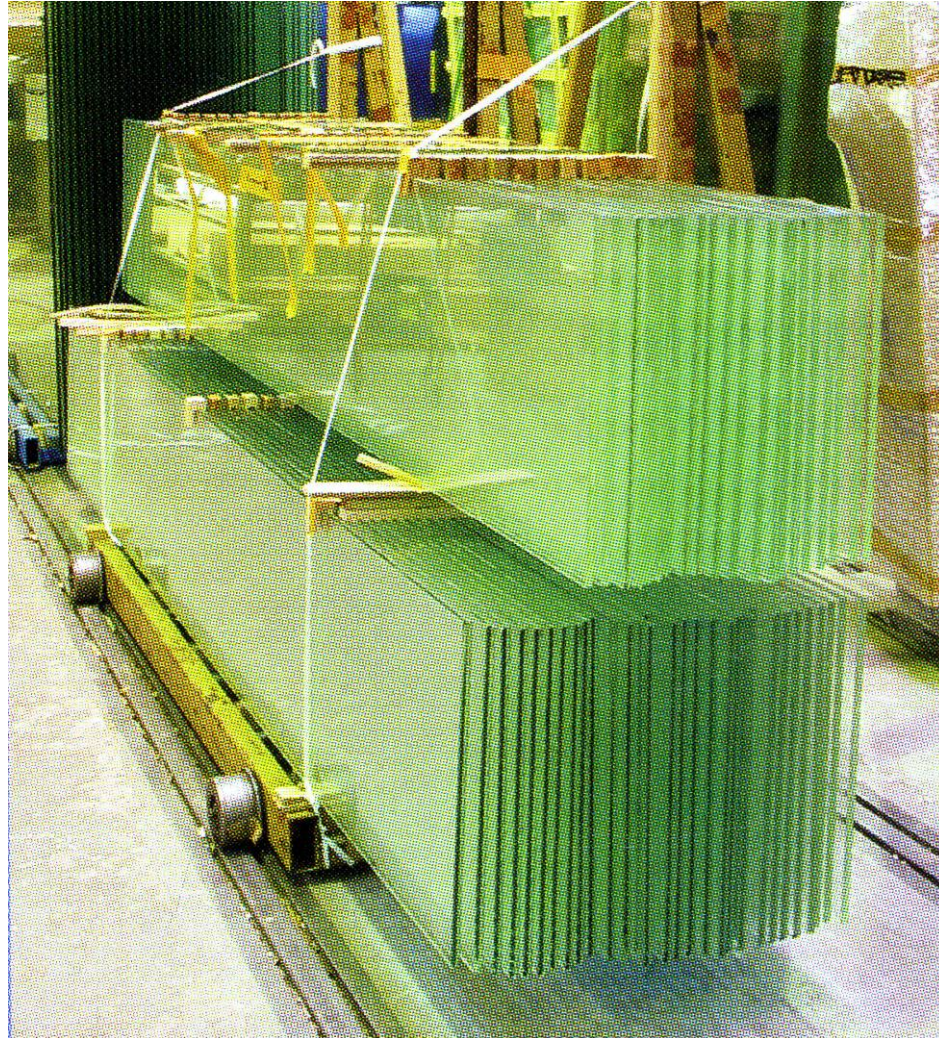


LASI



A-9.1115 Rakennusopin perusteet 2

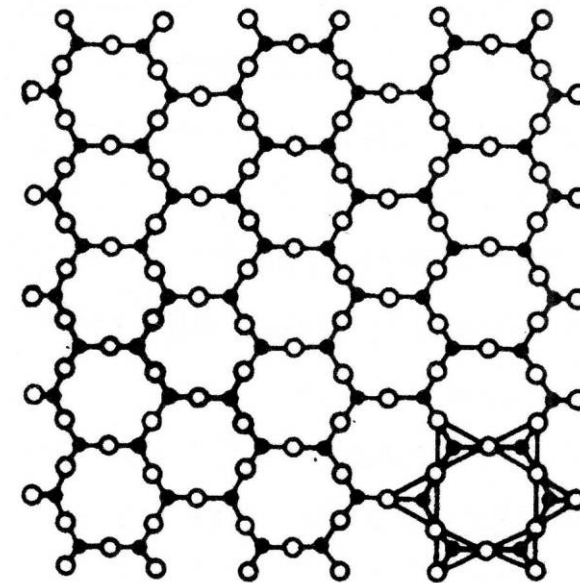
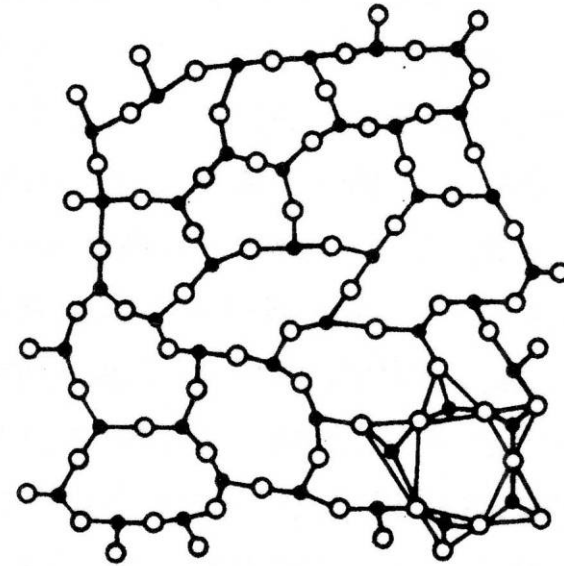
TKK Arkkitehtiosasto Rakennusoppi 2007-08

Mitä lasi on?

Lasi on kova, hauras ja yleensä läpinäkyvä aine, joka muodostuu epäorgaanisen aineen jäähtyessä kiteytymättä. Lasin molekyylirakenne on amorfinen (avoin ja säännötön).

Lasin raaka-aineet

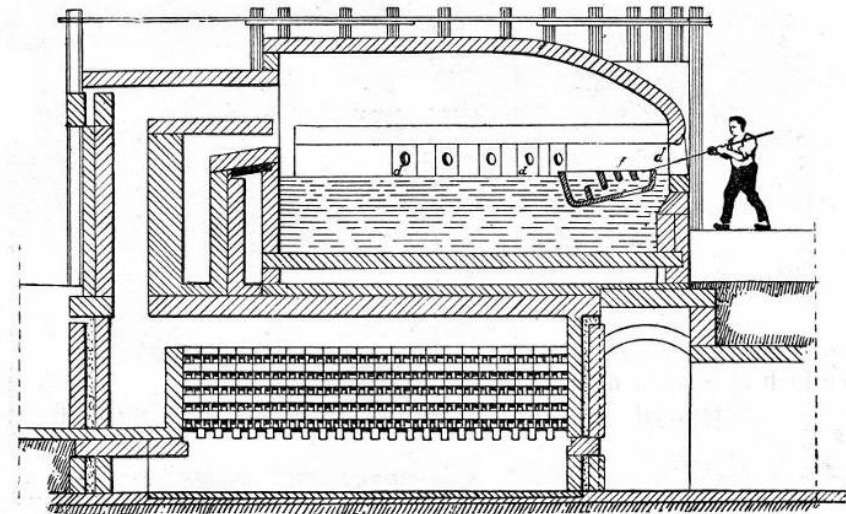
- Lasimuodostajat, joista tärkein on kvartsihiekkä (40 – 80 %)
- Juoksutinaineet "laimentavat" kovan kvartsin ja alentavat sulamislämpötilaa; niistä tärkein on kalsinoitu sooda
- Stabilisaattorit estävät seosta hajaantumasta ilman vaikutuksesta; tärkein on kalkkikivi
- Siru on hylkylasimurskaa
- Lisäksi pieniä määriä selkeyttämis-, värinpoisto-, samennus- tai väriaineita



2D presentations of $[\text{SiO}_4]_4$ tetrahedra in quartz glass (top) and rock crystal (bottom)

