

SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA

Ilmanvaihdon äänenvaimentimet Tyyppihyväksyntäohjeet 2008

Ympäristöministeriön asetus ilmanvaihdon äänenvaimentimien tyyppihyväksynnästä

Annettu Helsingissä 10 päivänä marraskuuta 2008

Ympäristöministeriön päätöksen mukaisesti säädetään rakennustuotteiden hyväksynnästä 13 päivänä maaliskuuta 2003 annetun lain (230/2003) 10 §:n sekä 5 päivänä helmikuuta 1999 annetun maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 13 §:n nojalla ilmanvaihdon äänenvaimentimien tyyppihyväksynnässä noudatettaviksi seuraavat ohjeet.

Tämä asetus tulee voimaan 15 päivänä marraskuuta 2008.

Helsingissä 10 päivänä marraskuuta 2008

Asuntonministeri *Jan Vapaavuori*

Yli-insinööri Pekka Kalliomäki

Ilmanvaihdon äänenvaimentimien tyyppihyväksyntä

Ohjeet 2008

Sisällys

- 1 SOVELTAMISALA
 - 2 RAKENTAMISMÄÄRÄYKSET JA OHJEET
 - 3 HYVÄKSYNNÄN PERUSTEET
 - 3.1 Materiaalit
 - 3.2 Mittatarkkuus ja yhteensopivuus
 - 3.3 Lujuus
 - 3.4 Tiiviys
 - 3.5 Puhtaus
 - 3.6 Virtaustekniset ominaisuudet
 - 3.7 Äänitekniset ominaisuudet
 - 4 TYYPPITARKASTUS JA –KOKEET
 - 4.1 Yleistä
 - 4.2 Asiakirjojen tarkastus
 - 4.3 Valmistajan mittaukset
 - 4.4 Tyypikokeet
 - 4.5 Testausraportti
 - 5 LAADUNVALVONTA
 - 5.1 Yleistä
 - 5.2 Sisäinen laadunvalvonta
 - 5.3 Ulkopuolinen laadunvalvonta
 - 5.4 Laadunvalvontasopimus
 - 6 MERKITSEMINEN
 - 7 HAKEMUKSESSA ESITETTÄVÄT TIEDOT
- VIITTAUKSET

1

SOVELTAMISALA

Nämä ohjeet koskevat tehdasvalmisteisia kanavaäänenvaimentimia ja ilmastointikoneen äänenvaimentimia. Äänenvaimentimille voidaan myöntää tyyppihyväksyntä siltä osin kuin äänenvaimentimen ominaisuuksia ei voida osoittaa harmonisoituun tuotestandardiin tai eurooppalaiseen tekniseen hyväksyntään perustuvalla CE-merkinnällä.

Tyyppihyväksyntä on kokonaisarviointi, joka käsittää aina vähintään seuraavat äänenvaimentimen ominaisuudet:

- materiaaliominaisuudet;
- mittatarkkuus ja yhteensopivuus;
- lujuus;
- tiiviys;
- puhtaus;
- virtaustekniset ominaisuudet; sekä
- äänitekniset ominaisuudet.

2

RAKENTAMISMÄÄRÄYKSET JA OHJEET

Äänenvaimentimien ominaisuuksia koskevat määräykset ja ohjeet on annettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osissa

- D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet;
- E1 Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet; sekä
- E7 Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus, ohjeet.

3

HYVÄKSYNNÄN PERUSTEET

3.1 Materiaalit

3.1.1

Äänenvaimentimien vaippa on tehtävä paloluokituksestaan vähintään A2-s1, d0 –luokan rakennustarvikkeista.

