



IDAN  
fræðslusetur

# Gerðir loftræsikerfa

Sveinn Áki Sverrisson

IDAN fræðslusetur  
Málm- og véltæknisvið  
Febrúar 2008



## **Gerðir loftræsikerfa**

Höfundur: Sveinn Áki Sverrisson  
Útgefandi: IÐAN fræðslusetur ehf  
© IÐAN fræðslusetur Skúlatúni 2, 105 Reykjavík  
Fyrsta útgáfa 2004  
Önnur útgáfa 2006  
Þriðja útgáfa 2008

**Afritun, dreifing og notkun bókarinnar  
er óheimil á skriflegs leyfis útgefanda.**



|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INNGANGUR</b> .....   | <b>7</b>  |
| <b>2.</b> | <b>ORÐSKÝRINGAR</b> .....  | <b>9</b>  |
| <b>3.</b> | <b>LOFTRÆSITÆKNI</b> .....                                       | <b>10</b> |
|           | Flokkun loftræsingar .....                                       | 10        |
|           | Vélræn loftræsing .....  | 11        |
|           | Blöndunarloftræsing .....  | 11        |
|           | Lagskipt loftræsing .....  | 12        |
|           | Stimpilloftræsing .....  | 14        |
|           | Gæði loftræsingar .....  | 16        |
|           | Loftræsinýtni .....  | 16        |
|           | Loftskiptanýtni .....  | 16        |
|           | Hitanýtni .....  | 17        |
|           | Ákvörðun loftmagns .....   | 17        |
|           | Grunnloftun .....  | 18        |
|           | Innblástursloft í stað útsogs .....                              | 19        |
|           | Loftmagn til kælingar .....                                      | 19        |
|           | Loftmagn til hitunar .....                                       | 19        |
| <b>4.</b> | <b>INNBLÁSTURSTÆKNI VIÐ VÉLRÆNA LOFTRÆSINGU</b> .....            | <b>21</b> |
|           | Yfirlit .....  | 21        |
|           | Loftstrókar .....  | 21        |
|           | Coanda-áhrif .....   | 22        |
|           | Kastlengd .....  | 23        |
|           | Hindranir .....  | 23        |
|           | Gerðir loftstróka .....  | 24        |
|           | Kæligeta loftstróks .....  | 25        |
|           | Val á innblásturshita fyrir blöndunarloftræsingu .....           | 25        |
|           | Innblásturstæki fyrir lagskipta loftræsingu .....                | 25        |
|           | Val á innblásturshita við lagskipta loftræsingu .....            | 27        |
|           | Staðsetning á hitaskynjara við lagskipta loftræsingu .....       | 27        |
|           | Sérstök innblásturstækni .....                                   | 28        |
| <b>5.</b> | <b>GERÐIR LOFTRÆSIKERFA FYRIR VÉLRÆNA LOFTRÆSINGU</b> .....      | <b>29</b> |
|           | Almenn atriði .....  | 29        |
|           | Kerfishlutar .....   | 30        |
| <b>6.</b> | <b>LOFTRÆSING FYRIR ÍBÚÐARHÚSNÆÐI</b> .....                      | <b>31</b> |
|           | Kröfur Byggingarreglugerðar til loftræsingar .....               | 31        |
|           | Stærðir loftstokka .....   | 32        |
|           | Gerðir loftræsikerfa fyrir íbúðarhús .....                       | 33        |
|           | Algeng útsogskerfi fyrir fjölbýlishús á Íslandi .....            | 34        |
|           | Sjálfsgögn .....   | 36        |
|           | Hreinsun útsogskerfa .....                                       | 37        |
| <b>7.</b> | <b>ÚTSOGSKERFI FYRIR BÍLAGEYMSLUR</b> .....                      | <b>39</b> |
| <b>8.</b> | <b>FJÖLPÆTT LOFTRÆSIKERFI</b> .....                              | <b>41</b> |
|           | Gerðir loftræsisamstæðna .....                                   | 41        |
|           | Flokkun fjölpættra loftræsikerfa .....                           | 42        |
|           | Svæðaskipting .....  | 44        |
|           | Jaðarsvæði .....   | 44        |
|           | Innisvæði .....  | 45        |
|           | Loft eingöngu .....  | 45        |
|           | Loft eingöngu og einn stofnstokkur .....                         | 45        |
|           | Stöðugt loftmagn (CAV) .....                                     | 45        |
|           | Loftræsikerfi fyrir eitt svæði .....                             | 45        |
|           | Svæðaskipt loftræsikerfi með eftirhiturum .....                  | 46        |
|           | Breytilegt loftmagn (VAV) .....                                  | 48        |
|           | Breytilegt loftmagn (VAV) með eftirhitara .....                  | 48        |
|           | Loftmagnsbox fyrir breytilegt loftmagn (VAV) og jaðarhitun ..... | 50        |
|           | Breytanlegir loftdreifarar (VAV) .....                           | 50        |
|           | Kostir og gallar fyrir loftræsikerfi með loft eingöngu .....     | 53        |
|           | Tveir stofnstokkar (Dual duct) .....                             | 53        |
|           | Kerfi með lofti og vatni .....                                   | 56        |

|  |           |
|--|-----------|
| Loftræsikerfi með kæliröftum .....                         | 56        |
| “Fan coil” blásari .....                                   | 59        |
| Spankerfi (“induction”) .....                              | 60        |
| Kælikerfi .....  | 60        |
| Kostir og gallar á loftræsikerfum með lofti og vatni ..... | 61        |
| Lofthraði í stokkum – háþrýsti- og lágþrýstikerfi .....    | 61        |
| Val á gerð loftræsikerfis .....                            | 62        |
| <b>9. ÚTSOGSTÆKNI .....</b>                                | <b>65</b> |
| Almenn atriði .....  | 65        |
| Útsogshraði við op .....                                   | 65        |
| Griphraði .....  | 67        |
| Sogtrektar .....   | 67        |
| Venjuleg sogtrekt .....                                    | 68        |
| Sograuf .....  | 70        |
| Háfar .....  | 71        |
| Opinn háfur .....  | 71        |
| Eldhúsháfur .....  | 72        |
| Útfærsla á háfum .....                                     | 73        |
| Loftmagn .....   | 73        |
| Stinkskápar .....  | 75        |
| Spónsugukerfi .....  | 76        |
| <b>10. NÁTTÚRLEG LOFTRÆSING .....</b>                      | <b>77</b> |
| Gerðir náttúrlegrar loftræsingar .....                     | 77        |
| Einnar hliðar loftræsing .....                             | 77        |
| Þverloftun .....   | 78        |
| Hitauppstreymi .....                                       | 79        |
| Samverkun vinds og hitauppstreymis .....                   | 80        |
| Blendingsloftræsing (hybrid) .....                         | 80        |
| Jar skóli í Noregi - blendingskloftræsing .....            | 83        |
| Takmörk náttúrlegrar loftræsingar .....                    | 83        |
| Stýring á náttúrlegri loftræsingu .....                    | 84        |
| Vetur .....  | 85        |
| Sumar .....  | 85        |
| Stýrikerfi .....   | 85        |
| Stýring á hendi notenda .....                              | 85        |
| Sjálfvirk stýring .....                                    | 85        |
| Hönnun náttúrlegrar loftræsingar .....                     | 86        |
| Ákvörðun loftmagns .....                                   | 86        |
| Grunnloftun .....  | 86        |
| Lofmagn til kælingar .....                                 | 87        |
| Loftstreymi inn í byggingu .....                           | 89        |
| Kostir og gallar náttúrlegrar loftræsingar .....           | 93        |
| <b>11. HEIMILDIR .....</b>                                 | <b>95</b> |

## Inngangur

Sú tækni og kunnátta sem notuð var áður fyrr við hönnun og gerð loftræsikerfa á Íslandi kom að miklu leyti frá Ameríku. Þaðan fengu fyrstu lagnahönnuðirnir og aðrir fagmenn kunnáttu sína og færni við notkun staðla og handbóka á þessu sviði. Allur búnaður var keyptur frá Ameríku og enn má sjá loftræsikerfi frá þessum tímum sem eru í fullum rekstri. Í dag er mest stuðst við staðla og aðferðir á þessu sviði frá Norðurlöndum og öðrum löndum Evrópu. Þessi tækni er vaxandi og mikið þróunarstarf tengt henni. Áhersla á góða innivist og orkusparnað hefur sett þessa grein í brennidepil þegar að hönnun bygginga kemur og alltaf er skortur á fagmönnum á þessu sviði.

Í öllum greinum véltækni er gerðum vélbúnaðar skipt í flokka og eru loftræsikerfi þar ekki undanskilin. Þeir sem vilja tileinka sér þessi fræði þurfa því að kunna skil á mismunandi gerðum. Búnaðurinn flokkast t.d. í gerðir eftir tækni, getu eða uppbygginu. Stundum eru skilin óljós og því er mörgum gerðum skipað í sama flokk.

Á Norðurlandamálum stendur orðið „ventilation“ fyrir íslenska orðið loftræsing eða loftræsting. Á þýsku er talað um „Lüftung“, þ.e. loftun. „Ventilation“ er dregið af latneska orðinu „ventus“ sem þýðir vindur.

Ljóst er að orðið loftræsing tengist á einhvern hátt lofti, loftun eða vindi. Hér á landi eru orðin loftræsting eða loftræsing notuð til jafns. Þeir sem nota það fyrra, sem er algengara, eru þannig að ræsta loft eða hreinsa það, en þeir sem nota það síðara eru að koma lofti í rásir, virkja það og koma því rétta leið.

Frá upphafi alda hafa menn beislað náttúruöflin sér til hagsbóta. Það er vitað að vindur var fangaður og leiddur inn í hilyli manna og dýra til kælingar og loftunar. Þetta var gert með vindföngurum á þökum húsa í heitum löndum og strompum inni í miðjum húsum sem notuðu þyngdarmun á heitu og köldu lofti til að draga að kaldara loft. Steyptir eða hlaðnir stokkar voru notaðir til að leiða vindinn að húsum og loftið frá þeim. Kannski þess vegna á orðið loftræsing betur við hér og er meira lýsandi fyrir þá tækni sem loftræsing er. Hvað síðan er gert við það loft sem búið er að hemja er annar áfangi sem getur verið afar mismunandi að gerð og umfangi, allt frá því að breyta loftinu ekki neitt (sbr. náttúrlega loftræsingu) og til þess að hreinsa það, rakabæta, hita eða kæla eins og gert er í loftræsikerfum fyrir skurðstofur á sjúkrahúsum.

Í bókum um loftræsingu er því oft haldið fram að fyrsta loftræsikerfið hafi verið gert af Willis Carrier 1902, en hann stofnaði síðan fyrirtækið Carrier Engineering & Co 1915. Það rétta er að 50 árum fyrr hafði læknir að nafni John Gorrie í Flórída, ásamt fleirum, útbúið loftkælikerfi til að lina þjáníngar sjúklinga á sjúkrahúsi. Fljótt uppgötvuðu framleiðendur spunavara að stöðugt raka- og hitastig minnkaði til muna slit á spunapræði og létu þeir því setja upp loftræsikerfi sem sáu um að þurrka inniloft með kælingu og bæta í það raka til halda rakastigi stöðugu.





## 1. Orðskýringar

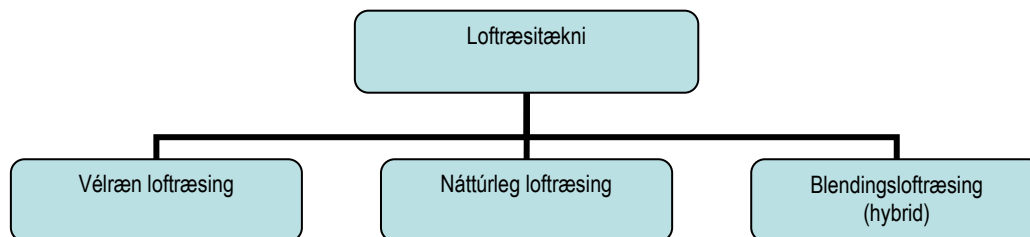
Skýringar á nokkrum orðum sem notuð eru:

| Orð                       | Orðskýring   |
|---------------------------|--|
| Kælipörf                  | Tæki, fólk, sól og lýsing gefa frá sér hita sem þarf að fjarlægja. Sagt er að herbergi þar sem hiti myndast hafi kælipörf sem nemi ákveðnum fjölda vatta [W] eða vöttum, deilt með flatarmáli herbergis [W/m <sup>2</sup> ]. |
| Kæligeta                  | Innblástursloft sem er kaldara en innloftið getur kælt. Kæligeta þess vex með minni innblásturshita og auknu loftmagni.  |
| Loftmagn                  | Streymi lofts, mælt í lítrum á sekúndu [l/s] eða rúmmetrum á klst. [m <sup>3</sup> /h].  |
| Trekkur                   | Óþægilegur loftstraumur sem veldur hrolli, oft hraðari en 0,2 m/s.   |
| Loftskipti                | Með loftskiptum er átt við endurnýjun lofts á klukkustund í herbergi. Loftskiptin eru fundin með því að deila loftmagni (m <sup>3</sup> ) á klukkustund með rúmmáli (m <sup>3</sup> ) herbergis.                             |
| Íverusvæði                | Svæði þar sem fólk hefst við og er innan 1,8 m frá gólfi og ekki nær gluggavegg en 0,6 m.  |
| Innblásturstæki           | Loftop með rist eða loftdreifari til að blása inn lofti.   |
| Útsogstæki                | Op með rist eða annar búnaður til að draga út loft.  |
| Innivist                  | Hitastig, rakastig og lofthraði innanhúss með tilliti til mannvistar eða annarrar notkunar á húsnæðinu.  |
| Notendur (loftræsikerfis) | Þeir sem dvelja í húsi með viðkomandi loftræsikerfi eða nota það á annan hátt.   |
| Náttúrlig loftræsing      | Loftræsing sem byggist á áhrifum vinds og/eða hitaupstreymis.  |
| Blendingsloftræsing       | Loftræsing sem er náttúrlig að meginhluta en er vélræn (notar hjálparblásara) við ákveðin skilyrði.  |
| Vélræn loftræsing         | Loftræsing sem knúin er á vélrænan hátt með blásurum.  |
| Punktútsog                | Staðbundið eða hreyfanlegt útsog til að fjarlægða óæskileg efni eða hita í lofti.  |
| Fersklöftspörf            | Þörf fyrir ákveðið magn af hreinu lofti (l/s) til að tryggja ákveðin loftgæði sem oft miðast við hámark CO <sub>2</sub> (ppm).   |

## 2. Loftræsítækni

### Flokkun loftræsingar

Flokka má loftræsingu í **vélræna loftræsingu** sem notar vélbúnað til að koma lofti af stað, **náttúrlega loftræsingu** sem byggist á hitauppstreymi og vindi og **blendingsloftræsingu** (hybrid) sem notar blöndu af hvoru tveggja.



Fjallað verður um hvern flokk um sig og síðan undirflokkar og kerfisgerðir sem þeir skiptast í.

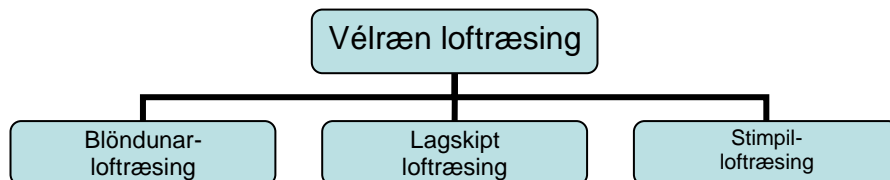
Öll rými og allar byggingar þurfa loftræsingu. Val á tækni við loftræsinguna byggist á þeim kröfum sem gerðar eru til innivistar, þ.e. innihita, raka og lofthraða, ef um er að ræða þægindaloftræsingu. Í iðnaði og á sjúkrahúsum ráða hins vegar framleiðsluþættir eða þjónusta við sjúklinga. Nefna má hita í sláturhúsi eða rakastig á skurðstofu sem dæmi.

Kröfur um innivist eru forsendur fyrir hönnun og smíði kerfanna og ganga sem rauður þráður í verkinu. Geta skal um allar kröfur í þeim leiðbeiningum sem fylgja hverju einstöku kerfi.

Stundum eru aðeins um að ræða lágmarkskröfur samkvæmt reglugerðum eins og um lágmarksloftskipti eða lágmarksloftgæði, en oft hafa verkkaupar og húsbyggjendur aukið kröfurnar til að bæta líðan fólks á vinnustað og auka afköst þess.

## Vélræn loftræsing

Þegar lofta skal rými með vélrænni loftræsingu er gerður greinarmunur á þremur aðferðum:



Hver aðferð hefur bæði kosti og galla. Stundum er hægt að nota nokkrar mismunandi aðferðir við að loftræsa rými en í öðrum tilvikum kemur aðeins ein aðferð til greina.

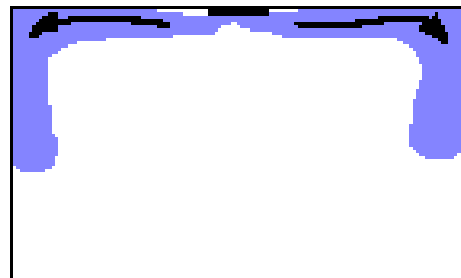
Langalgengasta aðferð við loftræsingu er blöndun á fersku lofti við innloft.

Lagskipt loftræsing var nær eingöngu notuð í iðnaði áður fyrr en ný og þróuð innblásturstæki hafa gert mönnum kleift að nota þessa loftræsingu í skrifstofuhúsnæði og öðru áþekku.

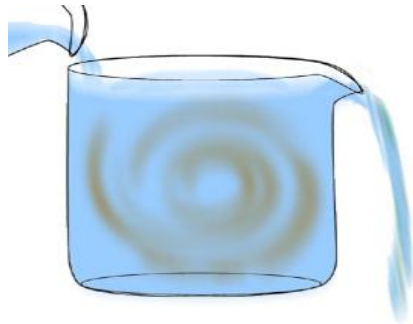
Stimpilloftræsing er mjög þekkt loftræsaáðferð þar sem fengist er við lækningar og iðnað sem þeim tengist, og einnig við framleiðslu á örgjörfum og smáum hlutum þar sem ryk í lofti er óæskilegt.

### Blöndunarloftræsing

Blöndunarloftræsing felst í því að innblásturslofti er blásið inn í rými á tiltölulega miklum hraða, frá rist á vegg eða loftdreifara í lofti. Við það blandast hreint innblástursloft saman við loftið sem fyrir er, þannig að loftgæði og lofthiti verða jöfn um allt rýmið. Loftstreymi um rýmið er iðustreymi. Myndin sýnir með bláu hvar innblástursloftið berst frá innblásturstæki.



Mesti lofthraði er við loftdreifara í miðju lofti en minnkar eftir því sem nær dregur vegg, en þar er hann minnstur. Þar sígur loftið svo niður í íverusvæðið án þess að valda trekk.

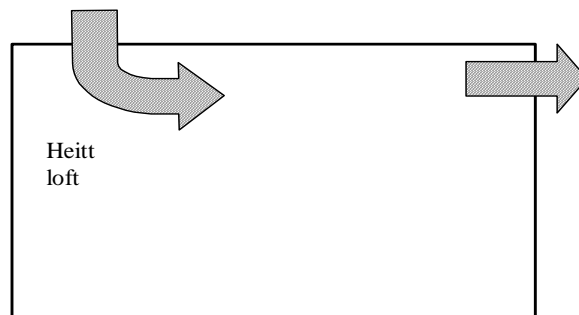


Þessi loftræsiáðferð skýrist betur ef henni er líkt við það þegar hreinu vatni er hellt í könnu með óhreinu vatni eins og myndin sýnir. Eftir því sem hellt er meira verður vatnið í könnunni hreinnna, en engu að síður er óhreint vatn jafndreift um alla skálina. Ef engin óhreinindi bætast í könnuna ( herbergi mannlaust) verður vatnið tandurhreint að lokum.

Einkenni þessarar loftræsingar:

- virk loftræsing, loftið verður hreint og gott
- aðferðin einnig heppileg við hitun og kælingu
- gott loft og hiti dreifist jafnt um allt rýmið

Til er annað afbrigði af blöndunarloftræsingunni en það felst í því að þegar heitu lofti er blásið inn í rými uppi við loft nær stórum hluti þess ekki inn í íverusvæði heldur streymir beint út um útsog sem staðsett er hátt uppi undir lofti. Þessi loftræsing er oft kölluð skammhlaupsloftræsing.



*Skammhlaupsloftræsing*

### Lagskipt loftræsing

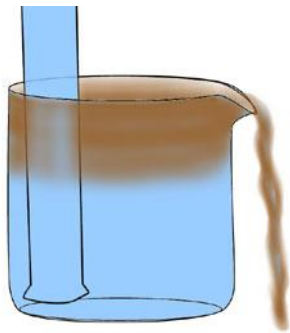
Umhverfis alla heita hluti streymir loft upp á við. Uppstreymið stafar af því að heitt loft er léttara en kalt. Ef lofti er blásið inn á litlum hraða niður við gólf berst það að þeim hlutum sem uppstreymi er með. Þessu er best lýst með myndinni hér að neðan. Konan í stólnum gefur frá sér hita og myndar uppstreymi, og það gerir tölvuskjúrinn einnig. Að þeim streymir loft sem dregur að sér loft frá loftræsingunni í sama mæli. Þannig rekur ferska loftið heita (og óhreina) loftið upp að þaki (lofti) þar sem það er síðan sogað út.

Loftræsingin verður lagskipt með hreinna lofti neðst og óhreinna lofti efst.



*Skrifstofa með lágþröðaloftræingu*

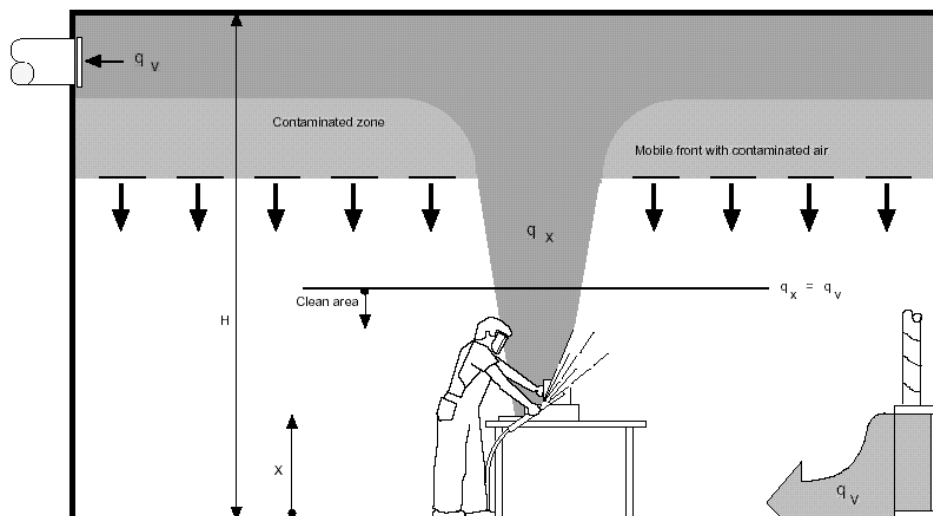
Aftur má nota líkinguna við vatnið í könnunni. Ef nýtt vatn er leitt neðst í könnuna og enginn blöndun verður á hreinu og óhreinu vatni munu óhreinindir mynda lag næst yfirborðinu þar sem þau renna út. Þannig verður svæði mun hreinn en áður við blöndunarloftræingu.



Einkenni þessarar loftræsingar:

- Hiti og óhreinindi hverfa fljótt úr íverusvæði fólks.
- Hitagjafar, t.d. uppi við loft (t.d. lampar), munu ekki hita innblástursloftið.
- Lagskipt loftræsing hentar vel við að bæta loft og kæla það en hentar ekki við hitun á því.

Forsendur þess að lagskipt loftræsing virki sem skyldi eru að innblástursloftið sé jafn heitt eða kaldara en innloftið og því sé blásið hægt frá innblásturstæki.



*Lagskipt loftræsing í vélsmiðju*

Myndin sýnir lagskipta loftræsingu á verkstæði. Jafnvægi ríkir á milli þess lofts sem blásið er inn ( $q_v$ ) og þess lofts sem myndar hitauppstreymi frá verkfæri og manni ( $q_x$ ). Lagskipting er í rýminu: Óhreint loft uppi við loft og hreint loft í vinnusvæði.

