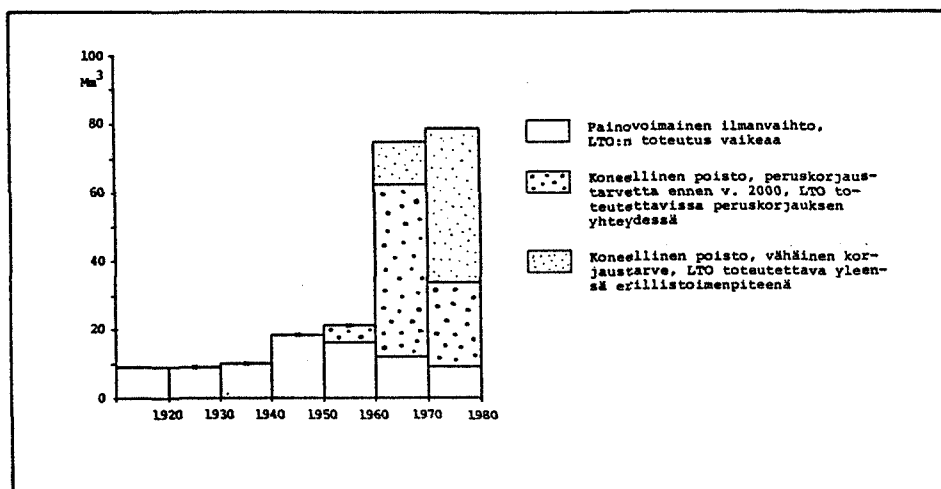


# Lämmön talteenotto poistoilmasta vanhoissa asuinkerrostaloissa

Kauppa- ja teollisuusministeriön energiaosaston rahoituksella on keuhalla 1980 käynnistynyt laaja tutkimusprojekti, jonka tarkoituksena on selvittää vanhoihin asuinkerrostaloihin asennettavien poistoilman lämmöntalteenottojärjestelmien (LTO) toimintaedellytyksiä ja energiataloutta. Projektin vastuullisena suorittajana on VTT:n LVI-tekniikan laboratorio, ja siihen osallistuvat lisäksi merkittävällä työpanoksella Kiinteistöliiton lämmöntarkkailu ja Rakennusvalmiste Oy.



Kuva 1. Arvio lämmöntalteenoton piiriin saatavissa olevasta asuinkerrostalokannasta.

## Kerrostalokanta

Asuinkerrostalokantaa koskevat tiedot ovat nykyisellään varsin epätarkkoja. Viimeisimmät luotettavat tulokset ovat peräisin vuoden 1970 väestölaskennasta. Projektin alussa laadittiin eri selvityksiin ja muutaman vuoden rakennustuotantotilastoihin perustuva arvio kerrostalokannasta ja sen LTO-toteutusmahdollisuuksista. Arvion päätulokset on poimittu kuvaan 1.

Taulukossa 1 on esitetty arvio kerrostalokannan jakautumasta päätyypeihin. Puutteellisten lähtötietojen vuoksi arvioita on pidettävä suuntaa-antavina.

Lisäksi voidaan todeta:

- Kerrostalojen määrä on noin 30 000—35 000, eli keskitilavuus lienee välillä 6 000—7 000 m<sup>3</sup>.

- LTO soveltuu pääasiassa koneellisen poiston kerrostaloihin, ja arvioitu kokonaissäätöpotentiaali on välillä 1—2 TWh/a (rahallisesti suuruusluokkaa 200 Mmk/a).

Vanhoissa painovoimaisen ilmanvaihdon kerrostaloissa on ilmanvaihdon saaneeraus huomattavasti vaikeampaa. Tekniikan ja rahoitusmahdollisuuksien suotuisalla kehityksellä voidaan säästöpotentiaalia vielä hiukan nostaa ja toteutusaiakataulua nopeuttaa.

## LTO-järjestelmät

Vanhoihin kerrostaloihin soveltuvat LTO-järjestelmät (paitsi lämpöpumppu) on esitetty kuvassa 2. Tällä hetkellä voidaan järjestelmävaihtoehdot jaotella viiteen, tuloilmajärjestelmän laajuusjär-

jestyksessä:

- sisäänpuhallus huoneisiin,
- sisäänpuhallus eteisiin,
- porraskäytäväsisäänpuhallus,
- porraskäytävän paineistaminen,
- lämpöpumppujärjestelmät.

Neljässä ensinmainitussa on LTO-laitteisto periaatteessa samanlainen ja voidaan toteuttaa vakioratkaisuuksina.

Lämpöpumppusovellutuksissa (jolloin ilmanvaihto säilyy entisellään) joudutaan menemään yksilöllisempiin ratkaisuihin — olemassaolevasta lämmöntuottotavasta riippuen.

Teknisiä ja sisäilmastollisia etuja ja haittoja on koottu taulukkoon 2.

