



ACC

GLAS OCH FASADKONSULT

LUFTLÄCKAGE I BYGGNADER

2022-10-26

Sedan starten av vårt företag ACC 1988 har luftläckage och kravställning på lufttäthet funnits med som en av flera viktiga parametrar.

Med de allt mer förstärkta krav på byggnaders klimatskärmar samt effekt och energibehov som kontinuerligt ökar måste luftläckage via klimatskärmen begränsas så mycket som möjligt.

Numer byggs allt oftare höga byggnader som mer påverkas av vind och termiska krafter vilka kan ställa till stora problem om inte tryckförhållanden noggrant analyseras innan byggnaden uppförs. Åtgärder förutom lufttäthetskrav på klimatskalet kan även vara krav på invändiga delars lufttäthet och avgränsningar genom flera invändiga partier med dörrar. Kontroll att invändiga dörrar inte blir för tunga att öppna enligt gällande regler på grund av klimatlast.

Serien med sex avsnitt avser att från grunden beskriva orsaker och konsekvenser till att effektivt hantera behövliga åtgärder och kravställningar.

Dessa avsnitt återfinns också på ACC Glas och Fasadkonsult hemsida.

Avsnitt 1. Tryckskillnader

Det behövs tryckskillnad över en byggnadsdel för att luftläckage ska kunna ske.
Orsaker till tryckskillnader och hur dessa beräknas redovisas.

Avsnitt 2. Tryckprofiler i byggnader

Hur ser tryckförhållanden i byggnader ut och hur påverkas dessa av uteklimat vad gäller temperatur och vind samt mekanisk ventilation

Avsnitt 3. Beräkning av luftläckage

Redogörelse för strömningsteknik i olika typer av öppningar och hur motståndstal och luftflöden kan beräknas.

Avsnitt 4. Lufttäthetskrav för klimatskal

Redovisning av nationella och internationella standarder för lufttäthet.
Exempel på lufttäthetskrav och konsekvenser samt exempel på utförda mätningar av byggnaders lufttäthet.

Avsnitt 5. Entréer till byggnader

Olika typer av dörrar för entréer och redovisning av konsekvenser för termiskt klimat beroende av utförande, antal passager och tryckförhållanden.

Avsnitt 6. Höga byggnader

Indelning i olika klasser och åtgärdsbehov beroende av byggnads höjd.
Hur kan tryckskillnader analyseras, beräknas och åtgärdas i projekteringsstadiet.

Avsnitt 1. Tryckskillnader

Det behövs tryckskillnad över en byggnadsdel för att luftläckage ska kunna ske.

Orsaker till tryckskillnader och hur dessa beräknas redovisas.

TRYCKSKILLNADER FÖR BYGGNADER SKAPAS AV:



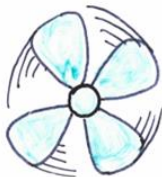
VIND

Beroende av vindstyrka och dess riktning samt byggnads form, läge och omgivning



TERMIK
(SKORSTENSEFFEKT)

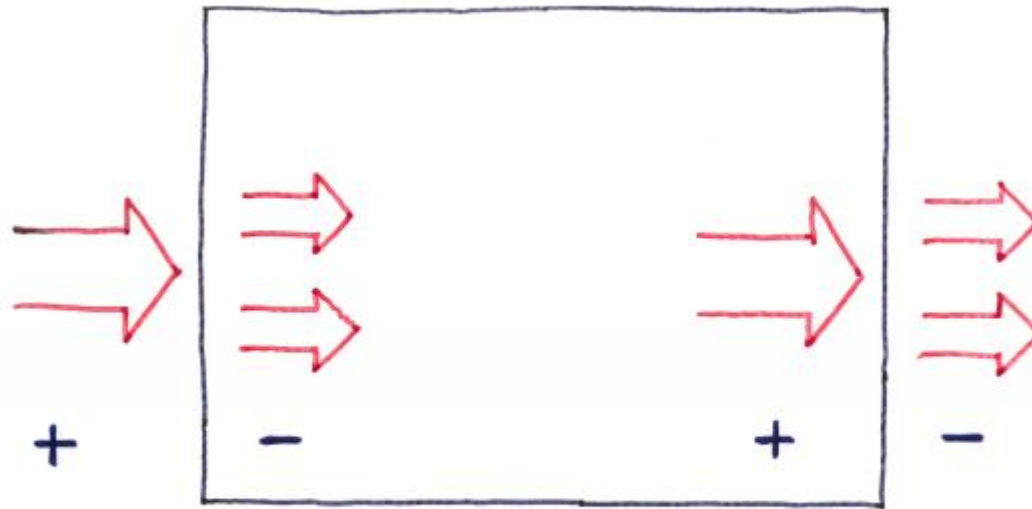
Beroende av byggnads: höjd och temperaturskillnad ute/inne



MEKANISK.
EX. FLÅKTAR

Ger normalt mindre tryckskillnad men kan ändå ge stora långvariga problem beroende av systemets utformning.