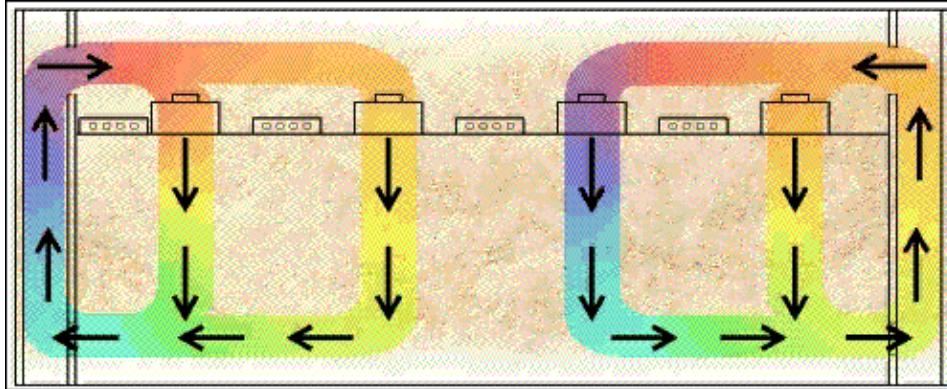
### Stimpilloftræsing

Við framleiðslu á lyfjum og smáum rafeindahlutum og við flóknar og tímafrekar skurðaðgerðir á sjúkrahúsum er notuð loftræsítækni sem nefna má stimpilloftræsingu (laminar flow). Markmiðið með því að nota þessa gerð loftræsingar er að mynda loftstreymi sem er án hvirfla eða iðu.

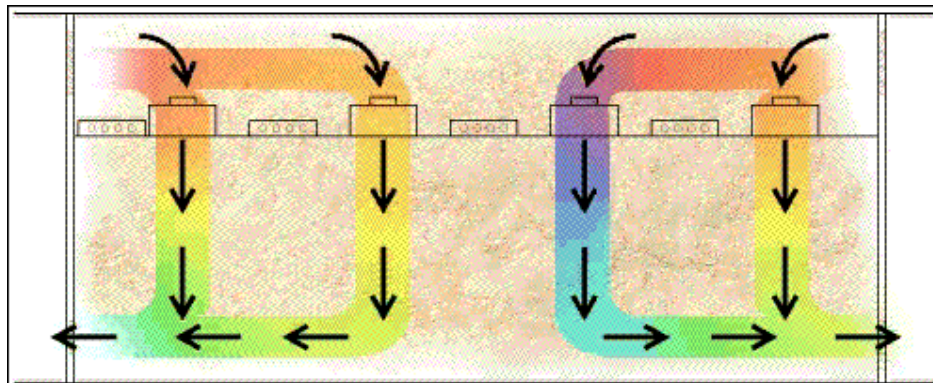
Í hvirfli eða hringrás dragast óhreinindi inn að miðju. Þar safnast þau fyrir og getur magn þeirra verið tífalt við magnið í loftinu í kring. Við umrædda starfsemi er mikilvægt að slíkar aðstæður skapist ekki.



Stimpilloftræsing er þannig gerð úr garði að miklu loftmagni er blásið niður frá lofti eða vegg um mjög fina síu (HEPA-síu) að því svæði sem á að loftræsa. Loftið berst niður í vinnusvæðið án iðustreymis eða hvirfla og heldur því hreinu.



*Rými með stimpilloftræsingum með hringrás og blásurum sem byggðir eru inn í síur í lofti.*



*Rými með stimpilloftræsingum og loftræsiblásurum sem staðsettir eru utan rýmisins.*

## Gæði loftræsingar

Þegar gæði loftræsingar eru metin er um að ræða þrenns konar nýtni:

- loftræsinýtni
- loftskiptanýtni
- hitanýtni

### Loftræsinýtni

Loftræsinýtni er mælikvarði á hve **óhreinindi** eða mengun í innlofti eru fljót að hverfa út úr rýminu. Hún er háð staðsetningu innblásturs- og útsogstækja (rista og dreifara); hita á innblásturs- og útsogslofti og hitagjöfum í rýminu - og hita á mengunarvöldum ( reyk og gufu). Jafna fyrir loftræsinýtni er:

$$\varepsilon_v = C_u / C_{op} * 100\%$$

þar sem:

|                 |  |
|-----------------|--|
| $\varepsilon_v$ | er loftræsinýtni                                       |
| $C_u$           | er mengun í útsogi ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )          |
| $C_{op}$        | er meðalmengun í íverusvæði ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) |

Ef lítið er á loftræsinýtnina við þá tækni sem lýst er hér að framan má sjá að fullkomin blöndunarloftræsing hefur nýtnina 100% en lagskipt loftræsing getur haft nýtnin sem er meiri en 100%. Sama gildir um stimpilloftræsingu. Einnig kemur fram að ef stór hluti innblásturslofts hverfur beint inn í útsogið og minnkar mengun þar ( $C_u$  minnkar) minnkar nýtnin. Þetta er kallað að skammhlaup sé á milli útsogs og innblásturs þar sem innblástursloftið kemur íverusvæðinu ekki til góða.

### Loftskiptanýtni

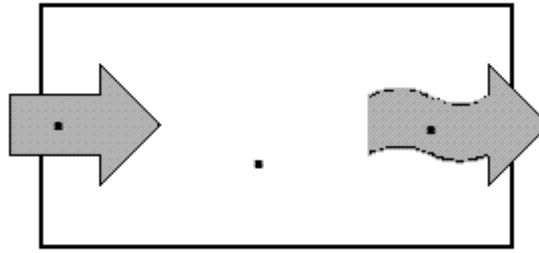
Loftskiptanýtni er mælikvarði á hve loftið er fljótt að endurnýjast í rýminu. Líkt og loftræsinýtnin er hún háð því hvar við staðsetjum innblásturs- og útsogstæki (ristar og dreifara) og hver hitinn er á innblásturs- og útsogslofti. Jafna fyrir loftskiptanýtni er:

$$\Omega_a = \tau_n / 2\tau * 100\%$$

þar sem:

|            |   |
|------------|---|
| $\Omega_a$ | er loftskiptanýtni,   |
| $\tau_n$   | er reiknaður loftskiptatími sem hlutfall af heildarrúmmáli herbergis og innblásins loftmagns, |
| $\tau$     | er meðalaldur lofts í rýminu,   |
| $2\tau$    | er tíminn sem það tekur að endurnýja allt loftið í rýminu.                                    |





Við athugun á loftræsítækninni sem lýst er hér að framan kemur í ljós að loftskiptanýtnin verður mest 50% við fullkomna blöndunarloftræsinguna. Við lagskipta loftræsinguna getur nýtnin orðið 50-100%. Við stimpilloftræsinguna er nýtni meiri en 100%.

Það er útbreiddur misskilningur að fjöldi loftskipta gefi beint til kynna hve oft loftið endurnýjast á klukkustund í herberginu. Tíminn sem það tekur að endurnýja loft í rými er ekki eingöngu háður innblástursloftmagni og rúmmáli rýmis, heldur einnig lofthreyfingum í rýminu.

### Hitanytni

Hitanytni er mælikvarði á hve kæligeta lofts nýtist vel í rýminu. Líkt og loftræsinytnin er hún háð því hvar við staðsetjum innblásturs- og útsogstæki (ristar og dreifara) og hver hitinn er á innblásturs- og útsogslofti. Jafna fyrir hitanytni er :

$$\varepsilon_t = (t_u - t_i) / (t_{op} - t_i)$$

þar sem:

$\varepsilon_t$  er hitanytni;  
 $t_i$  er innblásturshiti;  
 $t_{op}$  er herbergishiti;  
 $t_u$  er hiti í útsogslofti.

Við fullkomna blöndunarloftræsinguna er hiti í útsogslofti ( $t_u$ ) jafn og herbergishiti ( $t_{op}$ ) og  $\varepsilon_t = 1,0$ . Við lélega blöndun verður herbergishiti hærri en ella og  $\varepsilon_t < 1,0$  (0,8). Þegar loftdreifarar eru við loft og loftræsikerfi er til kælingar er hitanytni  $\sim 1,0$  en  $\sim 0,7$  þegar hitað er.

### Ákvörðun loftmagns

Loftmagn í loftræsikerfi er ákveðið út frá nokkrum valkostum sem eru þessir:

- grunnloftun (þörf fyrir ferskloft),
- innblásið loft í stað útsogs,
- kæling,
- hitun.

## Grunnloftun

Í dönskum handbókum er sýnt hvernig reikna má grunnloftun til að tryggja þörf fyrir ferskloft samkvæmt jöfnunni:

$$q_{l,uti} = 3,5 * N + 0,7 * A \geq 7 \text{ l/s á mann}$$

þar sem:

N er fjöldi fólks í herbergi.

A er flatarmál herbergis (m<sup>2</sup>).

Reiknað er með að loftskiptanýtni sé ~1,0.

Í skóla og leikskóla kallar það á loftmagn sem nemur 5,6 l/s á m<sup>2</sup> eða sem nemur 11,2 l/s á nemanda.

Í Danmörku eru kröfur til skólaloftræsingar þannig að loftræsa skal með 5 l/s á nemanda og 0,4 l/s á m<sup>2</sup> þar til viðbótar, en það samsvarar 5,8 l/s á nemanda.

Í íslensku byggingarreglugerðinni er kveðið svo á að í vinnu- og dvalarrýmum skuli loftræsing vera þannig að meðalstyrkur CO<sub>2</sub> fari ekki yfir 800 ppm og hámarksgildi ekki yfir 1.000 ppm. Þá skal nota jöfnuna:

$$q_{l,uti} = n * V_R = G / (c_{op} - c_{uti})$$

þar sem:

n loftskipti á klukkustund;

V<sub>R</sub> rúmmál herbergis;

G framleiðsla á CO<sub>2</sub> frá einstaklingum ~ Met·17 (sitjandi maður er 1 Met);

c<sub>op</sub> CO<sub>2</sub> í innlofti;

c<sub>uti</sub> CO<sub>2</sub> í útilofti (oft 350ppm);

Dæmi:

Kennslustofa í grunnskóla er 60 m<sup>2</sup> og lofthæð 2,7 m. Í stofunni eru 30 nemendur og einn kennari:

Danskar reglur: (31\*5)+0,4\*60=139 l/s ~ 4,6 l/s á mann að meðaltali.

Íslenskar reglur:  $1,0 * 17 / (10^{-6} * 3.600 * (1.000 - 350)) = 7,3 \text{ l/s á mann}$  (~5 l/s ef 1500 ppm max).

Loftskipti eru þá 3,0 (í Danmörku) og 5,0 (á Íslandi).

## Innblástursloft í stað útsogs

Loftmagn í innblæstri þarf að vera jafnt því loftmagni sem sogað er út, t.d. frá eldhúsháfi eða stinkskáp.

## Loftmagn til kælingar

$$q_l = \Phi_k \cdot (\epsilon_t \cdot c_p \cdot \rho \cdot (t_i - t_{op})) \text{ [m}^3/\text{s]}$$

þar sem:

- $\Phi_k$  kælipörf [w],
- $\epsilon_t$  hitanýtni ~1,0,
- $c_p$  eðlisvarmi lofts ~1,0 (kJ/kg·K),
- $\rho$  eðlisþyngt lofts ~1,2 (kg/m<sup>3</sup>),
- $t_i$  innblásturshiti °C,
- $t_{op}$  herbergishiti °C.

## Loftmagn til hitunar

$$q_l = \Phi_h / (\epsilon_t \cdot c_p \cdot \rho \cdot (t_{op} - t_i)) \text{ [m}^3/\text{s]}$$

þar sem:

- $\Phi_h$  hitapörf [w],
- $\epsilon_t$  hitanýtni ~1,0,
- $c_p$  eðlisvarmi lofts ~1,0 (kJ/kg·K),
- $\rho$  eðlisþyngt lofts ~1,2 (kg/m<sup>3</sup>),
- $t_i$  innblásturshiti °C,
- $t_{op}$  herbergishiti °C.

Ef loftræsikerfi er hannað til kælingar, hitunar og sem grunnloftræsing er stærsta gildið ákvarðandi fyrir heildarloftmagn. Oft er loftræsing eingöngu til grunnloftunar og er þá reiknað með að kæling og hitun komi annars staðar frá (opnað út til kælingar og ofnahitun til hitunar).



### 3. Innblásturstækni við vélræna loftræsingu

#### Yfirlit

Margar aðferðir eru við að blása lofti inn í rými hvort sem um er að ræða blöndunarloftræsingu, lagskipta loftræsingu eða stimpilloftræsingu. Hér verður fjallað um þá tækni sem algengust er við blöndunarloftræsingu og lagskipta loftræsingu.

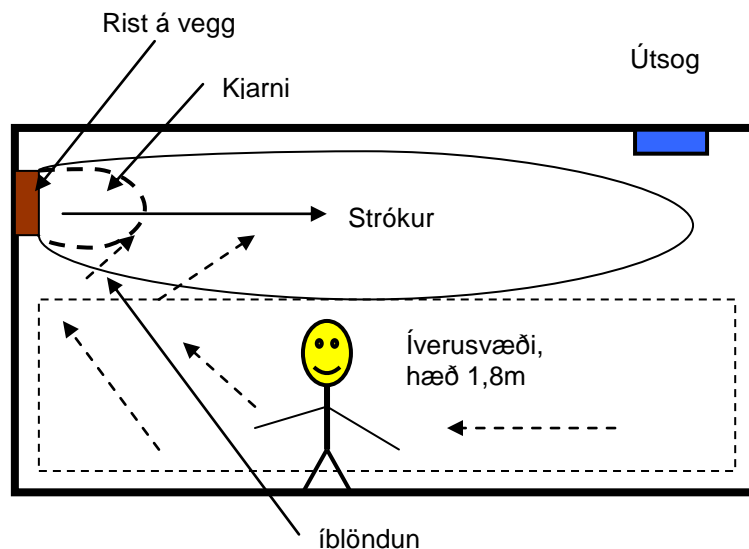
#### Loftstrókar

Við blöndunarloftræsingu er gerður greinarmunur á því hvort lofti er blásið inn um rist í vegg sem **strók er stendur beint út í rýmið** eða hvort **strókinn leggur með lofti rýmisins**.

Strók með innblásturslofti sem er jafn heitt og herbergisloftið (isothermal) má lýsa á eftirfarandi hátt:

Loftmagnið í sjálfstæðum strók vex stöðugt en lofthraðinn minnkar eftir því sem strókurinn fjarlægist ristina. Þetta stafar af því að hraðinn við ristina er svo mikill að strókurinn dregur til sín loft úr rýminu, bæði ofan og neðan við sig, og blandar því saman við innblástursloftið. Strókurinn þenst út með  $\sim 24^\circ$  horni við flöt. Þannig myndast hringrás í rýminu sem er blöndunarloftræsing.

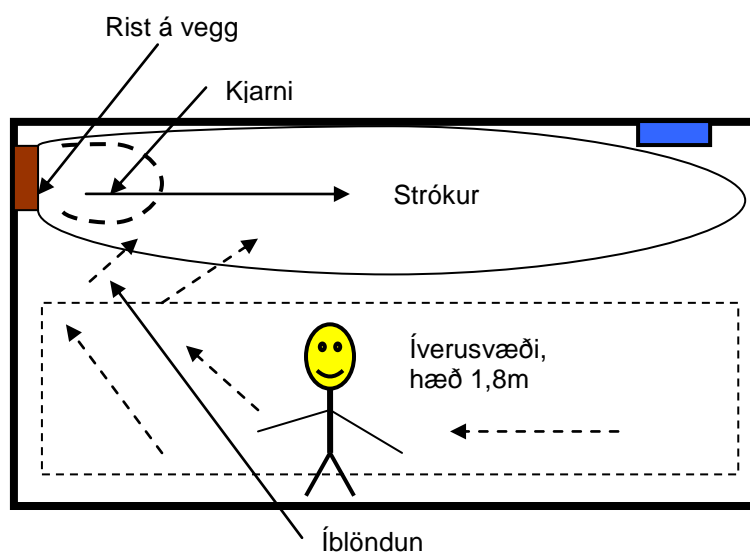
Útsogrist er í rýminu og má staðsetja hana hvar sem er þar sem hún hefur ekki áhrif á þessa hringrás. Oftast er útsog haft í lofti.



*Sjálfstæður loftstrókur frá rist á vegg.*

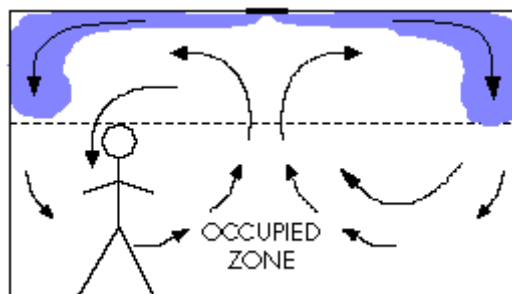
## Coanda-áhrif

Þegar innblástursrist er staðsett nær en ~300 mm frá lofti er strókurinn ekki lengur sjálfstæður. Nálægð hans við loft veldur því að ekkert loft kemst að honum ofan frá en eingöngu að neðan. Við það myndast undirþrýstingur sem veldur því að strókurinn loðir við loftið. Strókurinn stækkar hægar fyrir bragðið eftir því sem fjær dregur rist og heldur því lengur hraða sínum. Hann nær því lengra inn í rýmið, eða sem nemur  $\sqrt{2}$  lengra en ef hann væri sjálfstæður. Þessi áhrif eru kölluð „Coanda-áhrif“ og eru mikið nýtt við dreifingu á köldu innblásturslofti.



*Loftstrókur frá rist á vegg sem loðir við loftið*

Loftstrókur frá loftdreifara sem staðsettur er í miðju herbergi hagar sér á sama hátt og innblástur frá rist hátt á vegg. Myndin sýnir þegar innblásturloft streymir frá loftdreifara í miðju lofti. Coanda-áhrifa gætir þar sem loftdreifari er þétt við loft og hringrás myndast í herberginu.

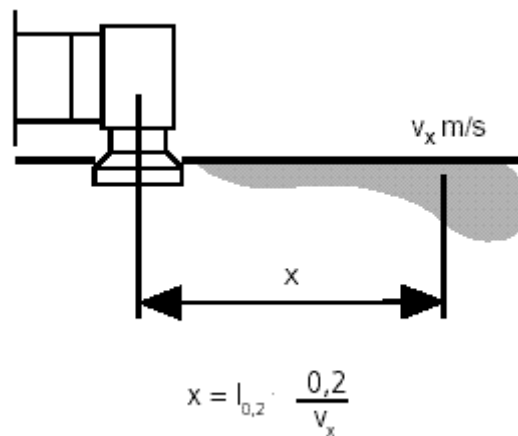


*Loftstrókur frá loftdreifara sem loðir við loftið*

## Kastlengd

Mikilvægt er að loftstrókur frá innblásturstæki nái um allt rýmið þannig að hvergi myndist óloftræst svæði. Íverusvæði nefnist það svæði þar sem fólk er við leik og störf. Þar gilda reglur um hámarkshraða lofts frá loftræsingum þannig að fólk líði vel og ekki myndist trekkur. Almenn er gert ráð fyrir að lofthraði sem er minni en 0,2 m/s valdi ekki trekk. Hraði lofts í loftstróki þarf að vera svo mikill að loftið nái út í öll horn á rýminu.

Þeir sem framleiða ristar og dreifara gefa upp í tækniupplýsingum sínum hver hraði lofts er í loftstróki í ákveðinni fjarlægð frá ristinni, t.d. 0,2 m/s. Sú fjarlægð er þá oft valin sem fjarlægð að vegg ef blásið er inn öðru megin eða þá fjarlægð í mitt rýmið ef blásið er inn frá báðum hliðum.

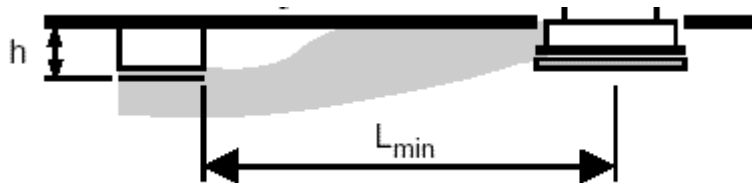


Þótt loftstróki sé beint með lofifleti og honum ætlað að berast alla leið að veggnum á móti, er vegalengdinni takmörk sett af eðlisfræðilegum orsökum. Skýringin er sú að þegar loftgeisli hefur borist með lofifletinum blandast hann öðru lofti (blöndunarlofti) á leiðinni og stækkar. Fyrir eða síðar verður aðstreymi blöndunarloftsins tregara vegna stærðarinnar á stróknum, einkum blöndun inn að miðju hans. Að lokum sveigist strókurinn niður og að gólfi til að fæða sjálfan sig með aðstreymi blöndunarlofts. Þar er hættu á trekk. Sú vegalengd sem strókurinn hefur farið þá er 3-4 sinnum lofthæð rýmisins, eða 7-10 metrar við venjulega lofthæð. Þessi lengd er kölluð hámarkskastlengd.

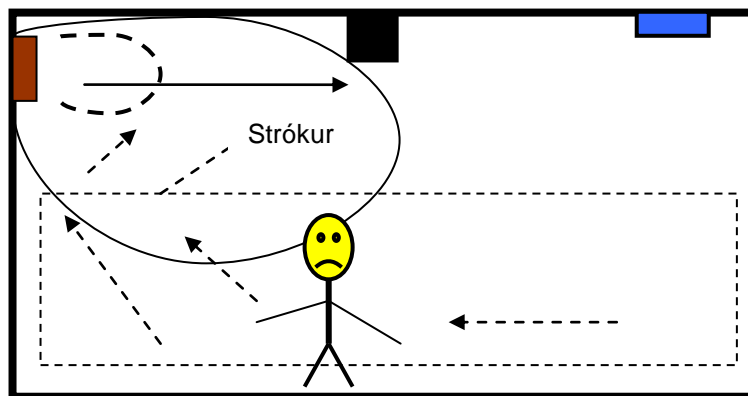
## Hindranir

Við innblástur eftir lofti (fölsku lofti) eru oft hindranir á leið loftstróks sem valda því að hann slitnar frá loftinu, berst niður í íverusvæði og veldur þar trekk. Oft hefur strókurinn ekki fengið nægjanlega tíma til að blandast lofti í herberginu og jafna út kaldara innblástursloft og er þá kaldur og á miklum hraða þegar að hindrun kemur.

Lampar eða burðarbitar eru dæmi um hindranir. Hættan er því meiri sem hindrun er hærrí og nær innblásturstæki og innblástursloft kaldara. Þegar lofti er blásið inn í rými og blásturinn er 6°C kaldari en innloftið þarf að fullnægja þeim skilyrðum sem sýnd eru á eftirfarandi mynd.



$$L_{min} \geq 25 * h \text{ (50\% meira ef innblásturshiti er lægri)}$$



Loftstrókur frá loftdreifara sem lendir á hindrun við loft

## Gerðir loftstróka

Af loftstrókum eru þrjár gerðir:

- keilulaga strókur (t.d. frá kringlóttum innblástursventli),
- flatur strókur (t.d. frá línurist - hlutfall hærra en 1:10 á milli hæðar og lengdar),
- miðlægur strókur ( t.d. frá loftdreifara),

Lögun innblásturstækis ræður gerð stróks. Kringlótt og ferköntuð op mynda keilulaga stróka.



Erfitt er að mynda flatan strók en til þess þarf í raun að blása inn um mjög mjóa rauf sem nær á milli veggja í herbergi.

Miðlægur strók er hægt að mynda út frá lofdreifara með undirplötu.

### Kæligeta loftstróks

Þegar blásið er inn köldu lofti frá loftræsikerfi hefur það kæligetu. Kæligeta er geta loftsins til að lækka hita sem t.d. stafar af sólgeislun, tölvum og fólki. Ef kæliþörf er mikil þarf að vanda vel valið á innblásturtækjum.

Loftstrókar hafa mismikla kæligetu án þess að mynda trekk. Kæligetan felst einkum í hæfni stróksins við að blandast hratt við heitara loft í rýminu. Einnig skiptir máli hve ört dregur úr hraða stróksins þegar hann berst inn eftir rýminu.

Yfirlit yfir kæligetu loftstróks sem er loðir við loft (Coanda-áhrif):

| Loftstrókur | Innblásturstæki | Kæligeta                 | Athugasemdir  |
|-------------|-----------------|--------------------------|---|
| Kónískur    | Rist á vegg     | 0-15 [w/m <sup>2</sup> ] | Æskilegt er að nota margar litlar ristar til að auka kæligetu |
| Flatur      | Löng línurist   | 0-60 [w/m <sup>2</sup> ] | Ef rist er há og stutt verður strókurinn kónískur             |
| Miðlægur    | Loftdreifari    | 0-60 [w/m <sup>2</sup> ] | Lítill kastlengd eykur kæligetu                               |

### Val á innblásturshita fyrir blöndunarloftræsing

Hiti á innblásturslofti frá loftstrók er á bilinu 15-18°C þegar kælt er en 25-30°C þegar hitað er. Val á innblásturshita við kælingu ræðst af getu innblásturstækis (ristar eða lofdreifara) til að blanda, og sú geta er minni hjá ristum en lofdreifurum. Framleiðendur gefa upp lágmarks innblásturshita. Yfirlitt er hættu á dragsúgi ef valinn er lægri innblásturshiti en 15°C við kælingu. Við hitun gefur lægri innblásturshiti betri loftræsing og örari blöndun en hærri hiti.

### Innblásturstæki fyrir lagskipta loftræsing

Lagskipt loftræsing byggir á því að innblásturstæki er komið fyrir við gólf og lofti blásið hægt inn. Innblásturstækin eru flest byggð upp þannig að innblástursflötur er stór, oft götuð plata, en á bak við hann er síudúkur eða efni sem jafnar út flæðið frá tækinu.

