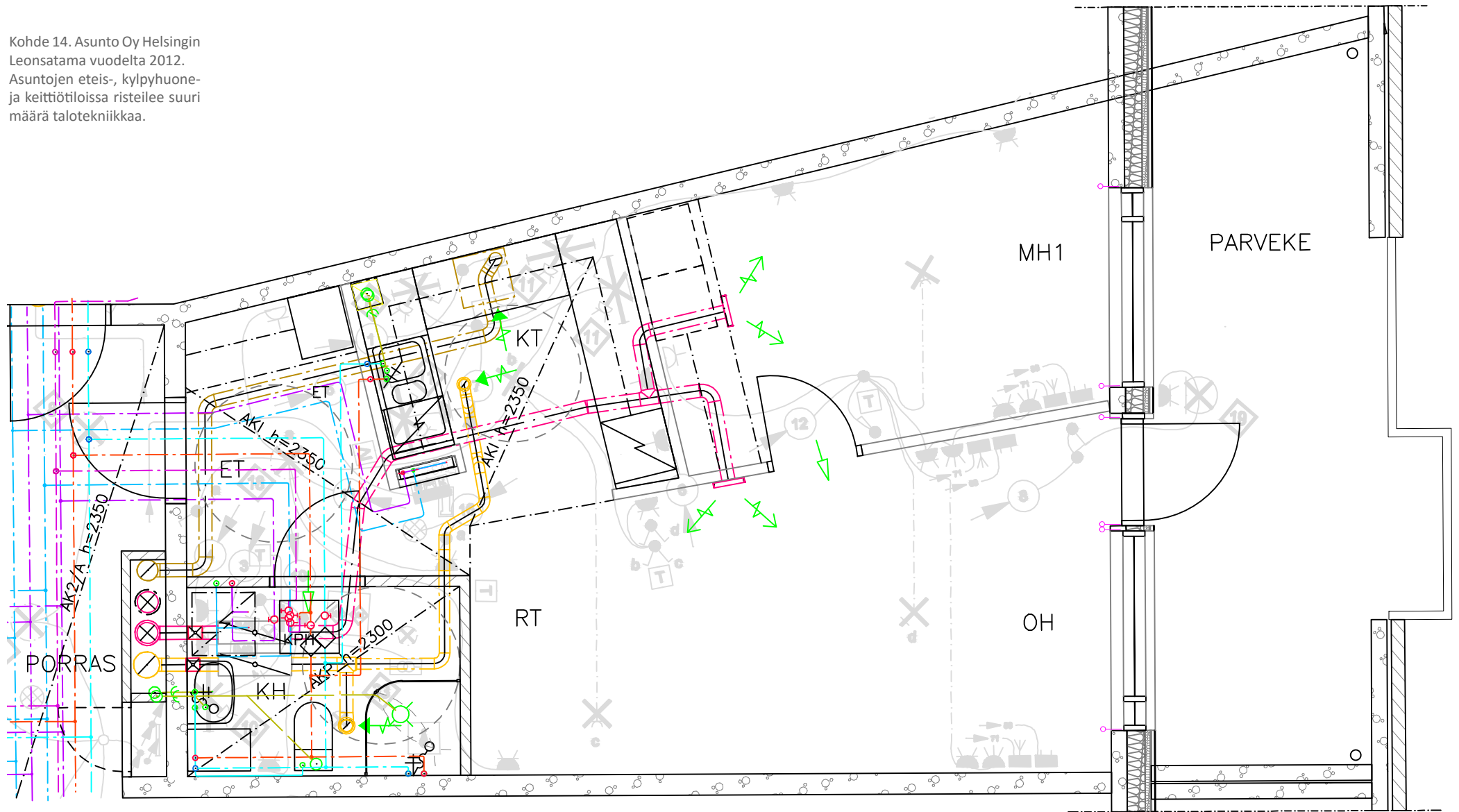
## Porrashuoneet

Ennen 2000-lukua porrashuoneissa ei juuri esiintynyt alakattoja. 2000-luvun alusta lähtien kaikissa asuinkerrostalojen porrashuoneissa on alaslasku. Porrashuoneiden katoissa kuljetetaan vesiputkia, sähköjohtoja ja joskus huoneistokohtaisiin LTO-laitteisiin tuloilmaa. Vaikka porrastasanteiden laatta on usein noin 100 mm ohuempi kuin ontelolaatta asennetaan porrashuoneiden alakatot usein hyvin matalalle, sillä putket halutaan kuljettaa asuntoihin rakenteiden alapuolelta, viistämättä ontelolaatta.



Kohde 14. Asunto Oy Helsingin Leon-satama, 2012. 2000-luvulla porrashuoneisiin on tulut alakatot (vaaleanpunaisella). Myös keskitetyssä ilmanvaihdoissa jokaiseen huoneeseen tarvitaan tuloilmakanava

Kohde 14. Asunto Oy Helsingin  
Leonsatama vuodelta 2012.  
Asuntojen eteis-, kylpyhuone-  
ja keittiötiloissa risteilee suuri  
määrä talotekniikkaa.





# Asumisviihtyisyys ja asumisen tilat suunnittelun ja toteutuksen keskiöön

Tilaa asumiselle – projektin tavoitteena on palauttaa asumisviihtyisyys ja asumisen tilat suunnittelussa ja toteutuksessa ydinasioiksi, joiden laatua myös talotekniikka palvelee. Kasvava talotekniikka ei saa viedä päähuomiota suunnittelussa ja lopputuloksessa asumiselta. Selvitysvaiheessa ilmeni, että 2000-luvulla asuntojen huoneistoalasta jo 30 prosentissa on alakatto. Tämä vaikeuttaa asuntojen muokkaamista ja pienentää huonekorkeutta. Huonekorkeus lisää asunnon tilavuuden tuntua, valoisuutta ja ylellisyyttä, kaikki oleellisia tekijöitä asumisviihtyvyyden kannalta. Selkeät tilat ja puhtaat pinnat, joita asukas voi kevyin pintamateriaali- ja kalustemuutoksin muokata mieleisikseen, ovat kestävää ja pitkäikäistä rakentamista.

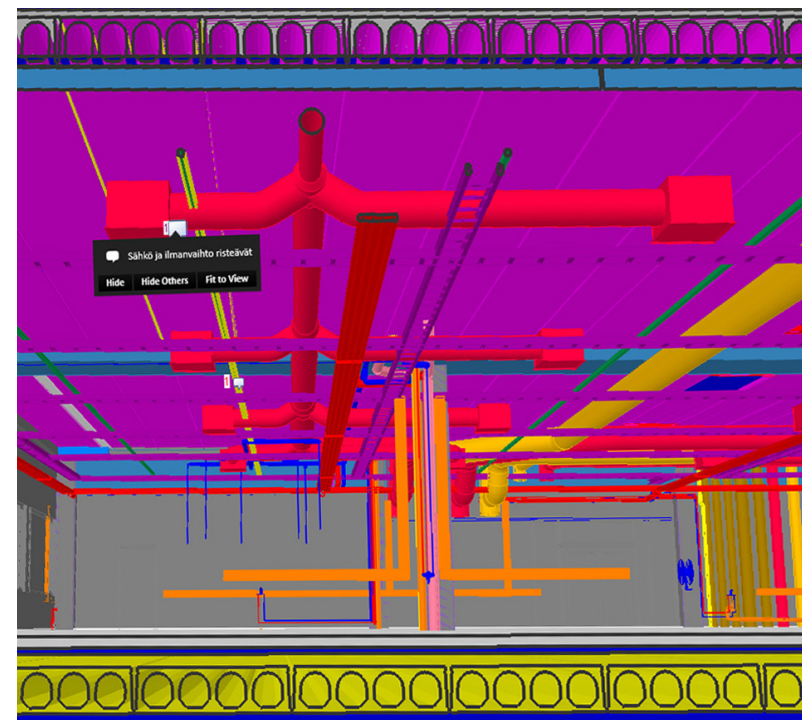
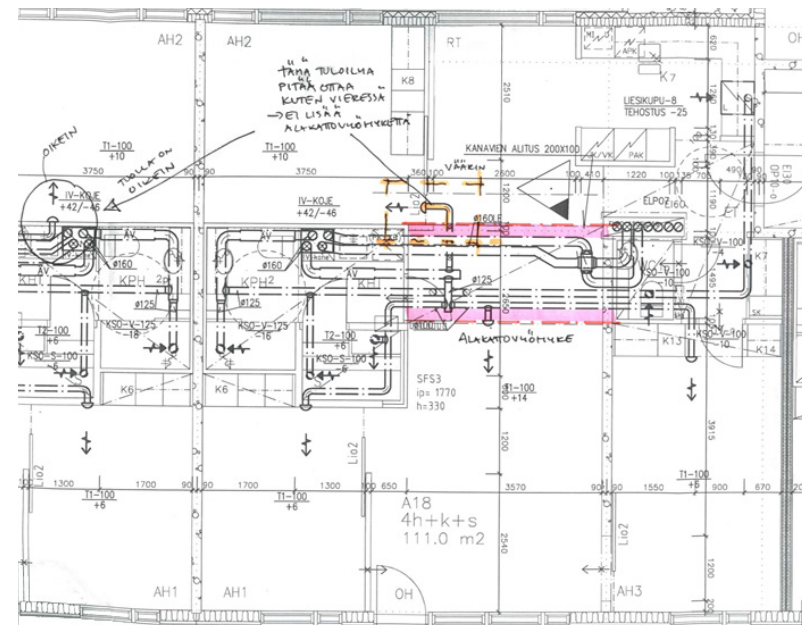
Arkkitehtien aikaa tulisi käyttää visuaalisesti ja funktionaalisesti laadukkaiden, monipuolisten ja mielenkiintoisten tilojen ja rakennusten suunnitteluun. Tällä hetkellä ja yhä kasvavassa määrässä aikaa kuluu kuitenkin talotekniikan ja rakenteiden yhteensovittamiseen, alakattosuunnitteluun ja päätelaitteiden sijoitteluun. Monistettava ratkaisu, jonka tilatarpeet ovat helposti ennakoitavissa, mahdollistavat talotekniikan huomioimisen jo arkkitehtisuunnittelun alkuvaiheessa ja vapauttavat suunnitteluaikaa asumisen tiloille.

As. Oy Helsingin Myrskylintu Keskittymällä asumisviihtyvyyteen talotekniikan sijaan voidaan toteuttaa pientaloille ominaisia piirteitä sekä tilallisesti mielenkiintoisia ja laadukkaita asuntoja myös nykyaikaisissa kerrostaloissa.



Lisääntyvä ja monimutkaistuva talotekniikka vaatii, että suunnitelmia täytyy yhteensovittaa tarkkaan ainakin yhdessä arkkitehdin, rakenne-, lvi- ja sähkösuunnittelijan kanssa. Yhteensovittamisen ongelmat johtavat helposti varmuuden vuoksi ylimitoittamiseen, kun huolelliseen läpikäyntiin ei ole aikaa tai muita resursseja. Tämä on epätaloudellista ja johtaa yleensä myös asukkaan kannalta ankeisiin ratkaisuihin.

Tietomallintamisesta on haettu ratkaisua yhteensovittamiseen ja sen hyödyt ongelmakohtien löytämisessä ovatkin huomattavat. Mallintaminen ja mallien yhteensovitus on myös työlästä eikä ongelmien havaitseminen poista sitä, että ongelmakohdat tulee ratkaista. Tietomallintaminen edellyttää myös suunnittelun painopisteen siirtämistä talotekniikan osalta jo luonnosvaiheesta alkaen tasavaiheiseksi arkkitehtisuunnittelun kanssa. Tämä johtaa jatkuvaan suunnitteluprosessiin myös talotekniikasuunnittelijoille, jolloin teknistä järjestelmää ei suunnitella kerralla valmiiksi vaan suunnitelmat elävät mukana myös arkkitehtonisissa muutoksissa.



Ylhäällä piirustusten avulla tehtyä ristiintarkistusta ja alhaalla tietomallipohjaista tarkistusta. Ristiintarkistus on tarkkuutta vaativaa työtä, riippumatta tehdäänkö se 2D-piirustusten tai tietomallin avulla.



Talotekniikasta johtuvat vaakakanavat, kotelot yms. ovat tällä hetkellä erilaiset jokaisessa kerrostalossa. Huolellisenkin yhteensovittamisen jälkeen talotekniikan rakentaminen työmaalla on vaativaa ja aiheuttaa virhetilanteita. Ilmanvaihtoasentajat, alakat-  
torakentajat ja kalusteasentajat tulisivat toimia yhteisymmärryksessä, jotta asunnoista saadaan suunnitelmien mukaiset. Väärin asennettuja elementtejä joudutaan purkamaan ja rakentamaan uudestaan tai sitten joudutaan hyväksymään epäsiistit ja suunnitelmien vastaiset kohdat. Esivalmisteiset rakennusosat, joissa talotekniikka olisi myös mukana, helpottaisivat työmaavaihetta ja parantaisivat lopputuloksen laatua.

Vaikka suunnittelu on tehty tarkasti voi asiat työmaalla vielä mennä väärin.