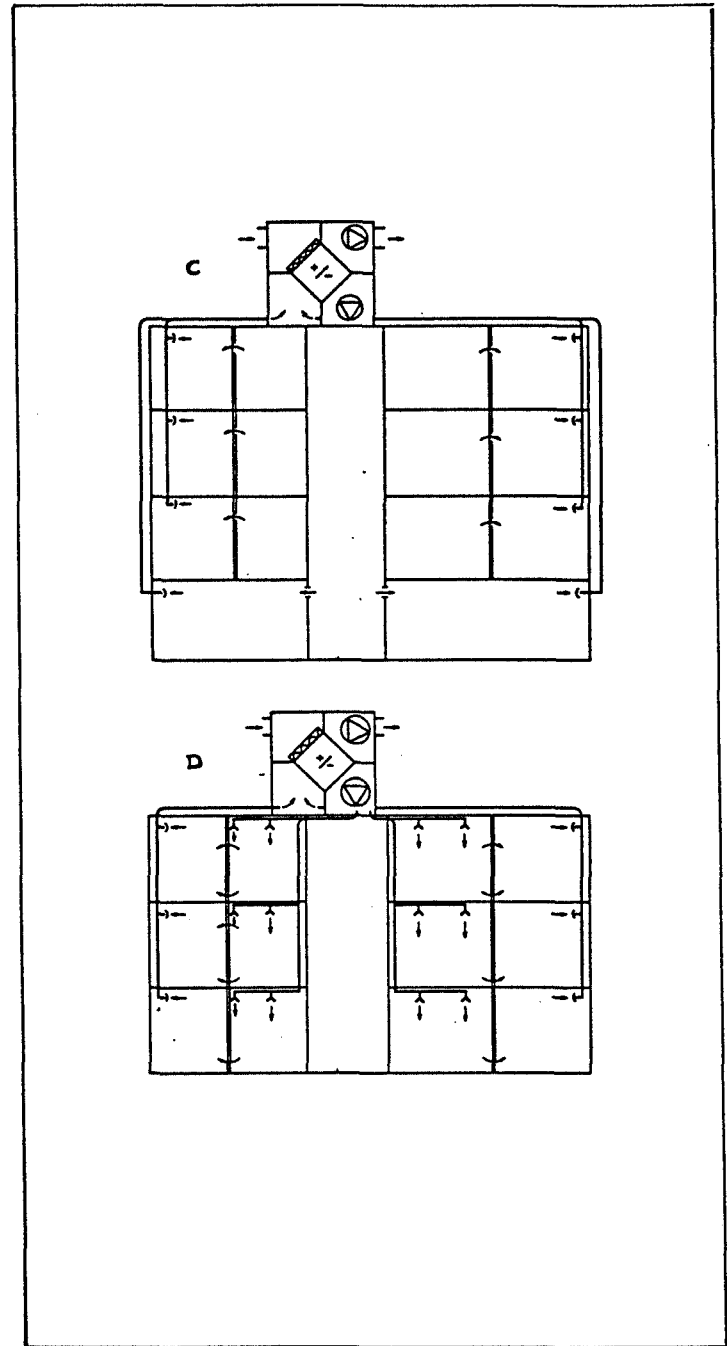
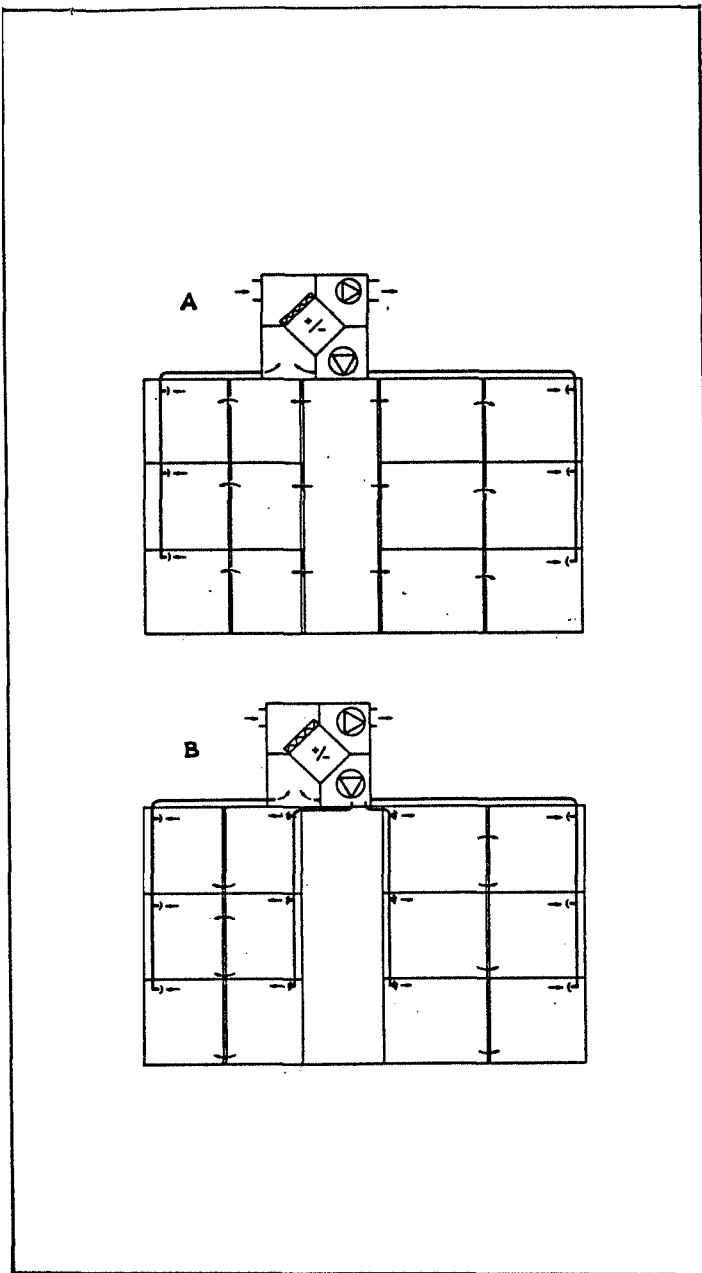
## Koekohteet ja tutkimustapa