Enginn eiginlegur loftstrókur er frá tækinu eins og frá rist, og líður loftið hægt út og án mikillar blöndunar við herbergisloftið. Þannig streymir það út eins og vatn sem hellt er úr fötu. Þetta setur því mörk hve köldu lofti er hægt að blása inn í rýmið.

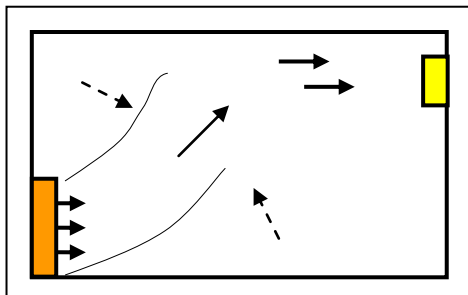
Til eru innblásturstæki fyrir lagskipta loftræsingu sem blanda að hluta til herbergislofti við innblástursloft til að auðvelda blástur á kaldara lofti og auka þannig kæligetuna.

Myndir a, b og c sýna hvernig loftið streymir frá innblásturstæki fyrir lagskipta loftræsingu. Þar sem lofthraði er lítil er engin íblöndun við herbergisloft.

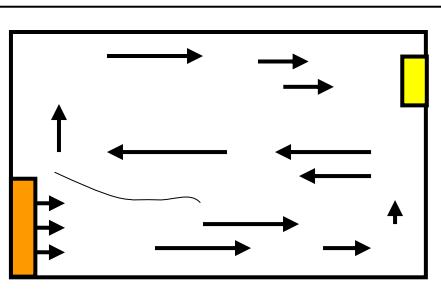
Mynd a sýnir þegar innblásturshiti er hærri en herbergishiti og innblástursloft stigur upp og líður að útsogsrist.

Á mynd b er innblástursloft mikið kaldara en herbergisloftið og flæðir frá innblásturstæki allhratt eins og foss af köldu lofti. Þar er hætt á að kvartað verði um kulda á fótum.

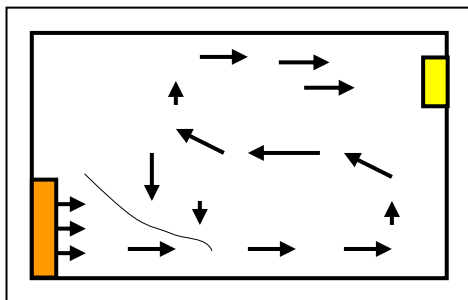
Á mynd c er innblástursloft 1-2°C kaldara en herbergisloftið (þ.e 19-21°C) og streymir að gagnstæðum vegg og snýr þar við. Innblástursloft getur borist allt að 10-15 metra frá innblásturstæki. Útsog er ávallt við þak og reyndin er sú að útsogsloft streymir að útsogsrist í lagi sem er í sömu hæð og ristin. Á mynd c er aðstæður góðar við loftræsingu.



Mynd a



Mynd c



Mynd b

## Val á innblásturshita við lagskipta loftræsingu

Við val á innblásturshita við lagskipta loftræsingu þarf að sýna gætni og fara að tilmælum framleiðanda búnaðar. Fyrir innblásturstæki sem hefur ekki blöndunarhrif eru 18-19°C taldar heppilegur innblásturshiti. Ef tækið hefur blöndunarhrif er hægt að lækka það gildi um 1-3°C. Innblásturshiti er látinn breytast eftir kælipörf frá lágmarks innblásturshita (t.d. 18°C) í innihita (t.d. 23°C).

## Staðsetning á hitaskynjara við lagskipta loftræsingu

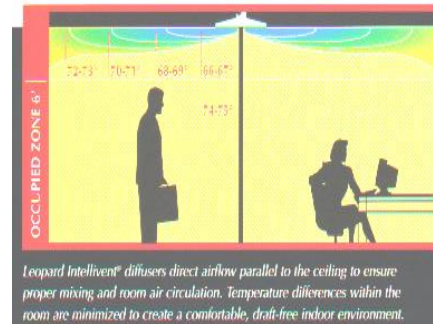
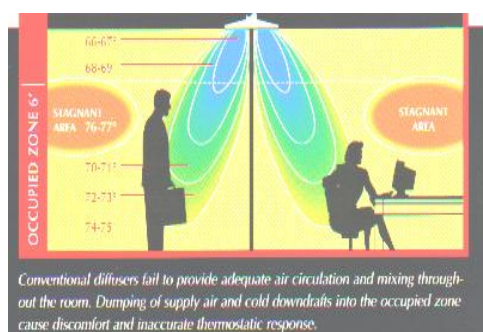
Við blöndunarloftræsingu er það regla að staðsetja hitaskynjara, sem stýra innihita, 1,1 -1,5 m frá gólfi. Blöndunarloftræsing dreifir hitanum jafnt um allt rýmið. Um lagskipta loftræsingu gegnir öðru máli. Innloftið er kaldara við gólf en við loft. Mikil hættu er á kuldatrekk við gólfið. Nýjar rannsóknir sýna að heppileg staðsetning á hitaskynjurum er sem hér segir:

| Svæði                                      | Hitaskynjari                                      | Loftgæðaskynjari        | Ath.                                  |
|--|---|-------------------------|---------------------------------------|
| Venjuleg lofthæð                           | 0,2-0,5 m   | 1-1,5 m                 |                                       |
| Venjuleg lofthæð - innblástur um tölvugólf | Á gólfinu   | 1-1,5 m                 | Innblásturstæki blása upp frá gólfi   |
| Hátt til lofts – hallandi gólf             | 0,2-0,5 á lægra gólfi og í höfuðhæð á herra gólfi | Í höfuðhæð á efra gólfi | Dæmi: hallandi gólf í fyrirlestrarsal |
| Hátt til lofts                             | 0,2-0,5 m   | 1-1,5 m                 |                                       |

## Sérstök innblásturstækni

Í rýmum þar sem notkun loftræsingar er breytileg eins og fyrirlestrarsölum og samkomusölum, eða þar sem kæliþörf er mismikil eins og í rýmum þar sem geislun sólar gætir mikið, er oft heppilegt að breyta loftmagni sem blásið er inn eftir þörfum hverju sinni. Þannig sparast orka.

Myndin að neðan til vinstri sýnir hvað gerist þegar loftmagn er minnkað í blöndunarloftræsingunni.



Loftstrókurinn verður minni og blöndun á köldu innblásturslofti og heitu herbergislofti verður verri með þeim afleiðingum að strókurinn berst hratt niður í íverusvæðið með tilheyrandi hættu á trekk. Einnig eru stór svæði í rýminu óloftræst. Á myndinni til hægri eru aðstæður góðar þar sem loftdreifari er sérstaklega gerður fyrir slíka notkun.

Þessi kerfi eru kölluð „kerfi með breytilegu loftmagni“ (VAV-kerfi). Í þau skal helst nota sérstaka loftdreifara fyrir blöndunarloftræsingunni sem halda sama hraða í stróknum, óháð því loftmagni sem blásið er inn.

Þegar loftræsing er lagskipt skiptir minna máli fyrir dreifingu innblástursloftsins hvort loftmagnið er breytilegt í kerfinu eða ekki.

#### 4. Gerðir loftræsikerfa fyrir vélræna loftræsingu

##### Almenn atriði

Oft er loftræsikerfum skipt í eftirfarandi yfirflokk, sbr. fremsta dálk töflunnar:

| Gerð kerfis              | Hlutverk  | Dæmi um notkunarstaði                         |
|--------------------------|---|---|
| Útsogskerfi              | Að soga loft frá mengandi stöðum                          | Fjölbýlishús, íbúðarhús, iðnaður bílageymslur |
| „Fjölþætt loftræsikerfi“ | Að fullnægja þörfum varðandi ferskt loft, hita og kælingu | Skrifstofur, sjúkrahús                        |
| Lofthitakerfi            | Að hita upp húsnæði                                       | Íbúðarhús, anddyri                            |
| Loftendurnýjunarkerfi    | Að fullnægja ferskloftspörf                               | Skrifstofur, íbúðarhús                        |

Eins og nafnið gefur til kynna draga útsogskerfin eingöngu loft út úr húsinu. Innstreymisloft - oft nefnt ferskloft - kemur því annað hvort inn í húsið um glugga, dyr eða um sérstök op (og þar sem er óþétt, t.d. með hurðum og gluggum).

„Fjölþætt loftræsikerfi“ eru oftast þannig gerð að jafn miklu lofti er blásið inn í bygginguna og kerfið sagnar út. Loftið er síað, forhitað og rakabætt áður en því er blásið inn í húsið. Í dag er algengt að endurnýta varma frá heitu útkastslofti með því að blanda útkastsloftinu við inntaksloftið, eða nota varmaskipti.

Lofthitakerfi eru oftast hringrásarkerfi þar sem inniloft er síað, hitað og því blásið inn í rýmið. Stundum eru lofthitakerfi tengd loftinntaki fyrir ferskloft.

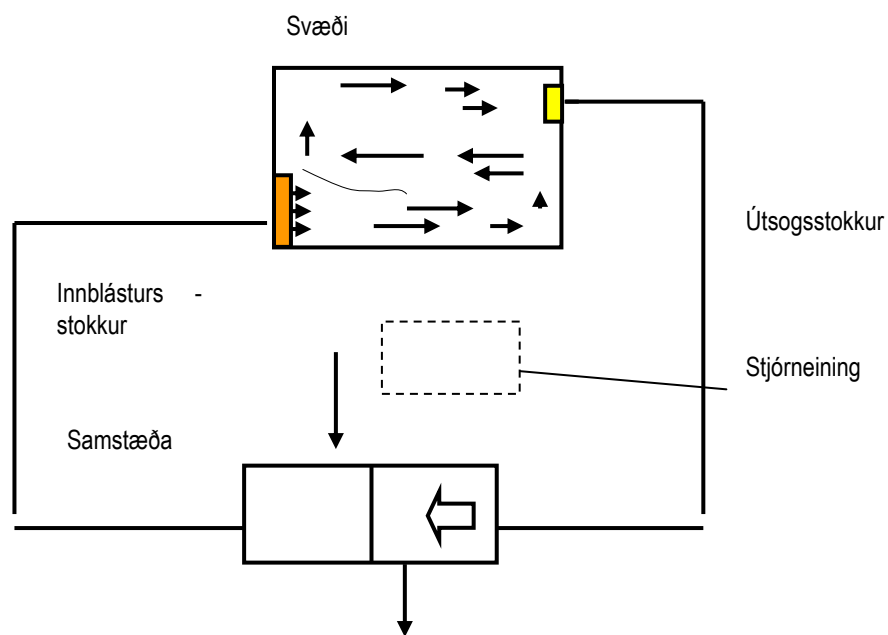
Loftendurnýjunarkerfi eru oft þannig gerð að innblásna loftið er hreint ferskloft sem er síað og stundum rakabætt áður en því er blásið inn í húsið. Loftmagnið er þá látið ráðast af þörf starfseminnar fyrir ferskt loft.

## Kerfishlutar

Loftræsikerfi getur byggst upp og deilst í hluta eins og myndin sýnir:

Þjónustusvæði er sá hluti kerfis sem geymir innblásturs- og útsogstækin.

- Þjónustusvæði er t.d. herbergji, svæði eða hluti af byggingu.
- Inn- og útsogstokkar sjá um að koma loftinu að og frá þjónustusvæði.
- Á loftstokkum eru stillilokur, brunalokur og lofthitarar.
- Stjórneining sér um alla rafstýringu kerfisins.
- Loftræsisamstæðan felur í sér blásara, siur, hitara, rakatæki og annan búnað.



## 5. Loftræsing fyrir íbúðarhúsnæði

### Kröfur byggingarreglugerðar til loftræsingar

Í íbúðarhúsum myndast vatnsgufa og lykt sem þarf að loftræsa. Í íbúð með fjórum einstaklingum myndast 10-12 lítrar af vatni á sólarhring, og þeir breytast í gufu sem þarf að ræsa burt.

Kveðið er á um loftræingu íbúðarhúsnæðis í byggingarreglugerð.

Fyrir íbúðarhúsnæði eru gerðar eftirfarandi kröfur um loftræingu, sjá úrdrátt úr töflu 187 í byggingarreglugerðinni. Samkvæmt töflunni eru gerðar kröfur um þverskurðarflatarmál sjálfsgandi loftrása eða afkastagetu vélknúins útsogsbúnaðar og gerð og stærð loftinntaks. Stærðir töflunnar miðast við réttthyrndar loftrásir og má hlutfall milli lengdar og breiddar ekki vera meira en 2:1 og minnstu mál á hvorn veg 100 mm. Flatarmál þverskurðar loftrása má minnka um 25% ef stokkar eru sívalir. Í hverju herbergi á að vera loftinntak eins og fram kemur í töflunni og annað hvort sjálfsgandi loftrás eða vélknúinn útblástur.

Úrdráttur úr töflu 187 í íslensku byggingarreglugerðinni:

| Herbergi                                  | Loftinntak<br>[loftinnblástur]  | Sjálfsgog<br>[m <sup>2</sup> ] | Vélknúinn<br>útbلاstur<br>[l/s] |
|---|---|--------------------------------|---------------------------------|
| Íbúðarherbergi                            | Opnanlegur gluggi   |                                |                                 |
| Íbúðarherbergi í íbúð með eina gluggahlið | Opnanlegur gluggi   | 0,02                           | 22                              |
| Eldhús, 7 m <sup>2</sup> og stærra        | Opnanlegur gluggi   | 0,02                           | 22                              |
| Eldhús, minna en 7 m <sup>2</sup>         | Opnanlegur gluggi eða opnun gegnum annað herbergi   | 0,015                          | 17                              |
| Baðherbergi                               | Opnanlegur gluggi minnst 0,2 m <sup>2</sup> eða stillanleg loka, 0,01 m <sup>2</sup> , opnun í hurð eða vegg aðlægs herbergis     | 0,015                          | 14                              |
| Salerni                                   | Opnanlegur gluggi, minnst 0,2 m <sup>2</sup> , eða stillanlega loka, 0,01 m <sup>2</sup> , opnun í hurð eða vegg aðlægs herbergis | 0,01                           | 11                              |

Loftmagnstölur í töflunni hér að ofan miðast við að loft sé sogað út frá þeim rýmum í íbúðinni sem í er mengað eða rakt loft, eins og í eldhúsum og snyrtiherbergjum. Samsvarandi magn útilofts streymir síðan inn í íbúðina, um innblásturskerfi, opnanlega glugga, ristar í útvegg eða rifur við opnanlega glugga og hurðir.

Taflan segir að okkur sé skylt að setja upp loftræsikerfi fyrir eldhús, bað og salerni, og í íbúðarherbergjum sem hafa aðeins eina gluggahlið. Kerfið getur verið náttúrulegt útsog (sjálfsg) eða vélknúinn útblástur. Ekki uppfylla öll hús, sem búið er í nú á dögum, þessi skilyrði. Vænta má að loftræsingu sé ábótavant í þeim.



Ef tekið er dæmi um litla 90 m<sup>2</sup> íbúð í fjölbýlishúsi með tvær gluggahliðar sem samviskusamur húsbýggjandi hefur byggt samkvæmt byggingarreglugerðinni, eru sogaðir út 17 l/s frá eldhúsi og 11 l/s frá baðherbergi, en það samsvarar 0,5 loftskiptum á klukkustund ef lofthæð íbúðar er 2,5 m. Því er augljóst að tryggja þarf aðstreymi fersklofts til að koma í veg fyrir of mikinn undirþrýsting í íbúðinni. Í dag eru nýrri hús oft mjög þétt og ekki hægt að tryggja að gluggar séu ávallt opnir. Hætta er á óþéttleika og vatnsleka um rifur.

### Stærðir loftstokka

Afar mikilvægt er að loftstokkakerfið sér rétt hannað og lagt til að fyrirbyggja óeðlilegt þrýstitap og hávaða. Eins og sýnt er í töflu hér að framan (úrdrættinum úr byggingarreglugerðinni) er gerður greinarmunur á stærð loftstokka eftir því hvort kerfið er sjálfsg (náttúruleg loftræsing) eða vérænt útsog. Í byggingarreglugerðinni er boðið upp á að nota sívala stokka í stað ferkantaðra og má þá minnka flatarmál þeirra um 25%. Hér á eftir fer tafla yfir stærðir útsogsstokka. Þar kemur fram að loftstokkar eru stærri í sjálfsgskerfum en við vélknúinn útblástur.

| <b>Við sjálfsg</b>                  |                              |                    |                     |                |
|-------------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------|----------------|
|                                     | Sjálfsg<br>[m <sup>2</sup> ] | Minni hlið<br>[mm] | Stærri hlið<br>[mm] | Sívalt<br>[mm] |
| Herbergi í íbúð með eina gluggahlið | 0,02                         | 100                | 200                 | 145            |
| Lítið eldhús                        | 0,015                        | 100                | 150                 | 125            |
| Stórt eldhús                        | 0,02                         | 100                | 200                 | 145            |
| Bað                                 | 0,015                        | 100                | 150                 | 125            |
| Salerni                             | 0,01                         | 100                | 100                 | 125            |



**Við vélknúinn útblástur**

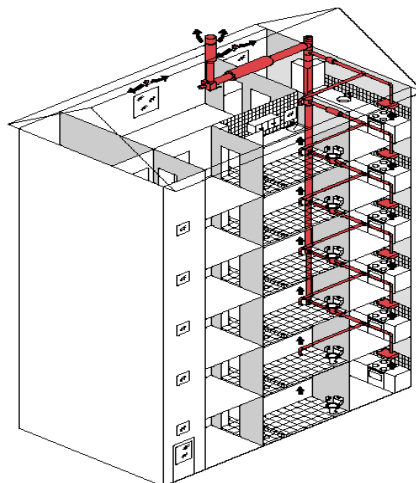
|                                     | Loftmagn<br>[l/s] | Breidd<br>[mm] | Lengd*<br>[mm] | Sívalt<br>[mm] |
|-------------------------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|
| Herbergi í íbúð með eina gluggaglið | 22                | 100            | 73 (100)       | 125            |
| Lítið eldhús                        | 22                | 100            | 73 (100)       | 125            |
| Stórt eldhús                        | 17                | 100            | 57 (100)       | 100            |
| Bað                                 | 14                | 100            | 47 (100)       | 100            |
| Salerni                             | 11                | 100            | 37 (100)       | 100            |

*Lofthraði < 3 m/s*  
\*) *Minnsta stokkhlið 100 mm*

Allir loftstokkar eru úr óbrennanlegu efni og einangrun þeirra skal einnig verða óbrennanleg.

**Gerðir loftræsikerfa fyrir íbúðarhús**

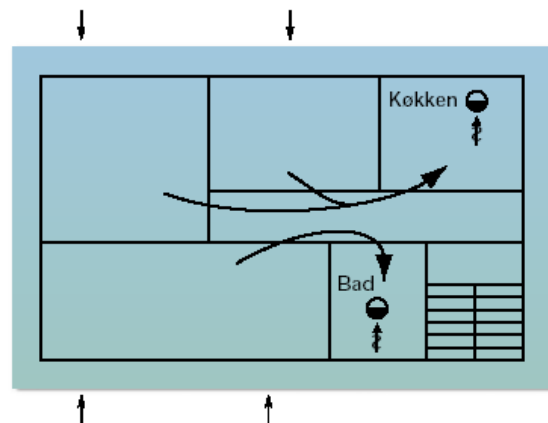
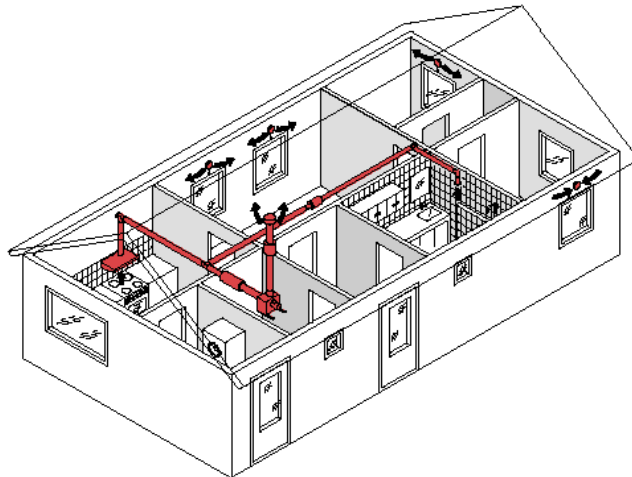
Í fjölbýlishúsum er loftræsing oftast þannig að á þaki er þakblásari sem soga loft um loftstokka sem liggja niður eftir hæðum hússins – eða að loftræsingin er sjálfsgöng. Hér verður eingöngu fjallað um vélknúð útsög þar sem slík kerfi eru algengari nú. Eftirfarandi mynd sýnir útsogskerfi í fjölbýlishúsi sem uppfyllir kröfur byggingarreglugerðar. Vélknúinn útblástur er frá eldhúsi og baðherbergi. Sameiginlegur stofnstokkur liggur upp í þak og tengist þar hjóðgildru og síðan blásara. Á stofnstokknum eru hreinsilúgur. Loftið er tekið inn um ferskloftsventla sem staðsettir eru í stofu og herbergjum. Hreint loft streymir því inn í íbúðarherbergi og að baðherbergi og eldhúsi af því að mengun er mest frá matseld og raka og lykt á baði. Ferskloftsventlar eru sérhannaðir til að hleypa lofti beint að utan inn í hús. Afköst þeirra er 10-15 l/s og þurfa því að vera tveir fyrir hverja venjulega íbúð.



*Útsogskerfi í fjölbýlishúsi*

Eftirfarandi mynd sýnir útsogskerfi í einbýlishúsi og er það byggt upp á svipaðan hátt og kerfið í fjölbýlishúsinu.

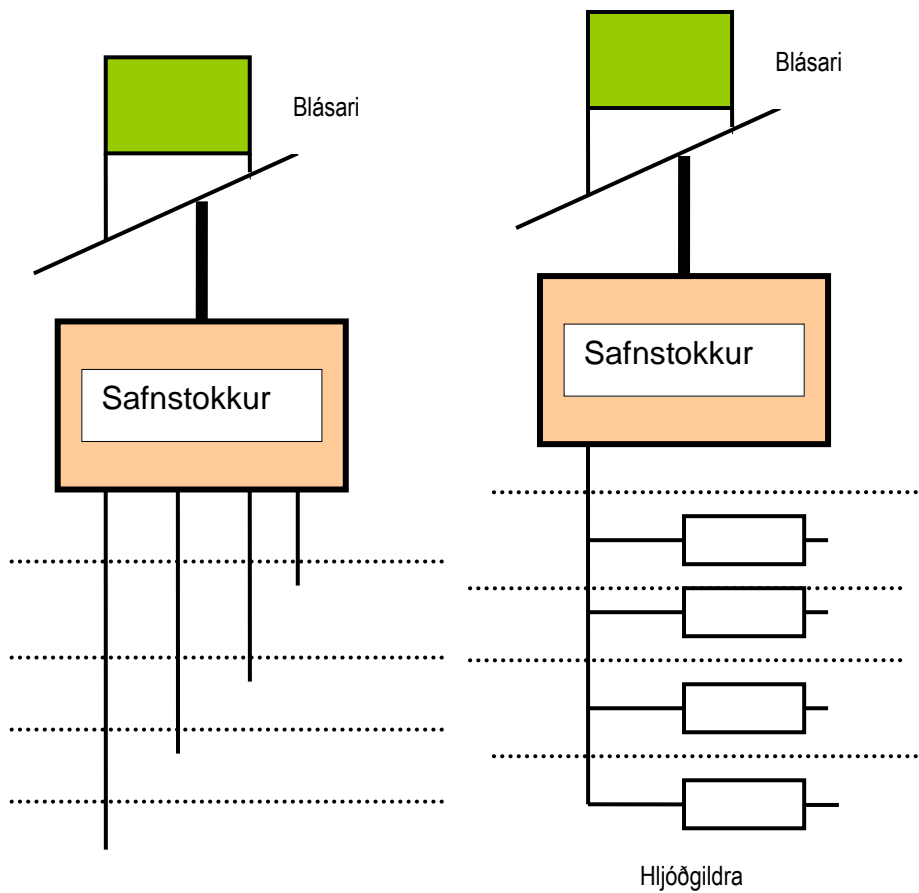
Í útsogskerfum fyrir íbúðarhús streymir hreint loft frá íbúðarherbergjum að eldhúsi og baði eins og myndin sýnir.



### Algeng útsogskerfi fyrir fjölbýlishús á Íslandi

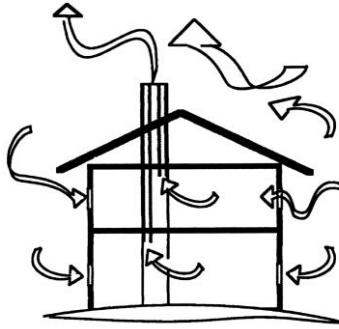
Útsogskerfi er hægt að byggja upp eins og sýnt er á eftirfarandi mynd. Þetta er algengasta gerð útsogskerfa fyrir fjölbýlishús með vélknúnu útkasti. Sérstokkar eru að hverri íbúð og tengjast þeir allir við safnstokk uppi í þakrými. Safnstokkurinn er hljóðeinangraður og á honum eru hreinsilúgur. Þannig berst minna hljóð á milli íbúða um stökkakerfið. Þegar sérstokkar liggja frá safnstokki inni í veggjum að hverri íbúð er ekki krafist að bruna- og reyklokur séu í stökkunum.