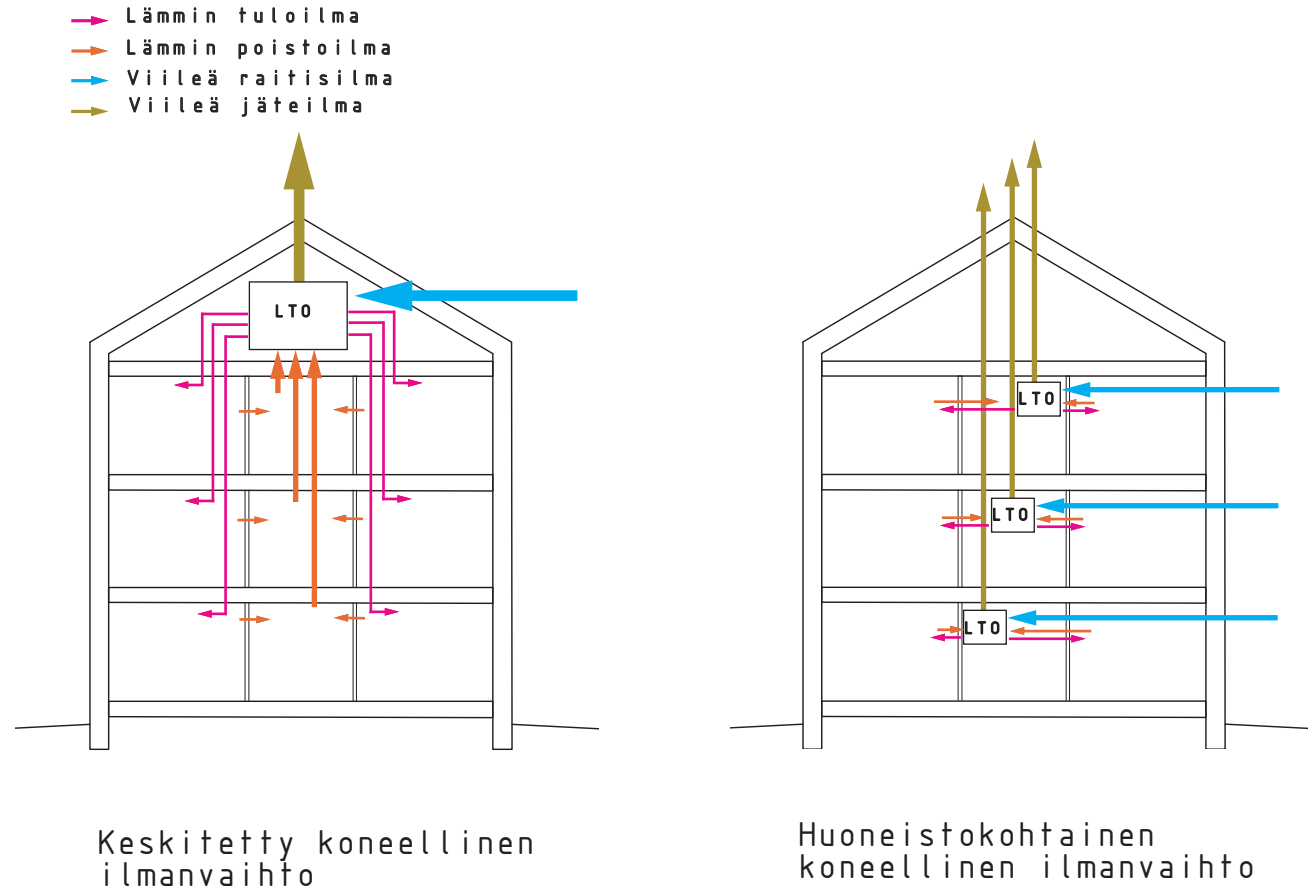


# Kehittämiskohteita

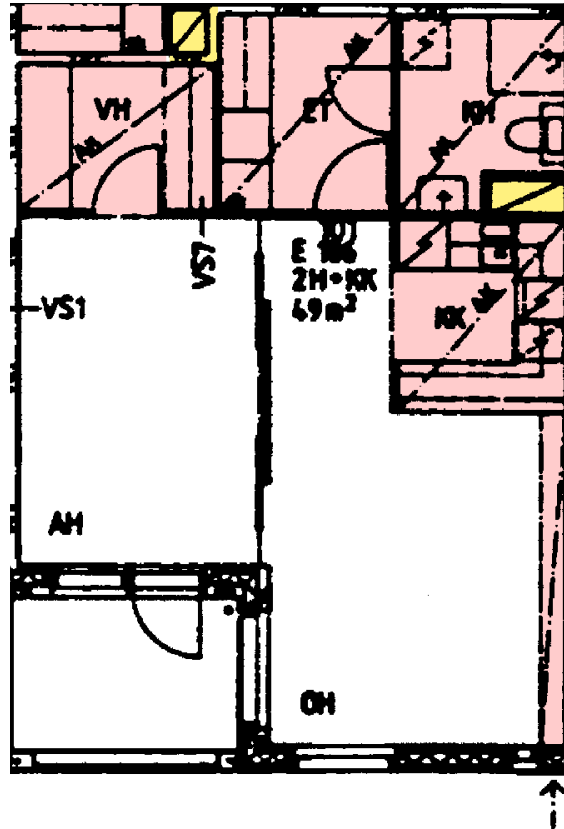
## Ilmanvaihto

Inventointimateriaalin perusteella on nähtävissä, että erityisesti ilmanvaihdon kehitys on johtanut runsaasti alakattoalueisiin ja koteloitintarpeisiin asunnossa. Nykymääräyksiä mukaan tuloilma tulisi esilämmittää, mikä vaatii, että ilma viedään lämmöntalteenottokojeelle ennen kuin se jaetaan huoneisiin. Tämä on johtanut siihen, että asuinkerrostalon ilmanvaihdon ratkaisuksi valitaan joko huoneistokohtainen ilmanvaihto tai keskitetty ilmanvaihto. Kotelointi- ja alakattotarpeet ovat suurimmillaan käytettäessä huoneistokohtaisia kojeita, joille tuodaan raikas ilma ulkoseinältä. Keskitetty koneellinen ilmanvaihto tuo tuloilma katto pystykanavissa, jolloin pystykanavien määrä kasvaa, mutta asuinhuoneisiin ei tarvita niin paljon vaakakoteloita ja alaslasku-alueita. Asunnoissa tilaa vievien huoneistokohtaisten koneiden sijaan keskitetty koneellinen ilmanvaihto kasvattaa rakennuksen teknillisten tilojen kokoa.

Mielenkiintoista on seurata uutta hajautetun ilmanvaihdon ratkaisuja, jotka tuovat pienet huonekohtaiset lämmöntalteenotokoneet liitettäväksi suoraan huoneen julkisivuun tai ikkunaan. Tuloilma tuodaan suoraan julkisivusta ja järjestelmä käyttää huonetilaa ilman siirtämiseen asunnon sisällä eikä erillisiä vaakakanavia, alaslaskuja ja koteloita tarvita. Samalla myös vaakakanavien likaantumisen aiheuttavat sisäilmahaitat ja huoltotarve vähenevät. Ei tarvita myöskään pinta-alaa ja tilavuutta syöviä pystykanavia raittiin ilman tuontiin. Myös passiiviset keinot kuten tuloilmaikkunat tai ilmanotto lasitetulta parvekkeelta ovat kehityskelpoisia mutta tällä hetkellä määräykset estävät niiden laajamittaisen käytön.



Huoneistokohtaisten koneiden etu on, että ne antavat asukkaalle suuremman mahdollisuuden säädellä asunnon ilmanvaihtoa. Huoneistokohtaiset kojeet ovat niin äänekkäitä, että ne yleensä sijoitetaan kylpyhuoneeseen tai wc-tilaan. Pelkästään koneiden äänitason hallitseminen mahdollistaisi monipuolisemmin koneiden sijoittelun esimerkiksi yläkomerotilaan tai muuhun huoneeseen. Koneiden koko ei ole pienentynyt, vaikka huoneistokohtaisia lämmöntalteenottokoneita on käytetty 90-luvulta lähtien. Tämän hetkiset kojeet ovat sivusta huollettavia ja ne on pudotettava kylpyhuoneen alakaton alapuolelle. Asennuksineen ne tulevat yleensä niin alas, ettei niiden alapuolelle jää tilaa pesutornille. Isoissa asunnoissa koje saattaa olla niin iso, ettei sen alle jää edes 1600 mm korkeaa tilaa, jolloin sen viemä pinta-ala on vähennettävä huoneistoalasta. Pienet, alakaton sisään, ikkunakarmin tai ulkoseinän rakenteisiin sijoitettavat mallit vapauttaisivat pesuhuoneet tilaa vievästä ja sellaisenaan ulkonäöltään kolhosta teknisestä laitteesta. Alta huollettava litteä malli voisi olla myös eteisen alakattoon huoneisto-oven yläpuolelle sijoitettava.

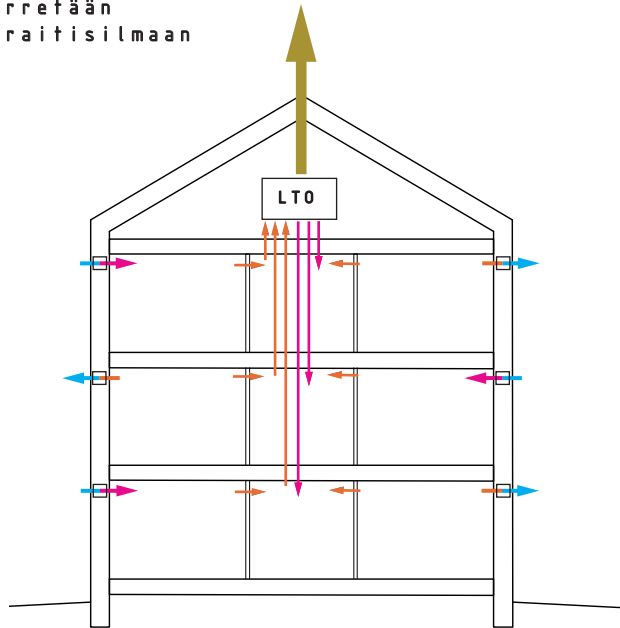


Huoneistokohtainen lto-kone vaatii kanavoidun raittiin ilmanoton julkisivusta.



Lto-koneen sijoittelu on sen suuren koon ja äänitason vuoksi hankalaa.

- Lämmin tuloilma
- Lämmin poistoilma
- Viileä raitisilma
- Viileä jäteilma
- Lämpimästä poistoilmasta otetaan talteen lämpö
- Lämpö siirretään viileään raitisilmaan



## Hajautettu koneellinen ilmanvaihto

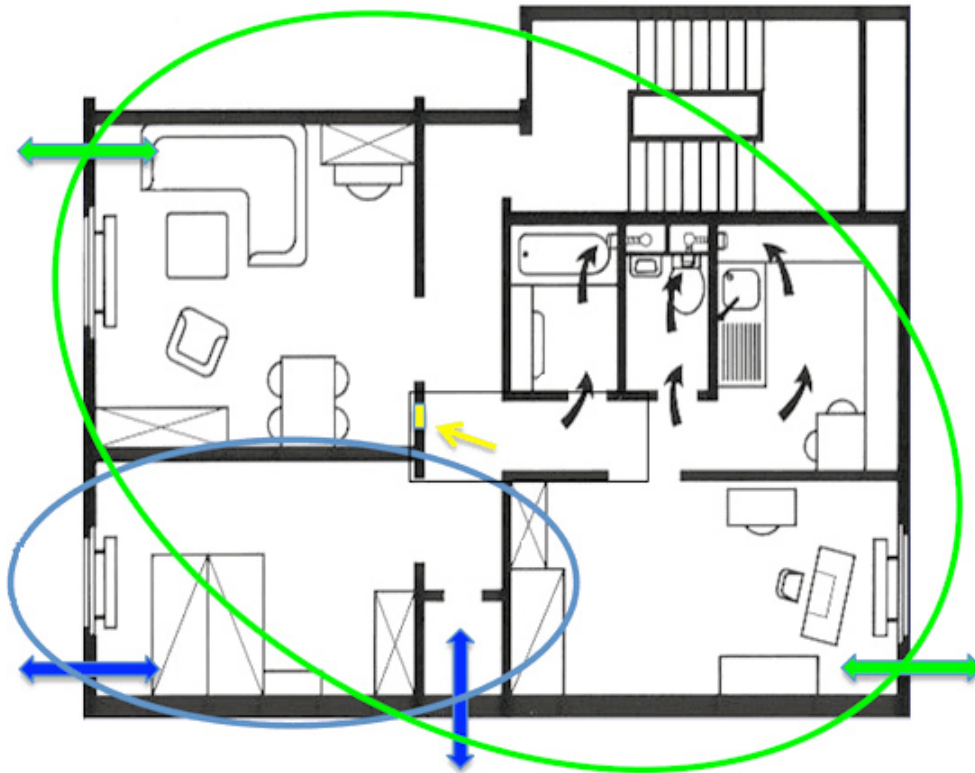
Hajautettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla. Rakennuksen rungon keskellä poisto ja lämmöntalteenotto järjestetään keskitetysti.

Mielenkiintoinen kehityssuunta on hajautetun ilmanvaihdon ratkaisut. Hajautetussa ilmanvaihdossa ilmaa ei kuljeteta keskitettyyn huoneisto- tai rakennuskohtaiseen ilmanvaihto- ja lämmöntalteenottokoneeseen vaan jokaisessa huoneessa on oma laite. Esimerkiksi Skaalan kehittämä ikkunarakenteeseen liitettävä lto-kone pystyy käsittelemään 25m<sup>2</sup> kokoisen huoneen ilmavirtoja. Huonekohtaiset laitteet mahdollistavat ilmanoton suoraan julkisivusta venttiiliin kautta. Ilman tuominen julkisivulta muistuttaa perinteisempää rakennustapaa ja on helpommin ymmärrettävissä kuin ullakon konehuoneiden kautta ja alakattojen takana tuotu ilma.

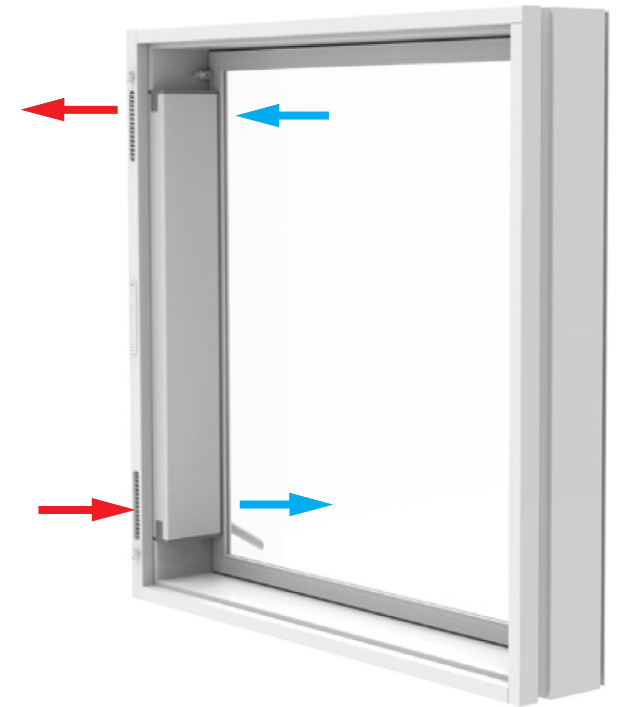
Hajautetun ilmanvaihdon ikkuna- tai seinäventtiilien rakenteeseen on liitetty lämmöntalteenotto. Suora tulo- ja poistoilma huoneen julkisivuseinältä poistavat vaakakanavien tarpeen. Rakennuksen rungon keskellä mahdollisesti sijaitsevien keittiöiden ja kylpyhuoneiden poistoilma voidaan järjestää kuten ennenkin ja säätää tuloilmaventtiilit niin, että niistä riittää ilmaa myös näihin tiloihin. Näiden tilojen poistoilmasta talteenotettu lämpö voidaan siirtää esimerkiksi lattialämmitykseen. Pelkän poiston järjestäminen rakennuksen rungon keskelle tuottaa huomattavasti pienempiä tilantarpeita kun tämän päivän täyskoneellinen ilmanvaihto. Hajautettu ilmanvaihto mahdollistaa myös suuremman mahdollisuuden asukkaalle vaikuttaa ilmanvaihtoon huonekohtaisesti.

Euroopassa hajautetun ilmanvaihdon ratkaisuja on jo käytössä kun taas Suomessa näitä ollaan vasta tuomassa markkinoille. Kuten monessa muussakin talotekniikan ratkaisussa innovaatiot syntyvät tällä hetkellä pitkälti korjausrakentamisen puolella. Hajautetun ilmanvaihdon eri tuotteissa on vielä kehiteltävää mutta kehityssuunta on asuttavuuden ja rakennussuunnittelun kannalta kiinnostava.