Lasin historiaa

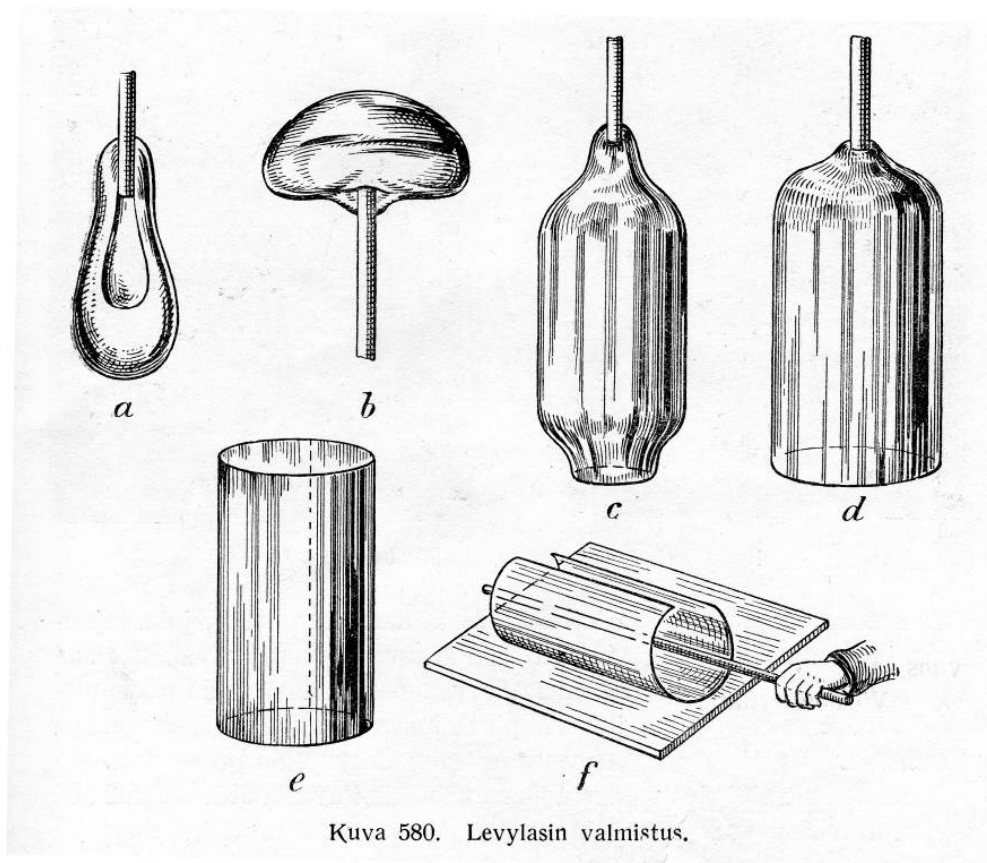
- Lasia on osattu valmistaa ainakin 5000 vuotta (Mesopotamia, Egypti)
- Lasinpuhallus: Sidon, Syyria 200 eKr
- Rakennuslasi: Rooma, Pompeii
- Suomen 1. lasitehdas: Uusikaupunki 1681, Gustav Jung
- Upokasuuni (kuvassa 1600-luvulta)
- Jatkuvatoiminen ammeuuni: Siemens 1856
- Väritöntä lasia alettiin valmistaa 200- ja 300-luvuilla jKr
- Väritön ikkunalasi yleistyi Suomessa vasta 1780-luvulla
- Puristelasi USA:ssa 1820-luvulla; Suomessa Nuutajärvellä 1852
- Lasin vetäminen: Emile Fourcalt 1902; Suomessa käyttöön 1926
- Lasin valssaus: Max Bicheroux 1919
- Float-lasi: Alastair Pilkington 1952



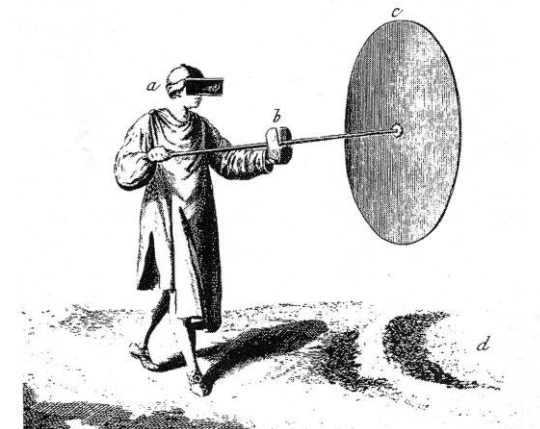
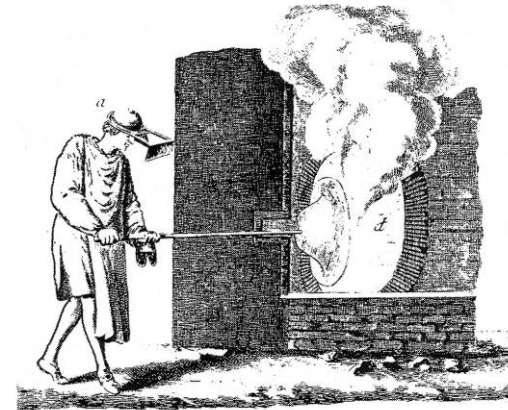
Kuva 574. Siemensin jatkuvasti toimiva uuni.

Tasolasin valmistus käsin:

- sylinterilasi (vas.)
- häränsilmä- eli pullonpohjalasi (oik.)
- molempia käytettiin keskiajalta 1900-luvun alkuun
- sula lasi synnyttää infrapunasäteilyä; huomaa silmäsuojus

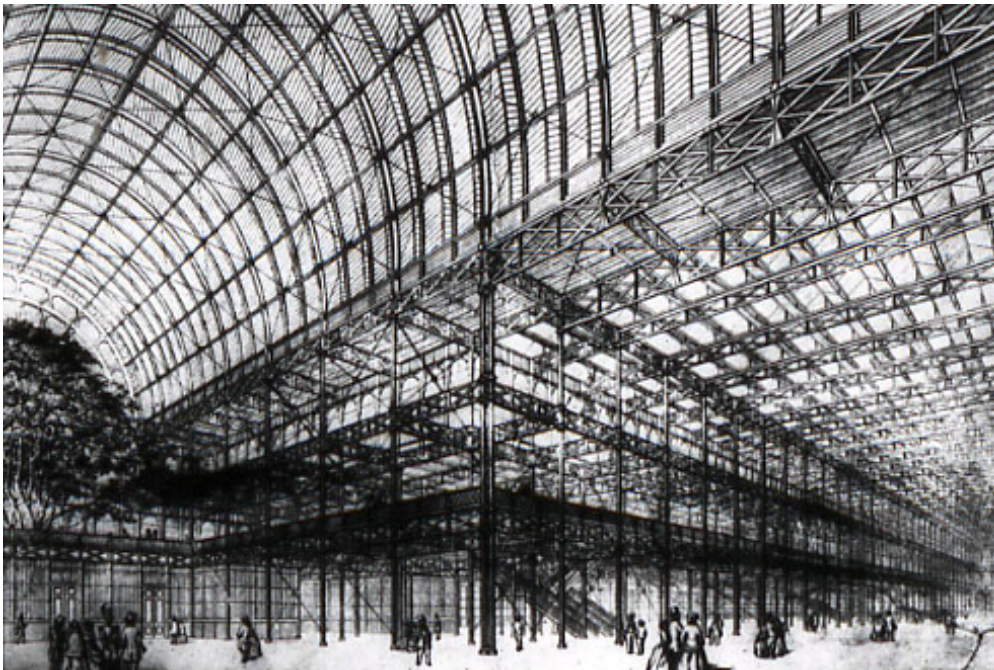
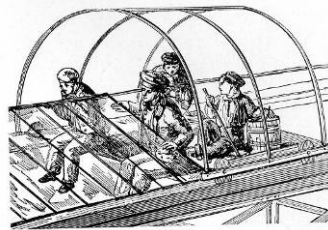


Kuva 580. Levylasin valmistus.



Lasin historiaa

Käsin valmistetut lasiruudut olivat aluksi huonosti läpinäkyviä ja pienikokoisia: saksalaisen maalaistalon ikkuna (oik. ylh.). Kristallipalatsin (Joseph Paxton 1851) lasit puhallettiin sylinteritekniikalla ja asennettiin lasitusvaunulla (vas.) Konelasi ja pilari-laattarunko tulivat käyttöön 1900-luvulla (oik. alh.)



Tasolasin valmistus koneellisesti

vetäminen (konelasi; vas. alh.), float -lasi (kellulasi; oik. ylh.), valssaus (valulasi; oik. alh.)

Float -menetelmä on nykyisin yleisin. Lasinauha siliää sulan tinan päällä täysin tasaiseksi.