Projektissa tullaan tutkimaan 7—8 koekohtetta. Tutkimus painottuu vahvasti laitoksen toimivuuden kokeelliseen seurantaan. Tärkeimmät tutkittavat asiat ovat tällöin:

- LTO-laitteen toiminta: hyötysuhde, jäätymissuojaus, tiiviisy.
- Ilmanvaihtomäärät

Kerros	Porras	20	30	10
3-5				
6-8				

Taulukko 1. Kerrostalokannan jako luokkiin sekä arvioidut määräosuudet, %.



Kuva 2. Poistoilmasta tuloilmaan lämpöä talteenottavat järjestelmät. a) porraskäytäväsäänpuhallus, b) puhallus eteisiin, c) paineistaminen, d) puhallus huoneisiin. (Kuvat yllä ja oikealla).

- koko rakennus,
- huoneistokohtaisesti.
- Rakennuksen painesuhteet ja ilman virtausuunnat.
- Ilmavuodot.
- Lämpötilat huoneistoissa ja porraskäytävissä.
- Asukkaiden mielipiteet.

Kokeet tehdään, mikäli mahdollista, kaikkina vuodenaikoina. Myös vanhan ilmanvaihtojärjestelmän toimivuus ennen LTO:n toteutusta kartoitetaan ilmamäärä- ja painesuhdemittauksin ja käyttäjäkyselyin.

Luettelo koeobjekteista on taulukossa 3. Lisäksi projektiin otetaan mukaan muutamia kevyemmin seurattavia vertailukohteita.

Tässä vaiheessa tutkimukseen otettujen koeobjektien voidaan katsoa kattavan jo pääosan potentiaalisesta LTO:n

piiriin otettavasta kerrostalokannasta. Lisäksi kerätään tietoja ainakin yhdestä toteutuvasta lämpöpumppukohteesta Tampereen TKK:n ja VTT:n lämpöpumppuprojektin puitteissa.

Toteutuneista kohteista otetaan selville kustannustiedot niin tarkasti kuin mahdollista. Kannattavuutta arvioidaan eri menetelmillä (takaisinmaksuaika, sisäisen koron menetelmä, kassavirta-analyysit), ja eräs kannattavuusarviomalli on kehitetty projektin alkuvaiheessa.

### Tuloksia toteutuneista kohteista

LTO:n onnistumista on kunnolla voitu kokeilla vasta yhdessä rakennuksessa (Syvälahdentie, Heinola, jossa porraskäytävän paineistus toteutettu). Tilanne ennen LTO-järjestelmän asennusta on tarkasteltu noin viidessä kohteessa.

Toteutuneesta kohteesta voidaan todeta yhteenvedona seuraavaa:

Ongelmia kohteessa:

- Automatiikan toiminta vajavaista.
- Poistoilmasuodatin puuttuu, tuloilmasuodatin vajavainen.
- Tuloilmakanaviston puutteellinen ääneneristys.
- Huolto vaikeaa.

Saavutettuja etuja:

- Porraskäytävän pysyvä ylipaineisuus huoneistoihin nähden.
- Ei hajujen leviämistä porraskäytävän kautta.
- Käyttäjien kokemukset järjestelmästä hyvin positiivisia.

Taloudellisuuskysymykset:

- Järjestelmä (paineistaminen yle-

Järjestelmä		
Sisäänpuhallus huoneisiin	— turvallinen — täysin hallittu ilmanvaihto kaikissa huonetiloissa	— kallis — paljon työtä huoneistojen sisällä — vaativa perussääto ja äänenvaimennus
Sisäänpuhallus eteiseen	— turvallinen — kokonaisilmanvaihto hallinnassa — vähän toimenpiteitä huoneistoissa	— kohtalaisen kallis — oleskeluhuoneiden-ilmanvaihto ei taattu
Porraskäytäväsisäänpuhallus	— verrattain halpa — vähän toimenpiteitä huoneistoissa	— tiukat paloturvallisuusvaatimukset — sisäilmasto helposti kyseenalainen; hyvin pieni — tehokas alue vetoisan ja ruttamattoman välillä — vaatimaton säätopotentiaali — ei ratkaise tuloilman sisäänottoa huoneistoihin
Paineistaminen	— halpa — takaa porraskäytävän ylipaineisuuden huoneis- toihin nähden	— helposti turhan kallis — ei ratkaise tuloilman sisäänottoa huoneistoihin
Lämpöpumppu	— suuri energiansäästöpotentiaali yksittäiskohteissa — helpoimmin toteutuskelpoinen painovoimaisen — ilmanvaihdon rakennuksissa	— heikot kannattavuusedellytykset kauko- ja alueläm- ityksessä (n. 70% kannasta)

Taulukko 2. LTO-järjestelmien ominaisuusvertailu (oletus: järjestelmät saatettu/saatetaan toimintakuntoon).