LUFTLÄCKAGE



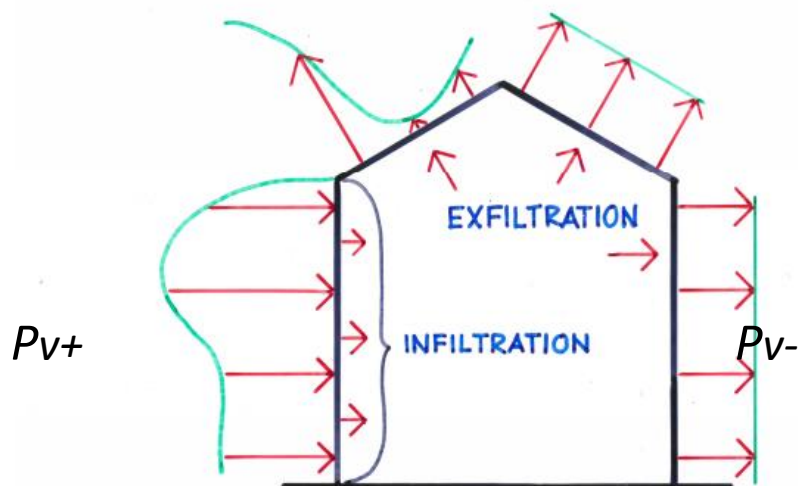
INFILTRATION

Uteluft trycks in i byggnaden då lufttrycket utomhus är större än inne i byggnaden.

EXFILTRATION

Rumsluft trycks ut från byggnaden då lufttrycket utomhus är lägre än inne i byggnaden.

BERÄKNING AV VINDPÅVERKAN



$$P_v = C_p * \rho * 0,5 * V^2$$

P_v = vindtryck, Pa

C_p = en tryckkoefficient (0,01-<1,0)

ρ = luftens densitet, kg/m³

V^2 = vindhastighet m/s upphöjt till 2

VINDHASTIGHET

3 m/s

6 m/s

12 m/s

24 m/s

VINDTRYCK

ca 4 Pa

ca 16 Pa

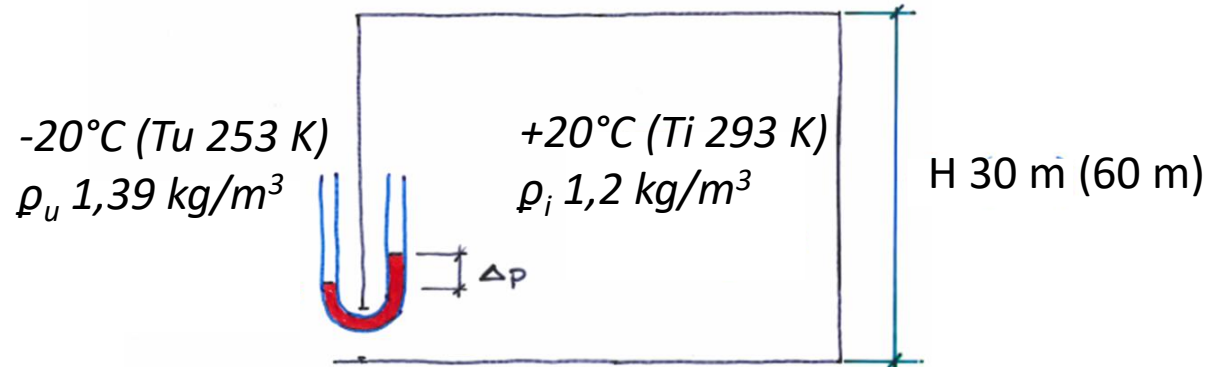
ca 65 Pa

ca 260 Pa

Tryckkoefficienten är störst ofta mitt på lovartsida ex. ca C_p 0,70-0,80 och på läsidor nära hörn bakom lovartsida ex. ca C_p 0,80-0,90

Infiltration av uteluft sker på lovartsida med exfiltration av luft sker på tre läsidor och tak.

