

Havainnointia rakennuskannan tiiviystasosta

Käsitteet

Rakennuksen tiiviyydestä puhuttaessa saatetaan tarkoittaa hyvinkin monta eri asiaa. Tämän johdosta on paikallaan selvittää käsitteitä. Rakennuksen ulkovaipalta vaaditaan lähinnä kahdenlaista tiiviyyttä. Toisaalta ulkovaipan rakenteilta edellytetään, että ne estävät ilman haitallista tunkeutumista rakenteisiin ja niiden läpi huonetiloihin. Ulkovaipan on myös estettävä joko veden tai vesihöyryn tunkeutuminen sisätiloihin ja rakenteisiin.

Tässä artikkelissa tiiviyyden suhteen keskitytään ulkovaipan ilmanpitävyyteen. Tällä tarkoitetaan ominaisuutta, jolla rakenne estää sen läpi tapahtuvia ilmavirtauksia. Toinen ominaisuus, jolla rakenne estää ilmavirtauksia, on tuulenpitävyys. Tällä tarkoitetaan lähinnä rakenteen ominaisuutta, jolla se estää tuulen aiheuttamia pakotettuja ilmavirtauksia rakenteissa. Ilmavirtaus ei purkaudu siis huonetilaan vaan ilmanvaihtoa tapahtuu ulkoilman ja ulkovaipan rakenteiden välillä.

Tuulenpitävyys samoin kuin rakenteen sateen- ja vesihöyrynpitävyys jätetään tämän tarkastelun ulkopuolelle. Tosin on muistettava, että ilmanpitävyys vaikuttaa hyvin oleellisesti rakenteen vesihöyrynpitävyyteen. Ilmavuotojen mukana saattaa siirtyä huomattavasti suurempia kosteusmääriä kuin vesihöyryn diffuusiona rakenteen läpi.

Ilmanpitävyyden merkitys

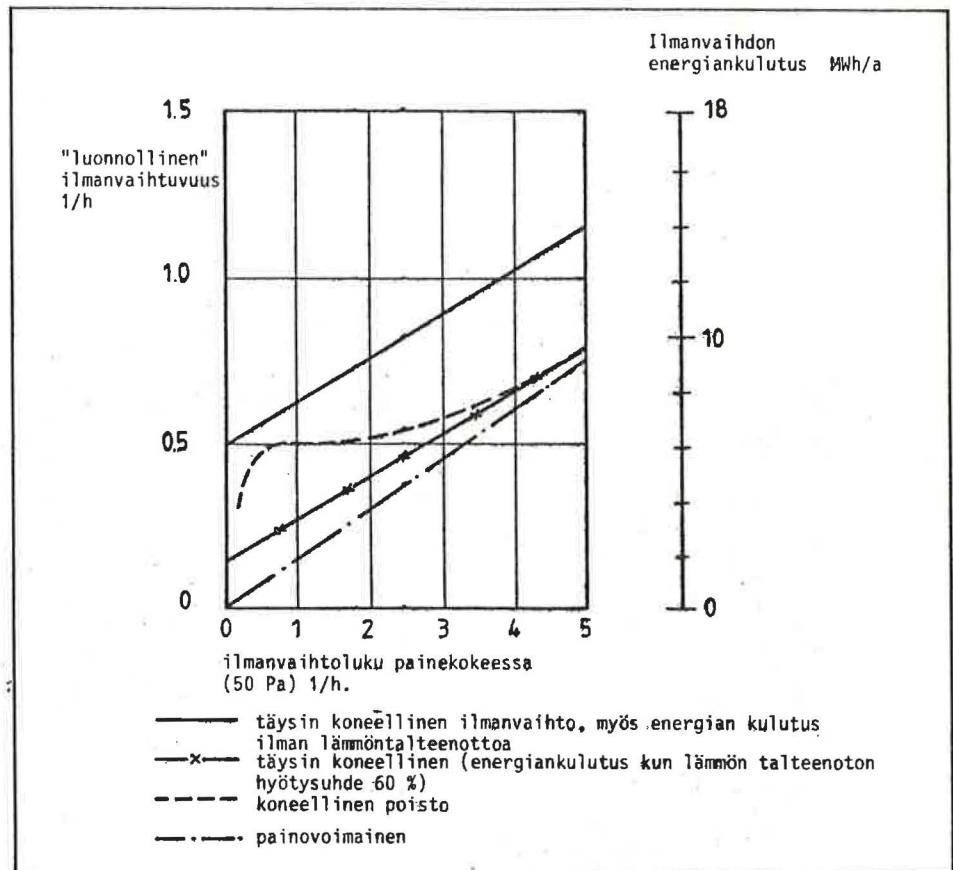
Ulkovaipan ilmanpitävyyden tavoitteena on:

- pienentää ilmavuotojen aiheuttamaa energian hukkaa,

- parantaa viihtyisyyttä rakennuksen sisällä,
- estää haitallisia ilmavirtauksia rakennuksen sisällä,
- estää haitallisia paine-eroja rakennuksen eri osien välillä,
- estää kosteuden kerääntyminen rakenteisiin.

Ilmanvaihtuvuus painekokeessa n_{50} 1/h	Luonnollinen ilmanvaihtuvuus 1/h	Energiankulutus kWh/a
2	0,3	3500
3	0,45	5250
4	0,6	7000
5	0,75	8750
6	0,9	10500
7	1,05	12250
8	1,2	14000

Taulukko 1. Pientalon ($V = 300 \text{ m}^3$) ilmanvaihdon energiankulutus kWh/a.



Kuva 1. Pientalolle teoreettisesti laskettu ilmanvaihtuvuus keskimääräisissä sääolosuhteissa ja ilmanvaihdon energian kulutus ilmanpitävyyden funktiona eri ilmanvaihtojärjestelmillä. Tallo on yksikerroksinen neliön muotoinen, pinta-ala 100 m^2 . Ilmanvaihtojen jakauma oletetaan tasaiseksi 1/1.

Suomessa ei ole tällä hetkellä voimassa ilmanpitävyysvaatimuksia. Ikkunoiden ilmanpitävyyksille on annettu suositusluonteiset ohjearvot standardissa SFS 3304. Tiiviysvaatimuksia on lähemmin tarkasteltu tämän lehden artikkelissa "Tiiviysvaatimukset voidaan määrittää".

Energiatalouden kannalta rakentei-

den ilmanpitävyys on hyvin oleellinen tekijä. Rakennusten lämpötaloustarkasteluissa on aikaisemmin kiinnitetty huomiota ainoastaan lämmönjohtumishäviöihin kun ulkovaipan ominaisuuksia on parannettu. Lämmönkulutuksen pienentämiseen on pyritty asettamalla vaatimuksia rakenteiden suurimmalle sallitulle lämmönläpäisevyydelle K-arvon muodossa. Tosin K-arvon laskennalliseen arviointiin on sisällytetty jonkin verran myös rakenteiden ilmavirtausten vaikutusta. Lämmöneristeiden lämmönjohtavuuksien arvoihin on sisällytetty ilmavuotoja kuvaava arvioitu lisä.

Rakenteiden lämmöneristävyiden lisääminen nykyisestään ei ole lainkaan mielekäästä ellei myös rakenteita tehdä nykyistä tiiviimmiksi. Vuotavassa rakenteessa lämmöneristeellä saavutettava hyöty on huomattavasti vähäisempi kuin tiiviissä rakenteessa.

Ilmanpitävyyden parantaminen siinänsä on usein paljon kannattavampi investointi kuin lämmöneristysten lisääminen. Asian havainnollistamiseksi on taulukkoon 1 teoreettisesti arvioitu pientalossa saavutettavissa oleva energiainsäästö ilmanpitävyyden funktiona. Taulukon arvot perustuvat kuvan 1 esittämiin riippuvuussuhteisiin /1/.