Kohteen nimi ja sijainti	Rakennusvuosi	Porrasta	Kerroksia	Järjestelmä	LTO:n toteutusajan kohta
TKY 3, Espoo	1952	3	4	1	tehty 1980
Syvälahdentie, Heinola	1974	1	5	4	tehty 1980
Tornitalo, Heinola	1974	1	7	4	kevat 1981
Kuusamakujat, Tampere	1967	1	6	4	kevat 1981
Joukahaisentie, Porvoo	1976	3	3	3	kevat 1981
Tolontorppa, Forssa	1977	2	7	2	kesä 1981
Mikonkatu 4, Turku	1960	3	7	4	huhtikuu 1981

⊙ 1 = puhallus huoneisiin, 2 = puhallus eteiseen, 3 = porraskäytäväsisäänpuhallus, 4 = paineistaminen, 5 = lämpöpumppu

Taulukko 3. Koekohteet (suunnitelma maaliskuussa 1981).

säkin) on perusversiona halpa ja hyvin-kin kannattava.

• Taloyhtiötä ei kiinnosta kansantaloudellinen etu vaan nopea takaisinmaksuaika ja vastikkeen pysyminen kurissa lyhyellä aikajänteellä.

Yleisesti ottaen voidaan porraskäytävän paineistamista pitää erittäin kehityskelpoisena LTO-järjestelmänä, ja sen voidaan olettaa muuttavan liikkeellä olevia negatiivisia ennakkokäsityksiä lämmöntalteenotosta.

Ennen LTO:n toteutusta tutkituissa koekohteissa voitiin todeta olemassaolevan järjestelmän (konellinen poisto, kaksinopeussääto) toimivan välttävästi tai heikosti; talvikaudella painesuhteet eivät olleet läheskään tarkoituksenmukaiset, osa huoneistosta oli ylipaineisia porraskäytävään nähden (tuuliolosuhteista riippuen), ja varsinkin käryjen poisto on melko tehoton. Poistoilmaelimet olivat paikoin päässeet pahastikin tukkeutumaan. Ikkunoiden huurtumista tapahtuu etenkin korkeissa taloissa. LTO:n toteutukseen onkin aina syytä yhdistää poistoilmanvaihdon parannustoimenpiteitä (puhdistus ja tasapainotus).

### Kustannukset, säästöt, kannattavuus

Tarjouslaskelmista ja myös toteutuneista kustannuksista voidaan päätellä, että hinnoissa vallitsee melkoinen hajonta — erääseen kohteeseen tarjottiin samaa laitteistoa halvimpaan tarjoukseen verrattuna nelinkertaiseen hintaan!

Tämän hetken "hintahaitarin" voidaan keskikokoisissa kerrostaloissa arvioida olevan:

- Paineistaminen: 3—10 mk/m<sup>3</sup>,
- Porraskäytäväsisäänpuhallus: 5—20 mk/m<sup>3</sup>,
- Sisäänpuhallus eteiseen tai huoneisiin: 15—35 mk/m<sup>3</sup>.

Lämpöpumppujärjestelmiä on tiedossa vain yksi, jossa kustannukset ovat noin 10 mk/m<sup>3</sup>.

Ominaisenergian kulutuksen piene-  
nemistä on voitu toistaiseksi arvioida vain teoreettisesti. Oletettu säästö on kanavoituilla järjestelmillä ja porraskäytäväsisäänpuhalluksella noin 10 kWh/m<sup>3</sup>a, paineistamisella noin 4 kWh/m<sup>3</sup>a. Suurempi säästö on saavutettavissa lämpöpumpulla, joskin siinä

on otettava huomioon, että käyttöenergi-  
ana on sähkö.

Alustavissa laskelmissa on saatu paineistamisella 2—5 vuoden takaisinmaksuaikojä, muille järjestelmille keskimäärin korkeampia.

Verrattuna rakennusteknisiin toimenpiteisiin (poisluettuna tiivistys siellä missä se on ilmeisen tarpeellinen) voidaan ainakin paineistamista pitää kannattavuudeltaan ylivoimaisena ja muitakin vaihtoehtoja erittäin kilpailukykyisinä. Kaupunkiliiton teettämän tutkimuksen mukaan on rakennusteknisten toimenpiteiden (paitsi tiivistys) säästöpotentiaali 0,45 TWh/a ja vaadittava investointi noin 1 000 Mmk, eli nykyisillä energianhinnoilla takaisinmaksuajaksi tulisi vähintään 15—20 a.