BERÄKNING AV TERMISKA KRAFTER



De termiska krafter som påverkar en byggnad är beroende av byggnadens höjd och temperaturskillnad inne och ute. Tre alternativa beräkningar av termisk kraft.

$$\text{Alt.1 } \Delta p = h * (\rho_u - \rho_i) * g \text{ (Pa)} \quad \Delta p = 30 * (1,39 - 1,2) * 9,81 = 56 \text{ Pa (h 60 m 112 Pa)}$$

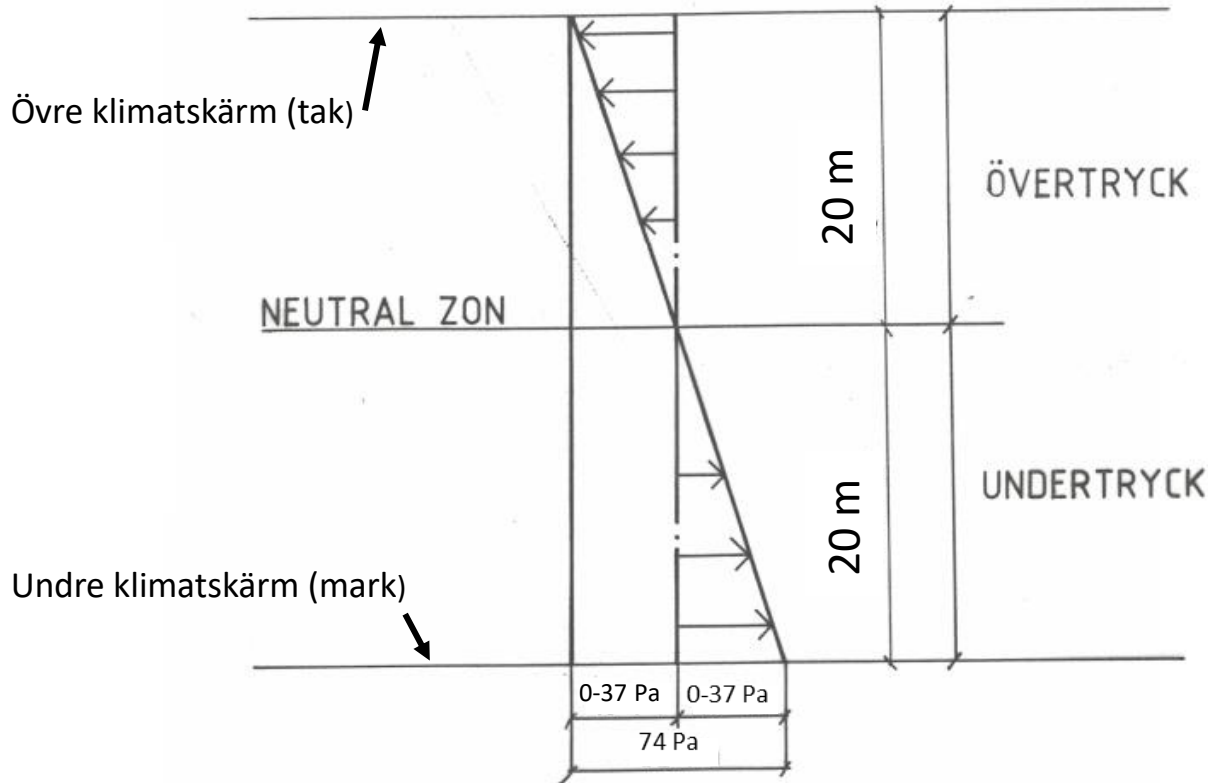
$$\text{Alt. 2 } \Delta p = h * \rho_i * \frac{T_i - T_u}{T_u} * g \text{ (Pa)} \quad \Delta p = 30 * 1,2 * \frac{273 - 253}{253} * 9,81 = 56 \text{ Pa}$$

SLUT AVSNITT 1.