Í Danmörku er algengara að útsogskerfi í fjölbýlishúsum séu með stofnstokkum sem liggja niður hæðir hússins. Við þá tengjast síðan greinistokkar frá hverri íbúð. Það kerfi krefst meiri hljóðdeyfangar í stökkakerfi á milli íbúða og er flóknara m.t.t. brunavarna. Einnig þarf stofnstokkur að komast fyrir í lagnastokki.



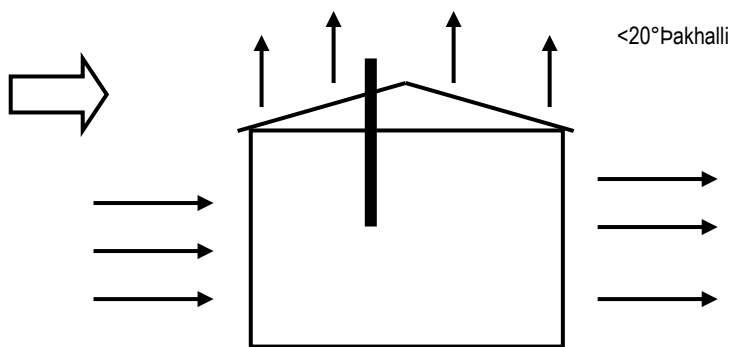
## Sjálfsog

Algengasta útsogskerfi í íbúðarhúsum er sjálfsog. Stokkur er lagður frá herbergi sem á að loftræsa og upp í þak þar sem hann tengist þakhettu eða háfi. Eins og við náttúrlega loftræsinguna byggjast drifkraftar sogloftsins á hitauppstreymi og áhrifum vinds. Þess vegna breytist útsog eftir útihita, vindhraða og vindátt.



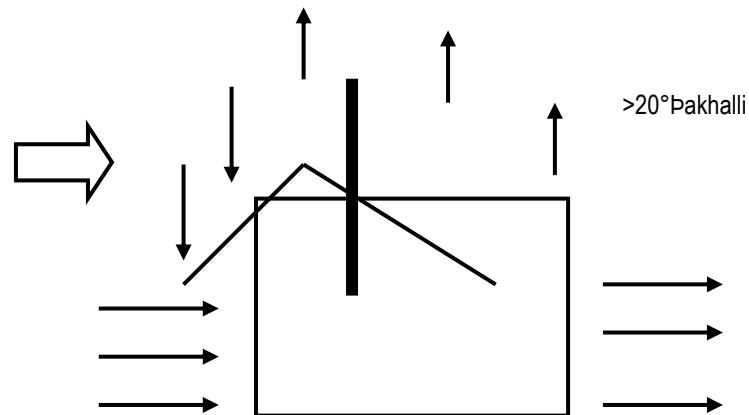
Dæmi: Loftstreymi er 28 l/s um 12,8 m háan lofstokk sem er 100\*100 mm (100 cm<sup>2</sup>) þegar mismunur á inni- og útihita er 25°C (-5°C frost úti) en 0 l/s þegar mismunur á inni- og útihita er lítil og vindur enginn.

Þar eð drifkraftar fyrir sjálfsog eru hitauppstreymi og áhrif vinds má aldrei leggja útsogsstokk fyrir sjálfsog í útvegg eða um köld rými. Vindurinn hefur áhrif með sogbrýstingi á þakið og yfirbrýstingi inni í íbúð vegna mismunar á brýstingi hlémegin og brýstingi áveðurs á hliðar hússins.



Þar sem þakhalli er lítil er ávallt undirbrýstingur, og skiptir þá ekki máli hvar útsogshetta er staðsett. Alltaf verður sog í stokknum.

Þegar þakhalli er meiri en 27° (1:2) myndast yfirbrýstingur á þakið áveðurs. Þess vegna er nauðsynlegt að staðsetja útsogshetta sem næst mæni.



Ef forðast á að það „slái niður“ í útkastshettur við þakhalla sem er  $\geq 30^\circ$  þarf þakhetta að vera staðsett sem næst mæni og ná 30 cm upp fyrir kjöljárn.

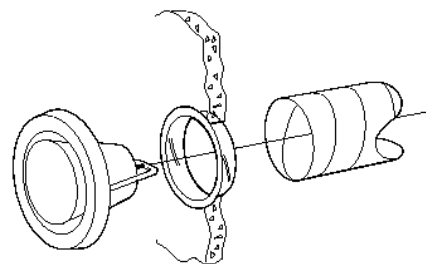
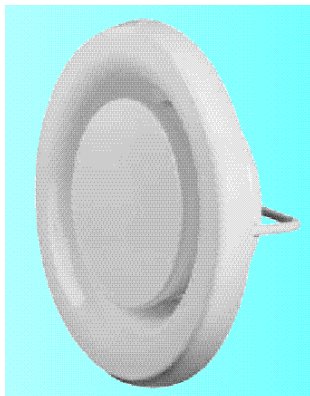
Í byggingarreglugerð er kveðið svo á að allar útsogstúður á þaki nái 30 cm upp frá þaki, óháð þakhalla, og er það til að minnka hættu á að snjór komist inn í túður.

Lofstokkar fyrir sjálfsgö eru mun stærri en stokkar fyrir vélknúinn útblástur. Fyrir eldhús þarf 100\*200 mm stökk en 100\*100 mm fyrir bað. Ristar og útsogsventlar mega ekki auka mótstöðu til muna.

### Hreinsun útsogskerfa

Miklu skiptir að útsogskerfi séu hreinsuð í íbúðarhúsum og er nauðsynlegt að notendur kerfanna og þeir sem taka að sér hreinsunina fá leiðbeiningar þar að lútandi. Íbúarnir verða að þrifa útsogsventlana í íbúðum sínum og þarf þá að vera auðvelt að taka ventlana niður.

Sérhæfðir hreinsunarmenn hreinsa stokka og blásara. Rannsóknir sýna að afköst útsogskerfa í íbúðarhúsum minnka að jafnaði um 6-8 % á ári vegna þess að ryk og óhreinindi sest í stökkana.



Útsogsventlar



## 6. Útsogskerfi fyrir bílageymslur

Í byggingarreglugerðinni er svo kveðið á að í bílageymslum, sem eru lokaðar og stærri en 100 m<sup>2</sup>, skuli vera sjálfstætt loftræsikerfi sem geti sogað burt sprengifimar og hættulegar lofttegundir niðri við gólf. Kerfið skal hannað í samræmi við kröfur og staðla sem um slík kerfi gilda. Um minni bílageymslur er eingöngu sagt að þær skuli loftræsa.

Við hönnun loftræsikerfa fyrir bílageymslur er stuðst við samnorræna skýrslu, NKB—rapport nr. 40.

Hönnunarforsendurnar snúast um að magni CO (kolsýrings) sé haldið í skefjum en hann er sú gastegund sem er hættulegust og myndast við ófullkominn bruna í bílvélum. Ef CO er haldið í lágmarki eru taldar líkur á að aðrar gastegundir frá útblæstri bílvéla séu innan eðlilegra marka.

Magn útsogs frá bílageymslum er háð eftirfarandi kennistærðum:

| Stærðir                                 | Tákn               | Algeng stærð  | Ath.  |
|---|--------------------|---|---|
| Fjöldi bíla sem eru á ferð hverju sinni | N                  | 3-5% við verslanir en 15-20% við íþróttaleikvang og flugvelli (stansað stutt) | Ef gildi N er stórt er magn útsogs meira                              |
| Hámark CO                               | S <sub>comax</sub> | 25 ppm en oft 35 ppm  | Ef gildi CO <sub>max</sub> er stórt er magn útsogs meira              |
| Meðalaksturstími                        | τ <sub>m</sub>     | Fer eftir stærð bílageymslu ~ 45-100 sek.                                     | Ef gildi τ <sub>m</sub> er stórt er magn útsogs meira                 |
| Flatarmál bíla-geymslu                  | A                  |   | A-gildi er notað í útreikningum. Stærra flatarmál minnkar magn útsogs |

Formúla til að ákveða útsogsmagn:

$$q_v = C * 100 * f * \tau_m * A$$

$$S_{comax} = (N * S_{co}) / A \text{ þar sem } S_{co} \text{ er } 0,000195 \text{ kg/s á hvern bíl}$$

$$f = 100 * S_{comax} / S_{coref} \text{ þar sem } S_{coref} \text{ er } 0,0000007417 \text{ kg/s,m}^2$$

Dæmi: 50 bíla geymsla þarf þrenn loftskipti ef reiknað er með að 20 % bílanna séu í gangi í einu og meðalaksturstími sé 100 sekúndur.

Blásarar fyrir útsog frá bílageymslum eyða rafmagni. Rannsóknir sýna að minnka má rafmagnsnotkun um 20-60% ef útsogsmagni er stýrt eftir CO-innihaldi (VAV). Minni sparnaður fæst, eða 10-35%, ef blásurum er stýrt eftir CO innihaldi lofts með af/á- stýringu (on/off).





## 7. Fjölbætt Loftræsikerfi

Fjölbætt loftræsikerfi þarf að flokka í gerðir til þess að hægt sé að gera grein fyrir mismunandi uppbyggingu og samsetningu þeirra. Í þessu riti eru loftræsikerfi flokkuð samkvæmt amerískum leiðbeiningum. Í Bandaríkjunum eru loftræsikerfi mun fjölbreyttari að gerð en á Norðurlöndum og hér á landi. Þetta stafar af mismunandi kröfum til kælingar og rakastýringar. Fyrstu loftræsihönnuðirnir á Íslandi sóttu sinn fróðleik til Ameríku og enn í dag má sjá loftræsikerfi í byggingum hér á landi sem minna á starf þeirra (Hótel Saga, Hótel Loftleiðir, Landspítalinn).

### Gerðir loftræsisamstæðna

Gerð og uppbygging loftræsisamstæðna er nánast óháð gerð þeirra kerfa sem þær þjóna. Allar loftræsisamstæður hafa það sameiginlegt að draga inn ferskt útiloft og sía það. Loftræsisamstæður greinast í þrjár megingerðir:

| Gerð                   | Lýsing  |
|------------------------|---|
| Samblöndun lofts       | Útkastslofti er blandað við útiloft þegar kalt er úti                     |
| Upphitun án varmanýtis | Engin endurnýting er á hita frá útkastslofti                              |
| Upphitun með varmanýti | 50-80% af hitanum frá útkastsloftinu eru endurnýtt til að forhita útiloft |

Í dag eru gerðar strangar kröfur um hreinleika lofts. Notkun samblöndunarkerfa hefur farið minnkandi og notkun loftræsisamstæðna með varmanýtum er nánast allsráðandi með tilkomu ódýrari kerfa sem endurnýta varmann. Myndirnar sýna nútíma loftræsisamstæður sem byggðar eru upp af einingum sem raðað er saman. Endurnýting varmans í þessum samstæðum er mjög góð (góð nýting hjá endurvinnsluhjólunum).



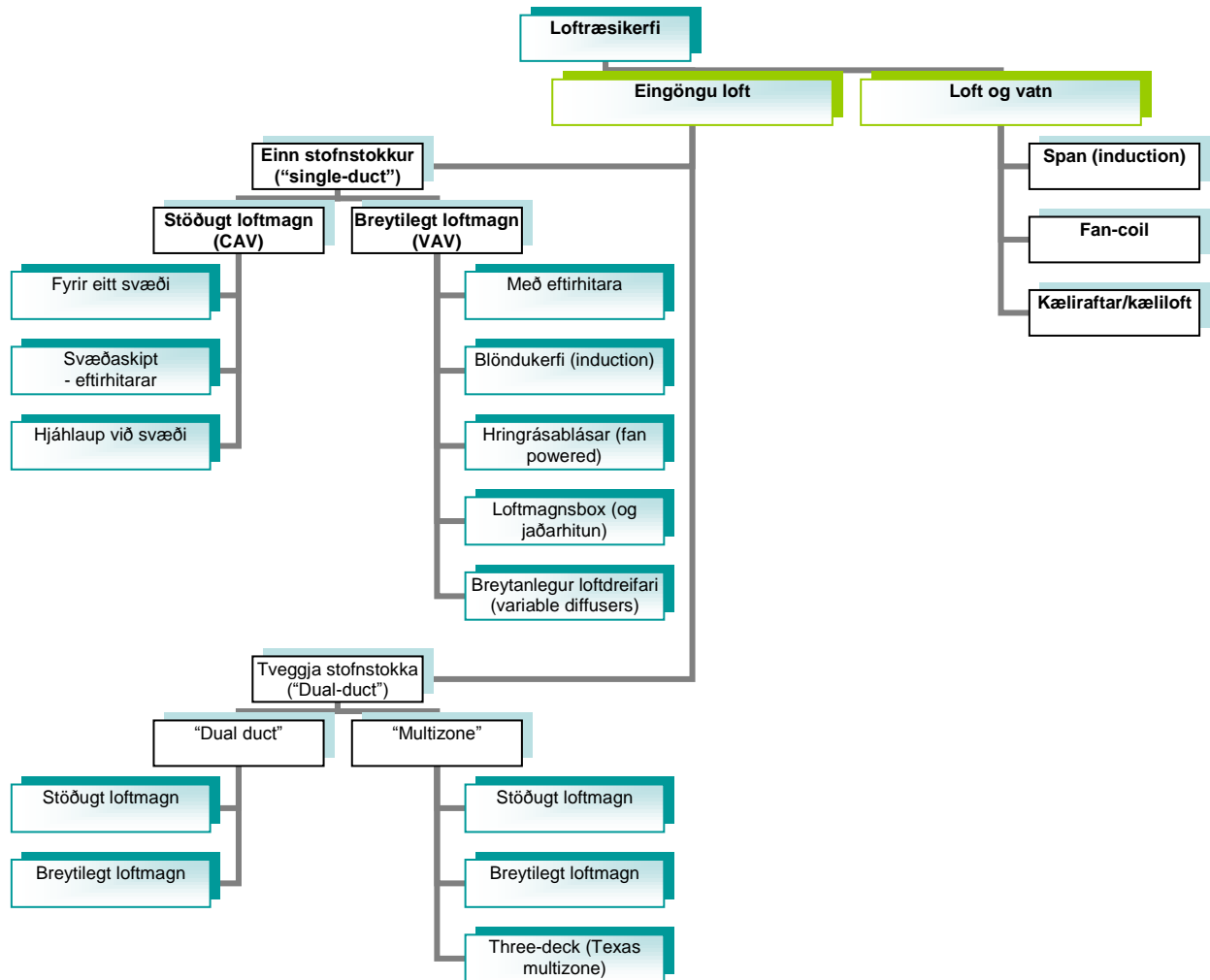
Loftræsisamstæður

### Flokkun fjölpættra loftræsikerfa

Ameríska handbókin „ASHRAE Handbook HVAC Systems and Equipment“ flokkar loftræsikerfi í eftirfarandi flokka eins og myndin á næstu síðu sýnir.

Um er að ræða ýmsar gerðir af loftræsikerfum sem flokkast eftir því hvort eingöngu er notað **loft til hitunar eða kælingar** eða **loft- og vatnskerfi í bland**.

Greining á gerð loftræsikerfa



Flokkunin tekur mið af því hvernig loftræsikerfið er útfært varðandi stýringar á herbergishita á þjónustusvæðum.

Ef tekið er dæmi um skrifstofu með vélrænni loftræsingu er hægt að velja kerfi sem sér um að loftræsa, kæla og hita herbergið. Einnig er hægt að nota ofna til að hita og loftræsingu til að loftræsa og kæla og er þá um að ræða aðra gerð kerfis. Fyrri kerfið notar eingöngu loft en það síðara loft og vatn. Því er lykilatriði að **svæðaskipting** á innblæstri lofti sé skynsamleg til þess að kerfið vinni rétt. Hér verða útskýrðar helstu aðferðir við svæðaskiptingu.

Þar sem um er að ræða mikinn fjölda kerfa er eingöngu fjallað um þær kerfistegundir sem algengastar eru hér á landi og eru þeir kassar merktir með rauðu á mynd. Hægt er að kynna sér aðrar gerðir í áður nefndri handbók.

### **Svæðaskipting**

Skilgreining: Svæði er sá hluti byggingar sem krefst sérstakrar hitastýringar, en misjafnt er hvort slík krafa sé gerð. Svæði getur verið eitt herbergi eða mörg saman. Svæðum í byggingum má skipta í svæði sem liggja að útvegg og nefna má jaðarsvæði, og svæði sem ekki liggja að útvegg, en þau má kalla innisvæði.

### **Jaðarsvæði**

Jaðarsvæði eru undir áhrifum frá veðri, þ.e. útihita, vindi og sólgeislun, sem breytist eftir tíma sólarhrings og árstíma. Á jaðarsvæðum þarf stundum að hita og stundum að kæla. Oft er miðað við að þessi einkenni jaðarsvæða nái 5-6 metra inn í byggingu. Skólastofa er dæmi um jaðarsvæði. Oft er þörf fyrir sérstakt hitakerfi á jaðarsvæðum sem tekur mið af eftirtöldu:

- Kuldi frá stórum gluggum getur valdið trekk.
- Notkun jaðarsvæðis fyrir fólk sem situr við útvegg eða er stöðugt á hreyfingu. Dæmi: leikfimisalur eða kennslustofa.
- Rekstrarkostnaður. Ef byggingin er ekki í samfelldri notkun er óhagkvæmt að láta loftræsikerfi sjá um alla hitun. Heppilegra er t.d. að setja upp ofna til að geta stöðvað loftræsikerfið utan notkunartíma.

## Innisvæði

Innisvæði eru óháð veðri og þurfa því nær eingöngu kælingu allan ársins hring. Þó geta verið þakgluggar á innisvæði sem krefjast þess að svæðið sé hitað þegar kalt er úti. Dæmi um innisvæði eru gluggalausir fyrirlestrarsalir eða vinnusvæði.

## Loft eingöngu

Loftræsikerfi þar sem eingöngu er notað loft til að hita, kæla, bæta raka í loftið og loftræsa. Þessi gerð loftræsikerfa er nokkuð algeng hér á landi og hana má finna í nánast öllum gerðum bygginga, t.d. skrifstofubyggingum, skólum og sjúkrahúsum.

## Loft eingöngu og einn stofnstokkur

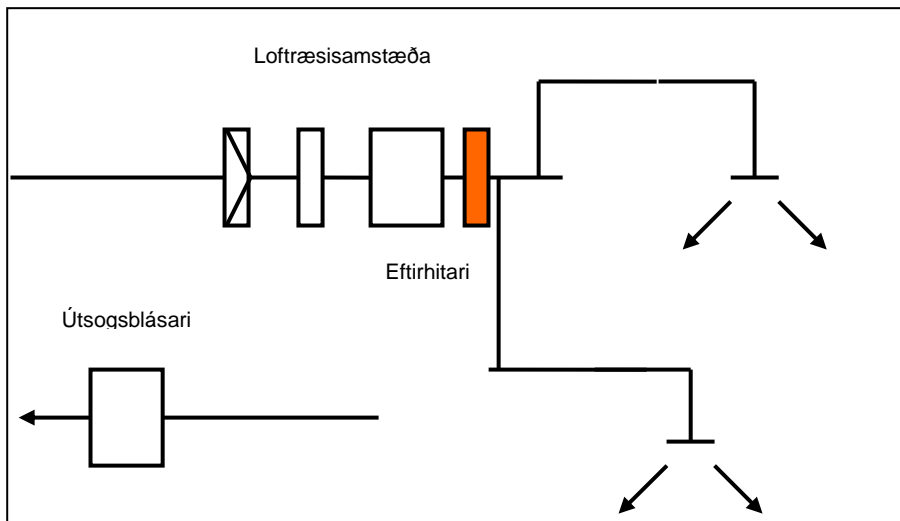
### Stöðugt loftmagn (CAV)

Í loftræsikerfi með einum loftstokki fyrir stöðugt loftmagn (CAV-kerfi) er afköstum við kælingu eða hitun breytt með því að breyta **innblásturshita**.

### Loftræsikerfi fyrir eitt svæði

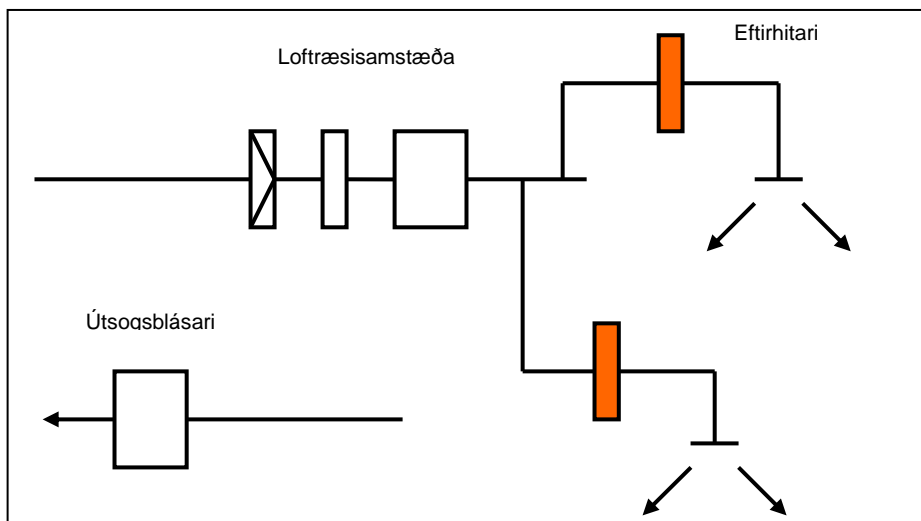
Þetta kerfi er einfaldast allra loftræsikerfa. Loftræsisamstæðan getur ýmist verið staðsett innan eða utan svæðis. Hún annast hitun og kælingu, allt eftir þörfum svæðisins. Dæmi um slíkt loftræsikerfi er kerfi fyrir bíósal. Hægt er að slökkva á kerfinu án þess að það hafi áhrif á aðra starfsemi hússins.

Þessi gerð kerfa er líka algeng þar sem bygging hefur verið flokkuð sem eitt svæði þrátt fyrir mismunandi starfsemi. Kerfið er þá hannað sem ferskloftskerfi með einhverja möguleika á kælingu. Þá er innblásturshita haldið stöðugum (fastur innblástur) eða jafnvel lítilleg breytt eftir árstíðum (útihiti). Svæðið sem þarf minnsta kælingu ræður því óskgildi innblásturshita. Önnur svæði sem eru of heit verður að kæla með öðrum hætti (gluggalofun). Óskgildi innblásturshita er 17-19°C ef loftræsing er lagskipt en 15-16°C ef um er að ræða blöndunarloftræsing.



Loftræsikerfi fyrir eitt svæði

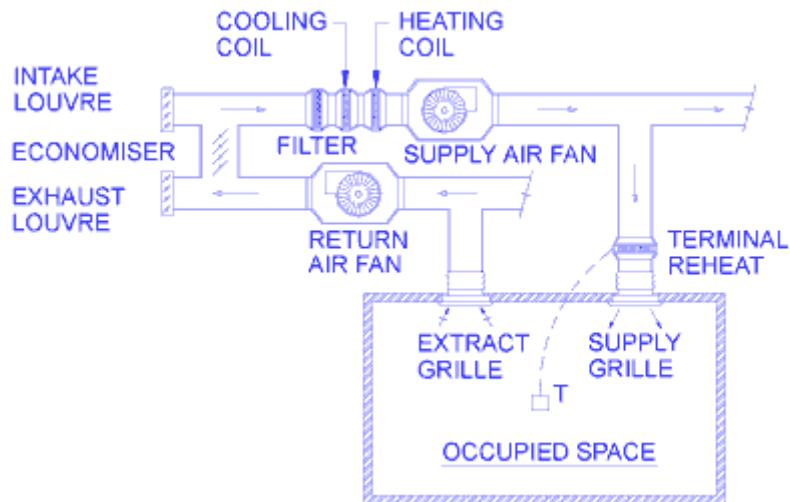
### Svæðaskipt loftræsikerfi með eftirhiturum



Svæðaskipt loftræsikerfi með eftirhiturum

Svæðaskipt loftræsikerfi með eftirhiturum er útvíkkun á fyrra kerfi þegar óskað er eftir að nota eitt sameiginlegt loftræsikerfi sem þjónar tveim eða fleiri svæðum sem hvert um sig hefur mismunandi þarfir fyrir hitun og kælingu. Eftirhitarar (lofthitarar) eru oftast tengdir við heitt vatn (hitaveitu) en geta einnig verið rafmagnshitarar. Þeim er komið fyrir á stofnstokki að viðkomandi svæði. Fyrir minni kerfi er

eftirhiturum oft komið fyrir nálægt lofræðsisamstæðu og stofnstokkar greindir þaðan inn á hvert svæði.  
Þessi kerfisuppbygging er mjög algeng hér á landi.