Todellinen kannattavuus selviää vasta projektin loppuvaiheessa, kun koekohteista saadaan tarkat analyysit kustannuksista, säästöistä ja järjestelmien toimivuudesta. Aivan ilmeisesti yksityistaloudellisen ja kansantaloudellisen edun yhdenmukaistaminen vaatii tarkistuksia rahoituspolitiikkaan, mikäli järjestelmät vain osoittautuvat teknisesti toimiviksi.

## LTO ja viranomaismääräykset

LTO-järjestelmän suunnittelua ja toteutusta sitovat lähinnä ilmanvaihtoon liittyvät Suomen rakentamismääräyskokoelman osat D2 (rakennusten ilmanvaihto) ja E7 (ilmanvaihdon paloturvallisuus). Ilmanvaihtojärjestelyt eivät saa myöskään heikentää rakenteellista paloturvallisuutta.

Käytännössä voidaan määräysten ja ohjeiden vaikutuksista todeta seuraavaa:

- Huoneiston tuloilma ei saa olla muista tiloista tulevaa siirtoilmaa = >
  - porraskäytäväsäänpuhallus on määräysten hengen vastainen,
  - paineistaminen on hyväksyttävissä, jos huoneistoihin virtaava ilmamäärä rajoitetaan noin viidennekseen huoneiston tarvitsemasta ilmanvaihdosta.
- Porraskäytävän ja kellaritilojen väliin asennettavan siirtoilmaelimen on täytettävä sulkeutuvalla palonrajoittimelle asetetut vaatimukset ja paloluokkavaatimus A120.
- LTO-laitteet on pääsääntöisesti asennettava palvelemissa tilojen yläpuolelle, ts. katolle tai ullakolle.

Tutkimuksen kuluessa pyritään selvittämään mm. siirtoilman käyttöön liittyvät riskit toisaalta olemassaolevissa koneellisen poiston järjestelmissä (joissa postiluukku on varsin yleinen tuloilma-  
reitti) ja toisaalta uusissa LTO-sovelluksissa. Mahdollisesta ohjeiden kehitystarpeesta neuvotellaan tulosten perusteella sisäasiainministeriön kanssa.

## Esiintulleet ongelmat

Varsinkin asunto-osakeyhtiöissä tuottaa LTO-hankkeen läpivieminen käytävissä olevista energiataloudellisista avustuksista huolimatta vielä suuria vaikeuksia. Asukkaat vieroksuvat mutkikkaita

tekniisiä ratkaisuja ja varsinkin huoneistoissa tapahtuvia korjaustoimia, ja lisäksi lainansaanti on vaikeaa.

Vuokrakiinteistöissä on helpommin tehtävissä suurempia korjaustoimia, ja päätöksetkin voidaan tehdä kokonaistaloudellisten vertailujen perusteella. Kiinteistöyhtiöille voidaan myöntää valtion peruskorjauslainaa, mikä parantaa hankkeen taloudellisia toteutusmahdollisuuksia.

Olemassaoleva rakennus asettaa mm. tilankäytön suhteen suuria rajoituksia. LTO-järjestelmän sijoitus ahtaaseen tilaan tai vaikeasti luoksepäästävään paikkaan voi aiheuttaa jopa huollon täydellisen laiminlyönnin. Projektin puitteissa tullaan esittämään laitteen sijoitukselle selvät minimivaatimukset.

Myös LTO-kojeen äänieristys ympäristöstään tai kanaviston äänenvaimennus voi olla hyvinkin puutteellinen. Prototyyppeistä olevaa kojetta ei saisi asentaa rakennuksiin.

## Tiiviyksymykset

Ilmanvaihtoon vaikuttavat olennaisesti rakenteiden tiiviysominaisuudet.

Rakennuksen ulkovaippa ja ilmanvaihtojärjestelmä muodostavat toiminnallisen kokonaisuuden, joka määrää

- tilakohtaiset kokonaisilmanvaihtuvuudet,
- rakennuksen painesuhteet.

Varsin usein peruskorjauksessa, ja varsinkin suppeammassa energiansäästötoimissa, toteutetaan ulkovaipan tiivistäminen ja ilmanvaihtotekniset toimenpiteet täysin toisistaan erillään. LVI-suunnittelijan tulisi tarkkaan määrittellä, miten eri tiloista ilma poistetaan ja miten se sinne tuodaan, täysin koneellisissakin järjestelmissä on tiedettävä tarkoin tulo- ja poistoilmavirtojen suhde, koska se

vaikuttaa painesuhteisiin ja sitä kautta myös rakenteisiin.

Rakennuksissa suositellaan, rakenteellisten kosteushaittojen estämiseksi, pientä alipainetta ulkoilmaan nähden. Jos koneellisen poiston rakennukseen saadaan n. 20 Pa alipaine, on se varsin epäherkkä hallitsemattomille ilmavuo-  
doille normaaleissa tuoliolosuhteissa. Täysin koneellisissa järjestelmissä on suositeltava tuloilmamäärä 10—20 % pienempi kuin poistoilmamäärä. LTO-vaihtochdoista paineistamis- ja lämpöpumpputjärjestelmissä on tuloilma otettava pääasiassa ulkovaipan kautta. Jos tuloilma puhalletaan huoneisiin, voidaan tiivistys tehdä mahdollisimman täydellisesti. Muissa ratkaisussa on ulkoilmaa saatava huoneisiin ulkovaipan kautta 20—40 %.