Avsnitt 2. Tryckprofiler i byggnader

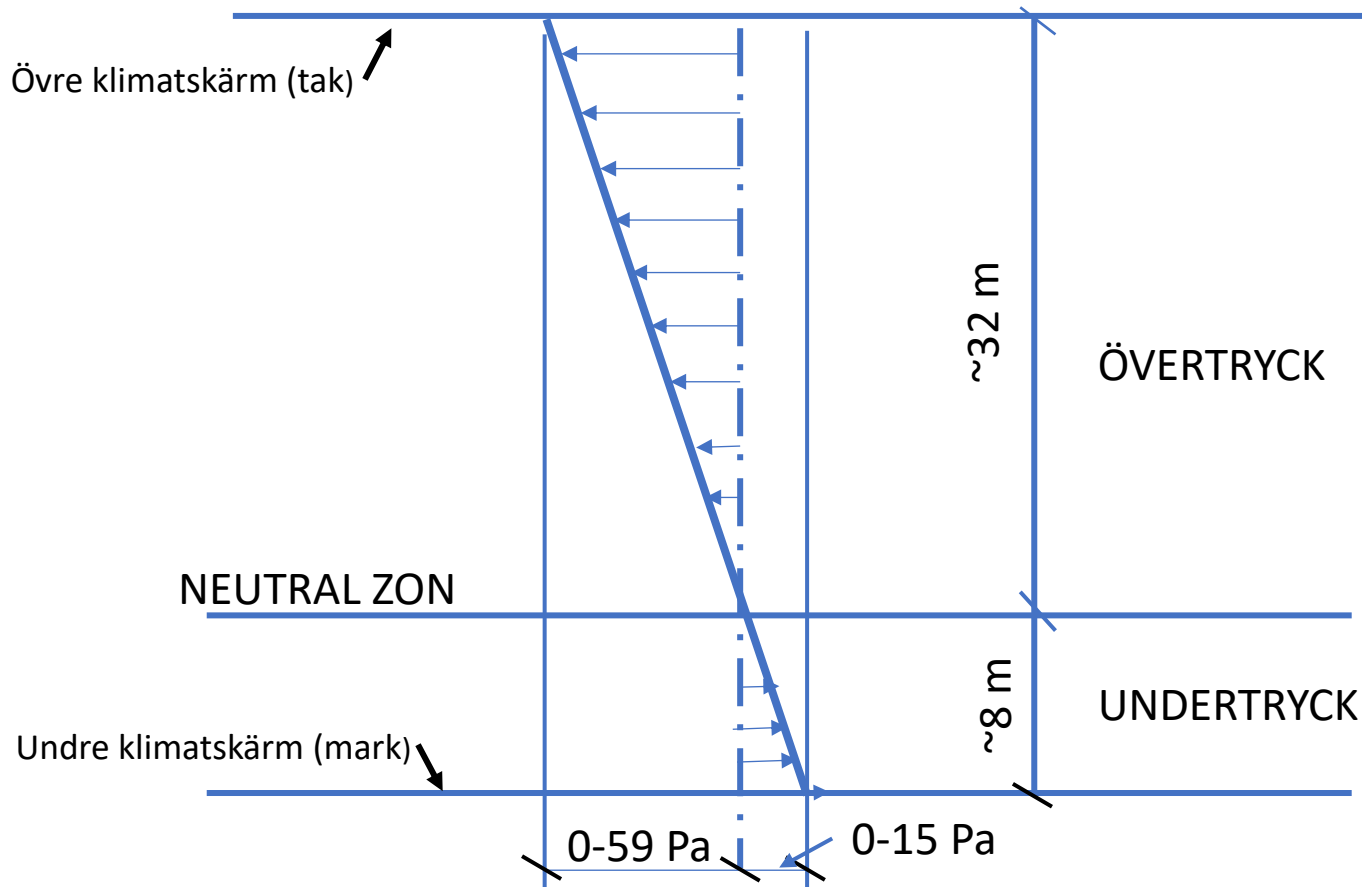
Hur ser tryckförhållanden i byggnader ut och hur påverkas dessa av uteklimat vad gäller temperatur och vind samt mekanisk ventilation

”Normal” tryckprofil för termiska krafter i byggnad med jämnt fördelade otätheter. Byggnadshöjd 40 m.
(Temperatur ute -18°C och i byggnad $+22^{\circ}\text{C}$)



Med jämt fördelade otätheter i klimatkalet blir neutrala planet mitt i byggnaden med minimal tryckskillnad för att sedan öka både uppåt och nedåt för att vid tak och golvnivå vara max ca 37 Pa (hälften av termisk total tryckskillnad som fås av temperaturskillnad inne /ute och byggnadens höjd).

Tryckprofil för termiska krafter i byggnad med en stor otäthet i dess nedre del ex. öppen dörr. Byggnadshöjd 40 m.
(Temperatur ute -18°C och i byggnad $+22^{\circ}\text{C}$)



Med en större öppning ex dörr i byggnadens nedre del flytta neutrala nivån nedåt kanske till 8 m ovan mark och ett mycket stort övertrycks skapas i husets övre del som kan leda till stora problem.

Kombination av vind och termiska krafter.

Ex ett 30 vånings bostadshus vid utetemperatur -15°C vid olika vindstyrkor 0-8 m/s lovart och läsida.