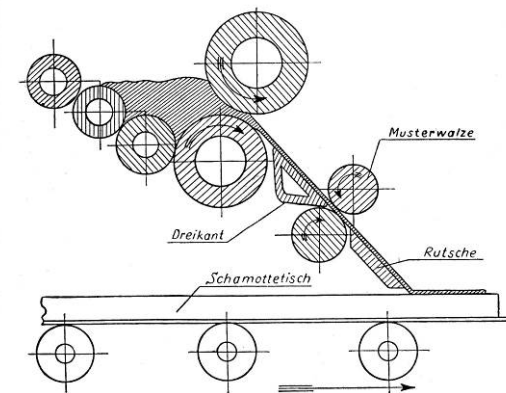
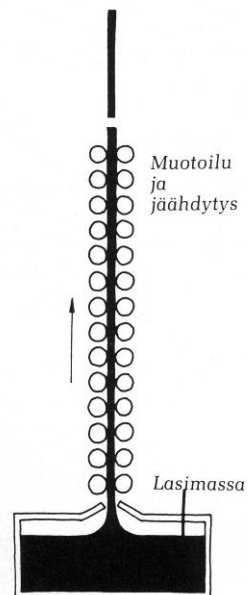
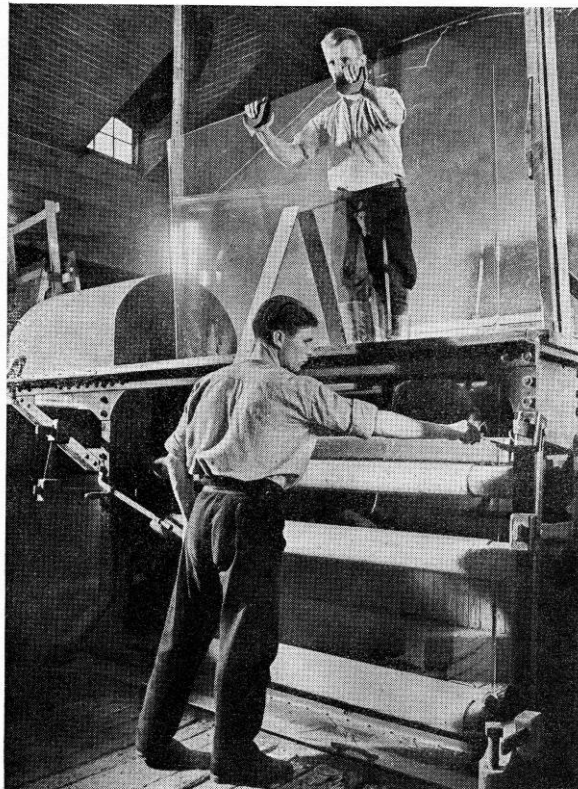
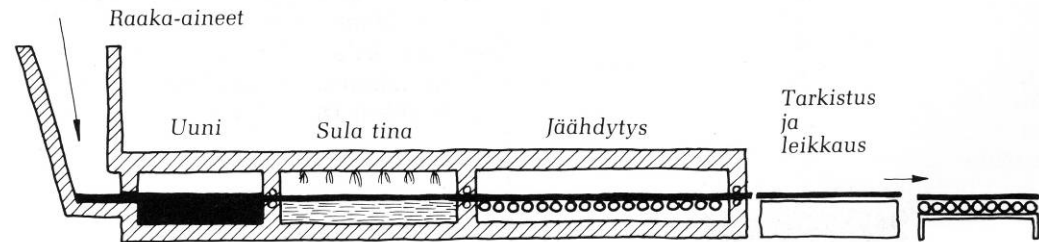
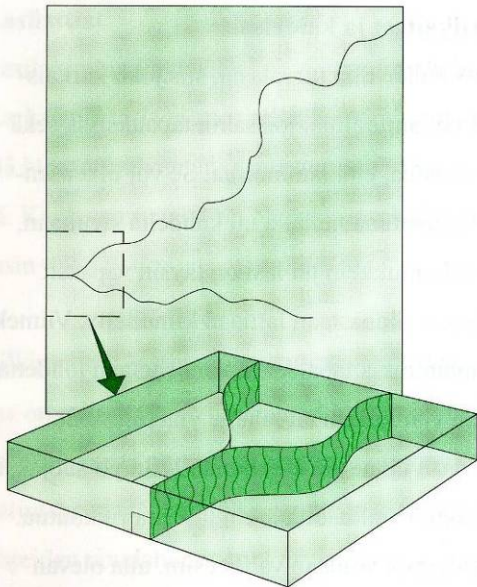
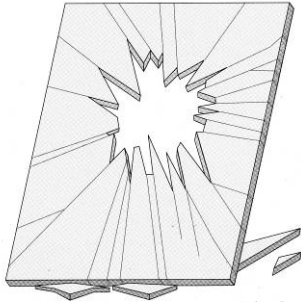
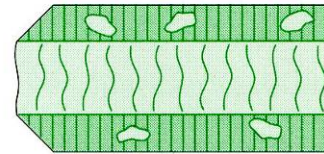


Abb. 7. Gußglasherstellung, Walztisch

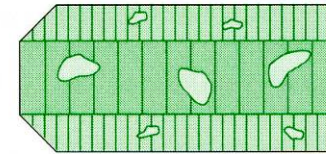
Lasi rikkoutuu esim. iskun, kuorman, sisäisten jännitysten tai lämmönvaihtelujen takia. Leikkaaminen (timantti, leikkuri, laser) laukaisee lasin pintajännityksen leikkuureunan kohdalta. Lohkeamien välttämiseksi reuna hiotaan.



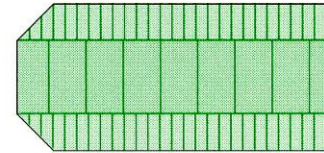
Liiallinen lämpöjännitys aiheuttaa lasin rikkoutumisen suorassa kulmassa sekä särmää, että tasoa vastaan.



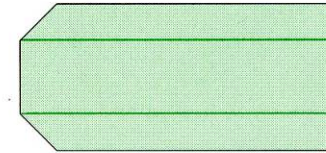
Terävien särmien hionta



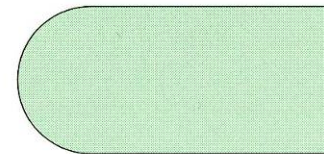
Raakareunahionta



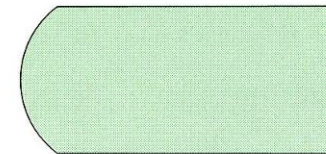
Hienoreunahionta



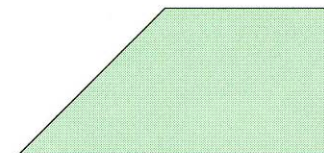
Kiiltoreunahionta



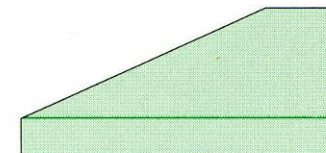
C-reunahionta



D-reunahionta



Jiirihionta



Fasettihionta

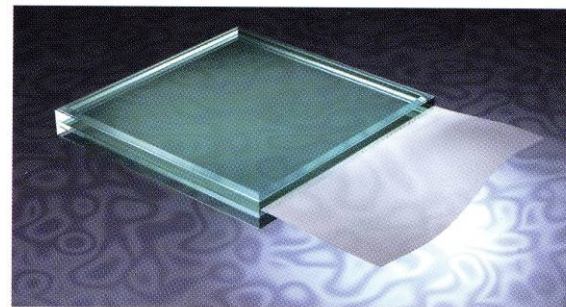
Turvalasi ja palonsuojalasi

- Laakalasi (float-lasi): max. 3210 x 6000 mm, paksuus 0,4 – 19 mm (tavallisesti 3 – 6 mm)
- Karkaistu lasi: min. 4 mm ikkunalasi kuumennetaan 630°C ja jäähdytetään nopeasti, jolloin pintoihin jää pysyvä puristusjännitys ja sisäosaan vetojännitys. Lasin pinnoitus, leikkaus ja reiät on tehtävä etukäteen. Lämpökarkaistu lasi rikkoutuu vaarattomiksi kuutioiksi.
- Laminoitu lasi: kaksi tai useampia lasilevyjä liitetään yhteen muovikalvolla (PVB, hartsi tai polyuretaani). Lasin rikkoutuessa sirpaleet jäävät kiinni kalvoon.
- Lankalasi: metalliverkko valssataan lasinauhan sisälle; raakapinta (röpelöinen), sileä tai hiottu pinta. Metalliverkko pitää sirpaleet yhdessä sekä vähentää vetoa ja liekkien leviämistä tulipalossa.
- Palonsuojalasi:
 - lankalasi E30-rakenteisiin; lämpösäteilyn rajoituskyky kuten tavallisella lasilla
 - lasilevyjen välissä on kirkkaita silikaattikerroksia, jotka turpoavat valkoiseksi vaahdoksi 120°C asteessa; käyttöalue EI 30 – EI 120; rajoittavat myös lämpösäteilyä ja pienentävät turvaetäisyyksiä
- Murtosuojalasi, turvalasi: karkaistu tai laminoitu tai niiden yhdistelmä