*Loftræsikerfi svæðaskipt með eftirhiturum.*

### Breytilegt loftmagn (VAV)

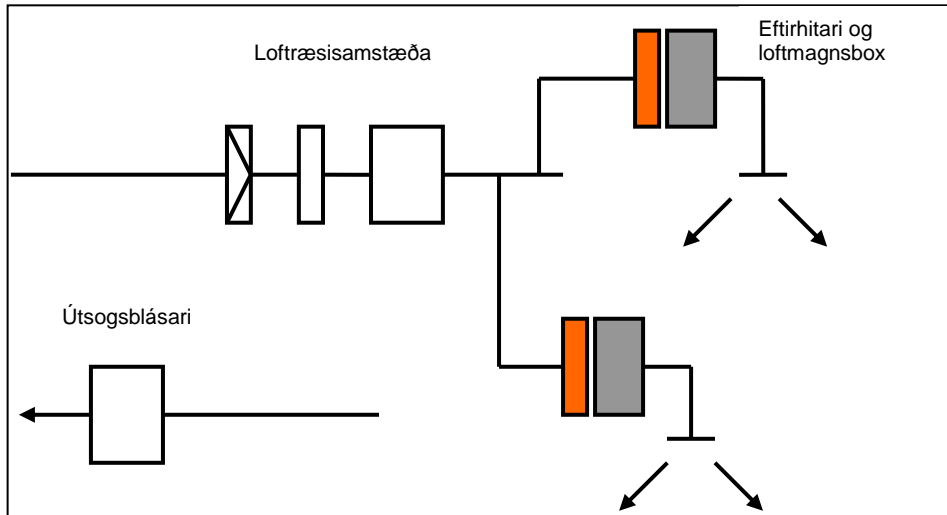
Í eins stofnstokks loftræsikerfi fyrir breytilegt loftmagn (VAV-kerfi) er afköstum við kælingu eða hitun breytt með því að breyta **loftmagni**.

### Breytilegt loftmagn (VAV) með eftirhitara

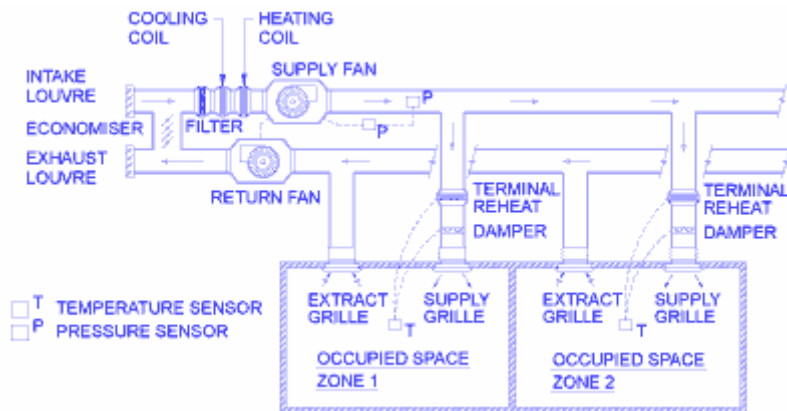
Loftmagni er breytt eftir hita á svæði með spjaldlokum sem staðsettar eru í loftmagnsboxi. Í loftmagnsboxi er einnig eftirhitari sem tryggir að kerfið hiti nægilega þegar þörf er á upphitun en ekki kælingu.

Virkin er alltaf á þá leið að fyrst er dregið úr loftmagni og síðan er bætt við hita frá eftirhitara. Þannig næst fram orkusparnaður, bæði við að knýja blásara og hita loft, þar sem blásari blæs minna lofti og ekki þarf að hita upp eins mikið af loftinu.





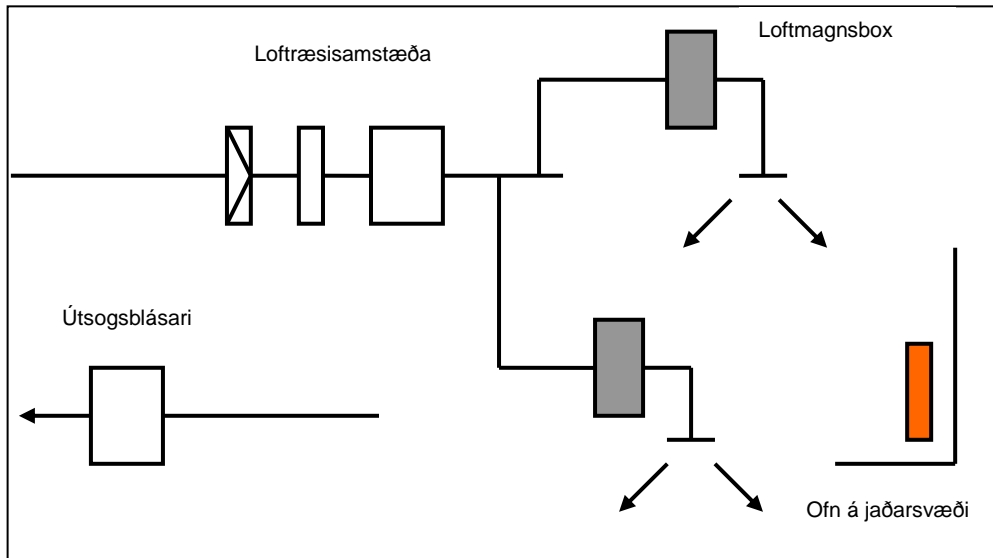
*Svæðaskipt loftræsikerfi með eftirhiturum og loftmagnsboxum*



*VAV kerfi (terminals) með eftirhiturum (reheat)*

### Loftmagnsbox fyrir breytilegt loftmagn (VAV) og jaðarhitun

Loftmagn er breytt eftir hita á svæði með spjaldlokum sem staðsettar eru í loftmagnsboxi. Enginn eftirhitari er í loftmagnsboxi og því getur kerfið ekki annast hitun. Ef loftræsikerfið þjónar jaðarsvæði þarf viðbótarhitun sem gæti komið frá sérkerfi sem annast þann þátt eingöngu, t.d. ofnakerfi, en það er algeng lausn.



*Svæðaskipt loftræsikerfi með loftmagnsboxum og annarri jaðarhitun*

### Breytanlegir loftdreifarar (VAV)

Loftmagn er breytt með því að breyta opnun á loftdreifara og halda stöðugum hraða á loftstróki, óháð loftmagn, til að tryggja góða blöndun. Ef loftdreifari er hringlaga með undirplötu er innbyggður mótór tengdur við plötuna og hreyfir hann hana upp og niður eftir þörfinni fyrir loftmagn á svæðinu.



Myndin sýnir loftræsikerfi með breytilegu loftmagni. Stillingu loftdreifara er breytt miðað við þörf á kælingu í rýmum. Hitastillar eru í hverju rými og tengjast þeir mótör á loftdreifara og ofnlökum þar sem ofnar eru í rýminu. Þegar ekki er þörf á fullum innblæstri lokar mótör fyrir ofn og síðan fyrir loftdreifara.

Þegar loftdreifari byrjar að minnka aðstreymi lofts eykst þrýstingurinn í stökkakerfinu sem hann er tengdur við. Á loftstökkakerfi eru spjaldlokur sem tengdar eru við þrýstinema sem mælir þrýsting í stokki. Lokurnar breyta svo loftstreyminu í samræmi við breytingarnar á þrýstingnum. Þannig er þrýstingur í dreifikerfi stöðugur. Blásari þarf að blása því loftmagni sem loftdreifarar kalla á. Blásaranum er einnig stýrt eftir þrýstingi í stofnstokki.

Með þessu kerfi er blöndun lofts stöðug og nánast óháð innblástursmagni, og blásari blæs eingöngu því loftmagni sem þörf er á hverju sinni. Við það sparast orka til upphitunar og til að knýja blásara.

## Kostir og gallar fyrir loftræsikerfi með loft eingöngu

### Kostir

- Stærri hlutum kerfisins, eins og blásurum, síum og hiturum, er komið fyrir í sérstökum loftræsiklefa sem auðveldar alla þjónustu við kerfið og minnkar hættu á titringi og hávaða nærri þjónustusvæðum.
- Minna er um pípulagnir um bygginguna í svona kerfi, og það minnkar hættu á vatnstjóni vegna leka.
- Auðvelt að skipta í svæði.
- Stýring á innihita og raka er afar auðveld.
- Góður aðgangur er að kælingu með útilofti.

### Ókostir

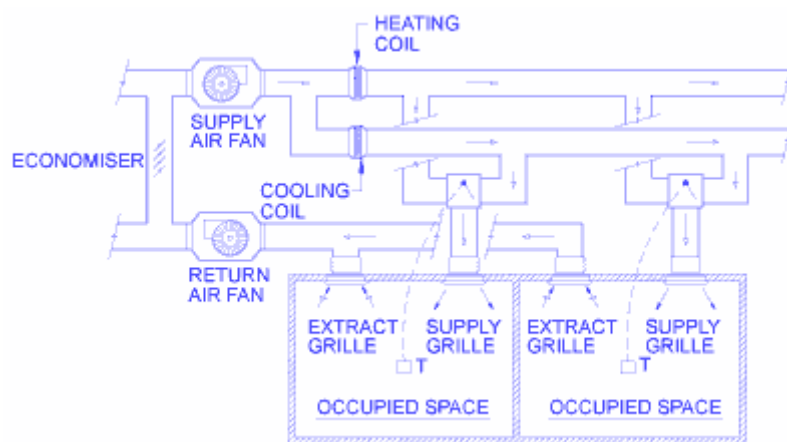
- Loftstokkar eru fyrirferðarmiklir og það krefst aukins rýmis ofan við hengiloft, og einnig gólfrymis fyrir loftstokka milli hæða í húsi.
- Aðgengi að stillilokum og loftmagnsboxum í loftum krefst samvinnu milli arkitekts og lagnahönnuðar.
- Stór loftræsikerfi krefjast flókinna stillinga á loftmagni.

### Tveir stofnstokkar (Dual duct)

Frá loftræsisamstæðu, þar sem loftið er síað, forhitað og rakabætt, liggja tveir stofnstokkar. Annar stokkurinn – oft kallaður „heiti stokkurinn“ - er tengdur við lofthitara sem hitar loftið í 20-30°C. Hinn loftstokkurinn, kallaður „kaldi stokkurinn“, er tengdur við loftkæli sem heldur lofthita í 10-15°C. Hvert svæði er með loftmagnsbox sem blandar saman heitu og köldu lofti eftir þörfum svæðisins og er því stýrt eftir hitaskynjara. Innblástursloftið getur því verið allt að 30°C heitt ef það kemur allt úr „heita stokknum“ en farið niður í 15°C ef það kemur allt úr „kalda stokknum“. Hitastig loftblöndu úr stokkunum hlýtur svo að liggja þar á milli.



Tveggja stokka kerfi með loftmagnsboxi (Farex).



„Dual duc“ kerfi – tveir stofnstokkar.

Á Íslandi, þar sem útihiti fer sjaldan yfir 15°C, er hægt að sleppa því að vera með loftkæli á kalda stokknum og nota eingöngu útiloft.

Þessi gerð loftræsikerfis getur bæði séð um hitun og kælingu. Hún er mjög sjaldgæf í húsum hér á landi en var algengari áður fyrr. Kerfi af þessari gerð má hanna bæði fyrir breytilegt loftmagn og stöðugt loftmagn. Tveggja stofnstokka kerfi með breytilegu loftmagni er orkufrekara en önnur kerfi þar sem loftmagnið er breytanlegt.

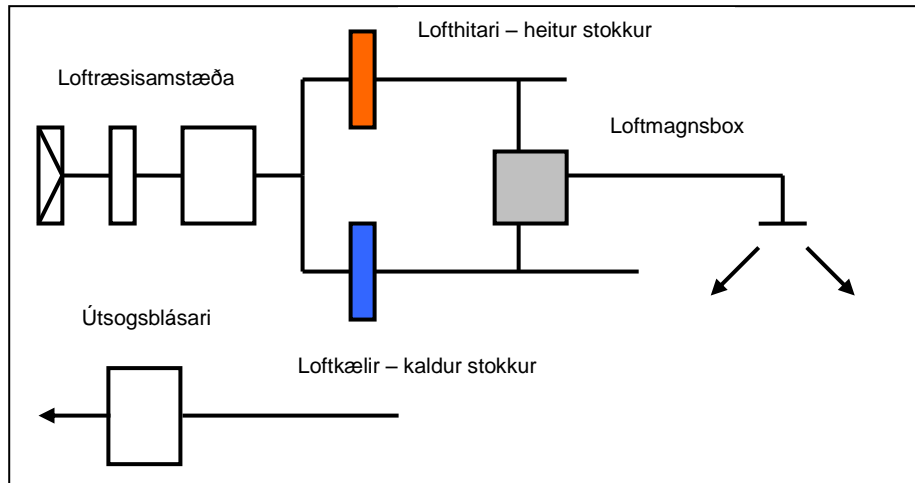
Þessi kerfi eru sjaldgæf hér á landi en til eru kerfi frá fyrri tímum á Landspítala, Hótel Sögu og Loftleiðum, eins og þau hétu áður. Í dag er vitað um eitt nýtt „dual duct“ kerfi en það er í Alþingisskálanum (VGK).

### Kostir

- Engar pípulagnir að eftirhiturum.

### Ókostir

- Dýrt kerfi og orkufrekt.
- Flókin stýring.
- Fyrirferðarmikið þar sem stofnstokkar eru tveir.



*Tveggja stofnstokka kerfi (dual duct)*

## Kerfi með lofti og vatni

Í öðrum Evrópulöndum er algengt að koma fyrir innblásturstækjum undir glugga við útvegg (induction). Innblásturstæki þessi eru með tengingu við loftræsikerfi, vatnshitakerfi og vatnskælikerfi. Innblásturstækið þarf eingöngu það loft sem nauðsynlegt er til að tryggja nægjanleg loftgæði, en hitun og kæling kemur frá vatnskerfum.

Til er önnur gerð af kerfi þar sem hringrás loftsins er mynduð með blásara sem þrýstir því um loftsíu og loftkæli en tengist ekki að öðru leyti við loftræsikerfi. Þessi gerð kerfa heitir „fan-coil“ á ensku og er notuð við að kæla tæknibúnað.

Þessi gerð kerfa er ekki notuð hér á landi en flokka má svokölluð kælilofta- eða kæliraftakerfi í þennan flokk.

Færst hefur í vöxt að nota slík kerfi þar sem loftræsing annar **ferskloftspörf** og kæling kemur frá kæliloftum eða kæliröftum sem tengd eru við vatnskælikerfi. Hefðbundið ofnakerfi annast hitun ef svæðið er jaðarsvæði.

## Loftræsikerfi með kæliröftum

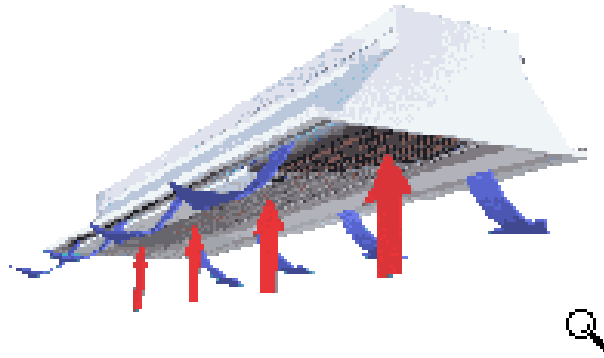
Frá loftræsisamstæðu kemur forhitað (15-18°C) og síað loft sem tengist venjulegum innblásturstækjum sem geta verið lághraðataeki eða fyrir blöndun. Loftræsikerfi er látið tryggja eðlileg loftskipti í rýminu.

Í loftum eru kælieiningar eða kæliraftar með kælivatni. Þessar einingar geta verið

**með eða án tengingar við loftræsikerfið.** Kæliraftar sjá um alla kælingu.

Ef svæði er hluti jaðarsvæðis annast ofnar alla hitun. Tengja þarf hitastýringu svæða við kælirafta og ofna þannig að kerfin vinni ekki hvort á móti öðru. Hiti á kælivatni sem leitt er að kælirafti þarf að vera hærri en daggarmark innlofts (oft 13-16°C). Kælivatn hitnar um 5-7°C.





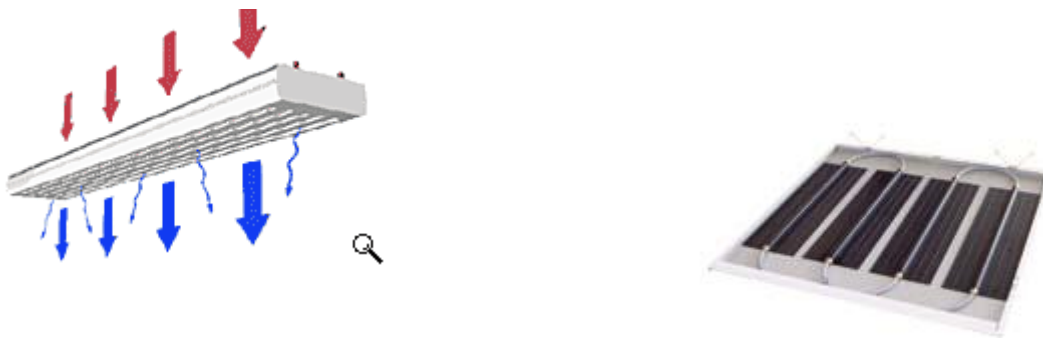
Kæliraftur sem tengist við loftræsikerfi (activ) vinnur þannig:

Innblásturslofti er blásið inn í kæliraftinn um 100 – 125 mm stút, í samræmi við það loftmagn sem valið er. Loftinu er beint að í hólf efst í kæliraftinum, en þaðan fer það um margar dísur sem liggja í rauf yfir kælieiningu kæliraftsins. Frá þessari rauf (slot) er því blásið inn í rýmið eftir niðurteknu lofti eins og frá loftdreifara (láréttu örvarnar á myndinni).

Þegar innblásturslofti er blásið um dísur myndast span sem dregur að sér loft úr herberginu um kælieiningu kæliraftsins (lóðréttu örvarnar á myndinni).

Þegar herbergisloftið streymir um kælieininguna kólnar það og streymir síðan lárétt eftir loftinu. Afköstum kæliraftsins er stjórnað af hitaskynjara sem eykur eða minnkar vatnsflæðið í kælifleti kæliraftsins.

Kælirafta er einnig hægt að tengja við heitt vatn og nota til hitunar. Kæliraftur sem ekki tengist við loftræsikerfi (passiv) vinnur þannig:



### *Kæliraftur og kæli loft*

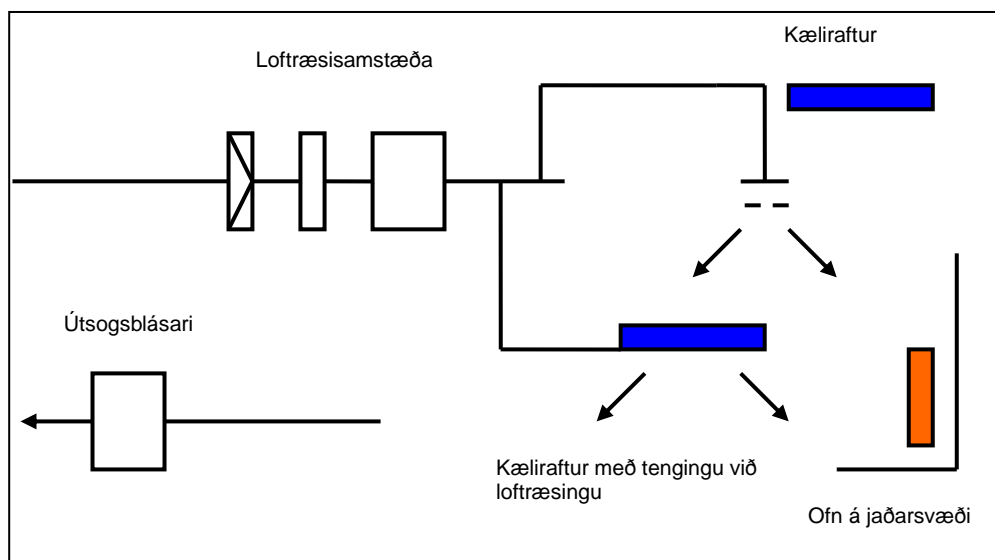
Rýmið er kælt með geislun og varmastreymi frá kælirafti. Yfirborði kælirafts er haldið köldu með vatni sem veitt er í hringrás í tækinu. Kalt yfirborð tækisins sagnar til sín hita frá heitum flötum og fólki. Geislun er 25% af heildarkæligetu kælirafts. Afgangurinn kemur frá köldu loftstreymi á mjög litlum hraða.

Loftstreymið er háð kæliþörfinni og er því nokkurs konar sjálfstýring á kæliafköstunum, þ.e.a.s. þeim er stjórnað með hitaskynjara í herberginu sem stjórnar rennslinu á kælivatninu.

Kæli loft vinna nær eingöngu með geislun en kaldar plastpípur leiða varmann í álplötur sem gegna tvíþættu hlutverki, annars vegar sem kæliplötur og hins vegar sem niðurtekið loft.



*Kæliraftar í hengilofti ásamt lömpum.*



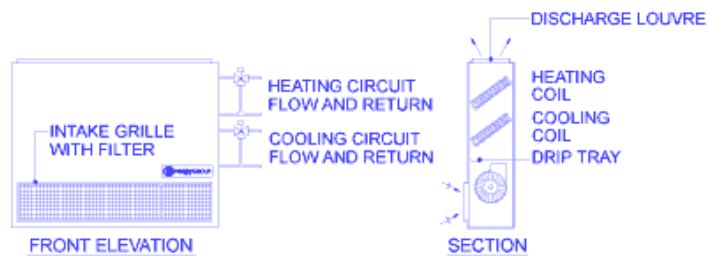
*Loftræsing með kæli raftakerfi.*

## „Fan coil“ blásari

Svonefndur „fan-coil“ blásari eru fremur einfaldur að gerð. Þetta er loftblásari í kassa með vatnspípum til hitunar eða kælingar og er festur á vegg eða við loft innan svæðis. Blásarinn dregur loft frá svæðinu, kælir það (eða hitar) og blæs því aftur inn á svæðið. Á sumum gerðum er sama einingin ýmist tengd heitu vatni eða kælivatni eftir þörfum; aðrar gerðir hafa sérstaka loftkæla og lofthitara.

Kælivatn kemur frá kælivél en heitt vatn frá hitakerfi hússins.

Sumir „fan coil“ blásarar eru tengdir fersku lofti og geta þannig loftræst, kælt og hitað eins og fullkomnari loftræsikerfi. Notkun þessa búnaðar hér á landi er bundin við kælingu á tækjum.



„Fan-coil“ blásari, uppdráttur



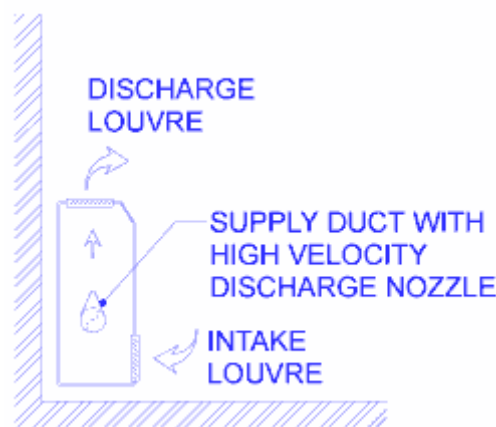
„Fan-coil“ blásari, ljósmyndir

## Spankerfi (induction)

Spankerfin (induction) eru skyld „fan coil“ blásurunum. Í stað þess að nota blásara er lofti frá loftræsikerfi blásið inn í tækið þar sem loftið dreifist með háhraðadísu sem mynda span (undirprýsting), og spanið dregur svo aðstreymisloft frá svæðinu.

Loftið er sogað um loftkæli eða lofthitara í tækinu og blásið út um rist ofan á því. Hitaskynjari stýrir lofthitara og loftkæli.

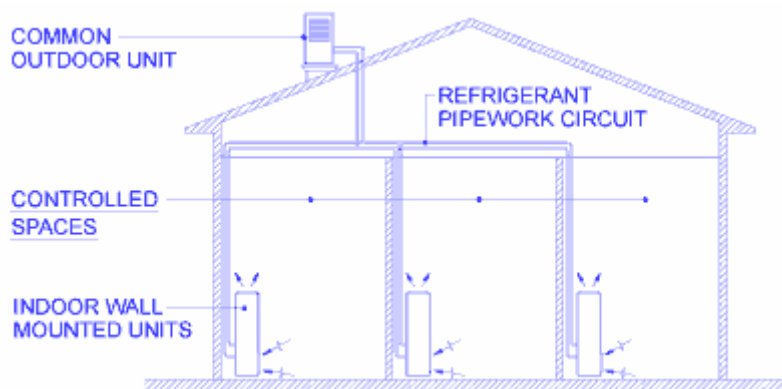
Ef loft frá loftræsikerfi annar kælipörfinni er loftkæli sleppt. Hitanum er þá stýrt með spaldi í innblæstrinum.