## Markkinoilla olevia hajautetun ilmanvaihdon laitteita



Skaalan ikkunaan integroitu Ito-kone  
25m<sup>2</sup> tilan ilmanvaihtoon.  
Lämmöntalteenotto > 80 %.  
Koko 95 mm x 140 mm x 83 mm.



Lunoksen seinäventtiili toimii pareittain  
tai yhdessä poistoilmakoneen kanssa  
70 sekunnin sykleissä. Valmistaja lupaa  
venttiilin lämmöntalteenotoksi 85 %.

**Vihreät nuolet**

Pari toisiensa kanssa synkronoituja Lunos e<sup>2</sup>

**Siniset nuolet**

Pari toisiensa kanssa synkronoituja Lunos e<sup>2</sup>

**Mustat nuolet**

Keskittetty poistoilmakone

**Keltainen nuoli**

Ohjauyksikkö







Kohde 14. Asunto Oy Helsingin Leonsatama 2012. Lattialämmitys mahdollistaa lattiaan asti ulottuvat ikkunat sekä siistin ikkunaseinän asunnoissa.

## Lämmitys

Suomen ilmastossa asunnot tulevat vaatimaan lämmitystä sekä asumismukavuuden että rakenteiden kuivana pysymisen kannalta, vaikka ulkovaipan eristävyttä ja tiiveyttä parannettaisiinkin. Inventointimateriaalin kohteet olivat suurimmaksi osaksi tavanomaisella patterilämmityksellä varustettuja. Perinteinen patterilämmitys tuottaa kerrostalossa seinille ikkunoiden viereen sisätilaa häiritseviä pystynousuja, jotka helposti johtavat ääntä huoneistosta toiseen. Inventointiaineistossa oli muutamia lattia- lämmityskohteita ja niissä asunnon seinäpinnat jäävät puhtaiksi ja sisätilat ovat selvästi laadukkaampia. Jakotukkien sijoittaminen on yleensä melko ongelmatonta. Patterilämmitys tulisikin korvata lattialämmityksellä, joka on sisäilman kannalta miellyttävämpi ja pölyttömämpi, ja jättää seinäpinnat puhtaiksi.

Mikäli patterilämmitys edelleen säilyy lämmitysjärjestelmänä, tulisi käyttää ratkaisuja, joissa pystyarmit kuljetetaan hallitusti roiloissa ja pattereille vietävät lämpöputket integroidaan välipohjaan tai ne sijoitetaan avattaviin jalkalistoihin. Tällaisia putkien ja sähköjen kuljetukseen tarkoitettuja jalkalistaelementtejä on markkinoilla jonkin verran ollutkin, mutta ne eivät ole tulleet laajempaan käyttöön asuntorakentamisessa. Jalkalistaelementtien etuna on helppo avattavuus.

Ilma- ja ilmanvaihtolämmitystä on perinteisesti käytetty hyvin harvoin Suomessa. Ilma- ja ilmanvaihtolämmitys eroavat siinä, että jälkimmäisessä ilmavirrat mitoitetaan ilmanvaihdon tarpeen ja jäähdytystarpeen eikä lämmöntarpeen mukaan. Suomikin on sitoutunut EU:n tavoitteisiin, joiden mukaan kaikki uudet

rakennukset tulisi olla lähes nollaenergiarakennuksia vuoden 2020 lopussa. Tämä johtaa tiiviimpiin ja vahvemmin eristettyihin rakennuksiin, jolloin lämmitystarve pienenee ja ilmanvaihtolämmityksen soveltuvuus paranee. Jo nyt kaikissa uusissa kerrostaloissa on lämmöntalteenotto, jolla lämmitetään tuloilmaa, joten ilmanvaihtolämmitystä käytetään jo osittain. Tämän vuoksi ilmanvaihtolämmitys ei vaatisi uusia kanavia ja rakennuksissa ei tarvittaisi perinteisiä lämmönjakojärjestelmiä kuten radiaattoreita tai lattialämmitystä. Kun lämpimän ilman tulo huoneeseen suunnitellaan joko ikkunan alle tai korkealle vastakkaiselle seinälle, jolloin ilmasuihku työntyy ikkunaa vasten, ei ilmalämmityksessä huoneessa synny vedon tunnetta. Ylhäältä tuleva ilma ei myöskään nostata pölyä kuten lattialta puhallettava ilma.



## Viilennys ja jäähdytys

Rakennusten energiatehokkuuden lisääminen lämmöneristeiden lisäämisellä ja ilmanpitävyyttä parantamalla estetään myös rakenteisiin varastoituneen lämmön tulon sisälle. Kesällä aurinko voi kuitenkin aiheuttaa yllämpöä, joka tulee huomioida suunnitteluvaiheessa. Lämpöolojen hallinnan kannalta suunnittelussa tulee ensisijaisesti kiinnittää huomiota ikkunoiden kokoon ja suuntaukseen, lasituksen laatutekijöihin, tuuletusikkunoihin sekä aurinkosuojaukseen. Jos asunnossa on suuret ikkunapinta-alat etelään tai länteen voidaan ylikuumenemista vähentää lasituksen aurinkosuojaominaisuuksilla. Nykyään aurinkosuojalasiin valonläpäisevyys on miltei sama kuin kirkkaalla lasilla ja silmällä eroa ei juurikaan huomaa.

Tavalliset aurinkosuojalasiat estävät kuitenkin myös talvella toivottavaa aurinkoenergiaa. Tuuletusikkunat toimivat parhaiten, mikäli ne ovat riittävän suuria ja sijaitsevat kahdella julkisivulla. Aurinkosuojaukseen kannattaa myös käyttää rakenteellisia keinoja kuten parvekkeita, lippoja tai ulkoisia aurinkosuojuja. Suomen olosuhteissa tulisi suosia liikuteltavia ulkoisia aurinkosuojuja, jotta suojat eivät estä valon pääsyä asuntoon pilvisinä päivinä. Riittävästi tuuletusikkunoilla ja passiivisilla aurinkosuojuilla voidaan yleensä estää kesäajan liiallista auringon lämpökuormaa.

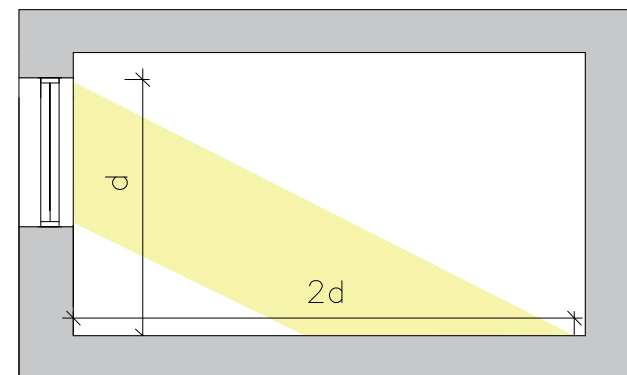
Jäähdytysratkaisussa voidaan käyttää joko tuloilman jäähdyttämistä tai huoneistokohtaisia jäähdytysratkaisuja. Tuloilman

jäähdytyksen teho ei ole yhtä suuri kuin huoneistokohtaisten jäähdytysratkaisujen, sillä tuloilmavirrat ovat pieniä. Tuloilman jäähdytys voidaan toteuttaa keskitetyn ilmanvaihdon ratkaisuisa lisäämällä jäähdytyspatteri ja tuottamalla kylmä joko vedenjäähdytyksellä tai kaukokylmällä. Tuloilman jäähdytys vaatii kuitenkin tuloilmakanavien lämmöneristyksen, jotta viimeiseenkin huoneistoon saadaan alilämpöistä tuloilmaa. Tämä taas lisää kanaviston vaatimaa tilaa. Huoneistokohtainen jäähdytys on helpommin säädeltävissä joko koko huoneistossa tai vain tietyissä osissa huoneistoa. Huoneistokohtainen jäähdytys lisää taas talotekniikan laitteiden ja mahdollisten vesiverkoston tilavaatimuksia asunnossa.

## Päivänvalon saanti

Lasityypit ja ikkunat ovat jo kehittyneet niin hyväksi, ettei ikkunakokoja energiansäästön nimissä ole tarpeen merkittävästi rajoittaa. Toisaalta isot ikkunat, valoisuus ja näkymät ovat tärkeitä asunnon viihtyisyyden ja asukkaan hyvinvoinnin kannalta. Päivänvalon ulottuman syvyys asunnossa on riippuvainen ikkunan korkeudesta, jolloin mahdollisimman korkealla sijaitseva ikkunapinta-ala ulottaa päivänvaloa mahdollisimman syvälle. Näin ollen huonekorkeuden nosto mahdollistaa syvemmälle ulottuvan ja taiseemmin jakautuvan päivänvalaistuksen asunnoissa. Asunnon kattopinnan toimiessa tärkeänä heijastuspintana tulisi sen olla mahdollisimman vaalea, sileä ja vapaa esteistä kuten koteloista ja palkeista. Suomen pilvisessä ilmastossa tulisi aurinkosuojat aina olla liikuteltavia. Asuntojen energiankulutuksesta kuluu valaistukseen vain noin 4 %, joten päivänvalon hyöty liittyy pääosin asumismukavuuteen ja terveelliseen asumisympäristöön.

Vielä 1960-70-luvuilla asunnoissa oli usein sisäseinissä ikkunoita, joko ovien päällä tai pitkinä nauhoina katon rajassa. Tämä oli tapa saada luonnonvaloa asunnon keskiosissa sijaitseviin tiloihin kuten eteisiin ja käytäviin. Nykyään näissä tiloissa on melkein aina alaslasku, joka estää näiden korkealle sijoittuvien sisäikkunoiden rakentamisen. Varsinkin eteiset sijoittuvat usein rakennuksen rungon keskelle ja ovat näin ollen usein pimeitä. Eteisessä tarvitaan kuitenkin valoa ja tila on tärkeä asunnon ensivaikutelman kannalta, joten valon - vaikkakin epäsuoran - tuominen tähän tilaan nostaisi asunnon viihtyisyyttä.



Yksinkertaisen päivänvalaistussäännön mukaan huone voidaan valaista päivänvalolla syvyyteen, joka on kaksi kertaa ikkunan yläreunan korkeus. Näin ollen huonekorkeudella on merkittävä vaikutus huoneen valaistukseen.



## Rakenteet

Tavoitteena on, että rakennetta ja talotekniikkaa varten tarvittaisiin mahdollisimman vähän kuutioita ja ulkovaippaa. Hyvän välipohjarakenteen tulisi olla kohtuullisen ohut, mutta toisaalta mahdollistaa talotekniikan vaakavetojen integrointi. Tarkasteluaineiston mukaan ontelolaatta on pitänyt pintansa vallitsevana välipohjarakenteena asuinkerrostaloissa määräysten muutoksista huolimatta. Määräystenmuutoksesta johtuva kerroskorkeuden 20 sentin kasvusta puolet kuitenkin sulii uudet ääneneristysvaatimukset täyttävään paksumpaan ja raskaampaan ontelolaattaan.

Yhdessä tarkastellussa kohteessa ontelolaattaa on käytetty ilmanvaihdon integrointiin välipohjarakenteeseen. Kohde on 80-luvun puolivälistä, ja siinä on täyskoneellinen ilmanvaihto katolle sijoitettuine konehuoneineen. Onteloihin integroitua tekniikkaa ei kuitenkaan ole juurikaan käytetty tämän jälkeen. Markkinoille on kuitenkin tullut nk. tekniikkalaattoja, joissa umpilaattaan on upotettu märkätilojen viemäreitä, lattialämmitystä ja lattiakaivoja. Nämä tekniikkalaatat ja niihin yhdistettävät ontelolaatat kuiville tiloille ovat myös huomattavasti ohuempia (270 mm) kuin tällä hetkellä pääsääntöisesti käytössä olevat n. 370 mm paksuiset ontelolaatat. Ohuemmat laatat ovat kuitenkin raskaita

Parman tekniikkalaatta

Ominaisuudet:

Paksuus: 270 mm

Pituus: max 12m

Leveys: max 2,4 m (M3 moduulimitoitus)

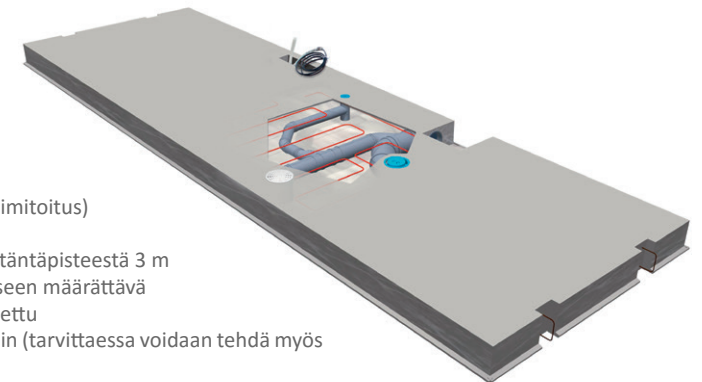
Paino: 680kg/m<sup>2</sup>

Viemärit: V110 max. etäisyys liitäntäpisteestä 3 m

Kaadot: 30 mm, kaatoalue erikseen määrättävä

Lattialämmitys: tehtaalla asennettu

Voidaan asentaa myös rinnakkain (tarvittaessa voidaan tehdä myös pidempiä ja leveämpiä)



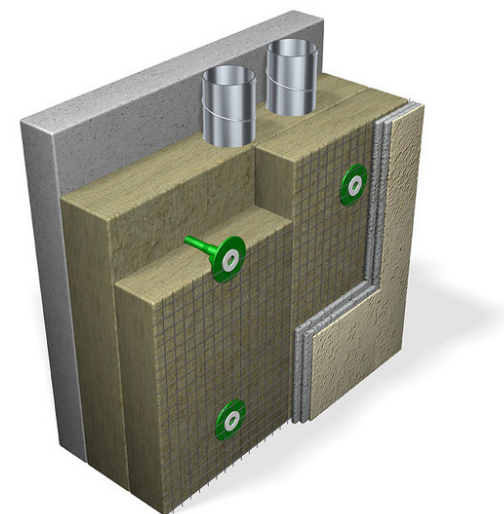
ontelolaattoja ja täyttävät ääneneristysvaatimukset asunnoille. Tekniikkalaatat liitetään tekniikkaseiniin tai tekniikkaroiloihin, joihin on upotettu lvis-pystylinjoja. Tekniikkalaattojen käyttöä voi rajoittaa niiden maksimikoko 2,4 m x 12 m sekä paino. Mikäli tekniikkalaatan paino nousee yli 12 tonnin, aiheuttavat ne vaikeuksia työmailla ja saattavat vaatia enemmän kantavia rakenteita kuin normaalit ontelolaatat. Kantava tekniikkaseinä, joka voidaan liittää tekniikkalaattaan, onkin kehitetty helpottamaan tätä tilannetta. Tekniikkalaattojen mahdollinen käyttö tulee huomioida jo arkkitehtisuunnitelmien luonnosvaiheessa, jolloin laatoista saadaan suurin hyöty.