Turvalasi



Karkaistu lasi



Laminoitu lasi

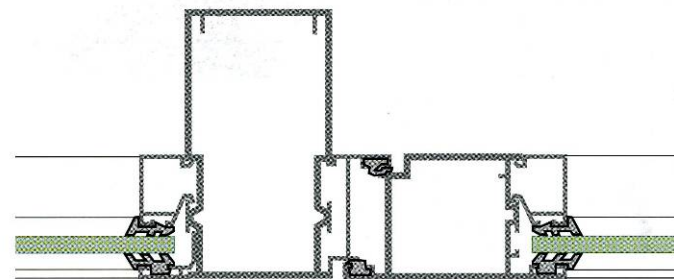
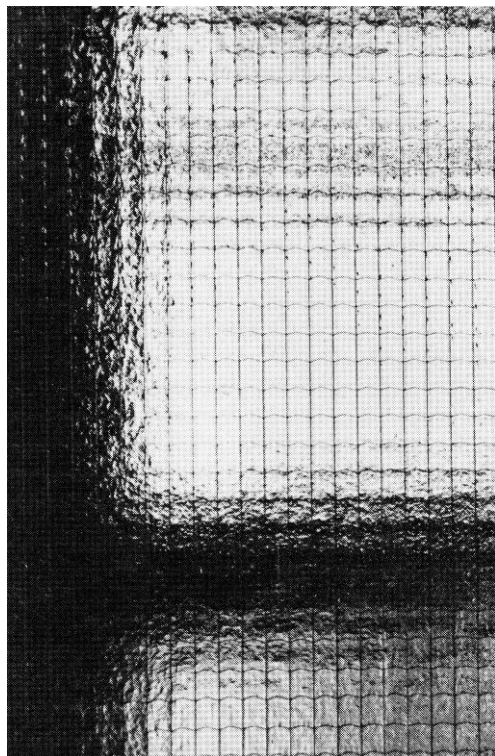


Karkaistu laminoitu lasi

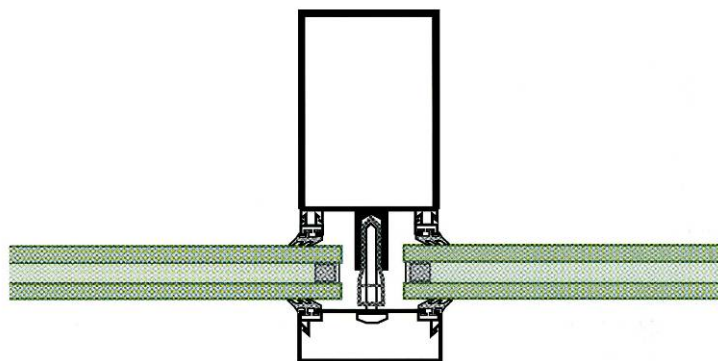


Palonsuojalaseja

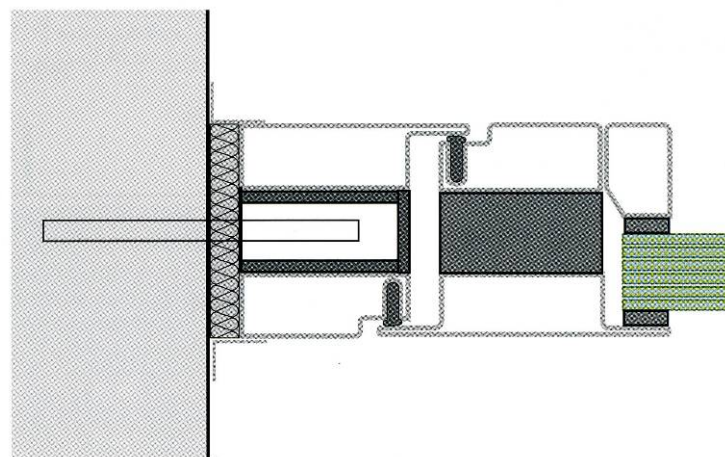
RT 38-10901 (elokuu 2007)



Kuva a. Yksinkertainen palonsuojalasi (E- ja EW-luokka)



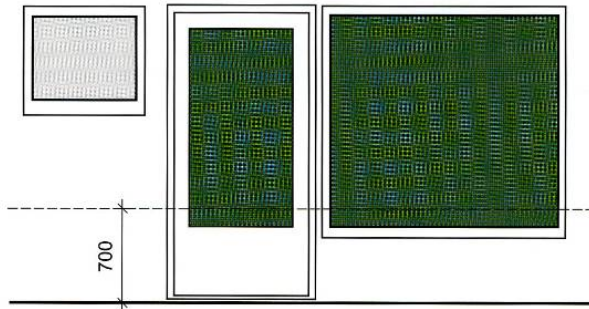
Kuva b. Geelitäytteinen lasielementti (EI-luokka)



Kuva c. Monikerroksinen silikaattikerroksinen lasielementti (EI-luokka)

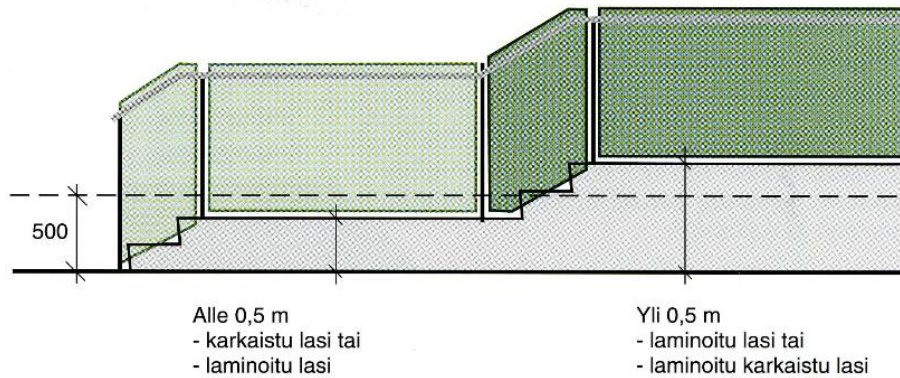
Turvalasin käyttö

RT 38-10901 (elokuu 2007)



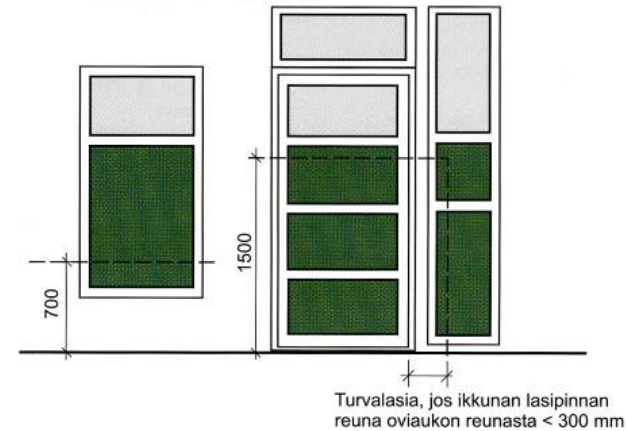
Kuva 13.

Asunnon oviin, ikkunoihin ja lasiseiniin suositellaan turvalasia. Turvalasien asemesta rakentamismääräyskokoelman osan F2 mukaan voidaan käyttää 6 mm:n paksuista tavallista lasia.



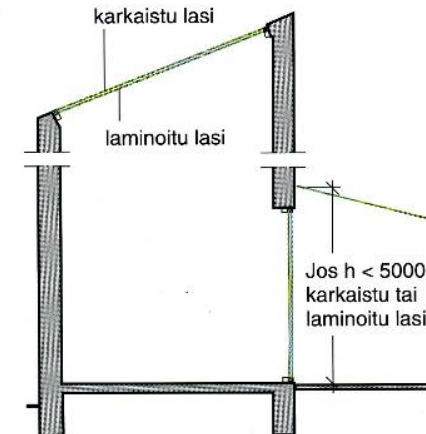
Kuva 14.

Turvalasi kaiteissa korkeuden mukaan.



Kuva 12.