*Spantæki (induction)*

## Kælikerfi

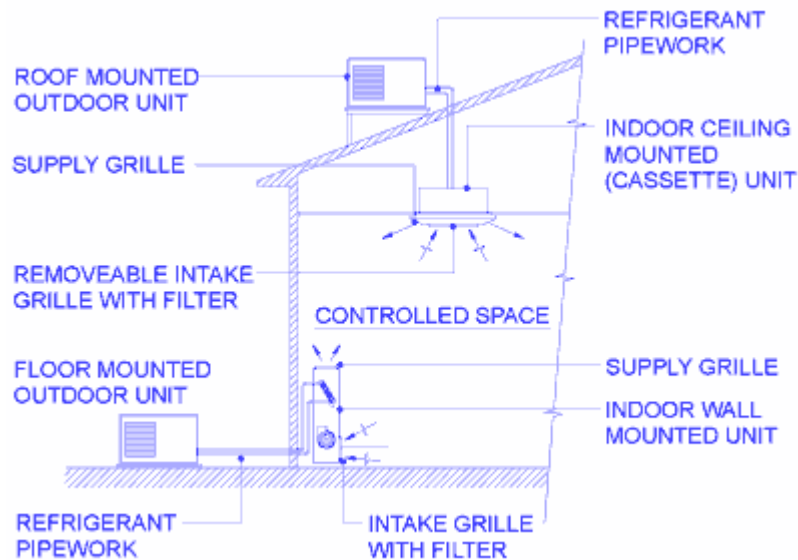
Þörf fyrir staðbundna kælingu er vaxandi á skrifstofum og hjá stofnunum. Til eru ýmsar gerðir kælikerfa sem nota kælimiðla í lokaðri hringrás. „Split system air-conditioning units“ eru einingar með kæliblásara



„Split“ kæliblásarar

inni á svæði og tengjast þær sameiginlegri kælivél sem yfirleitt er staðsett utanhúss.

Kæliblásarar geta verið á vegg eða í lofti og tengjast vökva- og gasleiðslum. Hitastýring er einföld með hitaskynjara á vegg og fjarstýringu til stillingar. Algengara er kælikerfi fyrir tæknirými með stökum kæliblásara sem tengist einni kælivél. Kælivél er ýmist með loftkældum eimsvala og staðsett utanhúss eða með vatnskældum eimsvala og staðsett innanhúss.



*Kæliblásari, tengdur við kælivél, með loftkældum eimsvala*

## Kostir og gallar á loftræsikerfum með lofti og vatni

### Kostir

- Loftræsikerfið tekur minna rými.
- Orkunotkun er minni en í kerfi sem notar loft eingöngu.

### Ókostir

- Leggja þarf pípur að svæðum þar sem fremur er hættu á vatnstjóni.

## Lofthraði í stökum – háþrýsti- og lágþrýstikerfi

Þegar venjuleg loftræsikerfi eru hönnuð er ávallt vandi að koma loftstökkum fyrir vegna plássleysis. Áður fyrr, þegar raforkan var ódýrari ( fyrir 1970), brugðu menn á það ráð að minnka loftstökkana og nota þannig minna rými fyrir loftræsikerfið.

Ef þetta á að ganga verður að auka lofthraðann umtalsvert í stökkunum. Meiri lofthraði kallar á meiri þrýsting og því eru þessi kerfi oft kölluð háþrýstikerfi til aðgreiningar frá venjulegum loftræsikerfum sem eru þá skilgreind sem lágþrýstikerfi. Skilin á milli lágþrýsti- og háþrýstikerfa eru ekki skýr en oft er stuðst við eftirfarandi skiptingu:

Lágþrýstikerfi: Lofthraði < 10 m/s, þrýstingur í stökkakerfi < 500 Pa (2" vatnssúla).

Háþrýstikerfi : Lofthraði 10-30 m/s, þrýstingur 500-1000 Pa ( 4" vatnssúla).

Öll háþrýstikerfi eiga sameiginlegt að nauðsynlegt er að tengja loftmagnsbox við innblástursdreifara til þess að lækka þrýsting og draga úr lofthraða áður en loftinu er blásið inn á svæðin. Loftstokkar verða að vera sívalir til að þetta heppnist vel vegna mikils þrýsting í kerfinu, og öll hljóðdeyfing er mikilvæg. Einnig eru notaðir flatir stokkar með ávölum brúnum þegar sívalur stokkur kemst ekki fyrir vegna of lítillar flutningsgetu.

Í dag eru öll loftræsikerfi hönnuð sem lágþrýstikerfi, en til eru enn háþrýst loftræsikerfi hér á landi í fullum rekstri.

### Val á gerð loftræsikerfis

Eftirfarandi töflu má nota við skyndimat á því hvers konar loftræsitékni hentar miðað við aðstæður. Hverju atriði eru gefin stig á kvarðanum 1-5.

| Dæmi nr. | Loftræsipörf | Hitapörf | Kælipörf | Blöndunarloftræsing |                     | Lagskipt loftræsing   |                       |
|----------|--------------|----------|----------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
|          |              |          |          | Stöðugt loftmagn    | Breytilegt loftmagn | Stöðugt loftmagn      | Breytilegt loftmagn   |
| 1        | 1            | 1        | 1        | X                   |                     | X                     |                       |
| 2        | 1            | 5        | 1        | X                   |                     | (X) – annar hitagjafi |                       |
| 3        | 1            | 5        | 5        |                     | X                   |                       | (X) annar hitagjafi   |
| 4        | 1            | 1        | 5        |                     | X                   |                       | (X)                   |
| 5        | 5            | 1        | 1        |                     | (X)                 |                       | X                     |
| 6        | 5            | 5        | 1        |                     | X                   |                       | (X) – annar hitagjafi |
| 7        | 5            | 5        | 5        |                     | X                   |                       | (X)                   |
| 8        | 5            | 1        | 5        |                     | X                   |                       | (X)                   |

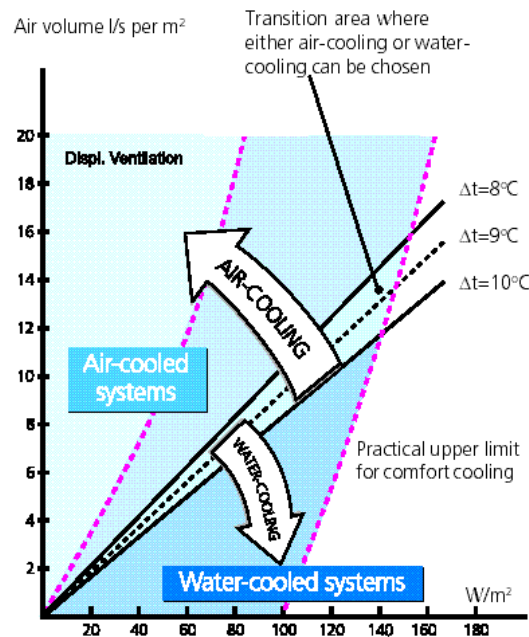
1 = lítil/engin 5 veruleg/mikil X = best (X) = næst best

|  |                       |  |  |
|--|-----------------------|--|--|
| þegar kælipörf er 30-80 w/m <sup>2</sup>       | „fan-coil“            |  |  |
| þegar kælipörf er meiri en 60 w/m <sup>2</sup> | kæli loft /kæliraftar |  |  |

Tafla: Val á loftræsikerfum

Taflan segir ekki til um hvort kerfið skuli eingöngu nota loft eða bæði vatn og loft. Almennit gildir, ef hitapörf er mikil, að heppilegra er að setja upp ofna eða önnur kerfi til hitunar og láta loftræsikerfið um ferskt loft og kælingu.

Hér að neðan er línurit sem nota má við skyndimat á hvers konar loftræsikerfi hentar miðað við framangreindar aðstæður. Y-ásinn (lóðrétti ásinn) er loftþörfin í l/s á hvern fermetra rýmis og X-ásinn er kælipörf í vöttum á hvern fermetra rýmis. Línurnar sem liggja frá 0-punkti sýna mismuninn á innihita og innblásturshita ef notað er loftræsikerfi sem kælir eingöngu með lofti.



Dæmi:

Í 140 m<sup>2</sup> veitingarhúsi eru 100 manns (100 w/mann) og 12 kw kælipörf 2 kw auka). Hitað er með ofnum undir gluggum.

Er mögulegt að nota loftræsikerfi eingöngu?

Kælipörfin er 86 w/m<sup>2</sup>. Línuritið hér að framan segir að loftþörfin sé 5,4 l/s á m<sup>2</sup> miðað við 10°C mun á innihita og innblásturslofti. Þá er ekki nóg að kæla með lofti eingöngu, heldur þarf að setja upp kæli loft eða kælirafta. Loftþörfin er u.þ.b. 10 l/s á mann sem gefur 7 l/s á m<sup>2</sup>, en það þýðir að loftræsikerfið annar kælipörfinni. Einnig gefur línuritið til kynna að lagskipt loftræsing væri ekki heppileg við þessar aðstæður.



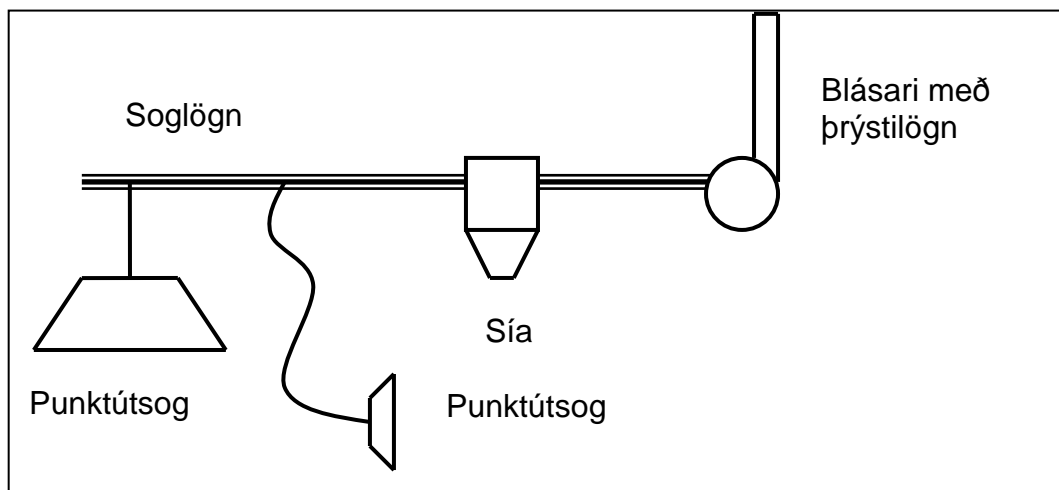


## 8. Útsogstækni

### Almenn atriði

Búnaður fyrir vélrænt útsog í iðnaði er venjulega hannaður samkvæmt eftirtöldum markmiðum:

- að fjarlægja mengun með punktútsogi, t.d. hita, ryk, lykt, reyk eða gas áður en það berst inn í íverusvæði;
- að mynda jafnvægi milli innblásturs og útsogs með tilliti til þeirrar loftræsítækni sem áformað er að nota.

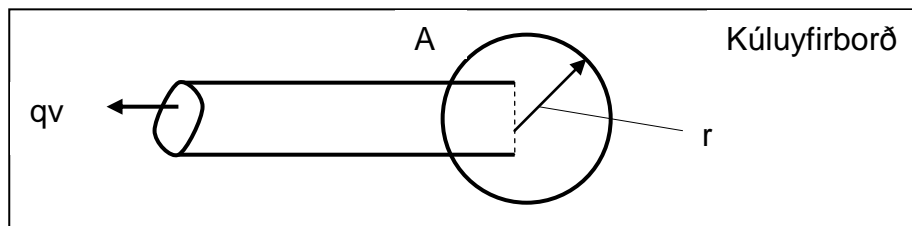


*Einföld mynd af útsogskerfi*

Við hönnun þægindaloftræsingar í iðnaðarhúsnæði er staðsetning og hönnun útsogsins einkar mikilvæg. Oftast er útsogið staðsett mjög nálægt varmagjafa eða mengunarvaldi (punktútsog) og hannað þannig að nýtni þess verði sem best. Oft er það erfitt vegna ytri áhrifa, t.d. treks eða annarra hreyfinga á lofti í rýminu. Þess vegna er mælt með því að hafa grunnútsog með punktútsoginu sem fjarlægir það loft sem sleppur fram hjá punktútsoginu.

### Útsogshraði við op

Sogáhrif frá útsogsopi minnka hratt með fjarlægðinni frá því. Hlutfallið á milli útsogshraða og fjarlægðar frá útsogsopi er best lýst með mynd:



Hægt er að lýsa þessu með eftirfarandi jöfnu:

$$v = qv/A \text{ [m/s]}$$

þar sem  $A = 4 * \pi * r^2$  [m<sup>2</sup>] og þá fæst:

$$v = 0,08 * qv/r^2 \text{ [m/s]}$$

þar sem:

v er lofthraðinn [m/s]

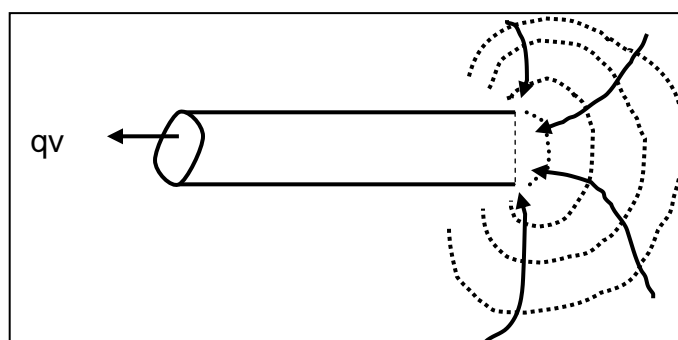
qv er loftmagn [m<sup>3</sup>/s]

A er yfirborðsflötur [m<sup>2</sup>]

r er radíus [m]

Jafnan segir okkur að lofthraðinn við sogop minnki mjög hratt með fjarlægð frá opi.

Dæmi: Lofthraði hefur minnkað í 7,5% af þeim hraða sem er við stútinn í fjarlægð sem nemur þvermáli opsins.



*Raunverulegur lofthraði í kringum sogop*

## Griphraði

Nauðsynlegur þáttur í hönnun punktsogs er griphraðinn, en hann er skilgreindur sem sá hraði ( $v_x$ ) í fjarlægðinni  $x$  frá sogopi sem er nauðsynlegur til að fanga t.d. :

- hita
- ryk
- lykt, gas eða reyk

Fyrir utan griphraða á lofti þarf að taka tillit til hvernig mengunin streymir, með hvaða hraða og hvaða hitastigi.

Í eftirfarandi töflu eru gefin leiðbeinandi gildi fyrir griphraða við mismunandi punktsog.

| Vinnuferli                                | Griphraði<br>$V_x$<br>[m/s] |
|---|-----------------------------|
| Gufugleypar í eldhúsi og á smíðaverkstæði | 0,2 – 0,5                   |
| Sprautumálning, málm-sprautun, suða       | 0,5-1,0                     |
| Tæming á steypuformum                     | 1,0-2,0                     |
| Slípun, pólering, sandslípun, sandblástur | 3,0-10,0                    |
| Fituhreinsun                              | 0,3                         |
| Heitzinkhúðun, króm-bað, kadmíumbað       | 0,4                         |
| Vatnsbað eða saltbað – ekki sjóðandi      | 0,2                         |
| Vatnsbað – sjóðandi                       | 0,4                         |

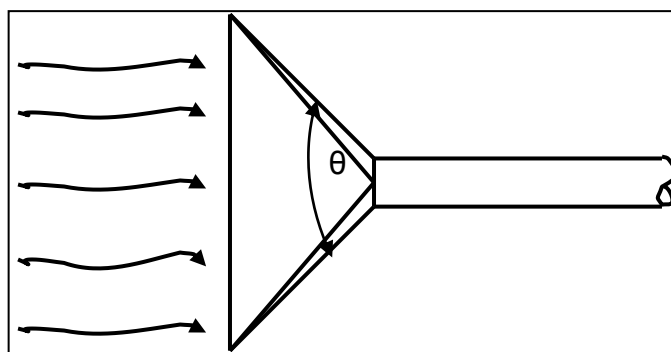
## Sogtrektar

Sogtrektar einkennast af því að þær er hægt að flytja milli vinnustaða og jafnframt eru þær alltaf mjög nálægt þeim stöðum þar sem áformað er að soga. Sogtrektar eru notaðar alls staðar þar sem óhagkvæmt er að hafa fastan sogstað. Dæmi:

- ryk frá slípirokkum,
- ryk þar sem unnið er með duft,
- reykur eða gufur frá suðu, lóðun, steypu og ýmis konar hreinsivinnu.

Til þess að ná góðum sogkrafti þarf að útfæra sogtrektar miðað við staðinn sem þeim er ætlað að soga frá, og halda orkutapi í soginu í lágmarki. Mikilvægt er að aðstreymishraði sé jafn yfir allt opið.

Mjög stórt op á sogtrekt miðað við stærð á stokki veldur ójöfnu aðstreymi. Best er að nota langa, keilulaga trekt sem síðan tengist sogstokki. Hentugasta horn á keilu eða trekt er á bilinu 30 - 90°. Þá verður sogtap minnst og hraðinn að opi jafnastur.



Sogtrekt

### Venjuleg sogtrekt

Einfaldasta formið á sogtrektum er venjulegt sívalt op sem getur verið endi á loftræsiröri sem tengist síðan við barka eins og sýnt er á mynd. Rörið er staðsett við mengunarstað þar sem myndast sogsvæði eins og lýst hefur verið áður. Lofthraðinn á sogsvæðinu minnkar hratt þegar fjær dregur sogopi eins og áður segir. Þessu má lýsa með reynsluformúlu:

$$v_x = (x \cdot A) / (10 \cdot x^2 + A) \text{ [m/s]}$$

þar sem :

$v_x$  er griphraði [m/s]

$v$  er lofthraði í sogopi [m/s]

$A$  er flatarmál sogops [m<sup>2</sup>]

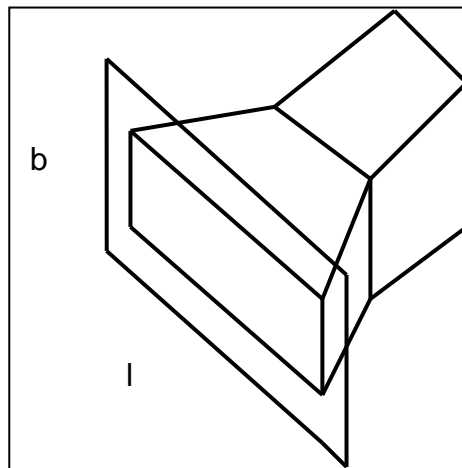
$x$  er fjarlægð frá sogopi [m]

Ef fjarlægðin að sogstað er þekkt og griphraðinn gefinn miðað við það sem sogi skal er hægt að ákveða loftmagn:

$$q_v = v_x * (10 * x^2 + A) \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Þessar jöfnur gilda þegar hlutfall á milli hæðar ops og lengdar þess er stærra en  $b/l > 0,2$ .

Ef venjuleg sogtrekt er með flans á ytri brún allan hringinn eykst sogkrafturinn, og þá má minnka loftmagn um 25%.



Sogtrekt með flansi og svo kallað „push-pull“ kerfi

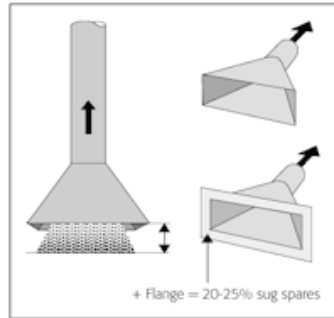


Fig. 4

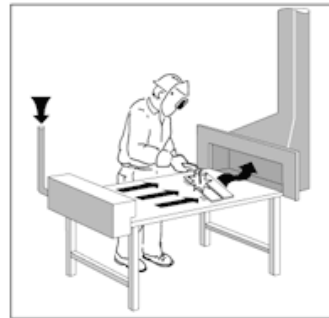


Fig. 5

## Sograuf

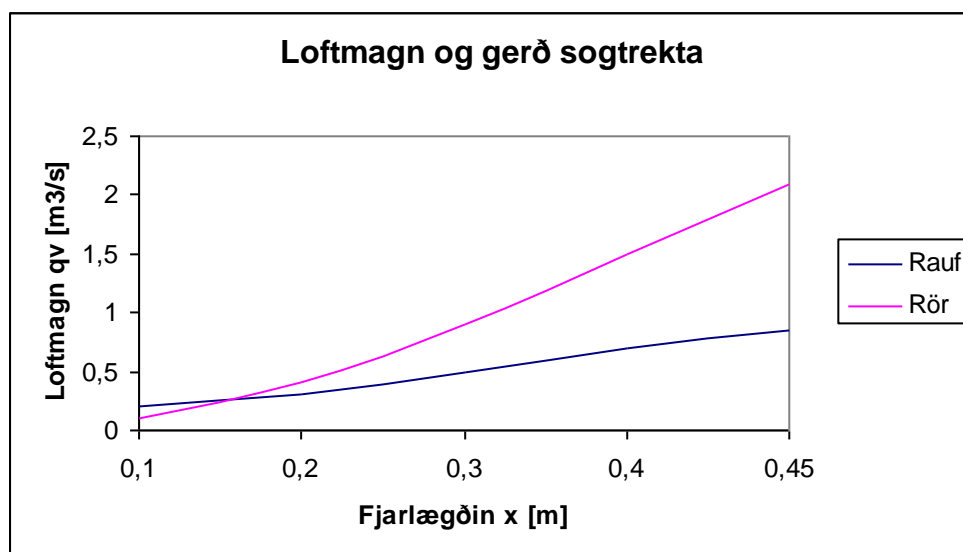
Þegar hlutfall á milli hæðar á sogtrekt (b) og lengdar (l) er minna en 0,2 breytist sogkrafturinn. Reikna má loftmagn með jöfnu:

$$q_v = 3,7 * v_x * x * l \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Ef sograuf er með flans umhverfis op eykst sogkrafturinn eins og á venjulegri sogtrekt og loftmagn er fundið:

$$q_v = 2,8 * v_x * x * l \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Tekið skal fram að mikill munur er á loftmagni eftir því hvort op sogtrektar er hringlaga eða aflangt. Á eftirfarandi línuritni sést að við 0,3 m fjarlægð frá sogopi og griphraða þar 1 m/s þarf 0,9 m<sup>3</sup>/s ef opið er hringlaga en 0,5 m<sup>3</sup>/s með sograuf. Þess vegna skal aðeins velja hringlaga sogop ef verkefnið krefst þess.



## Háfar

Háfar eru notaðir á vinnustöðum þar sem óskað er eftir stóru sogopi til að fanga mengun sem myndast við ýmis konar vinnuferla eða vinnuborð.

Vanda þarf vel til staðsetningar á háfi miðað við uppsprettu mengunarinnar til að sogkrafturinn nýtist sem best. Gerð háfs getur verið á ýmsan veg:

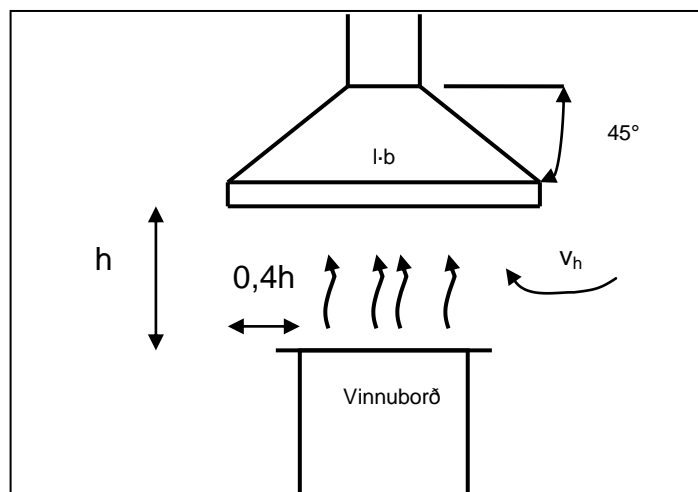
- Háfur opinn á alla kanta.
- Háfur sem lokaður er á einni hlið eða fleiri hliðum.
- Háfur sem sogar niður.
- Sérhannaður háfur.
- Eldhúsháfur (gufugleypir).

Hér verður eingöngu fjallað um opinn háf og eldhúsháf.

### Opinn háfur

Opinn háfur er notaður yfir vinnuborði eða eldavél, eða yfir baði, og hann má hanna eins og sýnt er á mynd samkvæmt eftirfarandi atriðum:

- Halli á trekt skal vera 30-45°
- Trekt þarf að vera stærri en flötur vinnuborðs.
- Lengdin þarf að vera 2 \* breiddin ef eingöngu er einn útsogsstútur, annars þurfa útsogsstútar að vera tveir eða fleiri.
- Soghraði ( $v_h$ ) að háfi skal vera 0,3-0,5 m/s og ræðst það af því hvort truflandi hliðarstraumar eru frá opnum dyrum eða öðru slíku.



Opinn háfur

Soghraða ( $v_h$ ) má finna sem :

$$v_h = v \cdot A/2 \cdot h^2 \cdot O \text{ [m/s]}$$

þar sem :

$v_h$  er soghraði [m/s],

$v$  er lofthraði yfir allt opið á háfi [m/s],

$A$  er flatarmál ops á háfi [m<sup>2</sup>],

$O$  er ummál háfs [m].