3.1.2

Teräslevystä valmistettujen äänenvaimentimien vaipan materiaalin nimellispaksuudet eri kokoluokissa tulee olla vähintään seuraavat:

- 1) pyöreillä äänenvaimentimilla, joiden ulkohalkaisija on enintään 315 mm, paksuuden tulee olla vähintään 0,5 mm;
- 2) pyöreillä äänenvaimentimilla, joiden ulkohalkaisija on enemmän kuin 315 mm mutta enintään 800 mm, paksuuden tulee olla vähintään 0,7 mm;
- 3) pyöreillä äänenvaimentimilla, joiden ulkohalkaisija on enemmän kuin 800 mm mutta enintään 1250 mm, paksuuden tulee olla vähintään 0,9 mm
- 4) suorakaideäänenvaimentimilla, joiden pitemmän sivun pituus on enintään 300 mm, paksuuden tulee olla vähintään 0,5 mm;
- 5) suorakaideäänenvaimentimilla, joiden pitemmän sivun pituus on enemmän kuin 300 mm mutta enintään 800 mm, tule paksuuden olla vähintään 0,7 mm; sekä
- 6) suorakaideäänenvaimentimilla, jonka pitemmän sivun pituus on enemmän kuin 800 mm, tulee paksuuden olla vähintään 0,9 mm.

3.1.3

Valmistuksessa käytetyn teräslevyn molempien puolten sinkkipinnoitteiden yhteismassan tulee olla vähintään 275 g/m².

3.1.4

Äänenvaimentimissa sekä niiden liitoksissa ja varusteissa voidaan käyttää vähäisessä määrin myös muita kuin A2-s1, d0-luokan tarvikkeita.

3.2 Mittatarkkuus ja yhteensopivuus

3.2.1

Äänenvaimentimien valmistusmittojen mittatarkkuutta koskevat vaatimukset on esitetty standardeissa SFS-EN 1505 ja SFS-EN 1506.

Poikkileikkaukseltaan pyöreiden äänenvaimentimien mittatarkkuus tarkastetaan kehänpituusmittauksena ja / tai mittatulkkimittauksena.

Poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoisten äänenvaimentimien mittatarkkuus tarkastetaan mittamalla sivujen sisämitat.

Mittatarkkuuden tarkistuksessa käytettävien mittojen ja tulkkien epätarkkuus saa olla enintään 1/3 kanavien ja kanavanosien mittojen toleranssialueesta.

3.2.2

Sovellettavat pyöreiden kanavien yhteensopivuusvaatimukset ovat seuraavat:

- kanavan sisähalkaisijan tulee olla standardin SFS-EN 1506 mukainen;
- sisäpinnan tulee olla sileä sauman kohdalta, sauman paksuus saa olla enintään 4 mm ja leveys enintään 8 mm; sekä
- halkaisijaltaan vähintään 315 mm olevissa kanavissa saa käyttää yhtä tai kahta jäykisteprofiilia, jonka maksimikorkeus on 3 mm ja nousukulma enintään 25°.

3.2.3

Sovellettavat pyöreiden kanavien kanavanosien ja varusteiden yhteensopivuusvaatimukset ovat seuraavat:

- kanavaliitokset ja -osat sekä -varusteet on voitava asentaa edellä esitetyt vaatimukset täyttäviin kanaviin siten, että liitokset ovat tiiviitä; sekä
- liitoskappaleessa tulee olla ulkohalkaisijaltaan standardin SFS-EN 1506 mukainen asennusta ohjaava kohta.

3.3 Lujuus

3.3.1

Äänenvaimentimien on kestettävä ilmanvaihtojärjestelmässä esiintyvät painevaihtelut ja muut rasitukset.

Äänenvaimentimien lujuus määritetään standardin SFS 3542 mukaisella tiiviysmittauksen kojärjestelyllä. Koepaine on +2000 / -1000 Pa tai valmistajan määrittelemä suurempi koepaine.

3.4 Tiiviys

3.4.1

Äänenvaimentimien suurin sallittu vuoto on enintään Suomen rakennusmääräyskokoelman osassa D2 esitetyn tiiviysluokan C mukainen.

3.4.2

Eri tiiviysluokkien suurimmat sallitut vuodot (q_{VIA}) esitetään taulukossa 1. Suurin sallittu vuoto (q_{VIA}) määritetään yhtälöstä $q_{VIA} = k p_s^{0,65}$ [$dm^3/s/m^2$], missä p_s on koepaine [Pa] ja missä kerroin k on taulukon 1 mukainen.

Taulukko 1. Ilmakanavien ja kanavaosien suurimmat sallitut vuotoilmavirrat vaipan pinta-alaa kohti q_{VIA} , [$dm^3/s/m^2$], eri tiiviysluokissa. p_s on koepaine, [Pa].