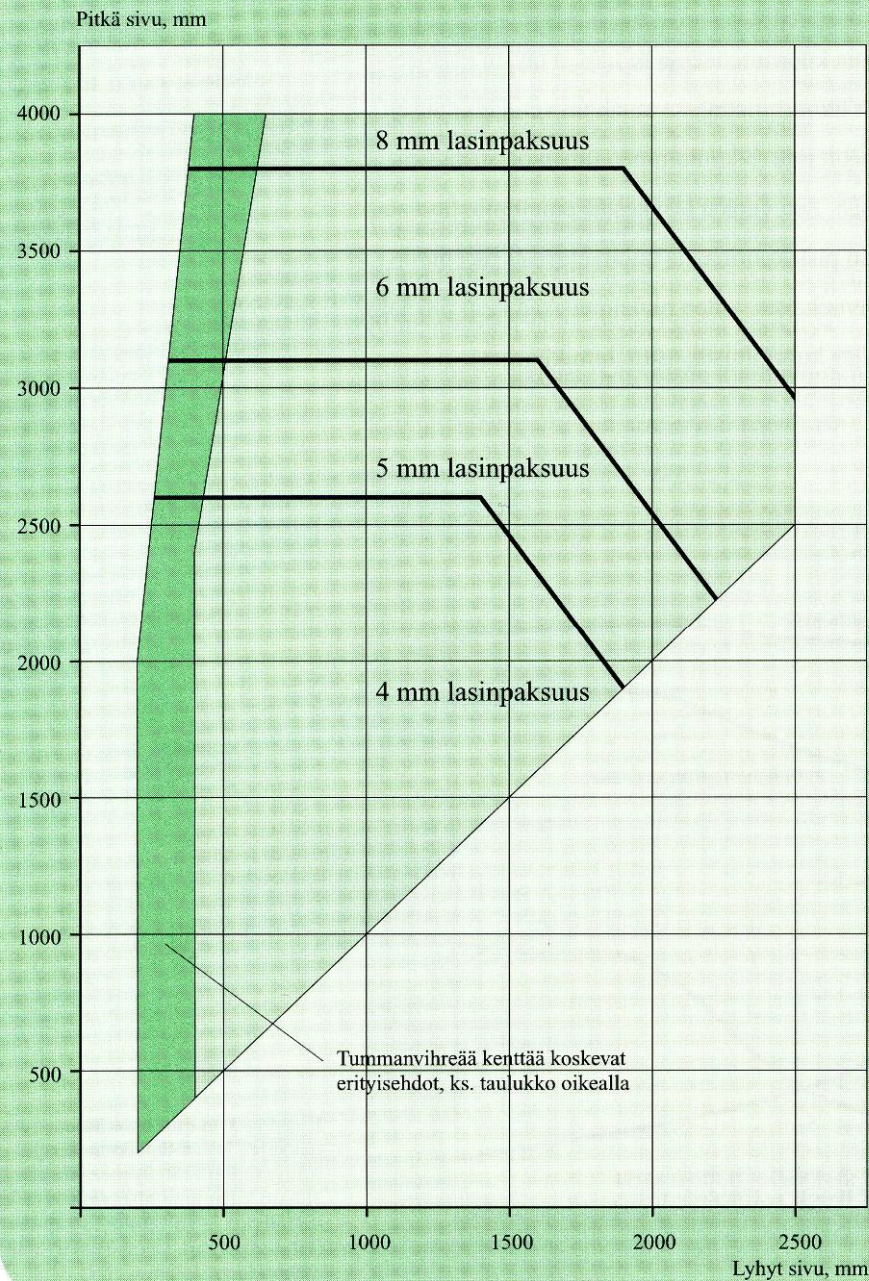
Rakentamismääräyskokoelman osan F2 mukaan, kun yleisölle tarkoitettujen tilojen ovien sekä ovien viereisten ikkunoiden ja lasiseinien lasipinnat ovat osittainkin alle 1,5 m lattiasta, käytetään turvalasia. Ikkunoissa ja lasiseinissä, joiden valoaukot ovat osittainkin alempana kuin 700 mm lattiasta, käytetään turvalasia.



Kuva 15.

Katoissa ja katoksissa käytettävät lasit.

ERISTYSLASIEN MITOITUSSUOSITUS

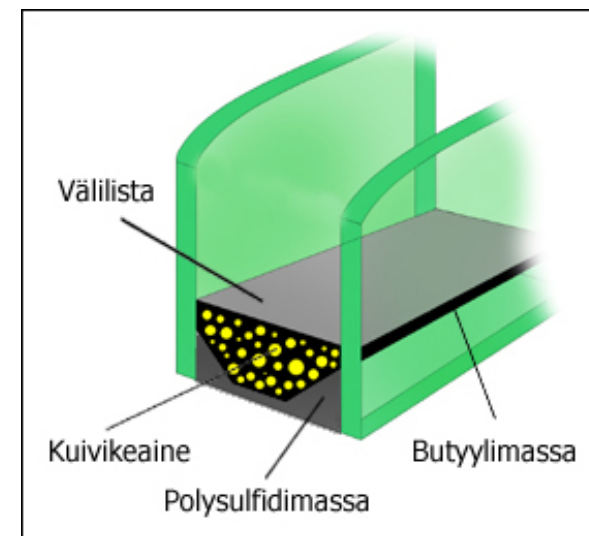
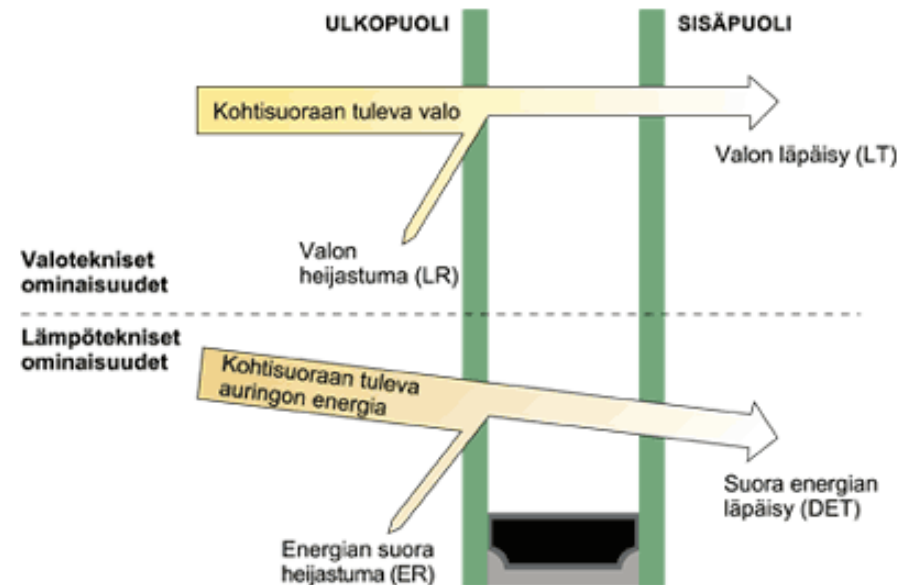


Mitoitusesimerkki

Sivus- uhde...	...tai pienin sivu	Lasivaihtoehto
1:6 – 1:7	400 – 200 mm	Lisää lasin paksuutta 1 mm Tai valitse 4 mm karkaistu lasi
1:7 – 1:10	300 – 200 mm	Lisää lasin paksuutta 2 mm Tai valitse 5 mm karkaistu lasi

Eristyslaselementti

- Eristyslasi, umpiolasi: 2- tai useampikertainen tiivis ilma- tai kaasutäytteinen rakenne
- Välilistat ontelomaista alumiinia tai butyyliitiivistemassaa (leveys 6-20 mm)
- Välilistan kuivitusrakeet poistavat kosteutta lasien välistä valmistuksen ja käytön aikana
- Kaasut: ilma, argon (Ar), krypton (Kr) tai rikkiheksafluoridi (SF6)
- Kaasut diffusoituvat hitaasti pois ajan kuluessa

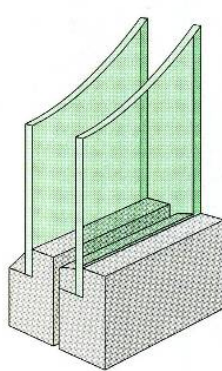


Ikkunarakenteita

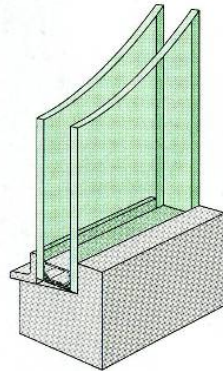
Eristyslasin valintaan vaikuttavat

- U-arvo (mitä pienempi U-arvo, sen parempi lämmöneristävyys)
- auringonsuojaominaisuudet
- näkyvän valon läpäisy
- akustiset ominaisuudet

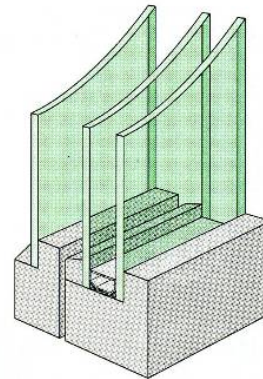
Joitakin yleisimpiä ikkunarakenteita ja niiden ominaisuuksia.