Loftmagn má finna sem:

$$q_v = 1,4 \cdot v_h \cdot h \cdot O \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Hægt er að auka sogafköst háfs með því að koma fyrir plötu í miðju háfsins og auka þannig soghraðann í 8-10 m/s við kantinn (sograuf). Við það aukast sogafköstin um 80 %.

### Eldhúsháfur

Eldhúsháfa skal alltaf nota í stærri eldhúsum vegna hita, gufu og fitu sem losnar við starfsemina.

Eldhúsháfarnir eru þá hluti af loftræsikerfi eldhússins og er jafnvægi milli útsogs og innblásturs.

Loftræsing í eldhúsum skal uppfylla eftirfarandi skilyrði:

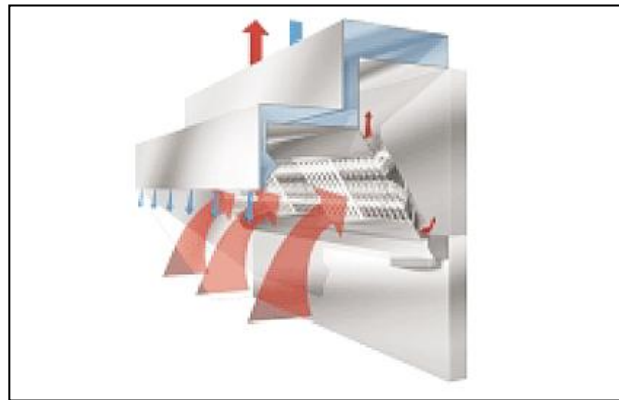
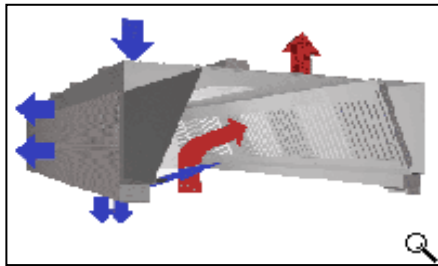
- Hita og mengun skal soga út með háfum beint yfir mengunarstað (punktútsog).
- Inn í vinnusvæði (íverusvæði) skal blása hreinu og hituðu lofti sem hentar fólki sem þar vinnur.
- Yfir eldavélum og grilltækjum þar sem fólk verður fyrir mikilli hitageislun skal blása lofti beint til kælingar.
- Lofthraði í íverusvæðum skal vera frá 0,15 – 0,3 m/s.



## Útfærsla á háfum

Eldhúsháfar geta verið með útsogi og fitusíum - eða innblæstri, útsogi og fitusíu. Hér verður skýrt það síðarnefnda. Á myndunum er sýndur innblástur fremst á háfi og útsog inn í háf. Innblásturslofti er beint niður að vinnusvæði kokksins, bæði til hliðar og beint niður. Þannig er kæling vegna hitageislunar nægjanleg og kokkurinn verður fyrir minni mengun.

Hluta innblásturslofts er beint inn í háf til að auka áhrifin af soginu og beina hita inn í háfinn að útsoginu. Þannig minnkar þörf fyrir útsog um 20-30%.



Myndir af háfum með innblæstri (Halton)

## Loftmagn

Magn útsogs ræðst af eftirtöldu:

- gerð háfsins,
- aflinu sem notað er til að knýja eldhústækin (rafmagni eða gasi),
- gerð og notkun eldhústækja,
- samtímanotkun eldhústækja.

Bent skal á að nauðsynlegt er að hafa útsog annars staðar er afkastar sem svarar 10% af afköstum háfsins.

Þörf loftmagns fyrir útsog má oft ráða af leiðbeiningum frá framleiðanda háfs. Tafla hér að framan sýnir loftmagnspörf fyrir mismunandi tæki. Meta þarf hvort öll tækin séu í notkun eða aðeins hluti þeirra.

**Útsögsþörf [l/s] pr. aflþörf [kw] tækja**

| <b>Eldhústæki</b>           | <b>Rafmagn</b> | <b>Gas</b> |
|-----------------------------|----------------|------------|
| Kippottur                   | 8              | 12         |
| Prýstipottur                | 5              | -          |
| Hitaofn                     | 10             | -          |
| Salamandra                  | 33             | -          |
| Halster                     | 32             | 35         |
| Kipsteikari                 | 32             | 35         |
| Djúpsteik.pottur (franskar) | 28             | -          |
| Eldavél                     | 32             | -          |
| Grill                       | 50             | 61         |
| Vatnsbað                    | 30             | -          |
| Kaffivél                    | 3              | -          |
| Uppvottavél                 | 17             | -          |
| Kælivél                     | 60             | -          |
| Keramísk eldavél            | 25             | -          |
| Örylgjuofn                  | 3              | -          |
| Pitsuofn                    | 15             | -          |
| Spanofn                     | 20             | -          |

*Dæmi:*

*Undir háfi eru eftirfarandi tæki:*

*1 stk. eldavél 8 kw.*

*1 stk. kaffivél 3 kw.*

*1 stk. kippottur 12kw.*

Magn útsogs er þá :  $q_v(\text{út}) = s * \Sigma(E * q_v)$  [l/s]

þar sem :

$q_v(\text{út})$  er útsogsmagn [l/s],

$s$  er samtímastuðull tækja,

$\Sigma E \cdot q_v$  er afl tækja [kw] sinnum loftmagnspörf skv. töflu [l/s].

Engir þverstraumar sem trufla útsog eru í eldhúsinu. Því er samtímastuðullinn = 1 og því fæst:

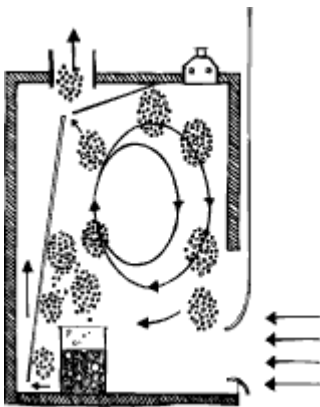
$$q_v(\text{út}) = 1 * (8 * 32) + (3 * 3) + (12 * 8) = 361 \text{ l/s}$$

Innblástur inn í háf er þá  $0,15 * 361 = 54 \text{ l/s}$

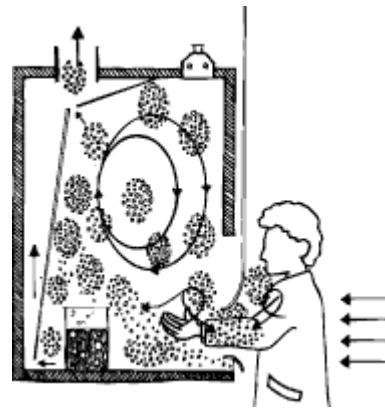
og innblástur í vinnusvæði er þá  $361 - 54 = 307 \text{ l/s}$

### Stinkskápar

Hlutverk stinkskáps er að skapa öflugt útsog frá hættulegum efnum sem verið er að vinna með inni í skápnunum. Margar gerðir eru af stinkskápum en allir hafa það sameiginlegt að í toppnum er útsogsbúnaður sem hraðar útsoginu við vinnuop á skápnunum um 0,5 m/s eða meira.

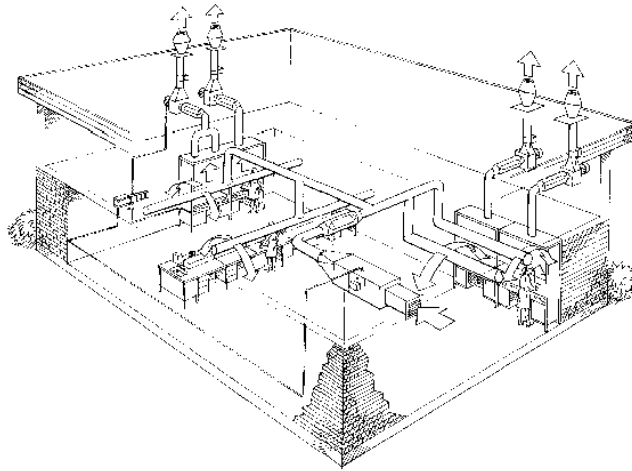


Loflæði í stinkskáp



Loflæði í stinkskáp í notkun

Myndirnar sýna eðlilegt útsog frá stinkskáp og þær truflanir sem verða á loftflæði þegar verið er að vinna í skápnunum. Skylið er að hafa viðvörunarbúnað á stinkskápum sem gefur til kynna ef loftræsing bilar eða lofthraði er ónógur. Myndirnar hér að neðan sýna loftræsingu með stinkskápum á rannsóknarstofu.



*Rannsóknarstofa með stinkskápum og loftræsing.*

## Spónsugukerfi

Loftræsiverkefni í tréiðnaði eru helst :

- Grunnloftræsing vegna fersklofts og rakastýringar
- Loftræsing vegna ryks
- Flutningur á sagi, spónum og efnisafgöngum

Loftræsingu í tréiðnaði getur fylgt bruna- og sprengihætta.

Fjallað verður lítillega um kröfur til flutnings á spónum með spónsugukerfum. Gerðar eru eftirfarandi kröfur til stokka:

1. Útsogshraði skal vera 20-25 m/s.
2. Minnkanir á stokkum skulu vera langar og án skarpra kanta.
3. Beygjuradíus er  $> 2,5 \cdot D$  þar sem D er þvermál stokka.
4. Fjarlægð á milli tveggja beygja skal vera 10 D.
5. Greinar skulu vera  $\leq 45^\circ$  og staðsettar á minnkun til að hraði breytist sem minnst.
6. Greinar eru á hliðum eða að ofan, ekki í botni stokks.
7. Sérstök fallspjöld skulu notuð (eða membruspjöld).
8. Hugað skal að samsetningum sem skulu vera sléttar.
9. Hægt þarf að vera að hreinsa stokka.
10. Á útsogsstað skal vera net til að koma í veg fyrir að trékubbar berist inn í kerfið.
11. Stokka og síur skal brunaverja með vatnsúðakerfi.
12. Sprengilúgur eru á sílóum og pokasíum.

## 10 Náttúrleg loftræsing

### Gerðir náttúrlegrar loftræsingar

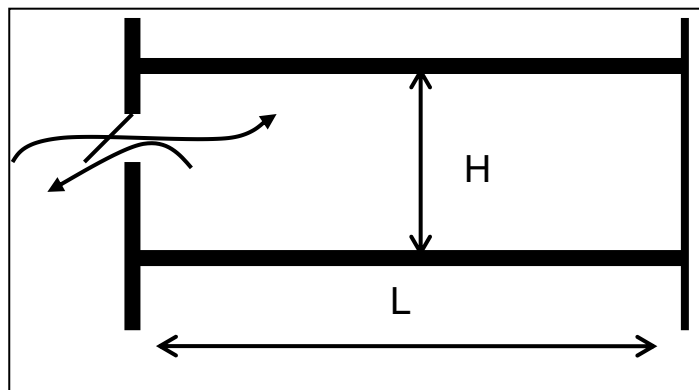
Hönnun bygginga er margs konar. Gerð og form glugga og annarra opa ræður miklu um virkni náttúrlegrar loftræsingar, en hún er oft sambland hitauppstreymis og áhrifa frá vindi.

Hér koma þrjár gerðir náttúrlegrar loftræsingar til álitá:

- Einnar hliðar loftræsing
- Þverloftun
- Loftræsing með hitauppstreymi
- Blendingsloftræsing (hybrid)

### Einnar hliðar loftræsing

Ef aðeins eru op eða gluggar á einni hlið herbergis eða svæðis sem liggur að útvegg, er talað um að loftræsingin sé frá einni hlið.



*Einnar hliðar loftræsing - sniðmynd*

Þessi gerð loftræsingar einkennist af því að áhrif frá vindi felast aðallega í „púlserandi“ streymi umhverfis glugga. Í skrifstofubyggingum er mælt með að stærð glugga sé um 1/20 af flatarmáli rýmis ef loftræsing á að vera nægjanleg.

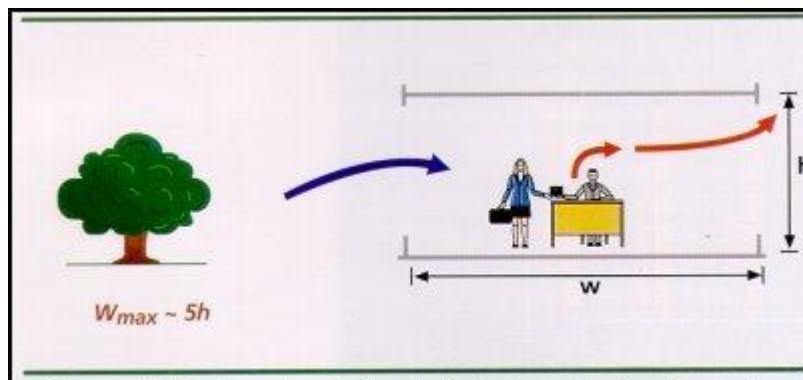
Hitauppstreymi er hverfandi nema gluggi sé hár. Hægt er að auka hitauppstreymi ef gluggar eru tveir á útvegg og annar þeirra neðar en hinn, þannig að hæðarmunur sé >1,5 metrar.

Loftið þarf að ná inn í allt rýmið, en við þessa gerð loftræsingar gildir sú þumalregla að lengd herbergis (L) má ekki vera meiri en 2-2,5 sinnum lofthæðin (H) eða u.þ.b. 5-6 metrar í venjulegu húsi til þess að loftræsing verði viðunandi.

### Þverloftun

Loftræsing er kölluð þverloftun ef tvö eða fleiri op eru á gagnstæðum útveggjum eða þakflötum.

Loftræsingin felst aðallega í áhrifum vindþrýstings á þá fleti sem vindur stendur á.



*Cross-ventilation is an important part of effective natural cooling design.*

### Þverloftun

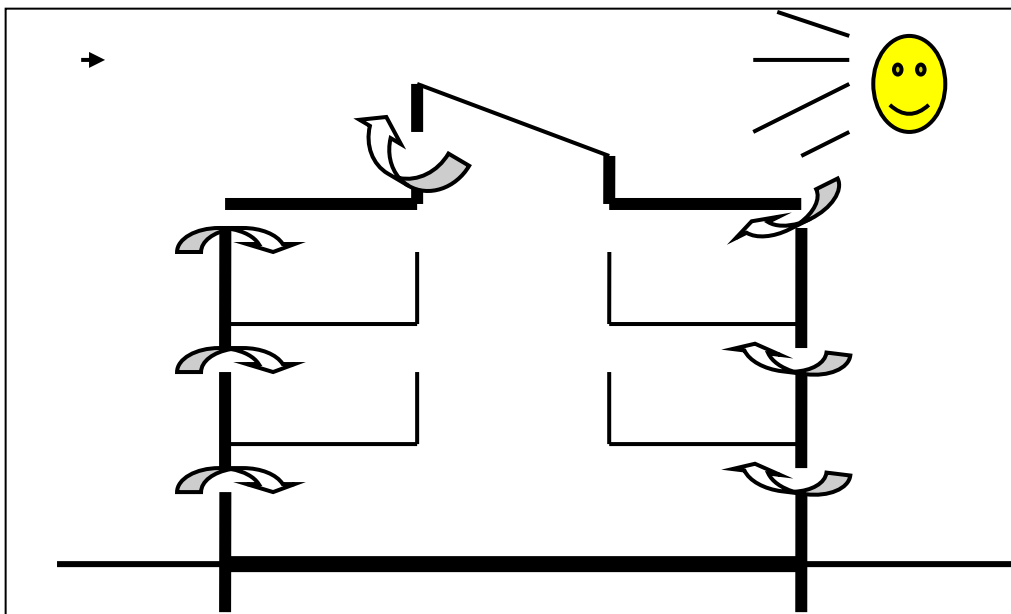
Þverloftun er virkari loftræsing heldur en loftræsing frá einni hlið. Almennt er miðað við að hægt sé að loftræsa herbergi með þverloftun ef það er 5 sinnum lofthæðin á dýptina, og eins ef það nær 12,5 – 14 metra frá útvegg.

Í skrifstofum eru oft léttir veggir sem skilja að vinnusvæði. Þessir veggir minnka aðstreymi lofts og þar með svæðið sem hægt er að loftræsa nema á þeim séu op sem eru miklu stærri en gluggaopin. Einföld röð af veggjum sem loka fyrir aðstreymi lofts verður að vera svo opin að það samsvari tvöföldu gluggaopum, og sé önnur veggjaröð bak við hina þurfa opin á henni að vera þrefalt stærri.

## Hitaupstreymi

Mismunur á lofthita veldur hitaupstreymi þar sem heitara loft er léttara en kaldara loft. Hægt er að auka hitaupstreymi með því að auka lóðrétt bil á milli inntaks – og útkastsopa. Þannig eykst þrýstingsmunurinn, en hann er drifkrafturinn fyrir loftið. Auka má þennan mun með því að auka lofthæðir herbergja, opna bygginguna á milli hæða, gera op í þakið eða tengja hæðirnar við lóðrétt loftstokka sem liggja upp í þak.

Hitaupstreymi má auka með því að byggja upp þak eða glerhýsi með útstreymisopum efst. Uppbyggð hlutinn getur verið hluti af stigahúsi eða miðbyggingu sem ætlað er að veita dagsbirtu niður í mitt húsið. Mikilvægt er að slík uppbygging nái eins hátt yfir þakið og mögulegt er til að tryggja nægan sogþrýsting fyrir efstu hæð hússins. Ef útstreymisop eru of lítil eða hæð þeirra lítil frá þaki er alltaf hættu á að loft frá neðri hæðum streymi inn á efri hæðir og þaðan út.



*Bygging loftræst með hitaupstreymi. Sogþrýstingur mestur neðst og minnstur efst*

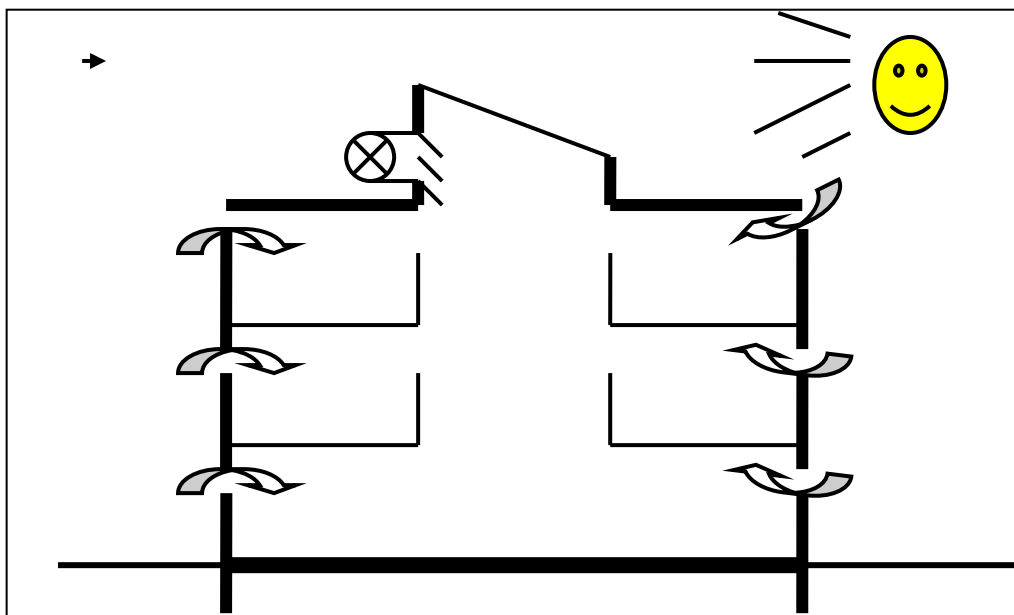
Mynd sýnir byggingu með miðhluta (stigahús) sem er opinn á milli hæða. Loft berst inn um glugga á hverri hæð og streymir út um op á þaki. Ef tryggja á að sogþrýstingur sé nægur á öllum hæðum hússins þarf útstreymisopið að vera mun stærra en öll innstreymisop samanlögð. Með hárr millibyggingu er hægt að hafa húsið dýpra (breiðara) þannig að hver hlið getur verið 5 sinnum stærri en lofthæðin.

## Samverkun vinds og hitauppstreymis

Þegar vindur og hitauppstreymi eru til staðar samtímis getur vindurinn unnið með eða á móti hitauppstreyminu. Það er háð staðsetningu opa miðað við vindátt. Staðsetja þarf op fyrir náttúrliga loftræsinguna þannig að þau auki áhrif hitauppstreymis allan ársins hring. Í því sambandi er mikilvægt að útkastsop sé staðsett þannig að þar sé ávallt undirþrýstingur þegar vindur blæs. Heppilegast er að þakhalli sé lítil, og mesti undirþrýstingurinn fæst þegar þak er flatt og útkast er sem næst miðju þaksins.

## Blendingsloftræsing (hybrid)

Þegar logn er úti og heitt í veðri er stundum skortur á kæli lofti þrátt fyrir mikið hitauppstreymi innan húss þar sem loftræsing er náttúrlæg. Við þær aðstæður er heppilegt að koma fyrir viftu eða blásara sem eykur loftstreymið inn í húsið. Hægt er að láta blásara soga loft inn um op og glugga eða blása því inn um stokka að innblásturstækjum. Til þess að spara orku er blásari eingöngu ræstur þegar þörf krefur. Oft er hitastig innanhúss látið ráða því hvort ræsa þurfi blásara. Einnig má taka mið af áhrifum vinds og setja blásarann aðeins í gang í logni.



*Blendingsloftræsing með viftu á þaki*

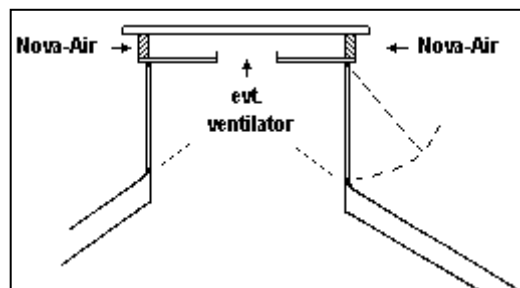
Þegar blásari soga inn loft er honum komið fyrir í útkastsopi. Útkastsop eru með ristum og notuð til loftunar þegar vindur er nægur.



Blásari er t.d. að megingerð vifta með víð bil milli spaða til að minnka viðnám við loftstreyminu gegnum blásarann þegar hann er ekki í gangi. Blásarinn fer svo t.d. í gang þegar logn er og hiti fer yfir 26°C, og helst í gangi uns aðstæður færast aftur niður fyrir umrædd mörk.

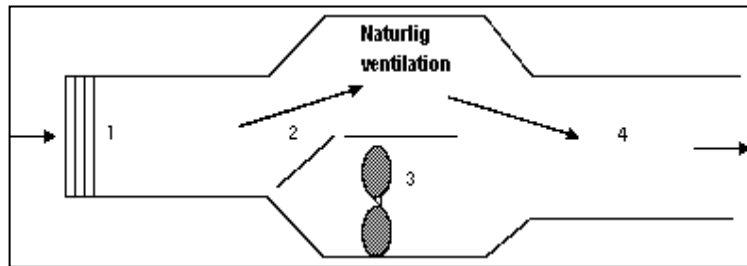


Myndirnar sýna dæmi um blendingsloftræsingu í skóla í Danmörku.



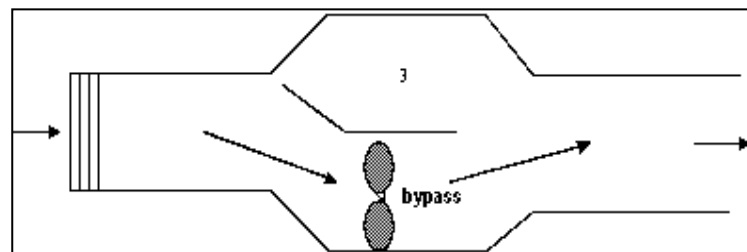
*Þakháfur með rist og viftu*

Ef blásari er notaður til að blása lofti inn í hús er stokkur oft hafður tvöfaldur með hjáhlaupsspaldi sem lokar þegar blásari er ræstur. Oft er loftið forhitað þegar kalt er úti (ekki sýnt).



Hjálparblásari í innblástursstokki. Hjáhlaup (merkt 2) lokað og vifta í gangi.

1. Inntak .
2. Náttúrleg loftræsing.
3. Hjálparvifta.
4. Loftstokkur inn í hús.



Hjálparblásari í innblástursstokki.