Tuloilman sisäänotto ulkovaipan kautta on nykyratkaisulla vaikea toteuttaa vedottomasti. Tuloilmaikkuna on eräs mahdollinen parannus asiaan koneellisen poiston rakennuksissa (enint. 5-kerroksisissa), mutta sitäkin on vielä kehitettävä.

Ilmavuodot — ja tiivistäminen — vaikuttavat myös huoneen lämmitystehontarpeeseen. Tiivistämisen jälkeen on syytä suorittaa lämmitysverkoston tasapainotus.

## Projektin jatkosuunnitelmat

Projekti etenee nykyvaiheesta kohteittain niiden toteutusaikataulusta pitkälti riippuen. Kiinnostus vanhojen asuin-  
kerrostalojen LTO-järjestelmiä kohtaan on kasvamassa, ja karkeammalla tasolla (energiankulutustiedot, kyselyt) tutkittavia vertailukohteita saadaan tutkimukseen useitakin. Jatkossa voidaan vertailukohteiden suunnittelussa ja toteutuksessa hyödyntää projektissa saatuja kokemuksia.

Osassa kohteista suositellaan ensimmäisen seurantakauden (lämmityskausi tai sen osa) jälkeen tehtäväksi järjestelmään parannustoimenpiteitä, joiden jälkeen suoritetaan pistokoeluonteinen jälkiseuranta.

Energiansäästöarviot tehdään ensimmäisen seurantakauden jälkeen, ja niitä tarkennetaan tarpeen mukaan myöhemmin. Projektin loppuraportointivaihe ajoittuu vuoden 1983 kevääseen.

### Kirjallisuutta:

Speeti, T.: Porraskäytäväsäänpuhalluksella toteutetun ilmanvaihdon lämmöntalteenottojärjestelmän toteuttamismahdollisuudet asuinkeuhkotaloissa. Helsinki 1979. Kiinteistöliiton lämmöntarkkailu.

Railio, J.: Asuinkeuhkotalojen ilmanvaihtojärjestelmien kehitysnäkymiä. LVI-lehti 32 (1980) 5, s. 22—26.

Valto-projekti, yleinen osa. Forssa 1981. Rakennusvalmiste Oy.

Nousiainen, M.: Porraskäytäväsäänpuhallus vanhoissa asuinkeuhkotaloissa. Helsinki 1981. Kiinteistöliiton lämmöntarkkailu. ■



## LVI-PIIRTÄJÄN KÄSIKIRJA

täydentää Sis.M:n rakentamismääräyskokoelman osaa D4, LVI-PIIRROSMERKIT. Liitteenä SFS 4103 standardi "Instrumentoinnin piirrosmerkit". A4-kokoisen kirjan hinta on 120 mk.



## KIINTEISTÖJEN LVI-TEKNIikka

kirjaan on koottu Liiton monivuotisen kursositoiminnan tuloksena vankkaa kokemusperäistä tietoa paitsi LVI-laitteiden rakenteista, myös niiden käytöstä ja huollosta. Kirjan hinta on 60 mk. Julkaisujen tilausosoite: Suomen LVI-tekniikkojen Liitto r.y. PL 181, 33101 Tampere 10. Toimitus: POSTIENNAKOLLA + POSTIKULUT

Kostnaderna för rörelementen ökar kraftigt vid ökad rördimension samtidigt som värmeförlusternas andel minskas. Pumpkostnaderna har däremot ringa betydelse vid rätt dimensionerade rörledningar.

En jämförelse av rörelement med ett och med två rör visar, att tvårörselement bli 6—30 % billigare beroende på rördimension och rörmaterial. Tvårörselementens värmeförluster är endast ca 60 % av ettrörselementets.

Den optimala isoleringen av rörsystemet är i hög grad beroende av det nuvarande energipriset och dess ökning med tiden, av den valda beräkningsperioden och av isoleringens värmeledningstal. Värmeförlusterna beror även i någon mån av framlednings- och returvattnets temperaturer, av klimatet på orten och av rörmaterialet.

I alla undersökta fall har tvårörselement visat sig vara fördelaktigare än ettrörselement med hänsyn till totalkostnaden.

Markku Hainari

## Energiprogram för bostäder

Inrikesministeriet tillsatte 1979 en kommitté med uppgift att uppgöra ett energiprogram för bostäder. Utlåtandet blev färdigt i början av detta år.

Energiprogrammet innefattar bostädernas och bostadssamhällellenas anskaffning och utnyttjande av energi inom ramen för den av statsrådet godkända energipolitiken.

I programmet ingår även åtgärder för att hålla boendekostnaderna måttliga trots stigande energipris.

Energiprogrammet kan uppdelas i två huvudgrupper:

- målsättning för energiförbrukningen,
- målsättning för energiförsörjningen.

Detta innebär i korthet en kombination av en trivsam bostadsmiljö och en god boendemiljö och boendekomfort till rimliga kostnader.

Programmet är uppgjort för tio år framåt men skall revideras åtminstone femårsvis.