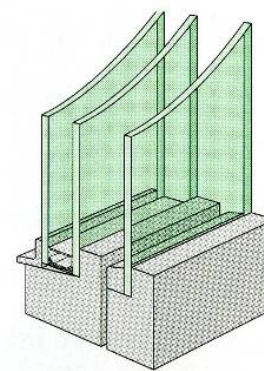
1+1 - lasirakenne
Rakenne oli yleinen ennen 70-luvun lopun energiakriisiä. Nykyisin sitä käytetään vain yksinkertaisimmissa esim. vapaa-ajan rakennuksissa.



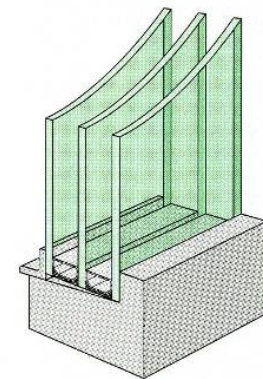
2-lasinen eristyslasi (2K)
Eristyslaseja käytetään ikkunoissa, ovissa, julkisivuosuuksissa ja etenkin lasikatoissa, pääasiassa rakennuksissa, joissa yllälämpöä. Eristävyys heikkenee merkittävästi pakkasella ja kun tuule.



1+2 - lasirakenne
Rakennetta käytetään ikkunoissa ja ovissa, joissa kytkeytyvät puitteet. Yksinkertainen lasi ulkopuitteessa.



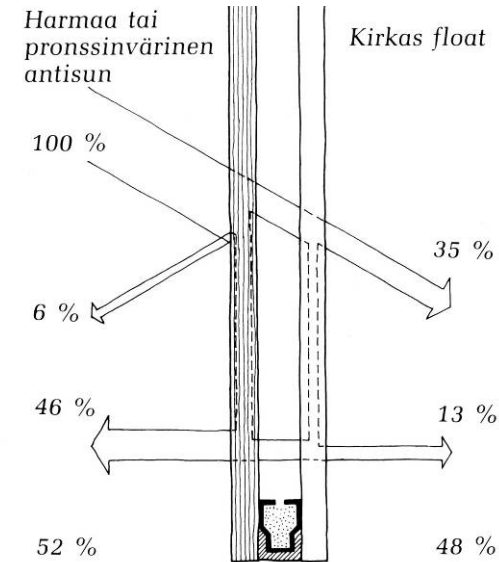
2+1 - lasirakenne
Meillä harvinainen rakenne, jossa eristyslasi uloimpana. Rakennetta käytetään rajoitetusti ikkunoiden ja kytkeytyviä puitteita sisältävien ovien korjauksen yhteydessä.



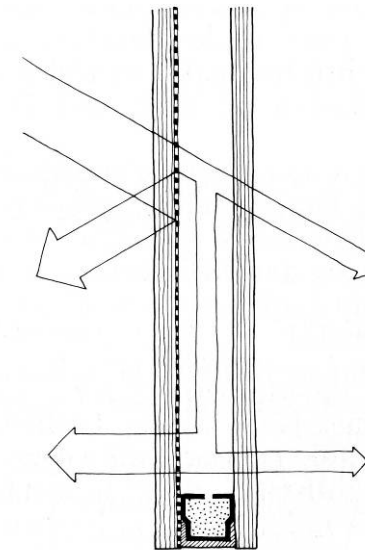
3 - lasinen eristyslasi (3K)
Eristyslaseja käytetään ikkunoissa, ovissa, julkisivuissa ja joskus lasikatoissa. Suositeltava kiinteään lasitukseen. U -arvo ei herkkä säämuutoksille.

Auringonsuojalasi, eri tapoja:

- Absorboiva lasi: metallikiteitä tai metallioksiedeja lasimassassa. Lasimassa sitoo infrapunasäteilyä ja kuumenee. Lämpö poistuu ilmavirtausten mukana. Mitä paksumpi lasi, sen tummempi väri.
- Peiliheijastava lasi: suojakalvo heijastaa valoa ja lämpöä pois peilimäisesti. Kalvon läpi voidaan nähdä sisältä.
- Matalaemissiivinen lasi: pinnoitteiden yhdistelmät estävät sekä ulkoa että sisältä tulevan energian kokonaisläpäisyyä.
- Silkkipainettu kuvio heijastaa valoa ja varjostaa sisätilaa. Samalla lasi karkaistuu kuvion polttoprosessissa.



Kuva 12b. Lämpöä sitova lasi.



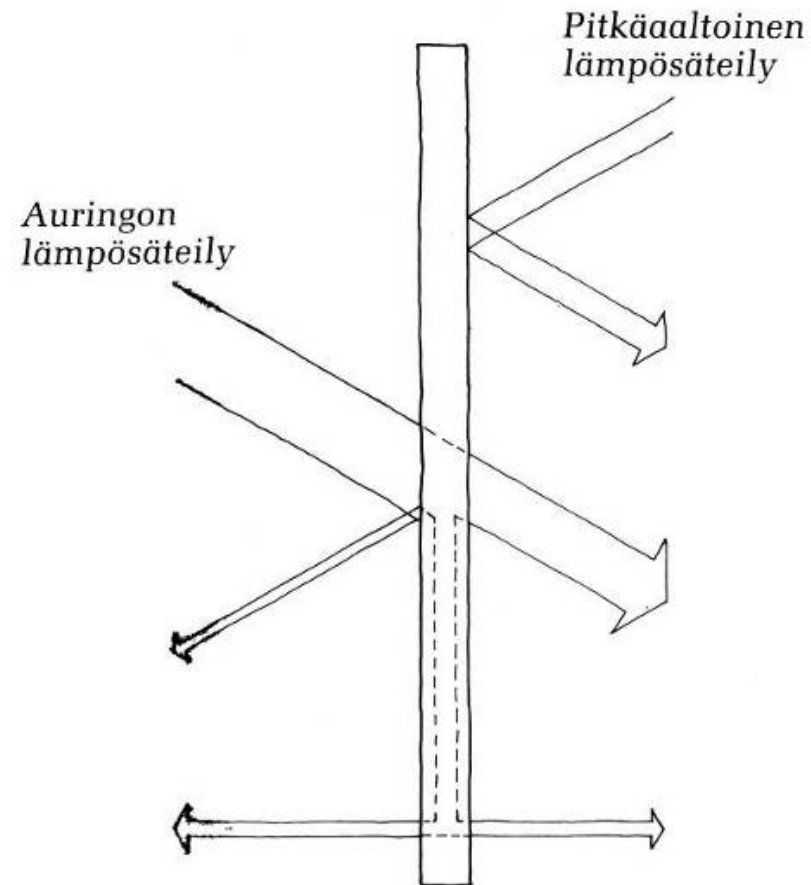
Kuva 13. Lämpöä ja valoa heijastava lasi.

Selektiivilasi

- Lasin pintaan lisätään lähes väritön kalvo, joka läpäisee auringon lyhytaaltoisen säteilyenergian ja heijastaa huoneen pitkäaaltoisen energian takaisin huoneeseen
- Eristyslaselementissä kalvo sijoitetaan umpion puolelle
- Parantaa U-arvoa ja vähentää vedon tunnetta ikkunan vieressä.

Oleskeluviihtyvyys, ei vedon tunnetta:

- huoneessa + 22°C
- ikkunan pinnassa + 14°C



Kuva 11. Selektiivinen lasi.

Eristyslasin U-arvo

U-arvoon vaikuttavat:

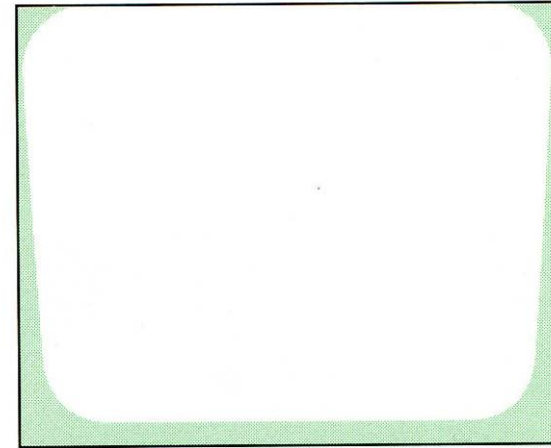
sisä- ja ulkolämpötilojen ero, lasivälien leveys ja lukumäärä, kaasulaji, tiiviys, pinnoitteet, laminointi, ikkunan kaltevuus jne.