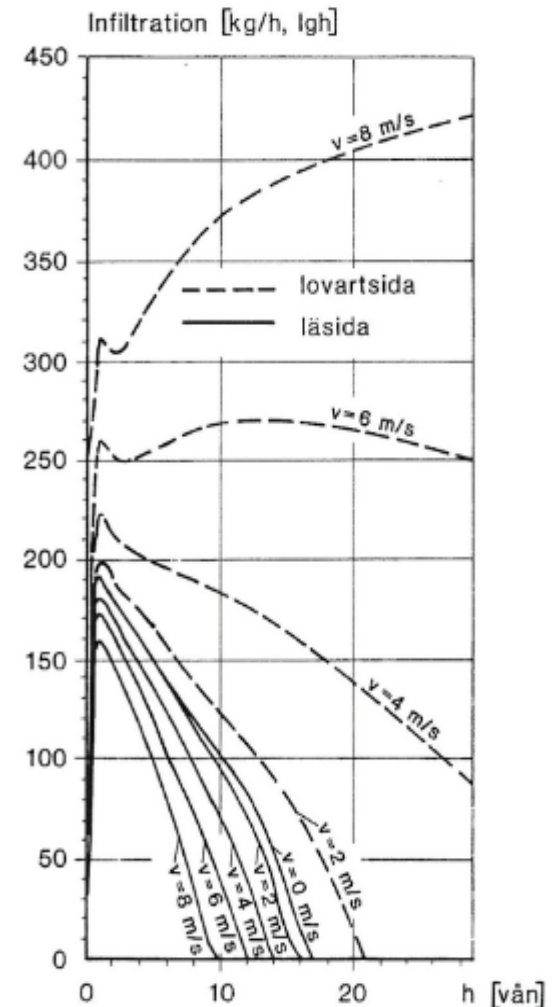
För att få en känsla hur vind och termiska krafter samverkar kan denna beräkning och analys utförd av Esdorn & Feustel (1983) ge värdefull insikt. Byggnaden i form av ett 30 våningar högt kvadratisk bostadshus med fyra lika stora bostäder per plan (totalt 120 lgh) och jämt fördelade otätheter förutom ett entréparti med ett större luftläckage, faktor ca 4 i bottenplan. Vind diagonalt mot huset så två sidor i lovart och två sidor i lä. Infiltrationsluftflöde enligt diagrammet redovisas i kg/h och bostad för lä- och lovartsida för vind varierande mellan 0 och 8 m/s våningsvis.

Flödet kan omräknas till m^3/h genom att dividera värdet med 1,2. Vid vindstilla (enbart termiska krafter) ligger neutrala planet ungefär mitt i huset på våning 16 för att vid vindstyrka 8 m/s ligga under våning 10.

Klimatskärmens beräknade genomsnittliga luftläckage är ca 7 kg/h vid 50 Pa tryckskillnad.

På lovartsidan ökar infiltration vid vindhastighet över ca 6 m/s för att vid översta plan vara 425 kg/h och lägenhet vid 8 m/s.

I nedre delen av byggnaden infiltreras även uteluft på läsidor för att vara störst nära markplan där undertrycket i byggnaden blir som störst.



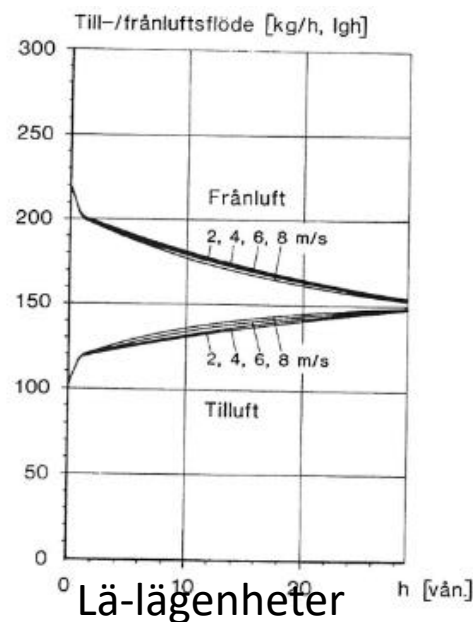
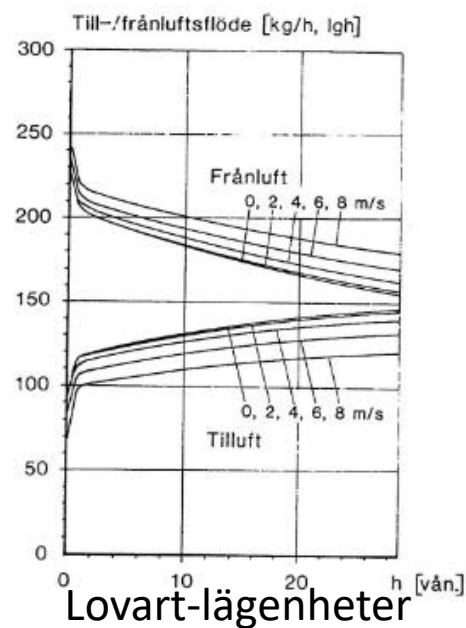
Beräkning kombination av mekanisk ventilation, vind och termiska krafter. Föregående 30 vånings bostadshus vid utetemperatur -15°C vid olika vindstyrkor 0-8 m/s lovart och läsida som föregående diagram.

Mekanisk till och frånluftsflöde är 150 kg/h, lägenhet (eller ca $125 \text{ m}^3/\text{h}$, lgh).

Fläktar för till och frånluft med värmeåtervinning är placerade överst i huset.

Diagram nedan visar tillluftsflöde och frånluftsflöde förändring för såväl lovart som läsida genom byggnaden vid olika vindstyrkor

Nominellt flöde 150 kg/h, lgh fås i hela huset endast vid lika ute och inomhus temperatur. De termiska krafterna innebär med detta utförande att tillluftsflödet reduceras från översta plan för att vara lägst luftflöde i entréplan medan för frånluftsflöde gäller de omvända. Även vindpåverkan förstärker denna tendens till viss grad som framgår av diagrammen.