Tiiviysluokka	Sallittu vuotoilmavirta q_{VIA} , [$dm^3/s/m^2$]
(A)	$0,027 p_s^{0,65}$
B	$0,009 p_s^{0,65}$
C	$0,003 p_s^{0,65}$
D	$0,001 p_s^{0,65}$
E	$0,0003 p_s^{0,65}$

3.4.3

Sallitut vuodot määritellään tuotteiden vaipan pinta-alaa kohti. Äänenvaimentimien pinta-alan laskennassa ei käytetä todellista (ulkovaipan) pinta-alaa vaan ns. laskennallista pinta-alaa, joka on liitoskanavan poikileikkauksen piiri kertaa äänenvaimentimen hyötYPitus. HyötYPitus on äänenvaimentimen aikaansaa-
ma aksiaalinen kanaviston pituuden lisäys.

Jos äänenvaimennin on varustettu tiivisteillä, on pinta-ala vaipalle ja liitoksille määritettyjen pinta-alojen summa.

Äänenvaimentimien laskennalliset pinta-alat A , m^2 , määritellään seuraavasti (pituusmitat metreinä):

Tiivisteetön: $A = U_1 l_1$

Tiivisteellinen: $A = U_1 l_1 + 2 U_1 l_2$

Laskelmissa käytettävät merkinnät on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Laskelmissa käytetyt tunnuksset.

Suureen nimi	Merkintä
laskennallinen pinta-ala	A
hyötypituus	l_1
liitoksen laskennallinen pituus = 0,25 m	l_2
nimellishalkaisija	d_1
suorakaidekanavien sivujen nimellimitat	a ja b
poikkileikkauksen piiri, pyöreät kanavat πd_1 ja suorakaidekanavat $2(a+b)$	U_1

Äänenvaimentimien nimellimitat määritetään standardien SFS-EN 1505 ja SFS-EN 1506 mukaan.

3.4.4

Tiiviyys mitataan lujuuskokeen jälkeen.

3.4.5

Äänenvaimentimien tiiviyys mitataan standardin SFS 3542 mukaisella koejärjestelyllä. Koepaine on ± 1000 Pa tai valmistajan määrittelemä suurempi koepaine.

3.5 Puhtaus

3.5.1

Valmistajan on esitettävä puhtauden varmistusmenettelyt.

3.6 Virtaustekniset ominaisuudet

3.6.1

Äänenvaimentimien painehäviö eri ilmavirroilla tai kokonaispaineen kertavastuskerroin tulee ilmoittaa.

Äänenvaimentimen painehäviötä ei tarvitse ilmoittaa, mikäli ilman virtaustien poikkipinnan ala tai muoto äänenvaimentimessa ei poikkea liitoksen poikkipinnasta.

3.6.2

Äänenvaimentimen painehäviö mitataan standardin ISO 7235 mukaisesti.

3.7 Äänitekniset ominaisuudet

3.7.1

Äänenvaimentimen äänenvaimennus tulee ilmoittaa oktaavikaistoittain taajuusalueella 63...8000 Hz.

Virtauksen synnyttämä äänitehotaso tulee ilmoittaa oktaavikaistoittain taajuusalueella 63...8000 Hz äänenvaimentimen toiminta-alueella.

Äänenvaimentimen äänenkehitystä ei tarvitse ilmoittaa, mikäli ilman virtaustien poikkipinnan ala tai muoto äänenvaimentimessa ei poikkea liitoksen poikkipinnasta.

3.7.2

Äänenvaimentimen äänenvaimennus mitataan standardin ISO 7235 tai ISO 11691 mukaisesti.

Äänenvaimentimen äänenkehitys mitataan standardin ISO 7235 mukaisesti.

TYYPPI-TARKASTUS JA -KOKEET

4.1 Yleistä

4.1.1

Tyyppitarkastuksessa selvitetään tuotteen vaatimustenmukaisuus tyyppihyväksyntää varten. Tyyppitestit tulee suorittaa tyyppihyväksyntälaitoksen hyväksymässä testauslaitoksessa.