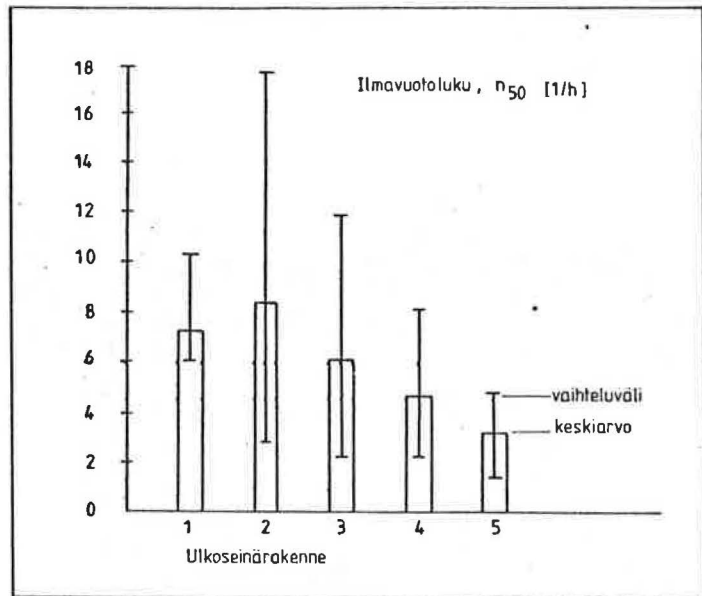
Taulukon 1 samoin kuin kuvan 1 tulkinnassa on muistettava, että painekokeen ja luonnollisen ilmanvaihtuvuuden välinen suhde on rakennuskohtainen ja on näin ollen eri suuri eri rakennuksissa. Poikkeamat voivat olla varsin suuret.

Jäljempänä esitettävien mittaustulosten perusteella on arvioitavissa, että kiinnittämällä huomiota vaipan ilmanpitävyyteen, pientalon energiankulutusta voidaan helposti pienentää 5 000 kWh vuodessa verrattuna taloon, joka tehdään "perinteisesti" huonon tiiviyyden tuottamalla tekniikalla.

Rakennusten ilmanpitävyys Suomessa

Kiinnostus rakennusten ilmanpitävyyden selvittämiseen on herännyt lähinnä ns. energiakriisin jälkeen. Tosin pohjoismaiden tasolla on esimerkiksi NKB:n (Nordiska kommittéen för byggnadsbestämmelser) toimesta esitetty suosituksia rakenteiden tiiviydelle (lähinnä ulkoseinille). Ikkunoiden osalta on tiiviyskysymyksiä tutkittu varsinkin Norjassa jo useiden vuosien ajan.

Rakennusten ja rakenteiden ilmanpitävyyden tutkiminen on tullut mahdolliseksi kenttäolosuhteissa vasta viime vuosina kehitettyjen mittausten menetelmien myötä. Mittaukset ovat lähinnä menetelmien saatavuudesta johtuen keskittyneet rakennusten kokonaistiiviyyteen ja pientaloihin. Paikallisten vuotojen osalta mittaustoiminnassa on keskitytty lähinnä mittausten menetelmien kehittämiseen.



Ulkoseinä rakenne	lukumäärä kpl	keskiarvo 1/h	suurin arvo 1/h	pienin arvo 1/h
1 Hirsi tai ranko/lauta (purueristys)	5	7,3	10,4	6,0
2 Ranko/levy (mineraalivillieristys); paikalla tehty	43	8,5	17,8	2,9
3 Puuelementti	23	6,0	11,5	2,2
4 Betonisandwich	10	4,5	8,0	2,3
5 Kevytbetoni	9	3,2	4,7	1,0

Kuva 2. Painekokeiden tulokset (n₅₀) jaoteltuna ulkoseinä rakenteen mukaan. 90 pientaloa, joita rakennettaessa ulkovaipan ilmanpitävyyteen ei ollut kiinnitetty erityistä huomiota.

Rakennusten ilmanpitävyyksiä on mitattu Suomessa lähinnä ns. painekokeella, joka perustuu ruotsalaiseen menetelmästandardiin SS 021551. Suurin osa mittauksista on tehty pientaloissa kahdesta syystä. Ensinnäkin suurten rakennusten paineistaminen ja mittaukset ovat työläitä ja kalliita. Toisaalta kerrostaloissa tehdyt mittaukset ovat osoittaneet, että niissä ei juuri ole ongelmia kokonaisilmanvaihtuvuuden suhteen, vaan haitat koskevat paikallisia ilmavuotoja.