## Takmörk náttúrlegrar loftræsingar

Til eru leiðbeiningar um hvort náttúrleg loftræsing kemur til greina þegar hanna skal loftræsikerfi í byggingu. Öll kerfi hafa sín takmörk og er mikilvægt fyrir hönnuði að átta sig á því hvaða kerfi hentar í hverju tilviki. Taflan hér að aftan sýnir ýmis kennigildi byggingar. Við ákveðin skilyrði fellur náttúrleg loftræsing ekki að þessum kennigildum, og það kallar á sértækar lausnir eða vélræna loftræsingu.

| Efnisatriði   | Heppilegt                | Mögulegt                                  | Krefst sérlausna                             |
|---|--------------------------|---|--|
| Flatarmál glers sem % af flatarmáli útveggja          | <25                      | 25-30                                     | >50  |
| Umhverfi  | lítil umferð (dreifbýli) | bæjarumferð, væg                          | miðbæjarumferð                               |
| Hæð undir loft  | >3,2 m                   | 2,7-3,2 m                                 | <2,7 m                                       |
| Hlutfall: dýpt rýmis / hæð undir loft                 | <2                       | 2-5                                       | >5   |
| Starfsemi veldur ólofti                               | í sérrými                | að hluta í sérrými                        | áhrif um allt svæðið                         |
| Gerð skrifstofuhúsnæðis                               | sérstofur                | að hluta sérstofur                        | opið svæði                                   |
| Hitarýmd veggja                                       | steyptir veggir          | steyptir veggir                           | léttir veggir                                |
| Hitamyndun inni                                       | <15 W/m <sup>2</sup>     | 15-30 W/m <sup>2</sup>                    | >30 W/m <sup>2</sup>                         |
| Rými fyrir fólk, maður á hvern m <sup>2</sup>         | >13                      | 8-13                                      | <8   |
| Kröfur til hljóðdeyfingar                             | Litlar                   | í meðallagi                               | miklar                                       |
| Er viðunandi að hljóð berist milli svæða?             | Já                       | stundum                                   | nei  |
| Mega loftræsiop standa opin?                          | já, allan sólahringinn   | já, allan sólahringinn                    | aðeins þegar húsið er notað                  |
| Klæðaburður   | óformlegur               | óformlegur                                | formlegur                                    |
| Reykningar  | bannaðar                 | leyfðar í sérherbergjum                   | leyfðar                                      |
| Er viðunandi að loft sé fremur slæmt um stundarsakir? | Já                       | aðeins í stuttan tíma þegar álag er mikið | nei  |
| Er hægt að sætta sig við trekk, og þá hve lengi?      | já, í stutta stund       | já, í stutta stund                        | aðeins í stutta stund við sérstakar aðstæður |
| Meðalloftskipti á vetrum                              | <1                       | 1-2                                       | >2   |

Tafla – Dæmi um mat á nothæfni náttúrlegrar loftræsingar

## Stýring á náttúrlegri loftræsingu

Þegar ákveðið er hvernig stjórna á náttúrlegri loftræsingu verður að taka mið af því hvernig fólk er klætt á vinnustað og hvers það væntir af slíkri loftræsingu. M.a. verður að ákveða hvort hver einstakur notandi eigi að geta stýrt loftræsingunni, eða hvort henni verði stýrt í hverju einstöku herbergi eða svæði, á hverri hæð eða byggingunni allri. Stýringin skal taka mið af veðri, s.s. hita, vindi og vindátt, og því hvort hún verði virk utan vinnutíma, t.d. við næturkælingu húss eftir heitan sumardag.

## Vetur

Á vetrum er oft einfaldlega loftræst eftir þörfum, enda er þá mest hættu á trekk. Hægt er að hafa loftræsingu sjálfstýrða, t.d. með CO<sub>2</sub>-nema eða með sjálfvirkri stillingu á gluggum, þ.e. hve mikið þeir opnast og hve oft. Gott er að opna riflega að morgni til að lofta vel út áður en fólk kemur í vinnuna.

## Sumar

Á sumrin þarf bæði að loftræsa og kæla og þá er magn kæliloftsins hinn ákvarðandi þáttur. Þegar útihiti er hár (>12-15°C) er hægt að láta gluggana stýra innihitanum. Almennt er opnun glugga þó stjórnað eftir vindátt og vindhraða, eða á sama hátt og á vetrum, með ákveðinni opnun glugga eftir tíma dagsins. Þá eru gluggar opnaðir meira en á vetrum. Á sumrin er alltaf loftað út á morgnana.

Kæla má að nóttu þegar því verður við komið. Gluggar eru þá opnaðir eftir vinnutíma og byggingin kæld niður með útilofti. Að morgni eru allir byggingarhlutar (steypt gólf, veggir og loft) kaldir og kæla út frá sér langt fram eftir degi. Þarf þá síður að opna glugga til muna, enda hitnar minna inni að deginum.

## Stýrikerfi

Gerð stýrikerfis ræðst af því hvort notendur hússins eiga að stýra því sjálfir eða það á að vera sjálfvirk. Ákveða þarf hvort stýra eigi loftræsingunni í hverju einstöku rými eða svæði, á hverri hæð eða í byggingunni í heild.

## Stýring á hendi notenda

Hægt er að láta notendur hússins opna glugga og loka þeim með rofum sem tengjast rafmótorum. Slík handvirk stýring getur einnig tengst sjálfvirkri stýringu. Í stóru rými má t.d. hafa glugga sem hægt er að opna og loka með venjulegum gluggajárnnum og aðra glugga hærra á vegg sem tengjast sjálfvirkum búnaði sem beita má við næturkælingu og grunnloftun að degi til. Mestu skiptir að stýring glugga sé einföld og auðvelt sé fyrir notendur að átta sig á virkni hennar. Umrætt stýrikerfi hentar vel þar sem fátt fólk er saman í herbergi og þar sem hitaálag er lítið.

## Sjálfvirk stýring

Helstu hlutar sjálfvirkar gluggastýringar eru skynjarar, gluggamótorar og stjórnkerfi sem tengir þessa hluti saman. Stjórnkerfið safnar upplýsingum frá skynjurunum og sendir merki til mótorar sem hreyfa gluggana. Nauðsynlegt er að notendur geti gripið inn í og handstýrt þessum búnaði. Gluggum er lokað í

úrkomu og hvassviðri, og eins við bruna og straumleysi. Sjálfvirk stýring er nauðsynleg í rýmum þar sem mikið þarf að kæla og loftræsa, t.d. í stórum skrifstofum og fundarherbergjum. Einnig þarf stýring að vera sjálfvirk þegar húsnæði er kælt á næturnar.

## Hönnun náttúrlegrar loftræsingar

### Ákvörðun loftmagns

Eins og við vélræna loftræsingu er nauðsynlegt loftmagn fundið sem grunnloftun vegna loftgæða, en hún er venjulega tengd CO<sub>2</sub> innihaldi lofts og loftræsingu til kælingar sem er í samræmi við kröfu um innihita.

Þegar kalt er úti (október - mars) nægir loft vegna grunnloftunar, þ.e. 1-3 loftskipti á klukkustund, oft einnig til kælingar. Á öðrum árstímum ákvarðar þörfin á kæli lofti loftþörfina.

Á vorin og haustin er nauðsynlegt að stefna að því að loftmagn til kælingar verði ekki mikið meira en þörfin fyrir grunnloftun til að komast hjá forhitun útilofts. Ef loftmagn vegna grunnloftunar er meira en 1-1,5 loftskipti/klst þarf að forhita innblástursloftið til að koma í veg fyrir dragsúg.

Á sumrin þarf mikið loft að utan til kælingar. Í vinnurýmum er hægt að loftræsa með 4-6 loftskiptum á klukkustund. Í stórum forrýmum eða stigahúsum ("atrium") er hægt að loftræsa með 10-15 loftskiptum á klukkustund.

### Grunnloftun

Grunnloftun er byggð þörf fyrir ferskloft og má reikna eins og áður skv. eftirfarandi jöfnu:

$$q_{l,uti} = 3,5 * N + 0,7 * A \quad [l/s] \geq 7 \text{ l/s á mann}$$

og/eða eftir íslenskum reglum:

$$q_{l,uti} = n * V_R = G / (C_{op} - C_{uti})$$

Loftskipti eru þá fundin sem :

$$n = q_{l,uti} * 3,6 / V_R$$

þar sem:

n        loftskipti á klukkustund,

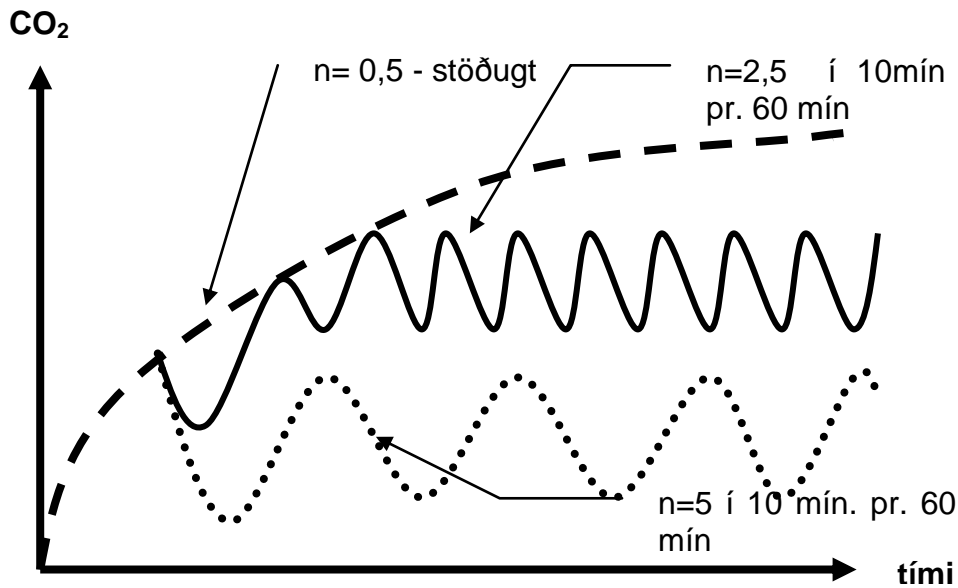
V<sub>R</sub>      rúmmál herbergis,

G        framleiðsla á CO<sub>2</sub> frá einstaklingum ~ Met: 17, Met ~1,0 fyrir sitjandi fullorðinn mann,

C<sub>op</sub>      CO<sub>2</sub> í innilofti,

C<sub>uti</sub>      CO<sub>2</sub> í útilofti (oft 350 ppm).

Hægt er að minnka grunnloftskiptin með því að lofta mikið út í stuttan tíma í senn eins og línuritið sýnir. Þegar stærð gluggaopa eru ákveðin þarf að taka tillit til þess hvort reikna þurfi með miklu loftmagni inn í stuttan tíma eða minna loftmagni allan tímann.



Breyting á CO<sub>2</sub> í innlofti við mismunandi grunnloftun

### Lofmagn til kælingar

Loftstreymi inn í herbergi eða svæði frá náttúrlegri loftræsingu er ekki stöðugt og breytist eftir úti- og innihita, vindhraða og vindátt. Þess vegna er þörf á lofti til kælingar metin á annan hátt en við vélræna loftræsingu. Við útreikninga á loftmagni til kælingar er miðað við að loftræsing sé virk **allan sólarhringinn**.

Hönnunarforsendur eru oft þessar:

| Hönnunar-<br>skilyrði | Mánuður              | Tími   | Útihiti                                      | Sólarálag  | Vind-<br>hraði | Vindátt |
|-----------------------|----------------------|--|--|--|----------------|---------|
| vetur                 | janúar               | Meðalheitur<br>sólahringur   | meðalhiti                                    | meðaltal   | logn           | logn    |
| sumar                 | júlí                 | Meðalheitur<br>sólahringur<br><br>Heitasti<br>sólahringur.<br><br>Heitasta klst. | meðalhiti<br><br>meðalhiti<br><br>mesti hiti | meðaltal<br><br>meðaltal<br><br>hæsta gildi á<br>klst. | <25%<br>hluti  | ?       |
| vor og haust          | apríl eða<br>október | Meðalheitur<br>sólahringur<br><br>Heitasti<br>sólahringur.                       | meðalhiti<br><br>meðalhiti                   | meðaltal<br><br>meðaltal                               | <25%<br>hluti  | ?       |



Loftmagn til kælingar er þá fundið:

$$n = ((\Phi_{i,sólarhr.} + \Phi_{sol,sólarhr.})/24(t_{i,m} - t_{u,m})) - H_t/H_{v,1}$$

þar sem:

$n$  = nauðsynleg loftskipti á klukkustund.

$\Phi_{i,sólarhr.}$  Varmamyndun innandyrna á sólarhring

$\Phi_{sol,sólarhr.}$  Varmi frá sól fyrir vinnudag

$t_{i,m}$  Meðalinnihiti (eða mesti innihiti).

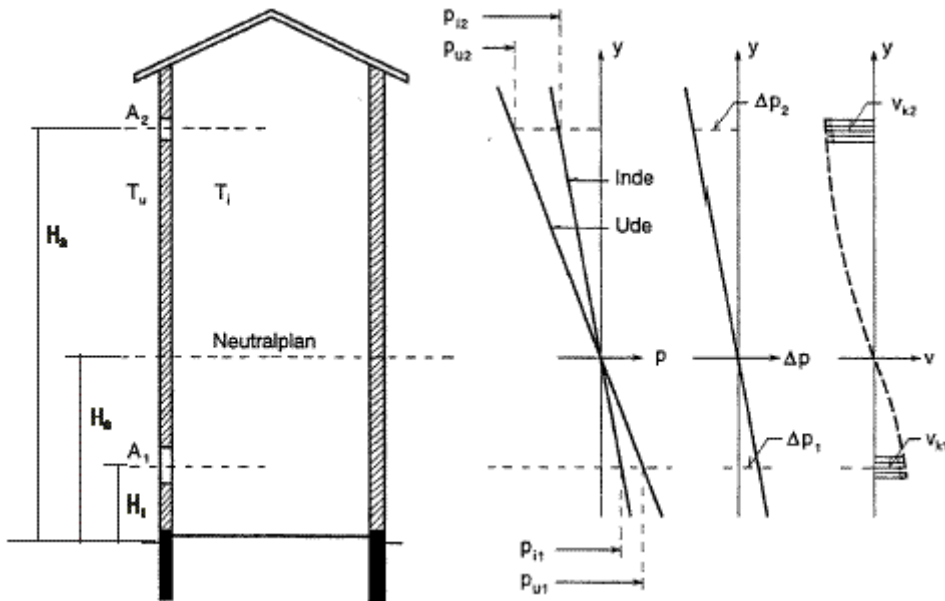
$t_{u,m}$  Meðalútihiti (eða mesti útihiti).

$H_t$  Uppsöfnun varma í byggingarhlutum.

$H_{v,1}$  Kæling við ein loftskipti.

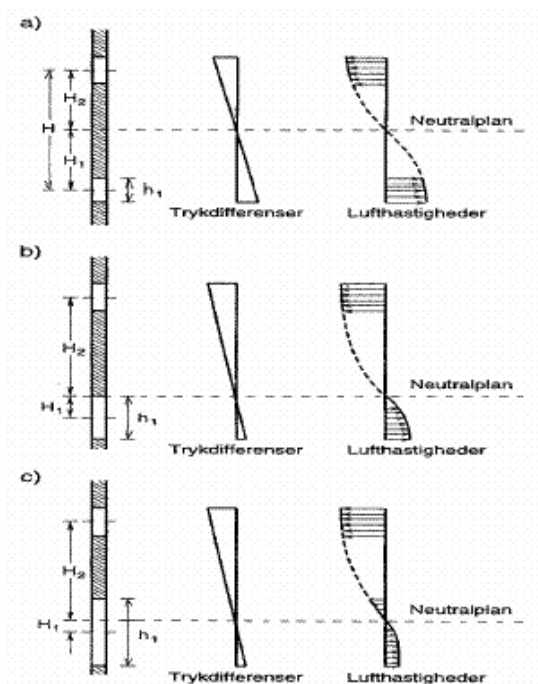
### Loftstreymi inn í byggingu

Drifkraftar við náttúrulega loftræsinguna byggjast á mun loftþrýstings úti og inni við op eða glugga á húsinu sem stafar af mismun á innihita og útihita eða áhrifum vinds. Eftirfarandi mynd sýnir þrýstingsástand við byggingu með tvö op, annað uppi en hitt niðri. Á einum stað í húsinu er enginn munur á þrýstingnum inni og úti; þar myndast svokallað „neutralplan“ sem hér verður kallað **jafnþrýstilína**. Þar streymir ekkert loft inn eða út úr húsinu. Staðsetningu jafnþrýstilínunnar er hægt að stjórna með hönnun opa ( $A_1$  og  $A_2$ ) og er það lykilatriði við hönnun náttúrulegrar loftræsingar. Þegar útkastsop er stækkað flyst jafnþrýstilínan ofar, og öfugt. Þegar opin eru mörg upp eftir hæðum hússins þarf að stilla jafnþrýstilínu þannig að loft streymi út þar sem þess er óskað.



Mynd af þrýstingi við hitaupstreymi og tvö op á húsi

Myndin sýnir hvernig jafnþrýstilínan færir neðar eftir því sem neðra opið stækkar.



Þegar áhrif frá vindinum eru tekin með í reikninginn má lýsa þrýstingnum með jöfnunni:

$$P_w = C_p \frac{1}{2} \rho_u v_{ref}^2$$

þar sem:

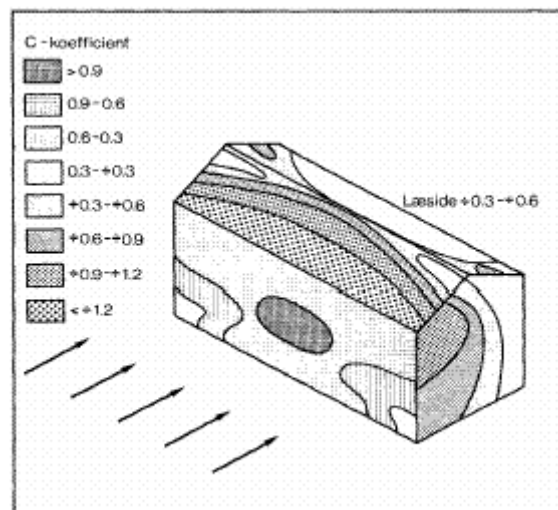
$C_p$  vindstuðull

$\rho_u$  eðlismassi útilofts

$v_{ref}$  vindhraði við húshlið (vindhraði er mældur í 10 m hæð og leiðréttur miðað við hæð húss)

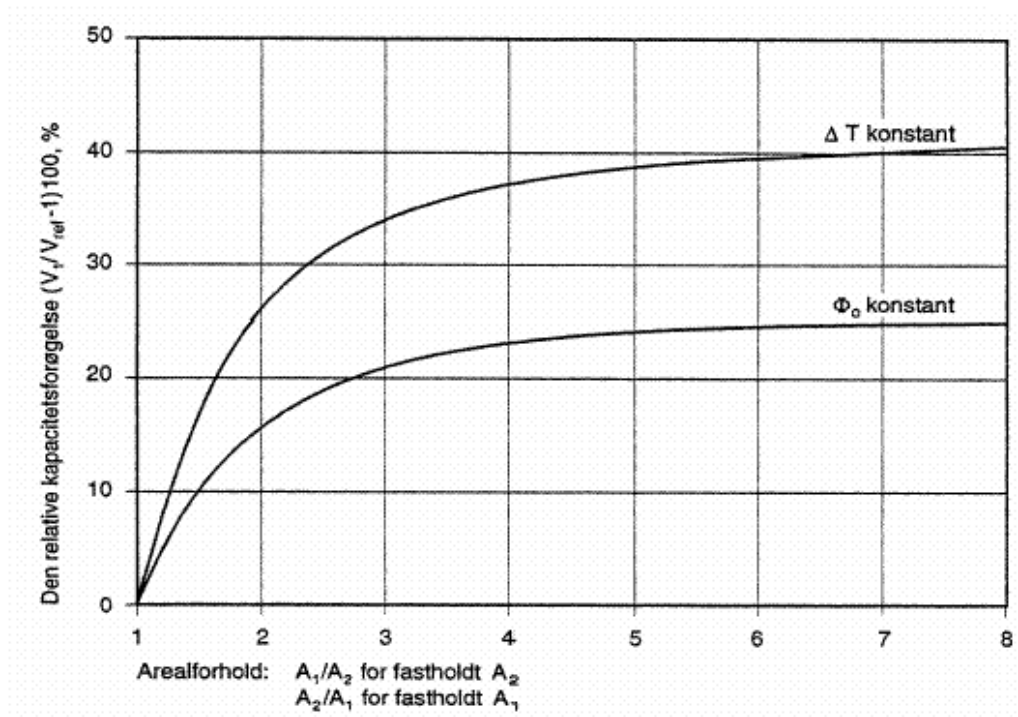
Eftirfarandi mynd sýnir hvernig vindstuðullinn  $C_p$  breytist eftir húshliðum. Soghlið og þrýstihlið myndast.

Áhrif frá vindi vinna oft á móti áhrifum frá hitauppstreymi og verður því að reikna út nokkur algeng skilyrði vindáttu til að tryggja að nægjanlegt loft streymi inn.



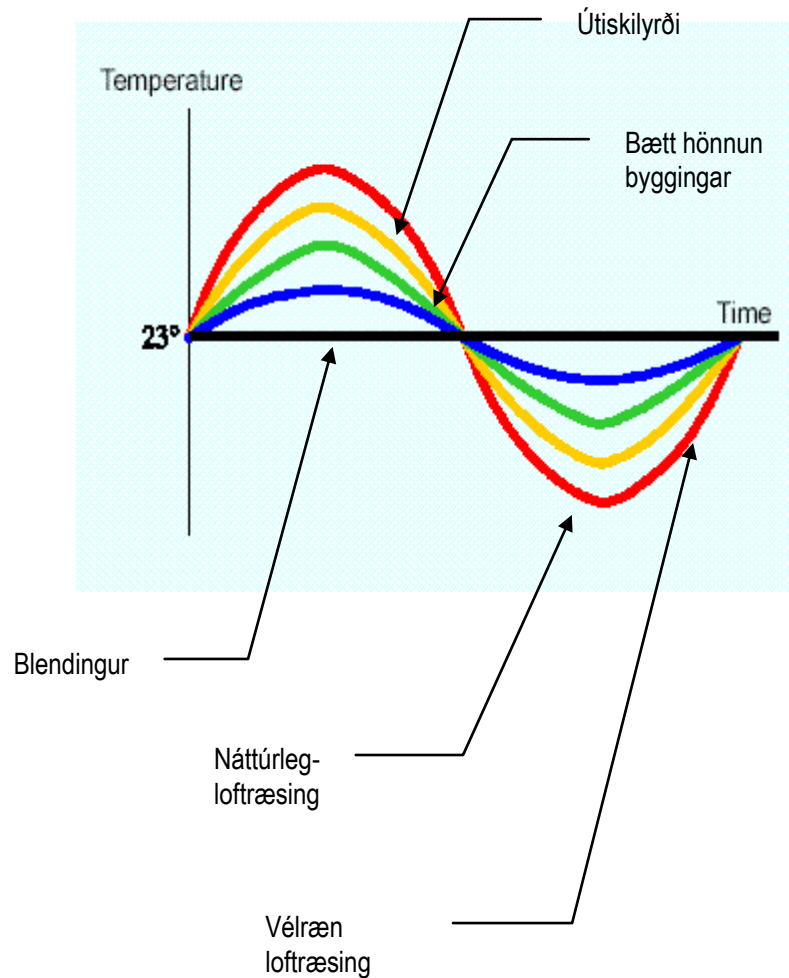
$C_p$ - stuðull

Ef auka á afköst náttúrlegrar loftræsingar þarf að stækka op eða glugga að því gefnu að hæð húss sé ákveðin. Eftirfarandi línurit sýnir hlutfallsleg áhrif af stækkun flatarmáls á loftmagn, annars vegar þegar munur á inni- og útihita helst óbreyttur og hins vegar þegar kæliþörf helst óbreytt. Lesa má af línuritinu að hærra hlutfall milli innstreymisopa og útstreymisopa en 1 á móti 3-4 breytir loftmagninu lítið.



## Kostir og gallar náttúrlegrar loftræsingar

Best er að lýsa hvernig náttúrleg loftræsing hefur áhrif á innivist með eftirfarandi línuriti:



*Línurit sem sýnir hlutfallslega getu mismunandi kerfa til að tryggja jafnan innihita.*

Kostir náttúrlegrar loftræsingar:

- Enginn blásari er í kerfinu og því sparast orka.
- Notendur hafa meiri áhrif á kerfið, en það stuðlar að betri innivist.
- Loftræsikerfið er hluti af byggingunni.
- Minna viðhald þar sem kerfishlutir eru færri.
- Kerfið má nota til kælingar (næturkæling).

Gallar náttúrlegrar loftræsingar:

Náttúrleg loftræsing getur ekki haldið inniskilyrðum stöðugum m.t.t. hættu á dragsúgi og hitasveiflum, sé hún borin saman við vélræna loftræsingu.

## 11. Heimildir

1. Displacement ventilation in non-industrial premises. Guidebook no. 1 Rehva. 2002.
2. Ashrae Handbook „HVAC system and Equipment“ 1996.
3. P. Becher „3 Varme og ventilation“ 4. útgáfa Teknisk forlag Kaupmannahöfn.
4. By og Byg anvisning 202 1.útgáfa – „Naturlig ventilation i erhversbygninger“.
5. Byggingarreglugerð júlí 1998.
6. Ole B. Stampe „Ventilationsteknik“ Danvak 1.útgáfa 2000.
7. Henning Hørup Sørensen „Håndbog i industri ventilation“ Teknisk forlag 1998.