Tyyppikokeilla tarkastetaan pistokoeluonteisesti valmistajan ilmoittamat tuotteen ominaisuudet ja suorituserot. Testausten yhteydessä käytetään hyväksi myös valmistajan esittämiä testaustuloksia ja selvityksiä, jotka testauslaitos tarkistaa asiakirjojen tarkastuksen yhteydessä.

4.2 Asiakirjojen tarkastus

Valmistaja tai muu tyyppihyväksynnän hakija toimittaa tuotteista testauslaitokselle tarkastusta varten seuraavat asiakirjat:

a) Selvitys tuotteesta ja sen rakenteesta

- tuoteluettelo, joka sisältää tuotetunnukset ja koot sekä piirustusnumerot
- materiaalit
- valmistustapa
- rakenne- ja mittapiirustukset tai vastaavat selvitykset
- tiivistemateriaalin ominaisuudet ja vanheneminen, selvitys esimerkiksi standardin SFS 5462 mukaisesti
- tiiviysluokka
- tiivisteiden mittapiirustukset ja toiminta liitoksessa, selvitys esimerkiksi standardin SFS 5462 mukaisesti
- puhtauden varmistusmenettelyt (esimerkiksi mahdollinen puhtausluokitus, kanavien tulppaus ja kanavanosien pakkaaminen).

b) Selvitys tuotteille tehdyistä testauksista

- raportit valmistajan suorittamista tiiviysmittauksista ja yhteenveto niistä (pöytäkirjoista tulee ilmetä ainakin tuote, pinta-ala, sallittu vuoto ja mitattu vuoto)
- raportti virtausteknisistä kokeista
- raportti ääniteknisistä kokeista
- raportti muista testaustuloksista ja hyväksynnöistä

c) Selvitys tuotteen käytöstä

- käyttötarkoitus
- mahdolliset käyttörajoitukset
- käyttöikäarvio

d) Tuotetta koskevat ohjeet

- kuljetus-, varastointi- ja käsittelyohjeet, joista tulee selvästi ilmetä kuinka varmistetaan tuotteen laadun säilyminen valmistuspaikalta työmaalle ja edelleen valmiiksi asennetuksi kanaviston osaksi
- asennusohjeet, joista ilmenee mm. kannakointitapa- ja väli, liitosten tekotapa
- selvitys kierrätettävyydestä.

4.3 Valmistajan mittaukset

Valmistajan tai maahantuojan on osoitettava omin mittauksin mittatarkkuuden ja tiiviysvaatimusten toteutuminen.

4.4 Tyypikokeet

4.4.1

Materiaalivaatimusten toteutuminen selvitetään tarkistamalla materiaalien aineodistukset, tuoteselosteet tai tietolomakkeet.

4.4.2

Testauslaitoksen tekemiin tyypikokeisiin valitaan näytteet tuotannossa olevista tuotteista pistokoekoeluohteisesti. Testattavien äänenvaimentimien määrän tulee olla riittävän suuri, jotta ne edustaisivat tyyppihyväksyttävää tuotesarjaa, kuitenkin vähintään 2 kpl / testattava koko. Samalla seinämän paksuudella ja menetelmällä valmistetuista erikokoisista äänenvaimentimista valitaan yhdessä testauslaitoksen kanssa testauksiin kokoja, jotka kuvaavat edustavasti tuotesarjaa.

Tuotteet testataan luvussa 3 esitettyjen koemenetelmien mukaisesti. Mikäli ne eivät riittävästi kuvaa tuotteen erityisominaisuuksia, voidaan näiden selvittämiseksi käyttää muita sopivia koemenetelmiä.

4.5 Testausraportti

Testauslaitos laatii testausraportin, jossa esitetään tyyppitarkastuksen ja -kokeiden tulokset ja todetaan kohtien 3.1 – 3.7 mukaisesti tuotteen vaatimustenmukaisuus.

5

LAADUNVALVONTA

5.1 Yleistä

Tyyppihyväksyntä edellyttää valmistajan omaa sisäistä laadunvalvontaa. Valmistajalla tulee olla kirjallinen kuvaus laadunvalvontamenettelystä.