U-arvoja (W/m^2) eri yhdistelmillä:

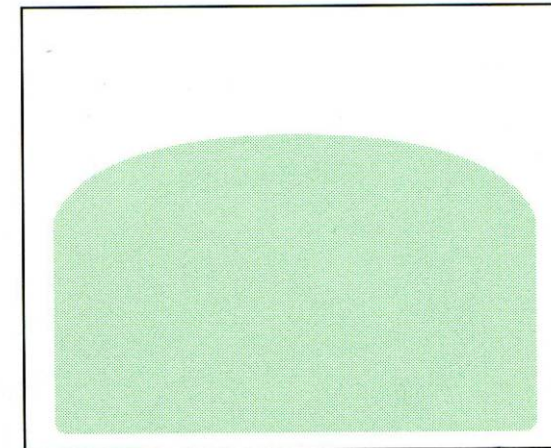
- 2 kirkasta lasia 2,6 – 2,9
- 3 kirkasta lasia 1,7 – 1,9
- 4 kirkasta lasia 1,5 – 1,6
- 1 kirkas + 1 selektiivilasi 1,3 – 1,6
- 2 kirkasta + 1 selektiivilasi 1,3 – 1,6
- 1 kirkas + 2 selektiivilasia 0,9 – 1,2

Kaasutäyte parantaa U-arvoa:

- argon n. 0,3 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
- krypton n. 0,5 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$



Sisäpuolinen kondenssi on merkki huonosta eristävydestä kun sisäilman kosteus on suuri ja ulkoilman lämpötila alhainen.

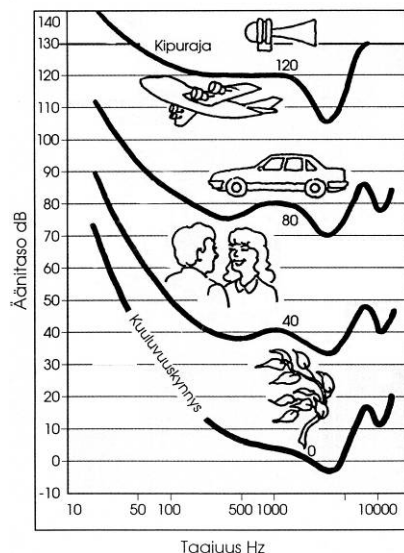


Ulkopuolinen kondenssi kertoo hyvästä lämmöneristävydestä. Esiintyy varsin harvinaisissa sääoloissa.

Mitä ääni on?

Ääni on ilman, veden tai kiinteiden esineiden paineenmuutoksia, jotka leviävät kuin renkaat vedessä.

Äänen laatu määräytyy kahdesta tekijästä: taajuudesta ja paineesta.



Muutamien tavallisten äänilajien taajuus ja äänenpaine.

Taajuus - Hz.

Taajuus on paineen muutosten (värähtelyjen) määrä sekunnissa ja mitataan herzeinä (Hz). Korkea taajuus (monta värähtelyä / sek.) merkitsee korkeaa ääntä ja matala taajuus (vähän värähtelyä / sek.) merkitsee matalaa ääntä.

Pianon normaali taajuus alue on noin 27 - 4185 Hz.

Äänenpaine - dB.

Jotta havaitsisimme äänen, vaaditaan siltä tietty voimakkuus. Äänen voimakkuutta (painetta) mitataan desibeleissä (dB). Äänen paineen kuvailemiseen voidaan käyttää esimerkkinä trumpettia: mitä kovemmin hän puhalttaa samaa säveltä (sama taajuus) sitä isompi äänenpaine (korkeampi dB - luku).

dB(A) - sovellus korvan kuuloalueelle.

Korva ei havaitse kaikkia taajuuksia yhtä hyvin. Huonoimmillaan havaintokyky on matalien ja hyvin korkeiden frekvenssien kohdalla. Meluvaimentamisen alueella käytetään pohjana dB(A) eli dB - arvoa, joka on sovellettu ottaen erityisesti huomioon liikennemelu (on olemassa muitakin painotuksia dB - arvolle mm. lentokonemelulle).

Mikä vaikuttaa ikkunan ääneneristysominaisuuksiin?

Ääni leviää ikkunan läpi pääasiassa kahdella tavalla:

- lasin tai kehyksen värähtelyllä
- 'livahtamalla' raoista

Ikkunamateriaalia ja rakenteita muuttamalla voidaan eri

tavoin parantaa ääneneristystä. Alla luemme joitakin tekijöitä, jotka vaikuttavat ikkunan ääneneristyskykyyn.

Ääneneristykseen vaikuttavat:

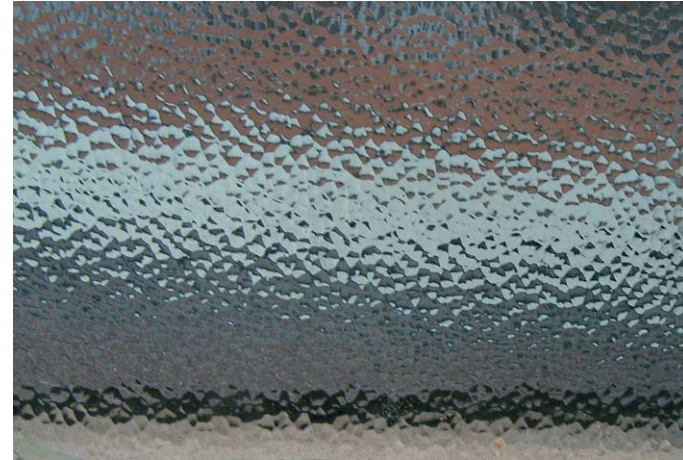
	Lasin paksuus Ääneneristysluku nousee, kun lisätään lasin paksuutta.
	Ilmaväli Suurempi ilmaväli eristyslaseissa merkitsee jonkinasteista parannusta, mutta kaksilasisen elementin ilmavälin on oltava 18-24 mm, jotta sillä olisi merkitystä. Pelkästään lasivälin suurentaminen ei normaalisti luo riittävää vaimennusta, mutta voi olla yksi useasta myönteisestä tekijästä.
	Vaihtelevat lasipaksuudet Eristyslasit, joissa on erivahvuisia laseja, ns. asymmetriset rakenteet, parantavat ääneneristystä.
	Erikoiskaasut lasien välissä Erityiset kaasut eristyslaseissa voivat merkitä huomattavia parannuksia tietyillä taajuuksialueilla. Tulos riippuu myös välitilasta.
	Laminointi Laminoitu lasi koostuu kahdesta tai useammasta lasikerroksesta, joiden välissä on elastinen aine, joka vaimentaa lasin värähtelyä. PVB - laminoidut elementit antavat ääneneristykseen lisäksi tiettyä suojaa onnettomuuksia, murtoja ja ilkivaltaa vastaan. Nestelaminoinnissa kahden lasin välillä täytetään itsekovettuvalla akryylimassalla. Laminointipaksuus on normaalisti 1 - 2 mm. Laminointi pysyy suhteellisen pehmeänä, jolloin ääneneristysvaikutus on erittäin hyvä.
	Avattavat ikkunat Avattavat ikkunat asettavat vieläkin korkeammat tiivistysvaatimukset. On myös tärkeää, että puitteella ja karmilla on enemmän kuin yksi kosketuspinta ja että lukitus vetää puitteen kunnolla karmiin kiinni.
	Kytkeytyt ikkunat Kytkeytyt ikkunat on suhteellisen suuret ilmavälit, mikä parantaa ääneneristystä. Kytkeytyt ikkunat ovat kuitenkin samalla avattavia ja siksi tiivistysvaatimukset ovat korkeat.
	Karmin / puitteen materiaali Raskaat materiaalit eristävät ääntä paremmin kuin kevyet.
	Karmin ja seinän välinen tiivistys Paras mahdollinen ääneneristys vaatii oikean tiivistyksen, kunnan tiivistyksen karmien ja seinän väliin sekä oikein säädetty helat.