För att reducera denna stora obalans behöver fläktsystemen reducera antal plan det betjänar avsevärt.

Helst 1 plan/system och max ca 10 plan. Förbättrad lufttätet för klimatskalet reducerar också denna yttre klimatpåverkan liksom större luftmotstånd i ventilationsdonen.

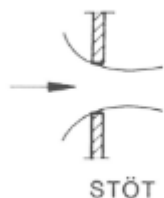
Avsnitt 3. Beräkning av luftläckage

Redogörelse för luftströmning i olika typer av öppningar samt hur motståndstal och luftflöden kan beräknas.

Strömning av luft genom olika öppningar

Öppning

"Hål min höjd ≥ 3 mm
längd ≥ 1 m

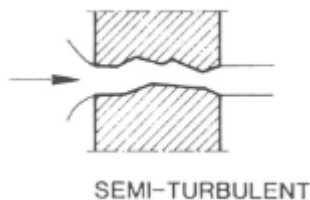


$$\text{Flöde } q = A \times K \times (\Delta p)^{0,5}$$

$$K = 0,6-0,9$$

Springa

"Normal otäthet"
Ex. mellan karm
och båge och
karm mot vägg.

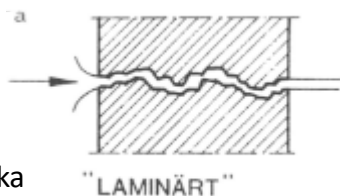


$$\text{Flöde } q = A \times K \times (\Delta p)^{0,67}$$

$$K = 0,3-0,5$$

Spricka

"Lång spricka m. lika
kontinuerlig area" eller
ett poröst material.
Normalt ej aktuellt för
luftläckageberäkningar.



$$\text{Flöde } q = A \times K \times (\Delta p)^{1,0}$$

$$K = 0,3-0,5$$

q = Flöde m^3/s

K = Motståndstal (-)

A = Otäthetens area m^2

Δp = Tryckskillnad Pa

Springor luftläckage!

Nedan visas exempel från Sverige och USA/Canada som ger bra underlag för kalkylering av luftläckage enligt ACC's uppfattning och erfarenhet.

Exempel 1 KTH Tekniskt meddelande 268 "Luftströmning i Byggnader" /M. Herrlin
Luftläckage genom kopplade fönster mellan karm och båge samt karm och vägg

Tabell 4.3 Läckning genom kopplade 2-glas träfönster
(l/s, m springa)

Typ av fönster	Tryckdifferens (Pa)				
	25	50	75	100	125
A. Läckning mellan båge och karm:					
1. otätat med dålig passning ^{a)}	2,00	3,10	3,90	5,00	5,80
2. otätat med medelpassning ^{b)} eller tätat med dålig passning	0,70	1,10	1,50	1,80	2,10
3. tätat med medelpassning ^{b)}	0,36	0,59	0,77	0,93	1,10
B. Läckning mellan karm och vägg:					
1. murvägg utan foder	0,43	0,67	0,88	1,1	1,2
2. murvägg med foder	0,08	0,13	0,15	0,18	0,21
3. trävägg	0,34	0,54	0,75	0,90	1,10

a) 2,4 mm springa

b) 1,4 mm springa

Exempel 3 Springa fönster läckageluftflöde/m

AHSRAE USA "Load Calculation Manual Infiltration" /Tamura et.al. 1967-1976

Table 6.2 Window Classification

	Wood Double-Hung (Locked)	Other Types
Tight-Fitting Window "A"	Weatherstripped Average gap (1/64 in. crack)	Wood casement and awning windows; weatherstripped Metal casement windows; weatherstripped
Average Fitting Window "B"	Non-weatherstripped Average gap (1/64 in. crack) or Weatherstripped Large gap (3/32 in. crack)	All types of vertical and horizontal sliding windows; weatherstripped. Note: If average gap (1/64 in. crack) this could be tight-fitting window. Metal casement windows; non-weatherstripped Note: If large gap (3/32 in. crack) this could be a loose-fitting window.
Loose-Fitting Window "C"	Non-weatherstripped Large gap (3/32 in. crack)	Vertical and horizontal sliding windows, non-weatherstripped