Kuvassa 2 on esitetty 90 pientalon mittaustulokset pääosin vuosilta 1979—1981. Rakennusten ilmanpitävyyteen ei ole tietoisesti pyritty vaikuttamaan vaan ne edustavat "normaalia" 1970-luvun tekniikkaa.

Ryhmän 1 talot on rakennettu ennen vuotta 1955 ja mineraalivillieristeiset talot vuoden 1955 jälkeen. Muut rakennukset on tehty pääasiassa 1970-luvulla ja etenkin sen loppupuolella.

Yksittäisten mittaustulosten ulkovaipan ilmanpitävyyttä kuvaava ilmavuotoluku n₅₀ on saatu mittaustulosten perusteella piirrettyä, ilmavuotoluvun n_p ja ulko- ja sisäilman välisen paineeron (sisäpuolisen alipaineen) välistä riippuvuutta esittävältä käyrältä 50 Pa:n paineeron kohdalta. Ilmavuotolukuja n_p määritettäessä mittaustilavuutena on käytetty piirustuksista mitattujen ulkovaipan sisämittojen mukaan laskettua rakennuksen tilavuutta. Ilmavuotolu-

kuihin on tehty ns. lämpötilakorjaus, jolloin on otettu huomioon sisälämpötila, ulkolämpötilan ja ilmavirtamittarin kalibrointilämpötila painekoetta koskevassa standardissa SS 021551 esitetyllä tavalla.

Kaikissa mittaustuloksissa ei saavutettu tavoitepainetta 50—60 Pa. Näissä tapauksissa ilmavuotoluku on arvioitu ekstrapoloimalla kaavasta $n_p = C \times (\Delta p)^\alpha$.

Vuotokerroin C ja eksponentti α on määritetty mittaustulosten perusteella.

Tulosten yhteenvetona voidaan todeta mm.:

- pientalojen ilmanpitävyys on melko suuri verrattuna esimerkiksi Ruotsin vaatimuksiin,

- suuren keskiarvon lisäksi merkillepantavaa on mittaustulosten suuri hajonta,

- puuelementtitalojen tiiviys on keskimäärin parempi kuin paikalla tehtyjen rakennusten,

- kiviaineisten rakennusten tiiviys on "luonnostaan" parempi kuin puurakennusten,

- paikalla tehdyistä puurunkoisista taloista uudet rakennukset ovat hatarampia kuin vanhat,

- betonirunkoisissa taloissa ontelolaattayläpohjaiset talot ovat tiiviimpiä kuin puuyläpohjaiset.

Betonielementtitaloista oli kuitenkin kaikkein tiivein 1979 rakennettu 1/2-

mankaltaisia kuin Suomessa ilmavuotoluvun¹⁾ n₅₀ ollessa suuruusluokkaa 5—10 l/h.

Vuoden 1978 kesäkuun loppuun mennessä valmistuneissa rakennuksissa suoritetuissa painekokeissa on saatu taulukossa 3 esitettyjä tuloksia /2/.

Viime vuosien aikana on Ruotsissa toteutettu monta koerakennushanketta, joissa eräänä tavoitteena on ollut aikaansaada mahdollisimman tiivis ulkovaippa. Tällaisista hankkeista mainittakoon Skutskär, Åkersberga, VILLA-80 ja Täby-projekti. Projekteihin liittyvissä kohteissa suoritetuissa painekokeissa on saatu erittäin pieniä n₅₀-arvoja pienimpien ollessa lukuarvoltaan 0,5—0,8.

Åkersberga-projektin viidessä kohteessa on sittemmin tehty uusintamitauksia vuoden välein. Ulkovaipan ilmanpitävyys heikkeni ensimmäisen vuoden aikana tuntuvasti, mutta sen jälkeen olennaisia muutoksia ei ole tapahtunut, ks. taulukko 4 /3/.

Ensimmäisen vuoden muutokset johdanevat pääasiassa rakennusten kuivumisesta, jolloin pieniä halkeamia on voinut muodostua etenkin välipohjien ja ulkoseinän liitoksissa.