Våra bostäder konsumerade 1980 en nettoenergimängd av ca 31 TWh. Bruttoförbrukningen var 20 % av den totala energiförbrukningen i landet.

Programmet utgår från att bostädernas energiförbrukning skall hållas på 1980 års nivå ända till 1990, trots att bostadsbeståndet väntas öka med ca 13 % under denna tid och trots att bostädernas utrustning blir bättre. Detta innebär, att höghusens, radhusens och småhusens specifika förbrukning måste sänkas till 50 kWh/m<sup>3</sup> i gamla hus och planeras till 40 kWh/m<sup>3</sup> i nya hus.

Energiförsörjningen bör enligt programmet arrangeras så, att den kan inpassas i den allmänna energiplaneringen, som utgår från en fortfarig minskning av oljebehovet, utan att behovet av elenergi samtidigt ökas.

Vad riskfaktorerna i energiförsörjningen beträffar, kan man konstatera, att ett hus uppvärmt med inhemskt bränsle är minst utsatt för yttre störningar. Detsamma gäller i ganska hög grad även höghus, som har egna pannrum och skorstenar och på ett eller annat sätt kan använda inhemskt bränsle. Kvartersvärme med möjlighet till användning av fast bränsle är likaledes föga beroende av en eventuell oljekris. Detta gäller tyvärr ej större fjärrvärmeanläggningar, där en övergång till inhemskt bränsle tekniskt sett är rätt besvärlig. Hus med direkt elvärme är dock mest utsatta i fall av störningar i energiproduktionen.

Uppvärmningen av byggnader har alltid en viss inverkan på omgivningen, oberoende av systemet. Föroreningarna från förbränningen innehåller svaveldioxid, kvävedioxid och fasta partiklar. Oxiderna bildar med vatten syror, som har en skadlig inverkan både på panncentralen och omgivningen. Röken från höga skorstenar sprides visserligen över ett större område, men trots detta är den närmaste omgivningen till ett stort kraftverk mest förorenad.

Transporten av brännolja är en ytterligare riskfaktor och detsamma gäller även lagring och hantering, i synnerhet i cisterner under jord.

Bland metoderna för minskning av energiförbrukningen nämner författaren förbättring av värmeisoleringen i nya hus med ungefär en femtedel. I föstren är det dock tillräckligt med tre glas.

Jorma Railio

## Värmeåtervinning ur frånluften i gamla höghus

För att undersöka de tekniska och ekonomiska möjligheterna till värmeåtervinning ur frånluften i gamla höghus, har ett omfattande forskningsprojekt igångsatts. Projektet finansieras av handels- och industriministeriet.

Höghusens antal i Finland ligger mellan 30 000 och 35 000 och medelvolymen torde vara ca 6 000—7 000 m<sup>3</sup>. Värmeåtervinningen lämpar sig bäst för hus med maskinell frånluft. Sparpotentialen har totalt uppskattats till ca 1—2 TWh/a motsvarande ca 200 Mmk per år. I äldre hus med naturlig ventilation är en sanering av ventilationen betydligt svårare.

Bland tillbuds stående metoder har man att välja mellan tilluft till rummen, tamburerna eller trappuppgångarna. En annan möjlighet är värmepumpsystem arbetande med frånluften. För de olika tilluftsalternativen blir värmeåtervinningsdelen densamma och kan tillämpas i standardutförande. Vid värmepumpsystem, där ventilationsprincipen ej ändras, måste man gripa till individuella lösningar, som beror av husets värmesystem.

Undersökningen kommer att omfatta värmeåtervinningsfunktionen, luftflöden totalt och lägenhetsvis, byggnadens tryckförhållanden och luftläckage, temperaturen i lägenheterna och i trapphusen samt invånarnas åsikter.

Hittills har följande svårigheter yppat sig vid undersökning av förhandenvarande system: automatiken fungerar bristfälligt, filter på frånluftsidan saknas och är dåligt på tilluftsidan, bristfällig ljuddämpning i tilluftskanalen och besvärlig skötsel.

Som fördelar har man mest uppskattat att lukter inte överförs via trapphusen och även i övrigt har de boendes erfarenheter varit positiva och bolagshyrorna har hållit sig rimliga.

Kari Hemmilä

## Beräkning av värmeströmmen genom byggnadskonstruktioner under varierande förhållanden

Vid Tekniska Högskolan i Helsingfors har man utvecklat en ny metod för beräkning av de verkliga värmeströmmarna genom olika konstruktioner. Metoden beaktar värmeöverföringen genom strålning, värmeledning och konvektion. De matematiska formlerna för värmestrålning och värmeledning är väl kända. Beräkningen av konvektionen grundar sig däremot på försöksresultat, som är beroende av försöksbetingelser och mätmetoder. Värmeöverföringen genom ledning är i allmänhet svår att bestämma in samband med konvektionen.

Om värmeöverföringen antas ske genom värmeledning i materialet, kan temperaturfördelningen för ett homogent material beräknas med tillhjälp av Fouriers differentialekvation. Beräkningen är i allmänhet mycket besvärlig och ibland rentav omöjlig. Detta är i synnerhet fallet, om konstruktionen består av olika skikt. Temperaturfördelningen beräknas oftast med numerisk integration. För detta finns olika metoder, av vilka den s.k. elementmetoden är den mest användbara. Härvid delas konstruktionen i homogena delar, som antas kopplade till varandra i hörnen. Genom att sätta de ur de enskilda elemen-

losses of two-pipe elements is only 60 per cent of the losses of systems with one-pipe elements.