Lisäksi valmistajan tulee sopia jatkuvasta ulkopuolisesta laadunvalvonnasta tyyppihyväksyntäpäätöksen antajan hyväksymän laadunvalvojan kanssa. Laadunvalvojalla on oikeus ulkopuolisen valvonnan yhteydessä tutustua valmistajan suorittaman sisäisen laadunvalvonnan asiakirjoihin sekä tuotteen valmistus- ja varastointitiloihin. Jos tyyppihyväksynnän saaja ei ole tuotteen valmistaja, hän huolehtii siitä, että laadunvalvoja saa tiedot valmistajan sisäisen laadunvalvonnan asiakirjoista.

Jos tuotteen raaka-aineissa, laadussa tai valmistuksessa mukaan lukien asennusmenetelmät ja –tarvikkeet tapahtuu sellaisia muutoksia, jotka saattavat vaikuttaa tuotteen tyyppihyväksytyihin ominaisuuksiin, on valmistaja velvollinen ilmoittamaan kirjallisesti etukäteen tästä tyyppihyväksynnän antajalle ja laadunvalvojalle.

Uusintatestausten tarve määritetään muutosten merkittävyyden perusteella tapauskohtaisesti.

Mikäli maahantuoja on tyyppihyväksynnän hakija, tulee maahantuojan yksityiskohtaisesti selvittää, millainen laadunvalvonta valmistajalla on.

5.2 Sisäinen laadunvalvonta

5.2.1

Yritys nimeää tuotteen laadunvalvonnasta vastaavan henkilön.

5.2.2

Valmistajan suorittamaan jatkuvaan sisäiseen laadunvalvontaan kuuluvat vähintään tässä kohdassa esitetyt testaukset ja tarkastukset.

5.2.3

Tuotteen valmistajalla tai maahantuojalla tulee olla valmius materiaalin paksuuden, tuotteiden mittatarkkuuden ja tiiviyn mittaamiseksi.

Rullana toimitettavan materiaalin ainespaksuudet mitataan mikrometrillä pistokokein rullan eri kohdista sekä rullan alusta ja lopusta. Levytavarana toimitetusta pelistä mitataan ainakin yksi levy pakkausyksikköä kohden.

Tiivistemateriaalin ominaisuudet ja mitat tarkistetaan asiakirjoista kustakin valmistajalle toimitetusta erästä.

Tuotteiden mittatarkkuus tarkastetaan mittaamalla.

Tuotteiden tiiviys tarkastetaan mittaamalla.

5.2.4

Valmistaja säilyttää suorittamansa laadunvalvonnan asiakirjat vähintään kymmenen vuotta.

5.2.5

Valmistajalla tulee olla tarkoituksenmukainen menettely reklamaatioiden vastaanottamista ja käsitteilyä varten.

5.2.6

Valmistaja huolehtii siitä, että tuotteita, jotka eivät täytä tyyppihyväksytyjen ominaisuuksien vaatimuksia, ei myydä eikä luovuteta tyyppihyväksyntämerkillä varustettuina.

5.3 Ulkopuolinen laadunvalvonta

5.3.1

Hyväksyntälaitos arvioi ja hyväksyy ulkopuolisen laadunvalvojan. Laadunvalvoja raportoi valvonnan tuloksista tyyppihyväksynnän saajalle ja hyväksynnän antajalle.

5.3.2

Ulkopuoliseen laadunvalvontaan kuuluu valmistajan sisäisen laadunvalvonnan katselmus, näytteenotto ja näytteiden testaukset tehtaalla. Ulkopuolinen laadunvalvonta suoritetaan vähintään kerran vuodessa.

Ulkopuolisen laadunvalvonnan tulokset raportoidaan jokaisen tarkastuskäynnin jälkeen valmistajalle ja tyyppihyväksynnän saajalle sekä vähintään kerran vuodessa hyväksynnän antajalle.

Jos tarkastuskäynnin yhteydessä tuotteessa todetaan puutteita tai virheitä tai jos muutoin on aihetta epäillä hyväksynnän kohteena olevan tuotteen ominaisuuksien muuttuneen, ulkopuolisen laadunvalvojan on ilmoitettava asiasta välittömästi tarkastuskäynnin jälkeen tuotteen valmistajalle, tyyppihyväksynnän saajalle ja antajalle.