Ex. läckageluftflöde vid 50 Pa tryckskillnad

Kurva "A" ca 0,5 l/s, m

Kurva "B" ca 1,2 l/s, m

Kurva "C" ca 3,2 l/s, m

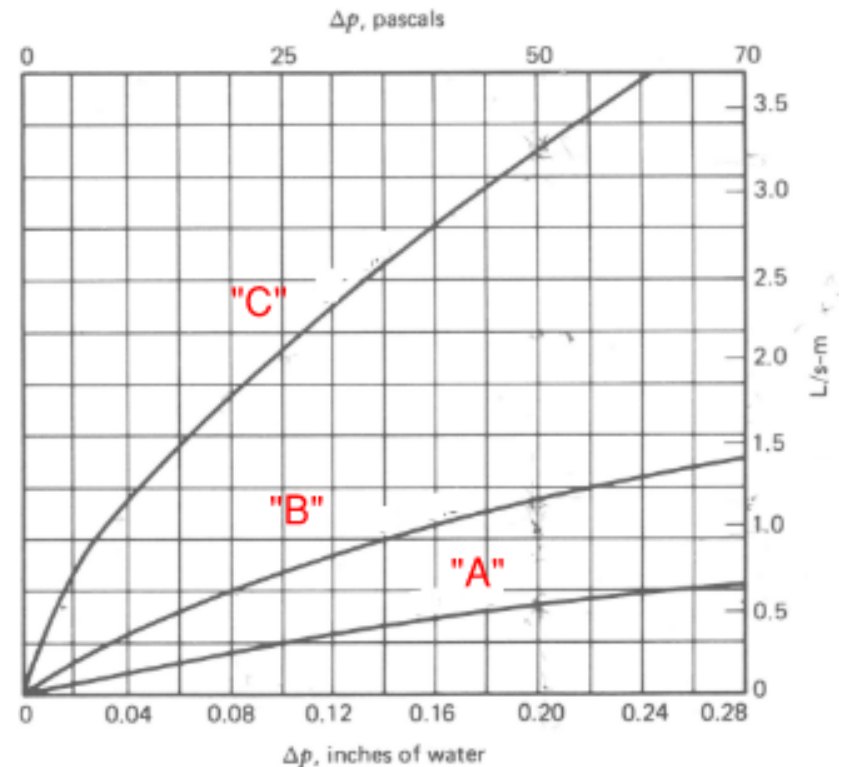


fig. 6.9 Window and Door Infiltration Characteristics

Avsnitt 4. Lufttätetskrav för klimatskal

Redovisning av nationella och internationella standarder för lufttätet.

Exempel på lufttätetskrav och konsekvenser samt exempel på utförda mätningar av byggnaders lufttätet.

Gällande SS-EN standarder i Sverige för max luftläckage (lab-värden)

Fönster och dörrar SS-EN 12207 klass 1-4

Två alternativ redovisas relaterad till karmytterarea per m^3/m^2 respektive springlängd mellan karm och öppningsbar båge m^3/h , m se två tabeller nedan.

Reference air permeability related to overall area

Class	Reference air permeability at 100 Pa $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$	Maximum test pressure Pa
1	50	150
2	27	300
3	9	600
4	3	600

Reference air permeability related to opening joint length

Class	Reference air permeability at 100 Pa $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m})$	Maximum test pressure Pa
1	12,50	150
2	6,75	300
3	2,25	600
4	0,75	600

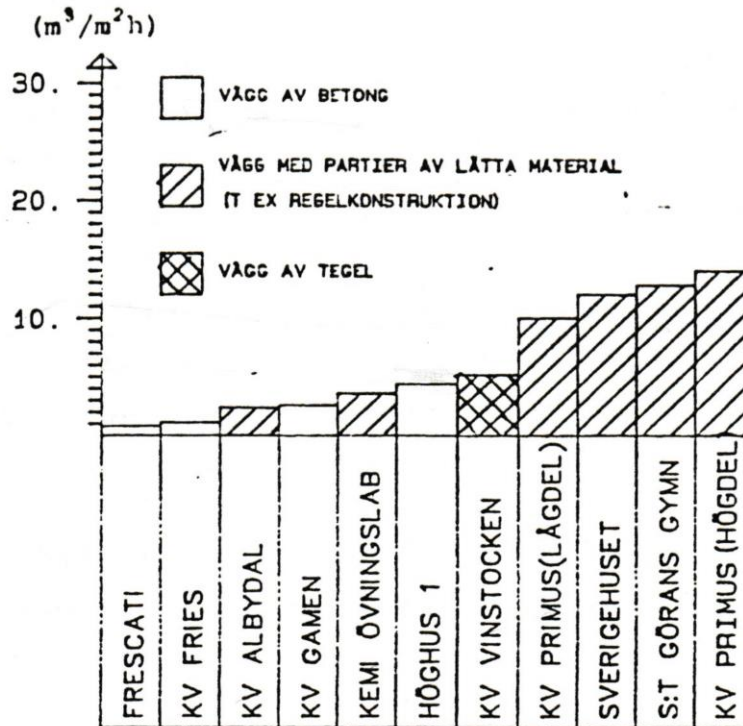
För mellanliggande provtryck (P_n) ska det tillåtna luftläckaget (Q_n) beräknas med hjälp av formeln nedan. Där Q_0 är luftläckage enligt tabell vid provtryck P_0 enligt tabell.