Pilari-palkki – rakenteet soveltuvat hyvin ilmanvaihdon integrointiin välipohjaan tai jopa pilareihin. Näitä on käytetty puukerrostaloissa, mutta voitaisiin käyttää myös betonirakenteissa. Pilareihin upotetut ilmanvaihtokanavia on käytetty ainakin tehdusrakennuksissa. Järjestelmälliset tekniikkaelementit palkkivälissä voisivat tarjota uudenlaisia esivalmistusmahdollisuuksia, kun koko tekniikkaelementti voitaisiin tuoda välipohjaan tehtaalla koottuna ja kytkeä vain työmaalla paikoilleen. Ääneneristys on integroiduissa rakenteissa jonkinasteinen ongelma. Jos

välipohjaan yhdistetään lattialämmityksen sisältävä pintalaatta, voidaan ainakin askeläänet ottaa sillä haltuun. Ääneneristyksen heikoin kohta on venttiilin lävistys katossa. Tällä hetkellä kuitenkin myös puukerrostaloissa iv-putket sijoitetaan palosyistä palkiston alapuolisen suojaverhouksen alapuolelle. Putkien palo-osastointia tulisikin kehittää niin, että palkkirakenteelle ominaista putkien sijoittelua voidaan hyödyntää maksimaalisesti. Talotekniikan integroinnin kannalta pilari-palkkirakenteen kaltaisia mahdollisuuksia tarjoava betonivälipohjarakenne voisi olla ala- tai ylälaattaholvin tyyppinen ripalaatta. Tällainen laatta oli 70-luvulla hetken markkinoilla ollut kaukalon muotoinen Nilcon-laatta. Laatan molemmilla laidoilla oli esijännitetyt reuna-palkit ja niiden päällä ohut kansilaatta. Tämäntyyppisessä laatussa koko ripojen väli olisi käytettävissä tekniikkaelementille. Laatat vaativat varovaista käsittelyä ja monivaiheista liitostapaa. Ongelmana olivat myös rakennusaikaisen kosteuden pääsy elementin sisään ja erilaiset lämpölaajenemisliikkeet.

Integrointi rakenteisiin voidaan tehdä myös pelkästään pysty-roiloilla, jotka sijoitetaan sopivasti huonetilaan nähden. Tulo- ja poistoilman optimaalinen sijoittaminen toisiinsa nähden

aiheuttaa tällöin ongelmia. Pystyroiloja tulee enemmän ja niiden pinta-alan tarve on suurempi. Kattopinnat säilyvät ehjinä ja ääneneristys ei ole ongelma. Roiloiden avattavuuden suunnittelu tulee kuitenkin tehdä huolella. Pystyroiloihin integrointi voisi olla käyttökelpoinen esim. paikallavälipohjan kanssa. Roilot voivat olla esivalmistettuja ja osa kantavaa pystyrakennetta. Markkinoilla onkin erilaisia tekniikkahormeja ja –seiniä, jotka pääosin ovat suunniteltu sisä rakenteisiin esim. keittiön ja märkätilan väliin. Pystyroiloiden integroimista julkisivuun korjauskohteessa on tutkittu Suomessa Innova-hankkeessa. Ruotsissa on vastaavasta järjestelystä tehty patentoitu korjausmetodi Smartfront. Uudiskohteeseen soveltuva julkisivuun integroitava tekniikkaelementtiä ei ole vielä kehitetty Suomessa.



Ruotsissa patentoitu Smartfront korjausmenetelmässä tuloilmakanavat ovat upotettu julkisivuun lisättyyn eristekerrokseen. Ratkaisu muistuttaa hyvin paljon Suomessa vuosina 2010-2012 toteutettua VTT:n Innova-hankkeen menetelmää.



Ratkaisu





# Ratkaisuna tekniikan integroiminen rakenteisiin

Tilaa asumiselle-projektin tavoitteina on ollut vapauttaa asuintilat asumiselle ja vähentää talotekniikan tilantarpeita, alakattoja yms. Tärkeänä on myös pidetty suunnittelun painopisteen palauttaminen asumisviihtyvyyteen talotekniikan risteilysuunnittelun sijaan. Talotekniikan elementoinnilla ja integroimisella rakenteisiin saavutetaan edellä mainittuja hyötyjä kun yksinkertainen ja toistettava ratkaisu voidaan sijoittaa talon perusrakenteisiin kuten seiniin ja välipohjiin.

Kuten aikaisemmin on mainittu, ovat talotekniikan eniten tilaa vievät komponentit lämmöntalteenottoon liittyvät ilmanvaihtokanavat. Ilmaa tulee tuoda jokaiseen asuinhuoneeseen ja poistaa märkätiloista ja keittiöstä. Jotta lämmöntalteenotto onnistuu, tulee näiden kohdata joko keskitetyt iv-konehuoneessa tai huoneisto-kohtaisissa lto-koneissa. Projektissa on keskitytty vuokra-asunto-kohteisiin ja näin ollen keskitetyn ilmanvaihdon kehittäminen on ollut ensisijaista.

Projektissa on hahmoteltu toisiaan muistuttavat tulo- ja poistoilmamaulementit. Molemmissa ideana on liikutella ilmaa pystysuuntaisesti katolla sijaitsevan iv-konehuoneen ja asunnon välillä. Verrattuna markkinoilla oleviin tekniikkaseiniin ja esivalmistettuihin hormeihin on näissä elementeissä pyritty muokkaamaan elementin kokovaatimuksia niin, että elementit integroituvat paremmin tyyppillisiin kerrostalon rakenteisiin. Elementit ovat esivalmistettuja kappaleita, jossa peltikanavat ovat aseteltu valetun betonin sisälle. Jokaiseen asuntoon tulee omat tulo- ja poistokanavat, joten elementin leveys riippuu näin ollen asuinkerrosten määrästä.

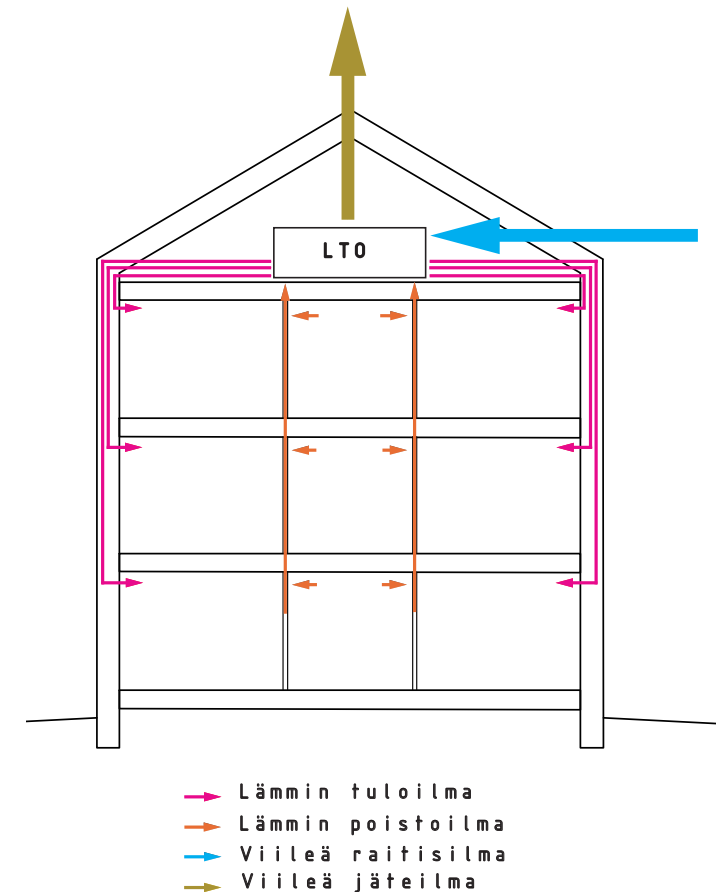
Kanavien sijoittaminen pystyroiioihin poistavat vaakakanavia, jotka ovat synnyttäneet asuntoihin kasvavan alakattomaailman. Jokaisessa asuinhuoneessa tulee määräysten mukaan olla ikkuna, joten huoneet ovat aina yhteydessä julkisivuun ja näin tuloilmakanavien sijoittaminen julkisivurakenteisiin on luonnollista. Ilman puhaltaminen julkisivulta asuntoon muistuttaa painovoimaista

ilmanvaihtoa ja on myös hyvin looginen suunta. Korjausrakentamisessa julkisivuun integroituja tuloilmakanavia on jo hyödynnetty Innova-piloottikohteessa mutta uudisrakentamiseen soveltuvia valmiita elementtejä ei ole saatavilla. Kylpyhuoneet ja keittiöt taas sijaitsevat usein rakennuksen rungon keskellä porraskäytävän yhteydessä ja näin ollen poistoilmamaulementti voidaan sijoittaa joko huoneiston ja porrashuoneen väliseen seinään tai kahden huoneiston väliseen seinään. Tuloilmaa voidaan näin kuljettaa huoneilassa julkisivulta rakennuksen rungon keskelle poistoilmakanaviin ilman vaakakanavia.

Poistoilmamaulementtiin on myös liitetty viemäreiden pystynousut. Välipohjissa on päädytty hyödyntää jo markkinoilla olevaa Parman tekniikkakalaa, johon voidaan integroida viemärit, lattiakaivot, lattialämmitys ja kaadot. Kuivissa tiloissa käytetään massiivielementtilaatta ja lattialämmitystä. Välipohjien paksuus on noin 100 mm pienempi kuin tavallisen ontelolaatan ja ratkaisu nostaa asuntojen huonekorkeutta.

Avattavuutta vaativat talotekniikan komponentit kuten sähköt, jakokukit ja lämpönousut sekä käyttövesinousut ovat koottu yhteen avattavaan komerotyyppiseen elementtiin.

Kaikki elementit ovat ennalta valmistettavia ja helposti ennakoitavissa. Kun talotekniikka ei risteile eri puolilla asuntoa, lisääntyy myös asuntojen muuntojoustavuus. Järjestelmällä on mahdollista rakentaa kerrostaloasuntoja, joissa ei ole lainkaan alakattoja, vaakakoteloita tai kattoluukkuja. Ohut välipohja, vaakaelementtien poistaminen ja talotekniikan integroiminen jättää asunnon tilat asumiselle talotekniikan sijaan.



Täyskoneellinen ilmanvaihto keskitetyllä lämmöntalteenotolla integroituna rakenteisiin

# Ratkaisun edut



## Asumisen tilat asumiselle

Talotekniikan integroiminen säästää tilaa asumiselle  
Välipohjarakenteiden optimointi nostaa huonekorkeutta  
Huoltoluukut, venttiilit yms. keskitetty ja harkitusti sijoitettu,  
jolloin pääosa seinä- ja kattopinnasta on puhdasta ja asukkaan muokattavissa  
Ilmanvaihdon keskittäminen asuntoa rajaaviin seiniin lisää asunnon muunneltavuutta  
Suuri osa huollosta voidaan hoitaa asunnon ulkopuolelta



## Suunnittelun painopisteen palauttaminen

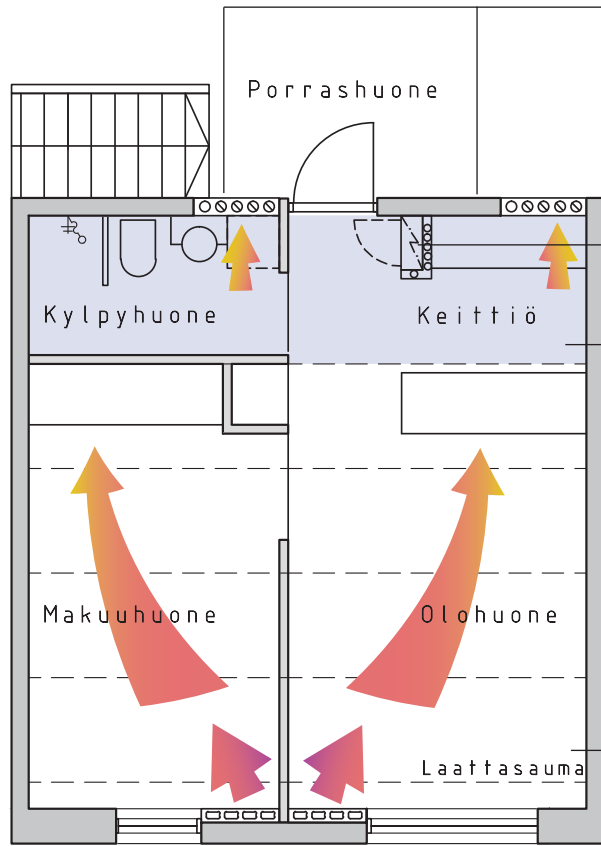
Tuotemaiset ja toistuvat ratkaisut vapauttavat suunnitteluaikaa asumisviihtyvyydelle  
Talotekniikan suunnitteluratkaisut ovat ennalta arvioitavissa, jolloin ne on helpompi  
huomioida jo luonnosvaiheessa  
Pintojen suunnittelussa voidaan keskittyä muuhun kuin päätelaitteiden sijoitteluun



## Toteutuksen helppous

Tehdasvalmisteiset elementit vähentävät työn määrää työmaalla  
Nopeampi rakennusvaihe  
Vähemmän asennettavia osia  
Elementtien tasalaatuisuus vähentää korjauksien tarvetta

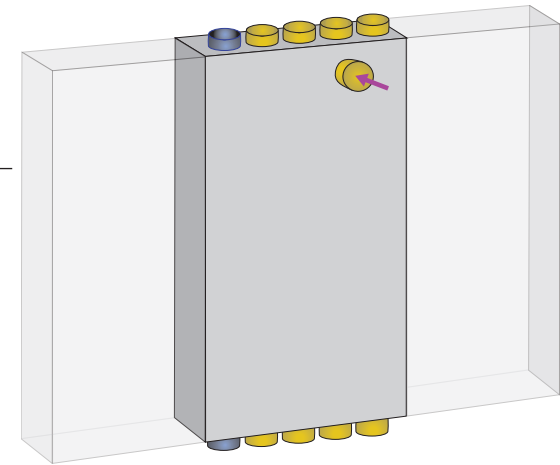
# Ratkaisun elementit



Esimerkkiasunto  
4. kerroksessa

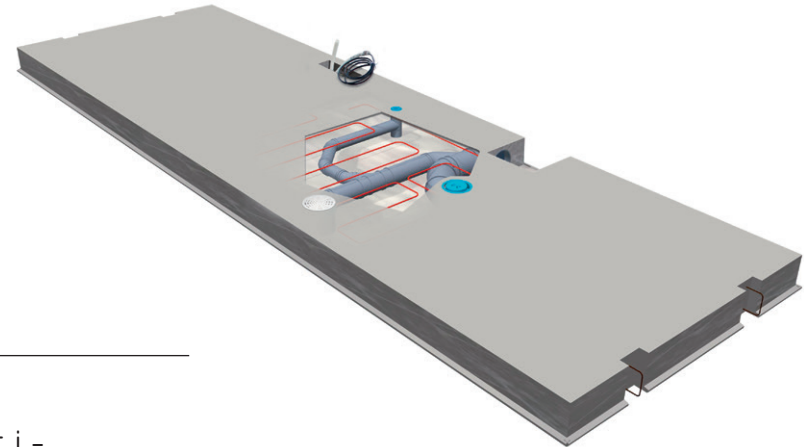
## Poistoilma- ja viemärielementti (kantava tai kevyt rakenne)