5.4 Laadunvalvontasopimus

5.4.1

Tyyppihyväksytyyn tuotteen valmistukseen liittyvän laadunvalvonnan varmentamisen tulee perustua tyyppihyväksyntälaitoksen hyväksymän laadunvalvojan ja valmistajan väliseen sopimukseen. Sopijapuolet määrittelevät tuotekohtaisesti laadunvalvonnan sisällön kuultuaan tyyppihyväksyntälaitosta. Laadunvalvontasopimus tehdään ennen kuin tyyppihyväksyntäpäätös myönnetään. Sopimuksen tulee sisältää ainakin seuraavat kohdat:

1. Laadunvalvonnan piiriin kuuluvat tuotteet
2. Laadunvalvonnan tarkoitus ja sisältö
3. Raportointi valvontaelimelle
4. Laskutus
5. Valmistajan velvollisuudet
6. Laadunvalvojan velvollisuudet
7. Muutokset
8. Sopimuksen voimassaoloaika
9. Muut ehdot

Sopimuksen liitteistä tulee ilmetä seuraavat tiedot:

1. Tuoteluettelo/valmistuspaikat
2. Tuotteille asetetut vaatimukset. Tässä kohdassa luetellaan yksityiskohtaiset vaatimukset, kuten materiaaleja, mittoja, kiinnityksiä, läpivientejä jne. koskevia vaatimuksia.
3. Valmistajan laadunvalvonta
4. Laadunvalvojan laadunvalvonta
5. Laskutusperusteet
6. Vajaalaatuisuus; valmistajan toimenpiteet
7. Tuotteen merkitseminen
8. Laadunvalvojan muut ehdot.

6

MERKITSEMINEN

Tyyppihyväksytty äänenvaimennin tulee merkitä tyyppihyväksyntämerkillä ja valmistajan tunnuksella tyyppihyväksyntäpäätöksessä edellytetyllä tavalla.

Tyyppihyväksytyyn äänenvaimentimen merkinnästä tulee lisäksi käydä ilmi:

- valmistajan tai hakijan nimi tai tunnus
- tyyppi- ja kokomerkintä
- tiiviysluokka
- valmistusajankohta
- tyyppihyväksyntäpäätöksen numero.

HAKEMUKSESSA ESITETTÄVÄT TIEDOT

Tyyppihyväksyntää haetaan vapaamuotoisella hakemuksella tai hakulomakkeella.

Hakemuksesta tulee käydä ilmi seuraavat tiedot:

- hakija (yrityksen nimi, yhteystiedot);
- valmistaja (mikäli eri kuin hakija), tarvittaessa rekisteritieto;
- valtakirja, jos hakija on muu kuin tuotteen valmistaja;
- hakijan asiaa hoitavan henkilön yhteystiedot;
- kohdassa 4.2 luetellut asiakirjat;
- testauslaitoksen lausunto tai luokitusraportti tyyppihyväksyntää varten
- selvitys sisäisestä laadunvalvonnasta.

Päätöksen antaja voi vaatia hakemusta käsitellessään lisäselvityksiä. Hakijan on myös varauduttava toimittamaan kaikki hakemusasiakirjat laadunvalvontasopimuksen liitteeksi.

VIITTAUKSET

1. D2, Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2003.
2. E1, Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2002.
3. E7, Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus. Ohjeet 2004.
4. SFS-EN 1505, Ilmastointitekniikka. Suorakaidekanavat ja kanavaosat, metallilevystä valmistetut. Mitat. 1998
5. SFS-EN 1506, Ilmastointitekniikka. Pyöreät kanavat ja kanavaosat, metallilevystä valmistetut. Mitat. 1998
6. SFS 3542, Ilmastointikanavat. Lujuus- ja tiiviystestaus. 1987. 2.painos
7. ISO 7235:2003. Acoustics - Laboratory measurement procedures for ducted silencers and air-terminal units - Insertion loss, flow noise and total pressure loss.
8. ISO 11691:1995 Acoustics - Measurement of insertion loss of ducted silencers without flow - Laboratory survey method.
9. SFS 5462, Ovet ja ikkunat. Tiivisteet. Vaatimukset ja testaus. 1988