Jørn T. Brunzell ja Sivert Uvsløkk ovat Norjassa mitanneet painekokeella rakennusten ulkovaipan ilmanpitävyyttä paikalla rakennetuissa puisissa omakotitaloissa sekä kerrostalohuoneistoissa /4/. Kerrostalohuoneistoja rajoittavat ulkoseinät ovat puurakenteisia. Mittaustulokset (ilmavuotoluvut n₅₀) olivat seuraavat:

- puiset omakotitalot (61 kpl):
keskiarvo 4,7 l/h
pienin arvo 2,0 l/h
suurin arvo 8,0 l/h

Talotyyppi materiaali ¹⁾	Lukumäärä	n ₅₀ , l/h keskiarvo	(Δ = 50 Pa) keskihajonta
O, 1-kerr., puu	70	3,79	1,32
O, 1½-kerr., puu	135	3,58	1,18
O, kevytbetoni	12	1,98	1,46
O, 1-kerr., puu + kevytbetoni	9	2,23	0,67
O, 1½-kerr., puu + kevytbetoni	17	3,74	0,76
R, 1-kerr., puu	33	2,89	1,02
R, 1½-kerr., puu	16	3,65	1,56
R, puu + kevytbetoni	5	1,72	0,18
K, betoni, kevyt ulkoseinät	23	0,96	0,34

¹⁾ O = omakotitalo, R = rivitalo, K = kerrostalo

Taulukko 3. Painekokeen tuloksia n₅₀ Ruotsissa /2/.

	Ilmavuotoluku 1/h 50 Pa:n paineessa			
	lokakuu 1977	helmikuu 1979	helmikuu 1980	helmikuu 1981
A1	0,8	1,6	1,5	1,8
A2	0,7	1,1	1,2	1,3
A3	0,7	1,5	1,4	1,4
A4	0,7	1,0	1,1	1,4
A5	0,8	1,2	1,3	1,3

Taulukko 4. Eräiden pientalojen ilmanpitävyyden pysyvyys painekokeella mitattuna (n₅₀) /3/.

- kerrostalohuoneistot (34 kpl):
keskiarvo 1,3 l/h
pienin arvo 0,5 l/h
suurin arvo 1,8 l/h

Kirjallisuutta:

/1/ Nylund, P. O.: Tjyvdrag och ventilation. Stockholm 1979. Statens råd för byggnadsforskning, T4:1979. 64 s.

/2/ Kronvall Johnny: Mätningar och mätmetoder för lufttätthet. Stockholm 1979. Statens råd för byggnadsforskning, T6:1979. 61 s.

/3/ Elmroth A., Lögdberg, A.: Klarar vi klimatet i tätä varma hus? Byggingindustrin (1981):8. s. 23—27.

/4/ Brunzell, J. T., Uvsløkk S.: Boligers lufttethet, Oslo 1980. Norges Byggeforskningsinstitutt. Arbeidsrapport 31. ■

LVI-suunnittelutoimistoja

*SKÖL ry:n jäsen

ESPOO

KUPARI CONSULTING*

ERKKI KUPARI CONSULTING LTD OY
ELECTRICAL & MECHANICAL ENGINEERING
Itätuulentie 1, 02100 Espoo 10.
Puh. 90-4550455.

HELSINKI

LVI- ja Sähkökonsultit
Hepacon Oy*

HEPACON OY
LVI
KONSULTIT

Atomitie 5 B, 00370
Helsinki 37, puh. 90-562 5144

INS.TSTO W. ZENNER

LVI-suunnittelu, mittaukset ja laboratorio-
tutkimukset
LVI-laitosten toiminnan tarkastukset piirtureilla
Vähäntie 11 C HKI 30 puh. 90-585 044

LVI-suunnittelua

Ilmanvaihtosuunnittelu Eila Suni

Kumpulantie 17 B, 00520 Helsinki 52
puh. 701 3277

OY VESI-HYDRO AB*

Sentnerikuja 1, 00440 Helsinki 44,
puh. 90-56 501
Keskustori 4, 60100 Seinäjoki 10,
puh. 964-23 747