- poistoilmanvaihtokanavat
- sade- ja jätevesien viemäripystylinjat
- yhteydessä teknisen tilan lto-koneeseen



## Avattavat elementit

- sähkökaappi
- jakotukkikaappi
- sähkö-, lämpö- ja vesinousut

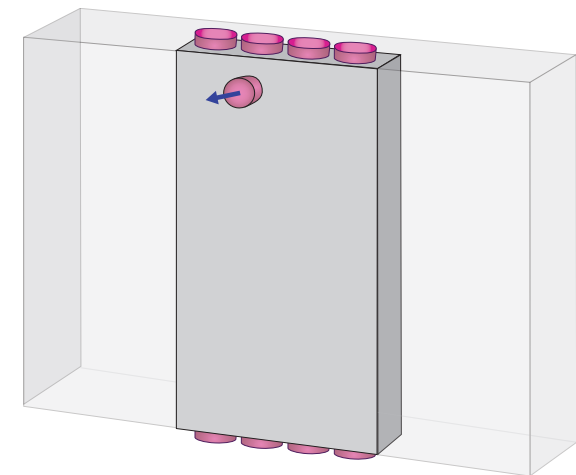


## Tekniikkalaatta

- viemärit ja lattiakaivot
- lattialämmityskaapelit
- märkätilan lattiakaadot
- ohut laatta lisää huonekorkeutta n. 100 mm
- olemassa oleva tuote, Parma Oy

## Massiivielementti-välipohja

- lattialämmitys
- ohut laatta lisää huonekorkeutta n. 100 mm
- käyttövesien vaakaputket
- sähköjen vaakasiirrot



## Julkisivuun integroitava tuloilmaelementti

- tuloilmakanavat
- yhteydessä ullakon lto-koneeseen

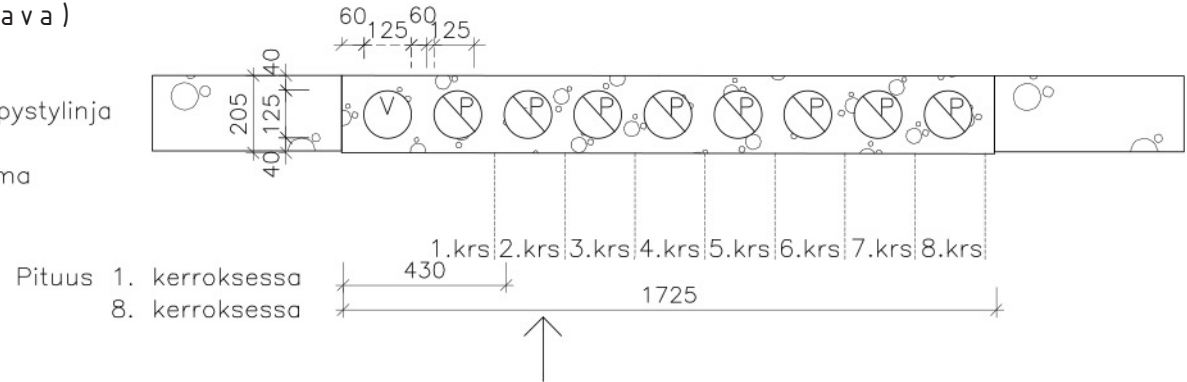
# Pystyelementit

Poistoilmaelementit sijoitetaan kylpyhuoneen ja keittiön yhteyteen ja niihin liitetään myös viemäriputket. Käyttövesiputket ovat jätetty pois näistä elementeistä niiden avattavuusvaatimusten takia. Poistoilmakanavat ja viemärit ovat pyöreitä, halkaisijaltaan 125 mm kokoisia peltikanavia. Kanavien molemmille puolille lisätään 40 mm betonia, jolloin elementti täyttää asunnon ja porrashuoneen tai naapuriasunnon välisen seinän akustiikka ja palovaatimukset. Koko elementin syvyys on näin ollen 205 mm. Tavallinen asunnon ja porrashuoneen välisen seinän paksuus on 200 mm, joten poistoilmaelementti on helppo sovittaa tähän. Kanavien ja viemärien väliin valetaan ei-kantavassa rakenteessa 60 mm betonia ja kantavassa rakenteessa 100 mm betonia. Näin ollen ei-kantavan elementin leveys ensimmäisessä kerroksessa on 430 mm, kasvaen 185 mm kerrosta kohden. Suomalainen kerrostalo on määräyksistä johtuen yleensä alle kahdeksan kerroksinen, joten elementin maksimileveys on 1725 mm. Rakennuksen ollessa korkeampi kuin kahdeksan kerrosta voidaan se jakaa osiin ja sijoittaa toinen iv-konehuone rakennuksen keskikerrokseen.

Tuloilmakanavana toimii soikea peltikanava, jonka koko on 80 mm x 150 mm ja sen molemmiin puolin tulee 40 mm betonikerros. Näin ollen koko elementin syvyys on 160 mm ja se voidaan helposti sijoittaa julkisivuun normaalin 150 mm betonikuoren sijaan. Mikäli seinä ei ole kantava on kanavien väli 60 mm ja kantavalla seinällä 100 mm. Tämä tarkoittaa, että ensimmäisessä kerroksessa elementin leveys ei-kantavassa julkisivussa on 270 mm kasvaen 210 mm kerrosta kohden. Tämä pätee kaikissa kerrostaloissa, joten elementin koko on helppo ennakoida jo luonnosvaiheessa.


Poistoilma- ja viemärielementti huoneistojen tai porrashuoneen ja asunnon välisessä seinässä (ei kantava)

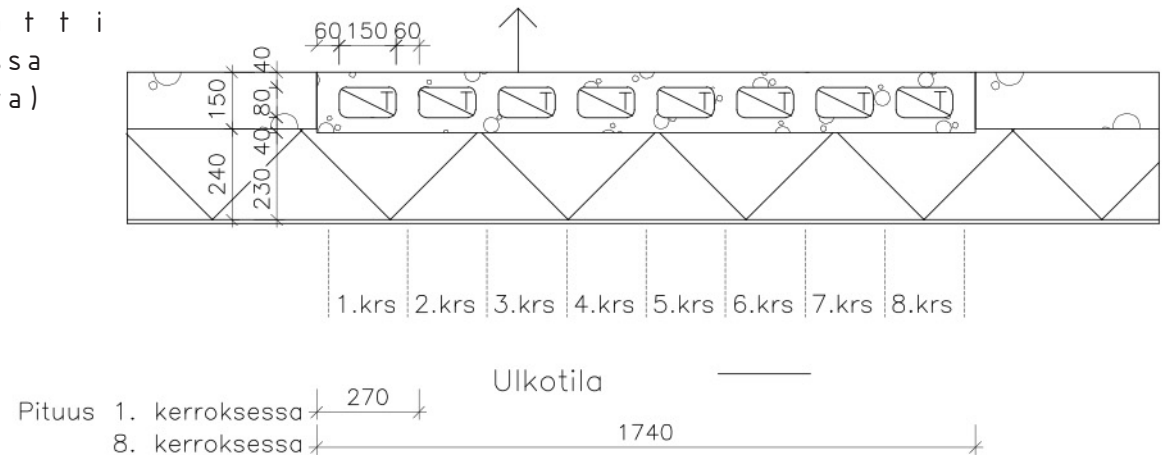
-  Viemäripystylinja
-  Poistoilma

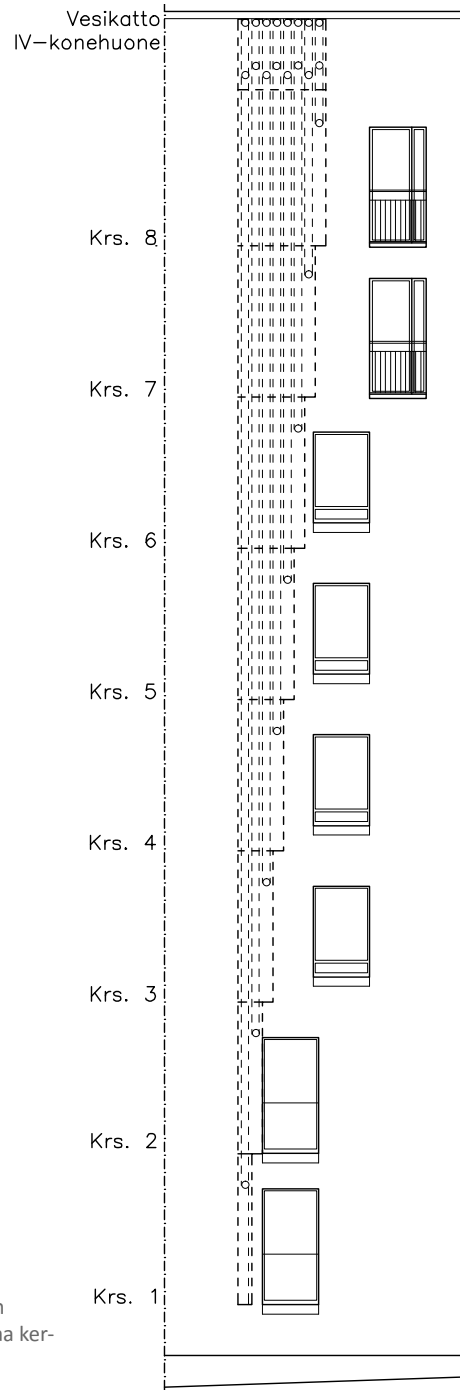


Asunto

Tuloilmaelementti julkisivussa (ei kantava)

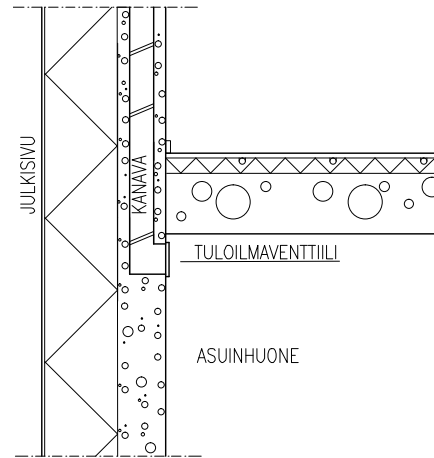
-  Tuloilma



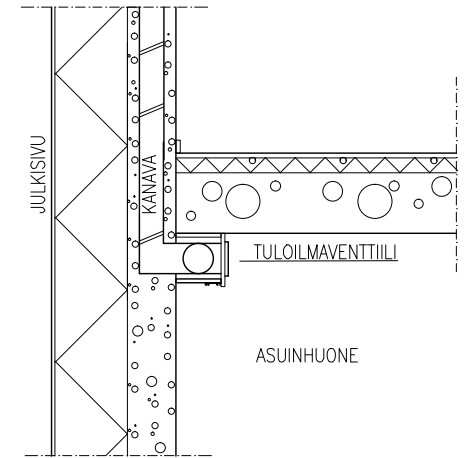


Julkisivuote.  
Julkisivuun integroidun  
elementin leveys kasvaa ker-  
rosmäärän mukaan

## Tuloilmaventtiilit



Tuloilmaventtiili kun julkisivuelementtejä  
on 1 / asuinhuone



Tuloilmaventtiili kun yhdestä julkisivuelementistä  
jaetaan ilmaa useaan asuinhuoneeseen