Muita lasityyppejä

- Sähkölasi: sähkövirta ohjataan sähkövastuksena toimivaan pinnoitteeseen: lämmittää ja estää kondenssia.
- Hälytyslasi: sähköä johtava pinnoite tai ohuita johtimia lasissa. Lasin rikkoutuessa hälytys kytkeytyy.
- Fotokromilasi: lasimassa tummenee auringonvalossa UV-valon vaikutuksesta ja vaalenee varjossa
- Itsepuhdistuva lasi: läpinäkyvä pinnoite reagoi UV-valoon ja poistaa lasin pintavoimia, jolloin vesi ei kerry pisaroiksi; orgaaninen aine rikkoutuu ja sade huuhtelee sen pois
- Julkisivulasi
 - emaloitu: väri poltetaan, lasi karkaistaan
 - metallipinnoitettu
- Taivutettu lasi tehdään lämpökäsittelyn avulla
- UV-säteilyä läpäisevää lasia käytetään esim. kasvihuoneissa
- Peilit: hopeointi
- Lasikeraami: hallittu kuumakäsittely muuttaa lasin rakenteen amorfisesta kiteiseksi: lopputulos on 4-5 kertaa lujempi

Valoa läpäisevä näköeste

- Kuviolasi: valssaus kuviotelalla (oik.)
- Hiekkapuhallettu lasi
- Kemiallinen syövytys fluorivedyllä
- Mattalaminointi (himmeä kalvo)
- Lankalasi
- Läpikuultava kapillaarikennosto (oik.)
- Opaalilasi (valkoinen lasimassa)

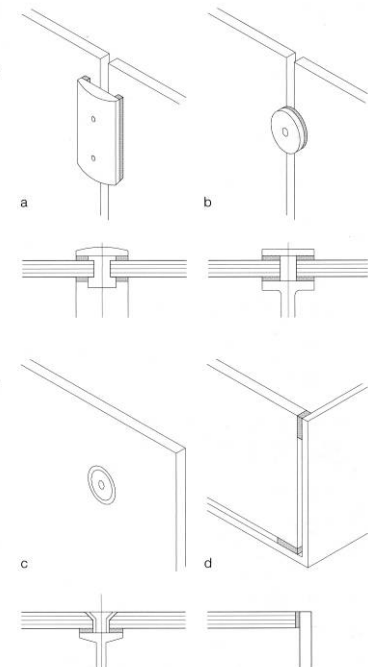
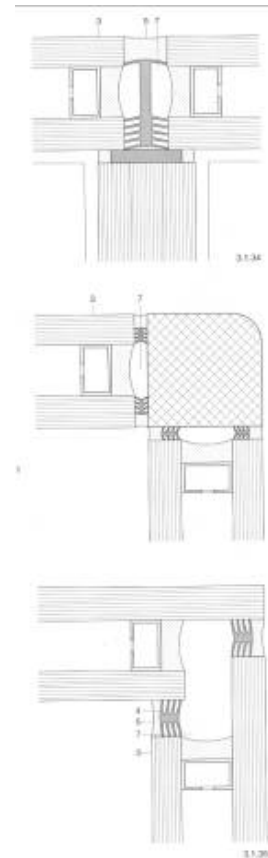
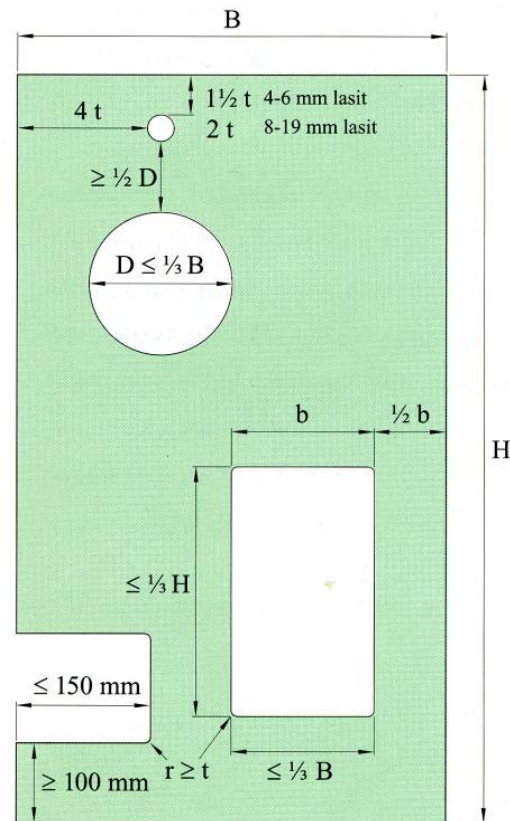


Lasin väri

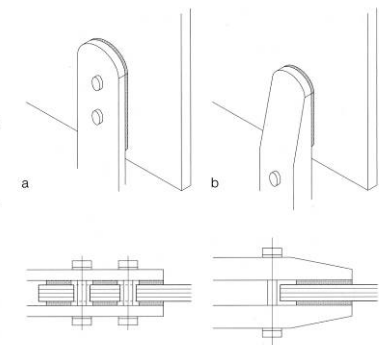
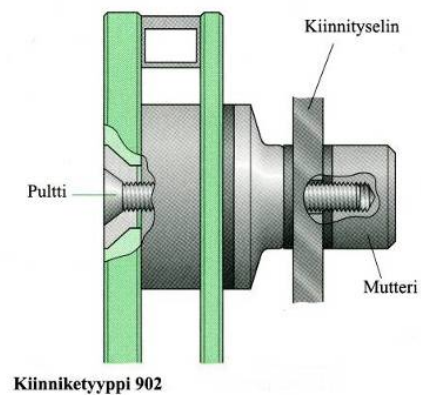
- Historiallinen lasi on yleensä aina värillistä
- Lasimassa tai sen pinta voidaan värjätä eri metallioksidoilla
- ikkunalasin vihertävä sävy johtuu rautayhdisteistä
- Täysin väritön lasi valmistetaan valkaisuaineilla, jotka toimivat joko vastavärinä tai hapettavat värit vaaleammiksi



Lasin kiinnitys
lasin läpi, reunasta
tai liimaten. Saumaus
erikoismassalla.



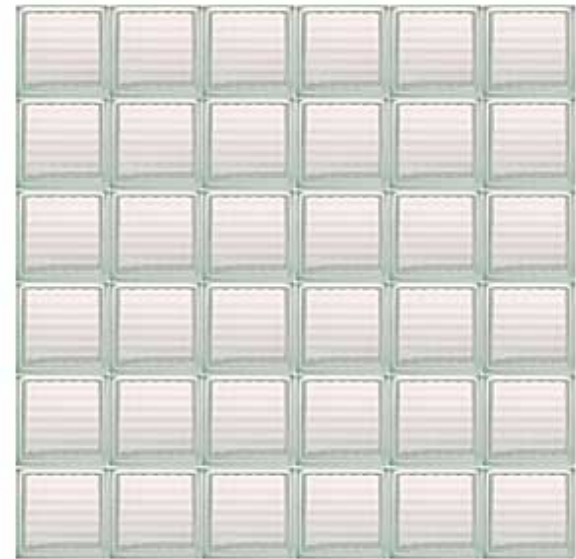
2.2.9 Transferring stresses by direct contact
a) clamping bar, b) clamping plate, c) screw fixing, d) setting blocks and spacer blocks



2.2.10 Transferring stresses by friction
a) with drilled hole, b) without drilled hole

Lasilankku, lasitiili – asennuslistat tai muuraus

Näiden U-arvot ovat suurempia kuin tavanomaisten ikkunoiden.



Lähteitä ja kirjallisuutta

- Unto Siikanen:
Rakennusaineoppi.
Rakennuskirja Oy, Helsinki
1986, sivut 243 – 256
- Glass Building Manual,
Birkhäuser 1999
- Lasifakta 2007, Pilkington
- RT 38-10901 (elokuu 2007)
- Leppävuori, Kanerva,
Vähäkallio, Prokki:
Rakennusaineet. Otatieto 453,
1979, sivut 299 – 306
- www-sivuja: Selay, Vitrea,
Lasiluoto, Interpane, Pilkington

Teräs-lasi-harjoitustyön tueksi jaetaan
kopiota detaljeista:

- Glass Building Manual (Birkhäuser
1999), sivut 153, 155, 156, 158 – 164,
167, 168, 170, 172, 174, 176, 178,
182, 183, 280, 281, 284, 285
- RT 82 – 10429 E, sivut 4 – 7,
- RT 82 – 10765, sivut 12 – 15 ja 20 –
21
- RT 82 – 10800, sivut 18 – 21
- RT 85 – 10862, sivut 10 – 19 ja 22 –
23