The optimal insulation of the piping system depends to a considerable degree on the present price of energy and its increase in the future, on the calculation period in question and on the thermal conductivity of the insulation. The heat losses are also to some extent depending on the temperatures of the supply and return water, on the climate of the locality and on the piping material.

In all of the cases investigated, the two-pipe element has proven to be more economical than the one-pipe element.

Markku Hainari

### Energy program for dwellings

The Ministry of domestic affairs appointed a committee to set forth an energy program for dwellings. The program was published in the beginning of this year.

The program comprises the supply and use of energy in houses. The program also contains measures to keep the dwelling costs down in spite of rising energy prices. The program is made for a period of ten years but will be revised every 5 years.

Our dwellings consumed altogether 31 TWh in 1980. The program presupposes that the energy consumption shall remain constant until 1990, in spite of a 13 per cent increase of the building stock during this period and in spite of improved appliances. This means that the energy consumption in old apartment houses and residences has to be decreased to 50 kWh/m<sup>3</sup> and to 40 kWh/m<sup>3</sup> in new houses.

The energy supply must be arranged to fit in the general energy planning, which presupposes a continual decrease of the oil demand without a simultaneous increase in the consumption of electrical energy.

As far as disturbances in the supply of energy are concerned, it may be stated that a house heated with domestic fuel is in a safe position. The same applies for apartment houses with own boilers and chimneys and the possibility to use domestic fuel. In large district heating plants, however, a change to domestic fuel is difficult. Electrically heated buildings are naturally very badly off in case of a disturbance in the energy supply.

Among the methods for a decrease of the energy consumption, the author mentions the improvement of the thermal insulation in new houses by approximately 20 per cent. Triple glass windows, however, will be sufficient.

Jorma Railio

### Heat recovery from the exhaust air in old apartment buildings

In order to investigate the possibilities to install heat recovery equipment in old apartment houses, a large project has been started. The investigation is financed by the Ministry of Trade and Industry.

The number of apartment houses in Finland is 30 000 to 35 000 and the average volume is 6 000 — 7 000 m<sup>3</sup>. The heat recovery is more readily applicable in houses furnished with mechanical exhaust. The savings possible amount to 1 — 2 TWh/a corresponding to about 200 million mark per year. In older houses with natural ventilation, improvement of the ventilation is much more difficult.

Among the possible alternatives, supply air to the rooms, to the entrances or to the staircases may be chosen. Another solu-

tion is heat recovery from the exhaust air with heat pumps. For the supply air alternatives, the heat recovery equipment is similar in each case and standard equipment may be used. If heat pumps are used, the principle of ventilation remains unchanged, but individual solutions, depending on the heating system in the house, have to be applied.

The investigation will comprise the performance of the heat recovery, air flows in the individual rooms and in the whole apartment, the pressure conditions and air leakage in the building, the temperature in the apartments and the staircases and finally the opinions of the inhabitants.

Hitherto, the following difficulties have occurred as far as old heat recovery systems are concerned: the controls are inefficient, filters on the exhaust side are missing and are inefficient on the supply air side, the sound attenuation is incomplete and the service is troublesome.

The advantages mainly appreciated, however, are lack of odor transportation through the staircases and moderate rents due to the heat recovery.

Kari Hemmilä

### Calculation of the heat flow through building constructions at varying conditions

At the Institute of Technology in Helsinki, a new method for the calculation of the real heat flow through different constructions, has been developed. The method takes the heat transfer through radiation, conduction and convection in account. The mathematical formulae for heat radiation are well-known. The calculation of the heat transfer through convection, however, is founded on experimental results and depends on the test conditions and the measuring methods. The heat transfer through conduction is also difficult to determine in connection with the convection.

If the heat transfer is supposed to take place through the conduction in the material, the temperature conditions in a homogeneous material may be calculated with the aid of Fourier's differential equation. The calculation is generally very troublesome and sometimes impossible. This is especially the case, if the construction consists of different layers. The temperature field is usually calculated with numerical integration. Different methods are available. Of these, the so called element method is the most usable. The construction is divided in homogeneous parts, which are supposed to be connected to each other at the corners. In this way, N linear equations with N unknown are obtained and the temperatures of the corners may thus be calculated. A calculation by hand is impossible due to the number of equations. Therefore, a computer program was laid out. In a calculation example for a concrete construction 40 unknown and for a wooden wall, 250 unknown with as many equations were obtained, and the equations solved about 5 000 times.

For a dry building material, the thermal properties vary very little in the temperature range  $-20 - +30$  °C. However, if the material is damp, the moisture will influence the thermal behaviour due to moisture diffusion or freezing.

The calculation method has been controlled with the aid of laboratory tests. The method may be used for accurate calculations of heat flow through wall and roof constructions, frost insulations, temperature conditions in the winter time or at fires and at ovens, boilers and chimneys. ■