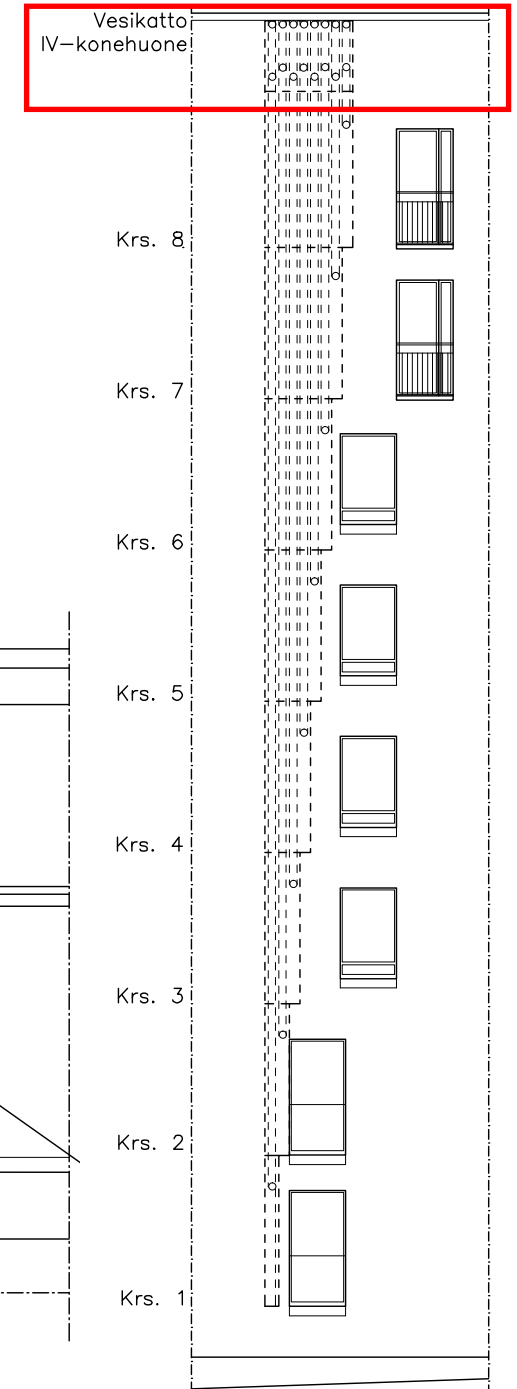
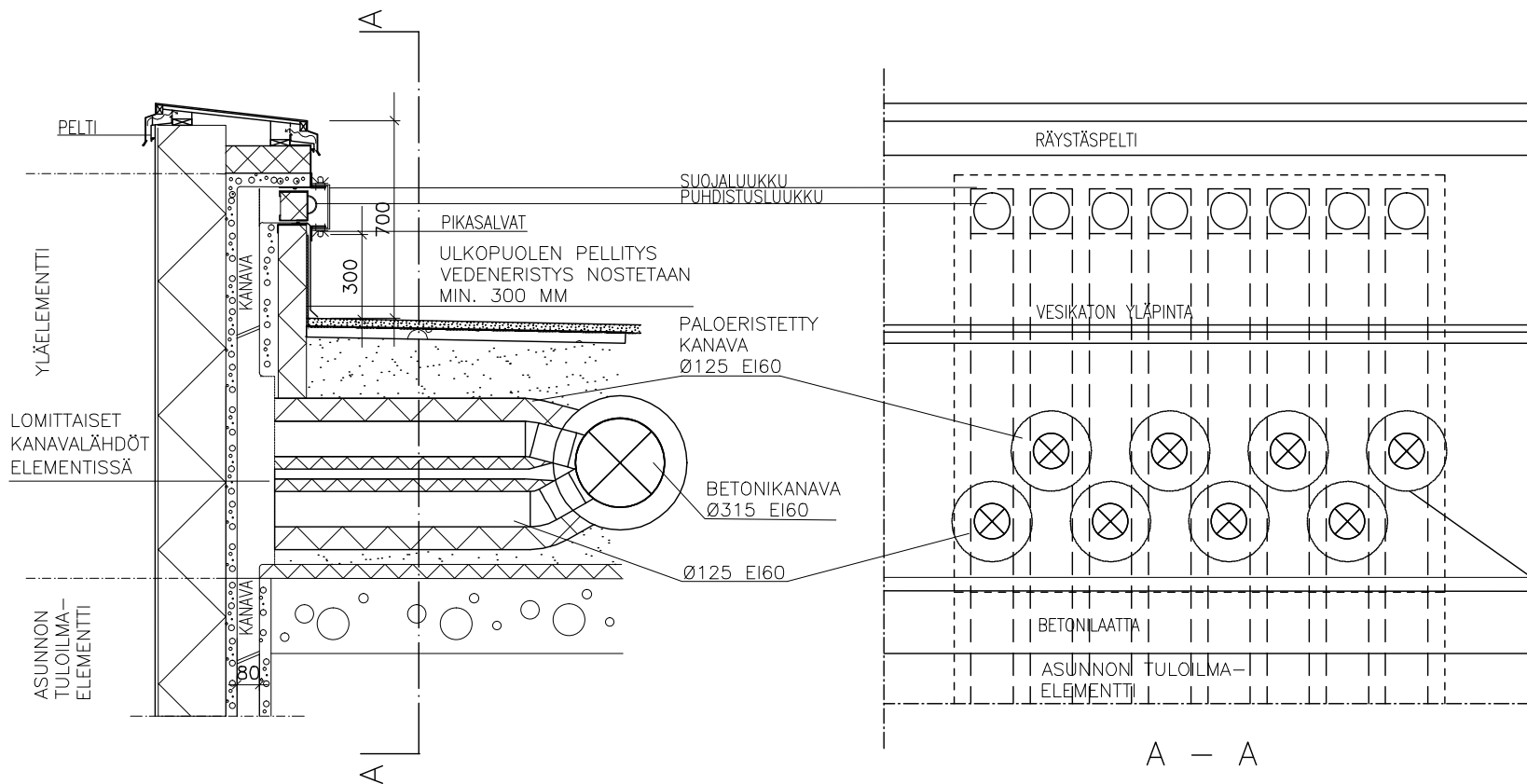
Yleisenä periaatteena ratkaisussa on, että jokaiseen asuinhuoneeseen tuodaan tuloilma omassa pystykanavassa julkisivuun integroidussa elementissä. Huoneen ikkunaseinälle asennetaan suoraan venttiili, josta puhalletaan ilmaa huoneeseen. Varsinkin korkeissa rakennuksissa tai rakennuksissa, joissa on sisäänvedetyt parvekkeet, voi olla vaikeata sijoittaa yksi julkisivuelementtirivi jokaista kerroksen huonetta kohden. Tällöin samasta pystykanavasta voidaan jakaa ilmaa useaan huoneeseen ikkunaseinän yläpinnassa kulkevasta vaakakanavasta. Toisin kuin nykyään tyyppilliset, asunnon keskellä sijaitsevat vaakakanavat, julkisivuseinää pitkin kulkeva vaakakanava ei juuri rajoita asunnon muunneltavuutta ja lyhyt kanava on helppo puhdistaa. Vaakakanavan alapintaan voidaan liittää verhoakskot, jolloin verhot eivät estä tuloilman jakautumista asunnossa.



# Vesikattorakenteet ja räystääs

Ehdotetussa mallissa keskitetyn ilmanvaihdon tekninen tila sijoitetaan vesikatolle tai ullakolle. Teknisestä tilasta tuloilma johdetaan vaakasuuntaisten betonikanavien avulla julkisivuun integroituihin pystyelementteihin. Betonikanava liitetään pystyelementteihin paloeristetyillä vaakakanavilla. Pystyelementtiin kuuluu halkaisijaltaan 125 mm kanavalähdöt. Nämä asetetaan lomittain pystysuunnassa, jotta niistä jatkuville vaakakanavien paloeristeille jäisi riittävästi tilaa.

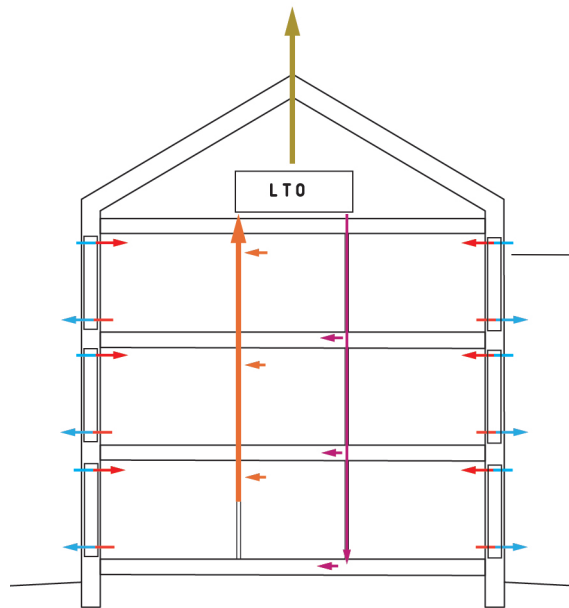
Julkisivun pystyelementtien helppo puhdistus on oleellinen osa ehdotettua ratkaisua. Pystykanavat keräävät vähemmän likaa kuin vaakakanavat ja niiden puhdistus on helpompaa. Räystääseen liitettävään yläelementtiin kuuluvat vesikaton yläpuolelle nousevat puhdistusluukut, joihin on helppo päästä käsiksi vesikatolta tai ullakolta. Samalla nostoa voi hyödyntää vesikatolla sijaitsevan terassin kaiteena. Nosto tehdään samantyyppisellä betonielementillä kuin julkisivun alemmat pystyelementit ja niitä vasten on helppo asentaa lämmön- ja vesieristeet sekä pellitys.



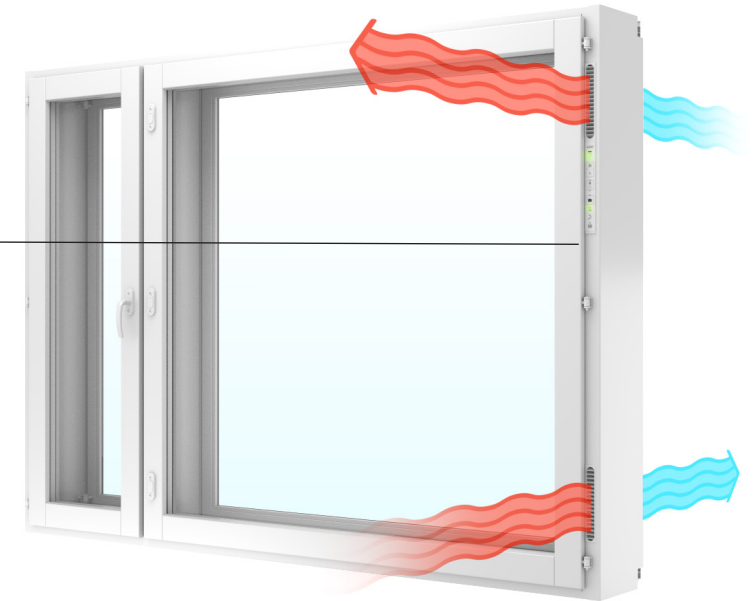
# Vaihtoehtoinen ratkaisu tuloilmaelementeille

Julkisivuun integroidut pystyelementit voidaan myös korvata seinä- tai ikkunaventtiileillä, joissa on lämmöntalteenotto. Varsinkin ikkunaan liitettävät venttiilit vapauttavat julkisivusuunnittelun täysin lisäämättä rakennukseen talotekniikan komponentteja, sillä ikkunoita tulee aina jokaiseen asuinhuoneeseen. Tuloilman ottaminen ikkunoiden kautta on perinteinen ratkaisu, jonka myös rakennusalan ulkopuolelta tuleva henkilö pystyy ymmärtämään. Hajautetussa järjestelmässä poistoilma kylpyhuoneista ja keittiöstä liitetään keskitettyyn lämmöntalteenottoon, josta lämpö voidaan ohjata esimerkiksi kylpyhuoneiden lattialämmitykseen. Järjestelmä poistaisi vaakakanavat kokonaan ja minimoisi pystykanavien tarpeen ainoastaan rungon keskellä sijaitseviin poistomahormeihin. Euroopassa tämän tyyppiset järjestelmät ovat jo käytössä mutta Suomessa tarvitaan vielä pilottikohteita, joissa tutkitaan järjestelmän soveltuvuutta suomalaisiin määräyksiin ja rakennustapoihin.

- Viileä jäteilma
- Lämmin poistoilma
- Lämpö johdettuna esim. lattialämmitykseen
- Lämpimästä poistoilmasta otetaan talteen lämpö
- Lämpö siirretään viileään raitisilmaan



Julkisivuun asennetaan lämmöntalteenotolla varustetut ikkunaventtiilit. Keskivyöhykkeeltä poistettavan ilman lämpö otetaan talteen esim. lattialämmitykseen.



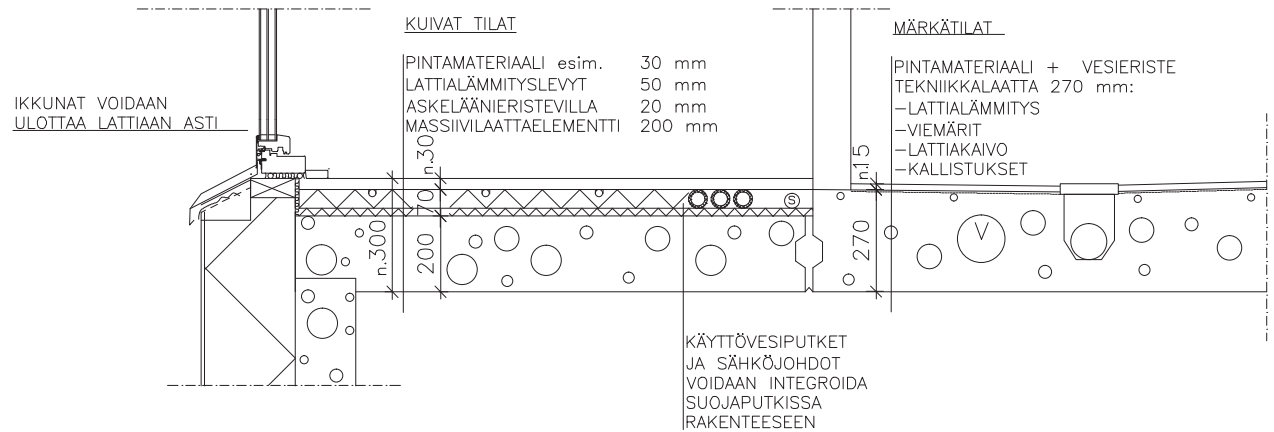
Esimerkiksi Skaalan ikkunaan integroitu lto-kone riittää 25m<sup>2</sup> tilan ilmanvaihtoon.

# Välipohjaelementit

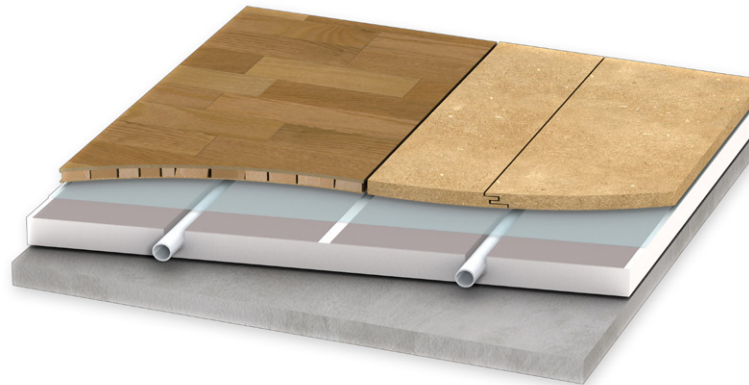
Korkeammat huoneet ovat asumismukavuutta lisäävä tekijä, joka luo avaruuden tunnetta ja antaa mahdollisuuden syvemmälle ulottuvalle luonnonvalolle. Talotekniikan ja ääneneristysvaatimusten kasvu ovat madaltaneet huonekorkeuksia vaikka kerroskorkeutta onkin nostettu. Muun muassa viemäreiden vaakavedot kasvattavat kuitenkin normaaleissa ontelolaattarakenteissa laatan paksuutta ja madaltavat näin huonekorkeutta. Betonielementti-valmistaja Parman kehittämässä tekniikkalaatassa on kuitenkin päästy normaalia ohuempaan laattaan, johon on integroitu viemärit, lattiakaivot, kaadot ja lattialämmitykset. Tekniikkalaatta on liitettävissä pystyelementtiin, jossa kulkee viemäreiden pystynousut. Tekniikkalaatan soveltuessa parhaiten pitkänmallisiin kylpyhuoneisiin aiheuttaa se vaatimuksia kylpyhuoneiden muotoilulle mutta tämä on ratkaistavissa hyvällä suunnittelulla.

Hankkeessa on päädytty hyödyntämään olemassa olevaa tuotetta ja liittää se ohuisiin massivielementtilaattoihin kuivissa tiloissa. Massivielementtilaatat mahdollistavat lattialämmityksen käytön koko asunnossa ilman, että märkätilan ja kuivantilan laattojen saumakohdissa tapahtuu korkovaihtelua. Normaalit lämpöpatterit ovat kasvaneet kaukolämmön lämpötilan laskemisen vuoksi ja estävät ikkunoiden ylettämisen lattiaan asti sekä yhdessä huonosti suunniteltujen pystyarmien kanssa tuovat hyvin näkyvän elementin asunnon seinäpinnalle. Patterit keräävät myös pölyä ja ovat vaikeita pitää puhtaana. Lattialämmityksellä säästytään näiltä ongelmilta ja lisätään myös asunnon muunneltavuutta. Massivilaatan ja lattian pintamateriaalin välissä voidaan myös tarvittaessa kuljettaa käyttövesiputkia ja sähköjä asunnon sisällä.