IMATRA

LVI-INSINÖÖRITOIMISTO
Ohikari Oy

Helsingintie 1, 55100 Imatra 10, puh. 954-64 653

PORI



SATASUUNNITTELU Ky
Otavankatu 5, 28100 Pori 10, puh. 939-411 770

Astepäiväluvut

Vuosi Kuukausi	Maarian- hamina	Helsinki- Vantaa	Turku	Tampere	Lappeen- ranta	Jyväskylä	Vaasa	Joensuu	Kajaani	Oulu	Sodan- kylä	Ivalo
tammikuu	651	783	713	772	787	818	753	853	896	821	983	972
helmikuu	619	683	667	700	717	734	692	767	790	760	857	875
maaliskuu	611	654	639	676	676	694	673	725	747	744	815	824
huhtikuu	438	444	444	444	447	468	471	483	504	513	576	596
toukokuu	280	183	213	211	166	249	293	265	316	310	388	414
kesäkuu	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	75	121
heinäkuu	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8
elokuu	—	—	—	—	—	—	—	—	35	16	108	157
syyskuu	130	154	178	193	150	268	222	224	264	243	324	333
lokakuu	319	378	366	394	400	434	409	431	453	446	539	550
marraskuu	441	492	483	507	528	558	525	567	609	573	702	708
joulukuu	546	626	611	648	679	707	642	729	781	713	877	893
Yhteensä	4035	4370	4310	4550	4550	4930	4680	5040	5395	5150	6244	6451

Keskimääräiset lämmitysastepäiväluvut 1970—1979

	Maarian- hamina	Helsinki- Vantaa	Turku	Tampere	Lappeen- ranta	Jyväskylä	Vaasa	Joensuu	Kajaani	Oulu	Sodan- kylä	Ivalo
tammikuu	602	706	676	734	788	786	709	842	850	807	952	939
helmikuu	598	672	647	697	730	744	687	786	801	766	858	848
maaliskuu	574	602	593	622	630	656	628	676	701	677	761	745
huhtikuu	450	445	441	462	463	492	477	504	533	513	594	595
toukokuu	231	171	173	184	180	212	230	231	261	268	357	378
kesäkuu	30	18	18	27	28	40	33	47	60	48	110	145
heinäkuu	12	6	8	10	7	13	13	10	21	15	52	73
elokuu	19	26	23	31	33	55	42	57	72	54	141	146
syyskuu	170	198	184	219	214	260	228	247	276	255	336	335
lokakuu	347	399	385	417	435	462	423	476	501	481	577	575
marraskuu	434	497	482	518	537	567	536	588	625	610	756	757
joulukuu	546	637	617	668	699	727	663	756	785	743	879	857
Yhteensä	4013	4377	4247	4589	4744	5014	4669	5220	5486	5237	6373	6393

Vuosi 1981

tammikuu	602	655	652	705	708	724	707	756	793	804	920	972
helmikuu	565	643	631	693	696	751	698	775	816	793	907	865
maaliskuu	630	708	691	747	756	806	784	843	887	876	993	979
huhtikuu	443	456	451	484	493	503	485	528	549	519	599	602
toukokuu	147	125	93	108	134	155	149	196	202	171	322	374
kesäkuu	34	17	17	44	17	61	43	37	112	107	209	265
heinäkuu	5	0	0	0	0	0	6	0	0	0	30	75
elokuu	44	46	50	64	37	97	75	64	101	89	180	187
syyskuu	159	181	166	220	199	240	240	251	284	267	335	337
lokakuu	300	331	324	353	361	368	376	373	413	399	503	500
marraskuu	444	510	495	537	542	567	549	575	605	598	713	709
joulukuu	659	714	715	780	756	823	836	824	892	902	1194	1136
Yhteensä	4032	4386	4285	4735	5095	5095	4948	5222	5654	5525	6905	7001

Vuosi 1982

tammikuu	704	847	819	909	941	993	918	1066	1116	1049	1159	1052
helmikuu	601	635	622	663	697	704	664	740	750	707	739	714