## Välipohjaan integroitu talotekniikka



## Lattialämmityslevyt

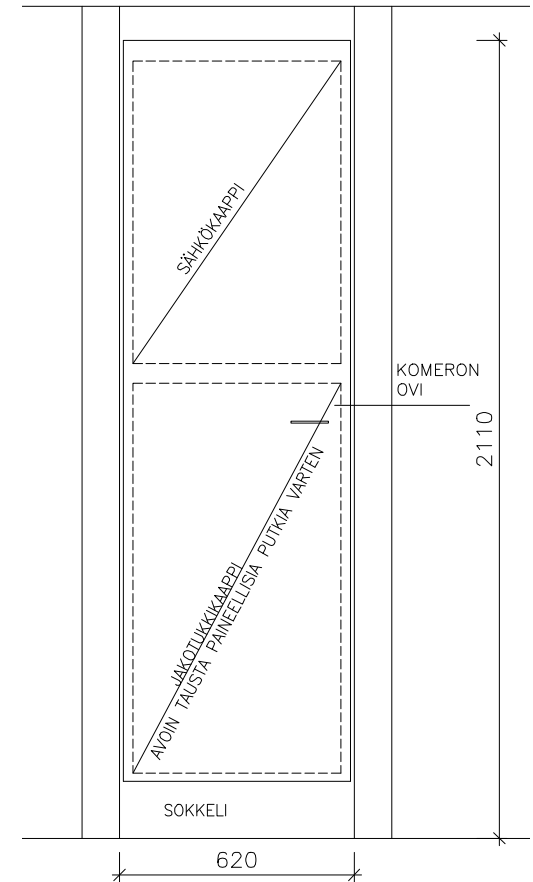
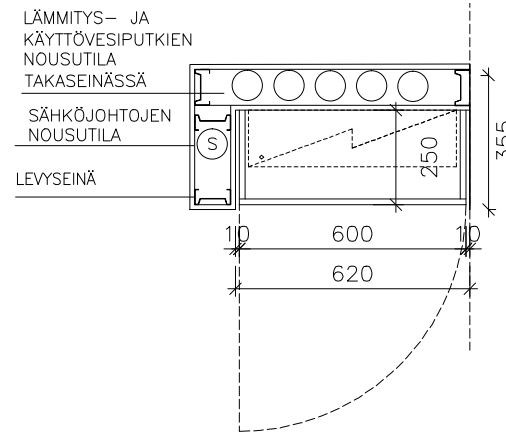


Uponorin lattialämmityslevyissä lattialämmitysputket asennetaan valmiiksi uritettuihin lattialämmityslevyihin (paksuus 50 mm). Levyjen päälle voidaan asentaa parketti- tai laminaattilattia. Muovimatto tai laatta tarvitsevat vielä alleen tasaisemman alustan, esim. 13 mm kipsilevyn. Lattialämmityslevyjen alle asennetaan 20 mm askelääniäeristettä.

# Avattavat elementit

Asuinrakennuksen sähköjen pystynousut sijoitetaan jo nyt usein suoja-putkissa seinärakenteisiin. Ongelmallisinta onkin ollut sähkökaappien ulkonäkö ja sijoitus. Projektissa on jatkokehitetty komerokaappiin sijoitettavaa sähkökaappia, joka voidaan asentaa jakotukkikaappin yläpuolelle ja peittää tavallisella komeron ovella. Sähkönousut sijoitetaan suoja-putkissa komeron sivuseinäkkeeseen. Huoneistokohtaisen vedenmittauksen tultua pakolliseksi joudutaan kaikki vesiputket viemään yhden mittarin kautta. Mittarit ovat nykyään etäluettavia eivätkä vaadi huoltomieheltä käyntiä asunnossa. Mittarille suotuisa sijainti on yleensä eteisessä, märkätilojen tai keittiön lähellä, jotta vettä ei tarvitse kuljettaa pitkiä matkoja mittarille. Komeron taustaseinässä nostetaan käyttövesi- ja lämpöputket asuntoon, jolloin vesimittarin liittäminen tähän on yksinkertaista. Vastaavia kevyitä nousuelementtejä on jo markkinoilla varsinkin korjausrakentamisen puolella. Jakotukkikaappin tausta on avoin, jolloin paineellisiin putkiin on helppo päästä käsiksi huolto- ja korjausta varten. Komerokomero on helppo sijoittaa esimerkiksi kaappien tai keittiön pätyyn ja sille löytyykin usein paikka eteisestä. Koko komeroelementti voi olla esivalmistettu tuote, joka vain asennetaan paikoilleen työmaalla.

Avattavaan kiintokaappiin integroidut sähkökaappi ja sähkönousu sekä jakotukkikaappi ja käyttövesinousut



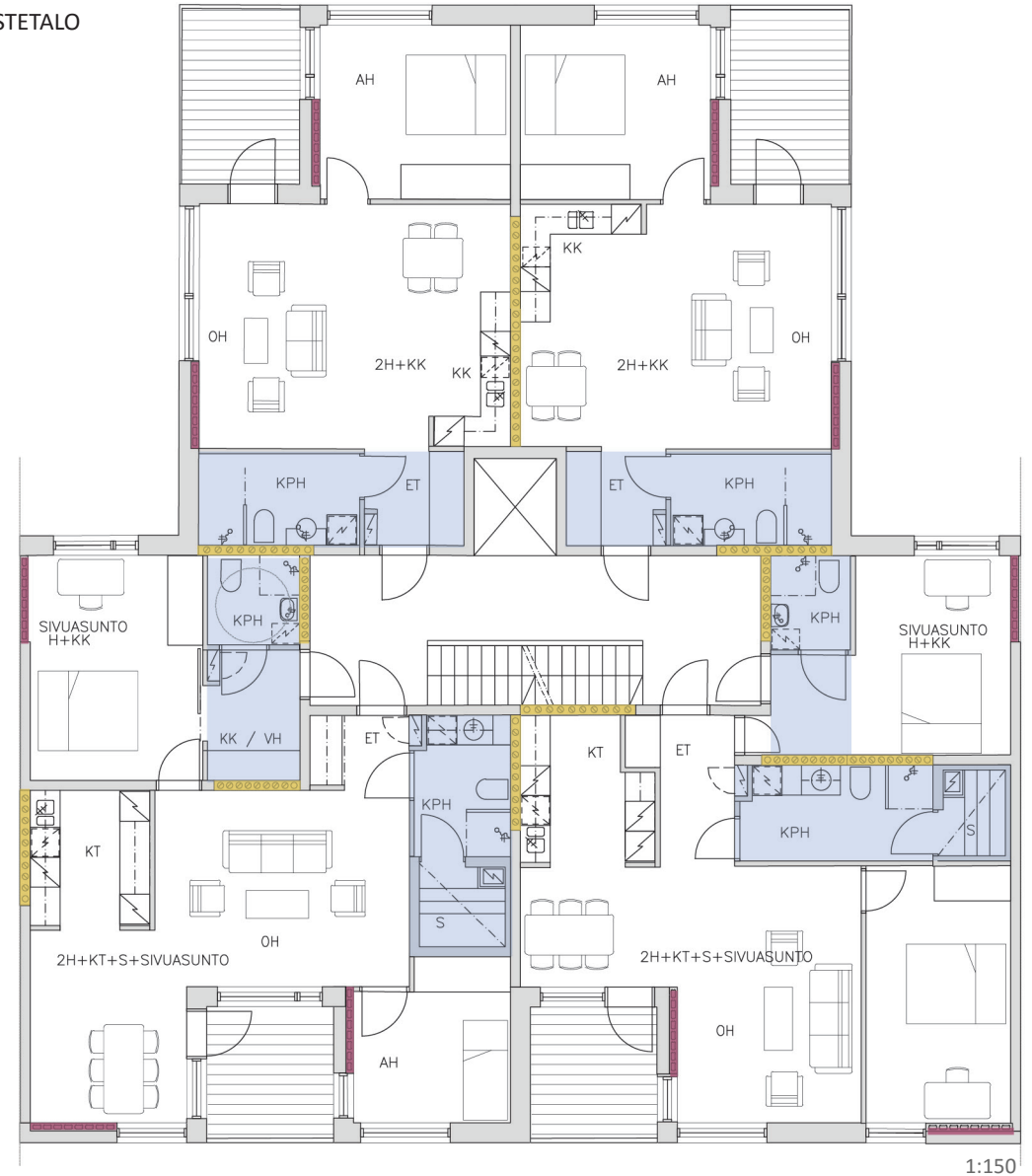
# Ratkaisun soveltuvuus

Tila asumiselle – projektissa päädyttiin luomaan järjestelmällin, joka soveltuisi erilaisiin kerrostaloihin sen sijaan, että kehitettäisiin yksi kerrostalotyyppi. Järjestelmän tilallista soveltuvuutta testattiin erilaisiin talotyyppioihin; pistetalo, kytketty pistetalo, lamelli ja kortteli. Työryhmä testasi järjestelmälle erityisen hankalia ratkaisuja kuten sisäänvedettyjä parvekkeita ja korkeita kerrostaloja.

Testauksissa ei huomattu ongelmia järjestelmän soveltuvuudessa erilaisiin rakennuksiin. Järjestelmän integroiminen vaatii arkkitehdilta järjestelmän tuntemusta mutta elementtien koon ollessa helposti ennakoitavissa ovat ne helppo huomioida jo luonnosvaiheessa. Suunnittelutyön edetessä tämä säästää varsinkin arkkitehti- ja lvi-suunnittelijan aikaa, joka voidaan nyt hyödyntää paremmin asumisviihtyvyyden lisäämiseen.

- TEKNIKKALAATTA
- TEKNIKKASEINÄ (POISTO + VIEMÄRIT)
- JULKISIVUELEMENTTI (TULOILMA)

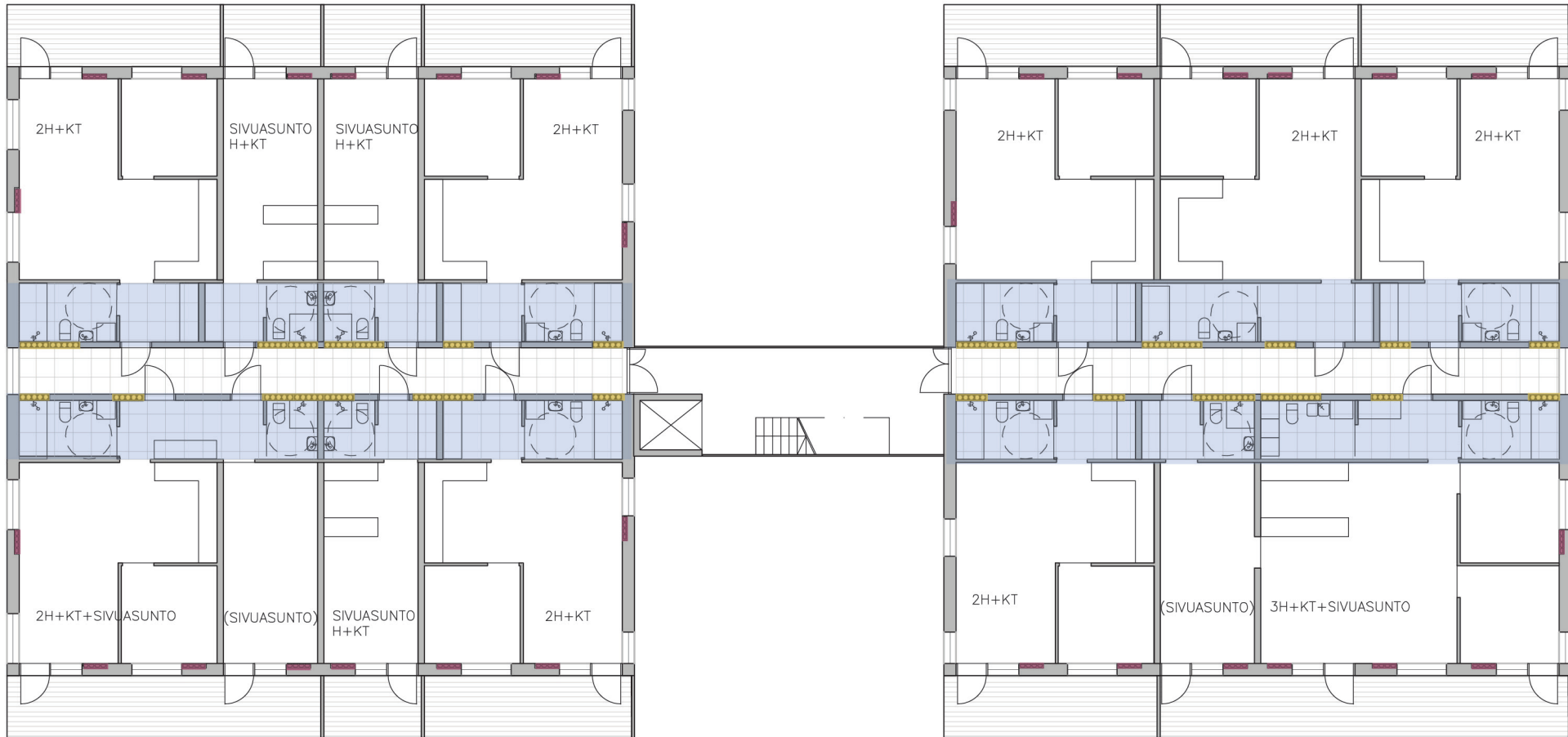
PISTETALO



Esimerkkitilassa on tutkittu järjestelmän soveltuvuutta korkeaan kerrostaloon. Kahdeksannessa kerroksessa tulo- ja poistoilmaelementit ovat mahdollisimman leveitä. Matalammissa rakennuksissa elementtien sijoittelu on helpompaa niiden ollessa lyhyempiä.



# KYTKETTY PISTETALO

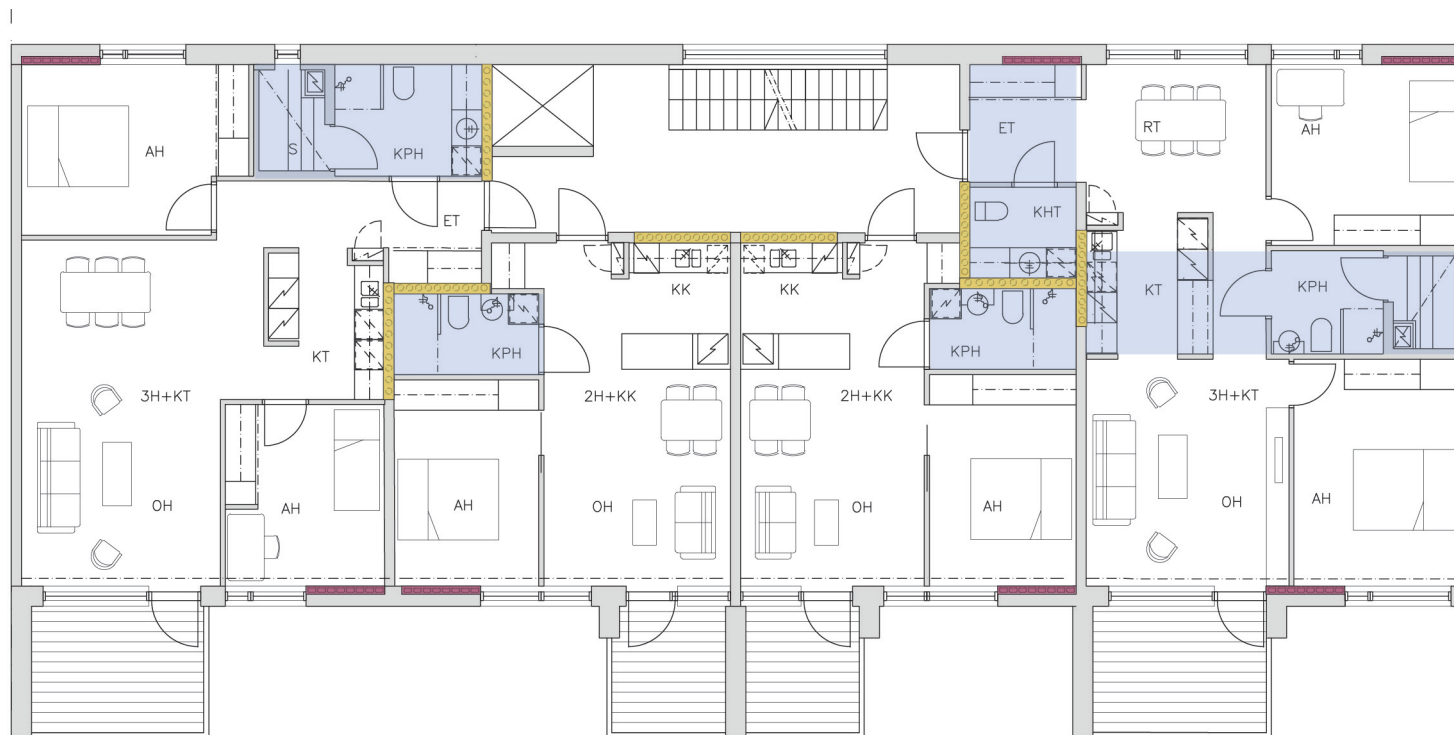


1:200

- TEKNIKKALAATTA
- TEKNIKKASEINÄ (POISTO + VIEMÄRIT)
- JULKISIVUELEMENTTI (TULOILMA)




Neljäkerroksisessa ja hyvin järjestelmällisessä kytketyssä pistetalossa on helppo löytää tulo- ja poistoilmaelementteille sijoituspaikat.

## LAMELLI



Järjestelmä soveltuu myös esimerkiksi kahdeksankerroksiseen lamelliin, jossa on ulokeparvekkeet.

1:150

-  TEKNIKKALAATTA
-  TEKNIKKASEINÄ (POISTO + VIEMÄRIT)
-  JULKISIVUELEMENTTI (TULOILMA)

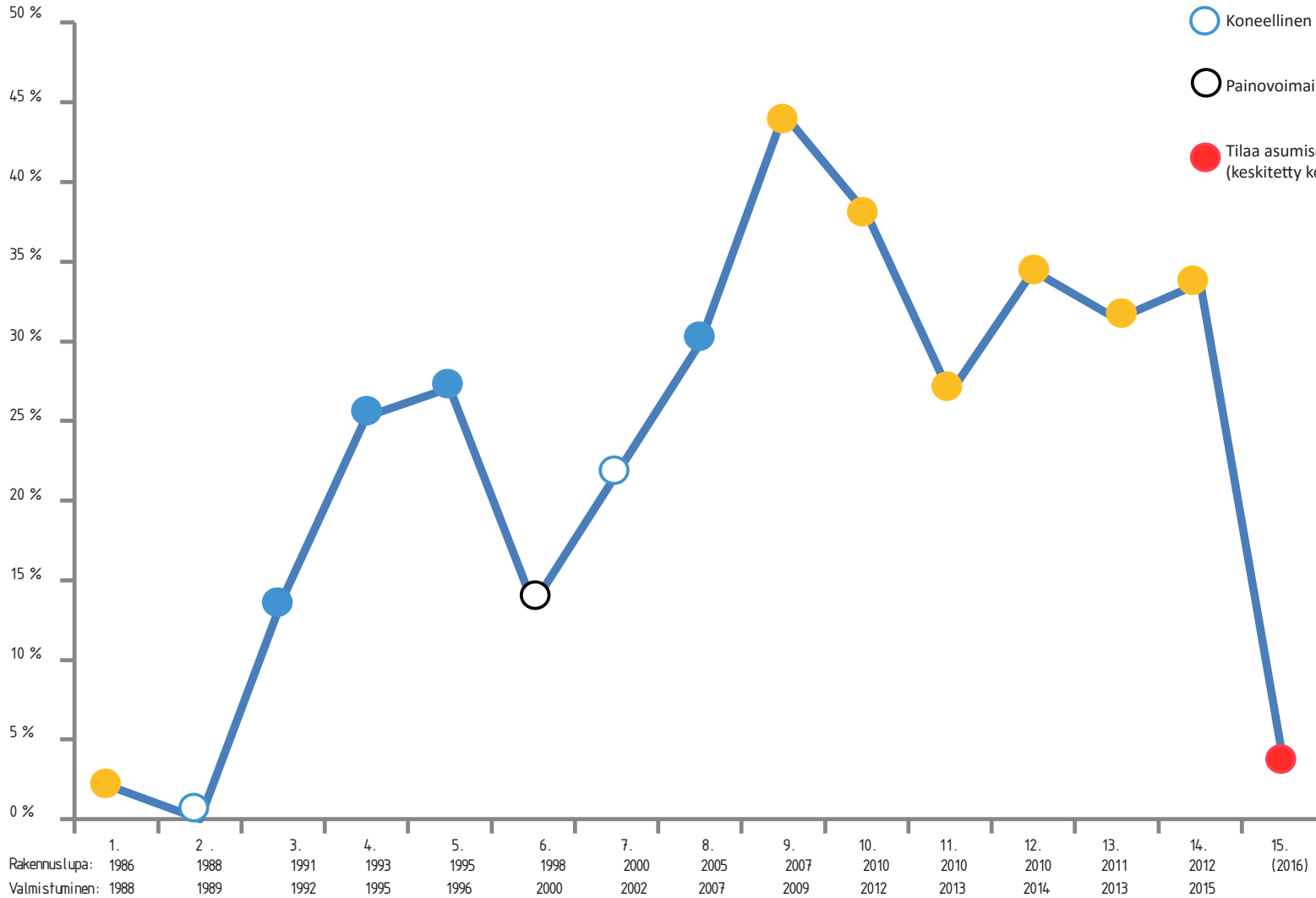
## KORTTELI (OSA)



Esimerkkikortteliin on yhdistetty aikaisemmin testattuja talotyyppisiä mutta sisäänvedetyillä parvekkeilla. Myös tämän kaltaiseen, jopa kahdeksan kerroksiseen, rakennukseen järjestelmä nähtiin soveltuvan.

# Alakaton pinta-alan muutos

Alakaton pinta-ala / huoneistoala tarkastelukohteissa (sis.porrashuoneet)



## Ilmanvaihto

- Huoneistokohtainen koneellinen
- Keskitetty koneellinen
- Koneellinen poisto
- Painovoimainen
- Tilaa asumiselle (keskitetty koneellinen)

## Tarkastelukohteet

- 1: 1986  
Kiint Oy Salomonkatu 19
- 2: 1989  
Kiint Oy Vuosaarentie
- 3: 1991  
Kiint Oy Tilkanniitty
- 4: 1993  
As Oy Helsingin Laivapoika
- 5: 1995  
Keskinäinen Koy Hgin kortotukisasunnot
- 6: 1998  
Helsingin Asumisoikeus Viikki
- 7: 2000  
Pihlajiston kiinteistöt Oy Viikki
- 8: 2005  
As Oy Helsingin Allotrianpuisto
- 9: 2007  
Vallilan Kiinteistöt Oy Muurikuja
- 10: 2010  
Heka Kalasatama Antareksenkatu 3
- 11: 2010  
Asunto Oy Helsingin Studio
- 12: 2010  
Asunto Oy Helsingin Saukonkanava
- 13: 2011  
Heka Viikinmäki Harjannetie 44
- 14: 2012  
Asunto Oy Helsingin Leonsatama
- TA: 2016 Tilaa asumiselle Esimerkkikortteli**

# Loppusanat

Asuinrakentamista koskevat määräykset ja käytännöt ovat johtaneet yhä monimutkaisempiin ratkaisuihin, ei vähintään talotekniikan osalta. Kasvava kanavien, kaapelien, mittareiden ja laitteiden maailma vie tilaa asunnon pää tarkoitukselta, eli asumiselta. Avarat ja väljät asunnot, selkeillä ja puhtailla pinnoilla lisäävät asumisviihtyvyyttä ja asunnon muokattavuutta. Monimutkaiset ja jokaiseen rakennukseen yksilöllisesti suunniteltavat järjestelmät vaativat paljon suunnittelu aikaa ja yhteensovittamista. Tilaa asumiselle – projektissa on ollut tarkoitus pysähtyä ja miettiä; voisimmeko tehdä jotain toisin sen sijaan, että annamme kehityksen jatkua samansuuntaisena kuin nyt. Tarkoituksena on ollut pysäyttää talotekniikan kasvava tilantarve ja saattaa asumiselle rakennettavat tilat asukkaiden käyttöön ja suunnittelun painopisteen palauttaminen asumisviihtyvyyteen, tinkimättä asunnon teknillisestä toimivuudesta.

Ratkaisun kaikki osat ovat esivalmistettuja ja monistettavia elementtejä, joita voidaan hyödyntää hyvin erilaisissa kerrostaloissa. Monistettavat ja yksinkertaiset ratkaisut vapauttavat resursseja asumisviihtyvyyden ja tilallisten kokonaisuuksien suunnitteluun. Ennakoitavuus helpottaa talotekniikan huomioimista jo luonnosvaiheessa ja suunnitelmien yhteensovitusta sekä toteutusta työmaalla. Työmaalla soveltaminen ja projektikohtaiset ratkaisut vähenevät kun yksittäiset vaakakanavat ja alakatot poistuvat. Tämän tulisi nopeuttaa työmaavaihetta ja vähentää virheitä työmaalla.

Tilallisesti ratkaisu luo laadukkaampia ja siistimpiä asuintiloja. Huonekorkeuden kasvu ja alaslaskujen täydellinen puuttuminen lisäävät asunnon avaruutta. Asunnoissa ei enää esiintyisi talotekniikan komponentteja ja kanavia, mikä myös helpottaa asunnon muokkaamista. Talotekniikan kanavien, kaapelien ja putkien ollessa pääosin integroitua rakenteisiin vähenee niiden tilantarve ilman, että tekniset tilojen koko kasvaa. Ennen kaikkea ratkaisu vapauttaa asunnot talotekniikan tilantarpeista, alakoitoista ja huoltoluukuista ja palauttavat tilat asukkaiden käyttöön. Varsinkin julkisivuun integroitu tuloilmaelementti olisi vastaus

tämänhetkisiin vaakakanavien pudistus- ja tilaongelmiin. Kaikki tämä lisää asumisviihtyvyyttä asunnoissa.

Projekti jatkuu vielä pilottikohteen ja rakennusteollisuuden yhteistyökumppaneiden kartoituksella. Toisin kuin tuotevalmistajien kehittämät ratkaisut on Tilaa asumiselle – hankkeessa esitelty ratkaisu suunnittelijalähtöinen ja ratkaisun hyödyntäminen on sallittua, jopa toivottavaa. Toiveena ovat laadukkaammat ja viihtyisämmät tilat asukkaille.



# L ä h t e e t

Eloranta, Olli 2013. Tekniikkalaatta rakennustuotteena – Tekniikkalaatta-välipohjarakenteen erityispiirteet

rakennushankkeen suunnittelu- ja tuotantovaiheessa. Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö. HAMK.

Ilonen, Lukander, Niska / Arkkitehtuuri- ja muotoilutoimisto Talli Oy 2006. Helsinkiläinen kerrostaloatlas 2006.

Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto.

Mattila, Lars-Erik 2014. Tulevaisuuden kerrostalo. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Arkkitehtuurin laitos.

Mjörnell, Kristina & Blomsterberg, Åke 2014. Rationell isolering av ytterväggar och fasader för befintliga

flerbostadshus. Slutrapport för utvecklingsprojektet TURIK 2. BeBo - Energimyndighetens beställargrupp för energieffektiva flerbostadshus.

Mäkiö, Malinen, Neuvonen, Vikström, Mäenpää, Saarenpää, Tähti 2016. Kerrostalot 1960-1975.

Rakennustietosäätiö. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Mäkiö, Malinen, Neuvonen, Sinkkilä, Tuunanen, Saarenpää 2016. Kerrostalot 1940-1960. Rakennustietosäätiö.

Rakennustieto Oy, Helsinki.

Neuvonen, Petri 2006. Kerrostalot 1880-2000 –arkkitehtuuri, rakennustekniikka, korjaaminen.

Rakennustieto Oy, Helsinki.

Nieminen, Jyri & Holopainen, Riikka 2014. Innova. Kerrostalosta passiivitaloksi. VTT, Espoo

Sepponen, Nieminen, Tuominen, Kouhia, SHEMEIKKA, Viikari, Hemmilä, Nykänen 2013.

Lähes nollaenergiatalon suunnitteluohjeet. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus, Lahti.

RT93-10965 Asuntosuunnittelu Talotekniikka 2009

RT50-10910 Kesäaikaisten lämpötilojen hallinta asuinkerrostaloissa 2007 (Ohjeen ovat kirjoittaneet

Jarek Kurnitski, Pasi Tauru ja Jari Palonen Teknillisen korkeakoulun LVI-laboratoriosta.)

RakMK C1 Ääneneristys. 1985-1998. Ympäristöministerö

RakMK C2 Veden- ja kosteudeneristys. 1976-1998. Ympäristöministerö

RakMK C3 Rakennusten lämmöneristys. 1985-2010. Ympäristöministerö

RakMK C4 Lämmöneristys. 1978-2003. Ympäristöministerö

RakMK D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemäri-laitteistot. 1987-2007. Ympäristöministerö

RakMK D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 1987-2012. Ympäristöministerö

RakMK D3 Rakennusten energiatehokkuus (Rakennusten energiatalous). 1987-2012. Ympäristöministerö

RakMk Rakennusten paloturvallisuus. 2011. Ympäristöministeriö

RakMK E7 Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus. 1980-2004. Ympäristöministerö

RakMK F1 Esteetön rakennus (Liikkumisesteetön rakentaminen). 1985-2005. Ympäristöministerö

RakMK G1 Asuntosuunnittelu. 19984-2005. Ympäristöministerö.

Kuvalähteet:

Tuotevalmistajat:

Lunos

Parma Oy

Skaala Oy

Smartfront

Uponor Oy

Muut kuvat ovat tuottaneet Kirsti Sivén ja Asko Takala Arkkitehdit Oy