$$Q_n = Q_0 \left[\frac{P_n}{P_0} \right]^{2/3}$$

OBS Krav på max acceptabelt luftläckage enligt tabeller sida 19 är exklusive fog mellan karm och anslutande vägg eller tak. Denna fog bör närmast rum ha en mycket bra lufttätethet för att förhindra fuktkonvektion och kondensrisk i konstruktionen samt fungera som ångbroms. Förslag lufttätethetskrav 0,3 till 0,5 m³/h,m vid 50 Pa tryckskillnad för normala byggnader vilket behöver förbättras vid ex Simhallar, lokaler med hög fukthalt i luften samt höga byggnader där tryckskillnader kan vara stora, ex. krav lufttätethet ≤ 0,1-0,2 m³/h,m vid 50 Pa tryckskillnad.

Exempel mätningar av luftläckage för befintliga byggnaders klimatskal i Stockholm 1983.

Alf Jergling & Bernt Schechiner Chalmers avd. Byggnadskonstruktion



Uppmätta luftläckage i dessa 11 byggnaders klimatskal varierar mellan ca 1-15 m³/h,m² vid Δ50 Pa.

Ex. Höghus 1 Sveavägen Stockholm
läckflöde ca 4-5 m³/h
Glasfasad med oisolerade aluminiumprofiler.

Fig 3 Läckage per m² fasad vid 50 Pa tryckskillnad för de redovisade objekten

Ex. rekommendationer för krav lufttäthet.



2007

Lufttäthetsfrågorna i byggprocessen - Ett B. Tekniska konsekvenser och lönsamhetskalkyler

Per Ingvar Sandberg
Eva Sikander
Paula Wahlgren
Bengt Larsson

4.4.1 Projekteringsskede

Krav 1: En ansvarig för lufttäthetsfrågorna skall anges hos projektören.

Krav 2. Projekteringen skall ge förutsättningar för att byggnaden, med ett bra arbetsutförande under byggtiden, skall uppfylla **täthetskravet** vid 50 Pa tryckskillnad (välj ett av alternativen)

Ambitionsnivå 1: Lufttäthet $\leq 0,2$ l/m²s (luftläckagen har liten påverkan på ventilation, energianvändning, termiskt klimat mm)

Ambitionsnivå 1 motsvarar **0,7** m³/h,m²

Ambitionsnivå 2: Lufttäthet $\leq 0,4$ l/m²s (luftläckagen har viss påverkan på ventilation, energianvändning, termiskt klimat mm)

Ambitionsnivå 2 motsvarar **1,4** m³/h,m²

Ambitionsnivå 3: Lufttäthet $\leq 0,6$ l/m²s (luftläckagen har påverkan på ventilation, energianvändning, termiskt klimat mm)

Ambitionsnivå 2 motsvarar **2,2** m³/h,m²

Täthetskrav för fönster och dörrar kan anges separat. Exempelvis kan kravet vara att klass 4 skall uppfyllas avseende lufttäthet enligt EN 14351-1. Klass 4 innebär ett maximalt luftläckage om 3 m³/hm² vid 100 Pa tryckskillnad (uppgift anges av leverantören av fönstren/dörrarna).

Beskrivning av hur täthetsprovningen skall genomföras anges under krav 10.

Mina rekommendationer för krav lufttätethet:

Ambitionsnivå 1 för höga byggnader & simhallar $\leq 0,7 \text{ m}^3/\text{h}, \text{m}^2$ vid $\Delta P 50 \text{ Pa}$

Ambitionsnivå 2 för övriga byggnader $\leq 1,4 \text{ m}^3/\text{h}, \text{m}^2$ vid $\Delta P 50 \text{ Pa}$

Curtainwallfasader och liknande min klass A4 (SS-EN 12252)

Fönster min klass 4 (SS-EN 12207)

Dörrar min klass 2 (SS-EN 12207)

Entreprenadgränser mellan olika leverantörer ex. fpg mellan fönsterkarm och vägg min $0,1\text{-}0,5 \text{ m}^3/\text{h}, \text{m}$ vid $\Delta P 50 \text{ Pa}$, se sida 20, beroende av byggnadstyp.

Lokalt luftläckage $\leq 0,4 \text{ m}^3/\text{h}, \text{cm}$ springa vid $\Delta P 50 \text{ Pa}$.

Redovisa hur lokala lufttätetsprovningar går till med funktionsansvar inklusive ange påslag för metod och mätfel vid provningar ex. +25%.

Termografera byggnadens klimatskal från utsidan molnig dag med utetemperatur $\leq 0^\circ\text{C}$ för att lokalisera ev. brister stora köldbryggor och luftläckage.

Avsnitt 5. Entréer till byggnader

Olika typer av dörrar för entréer och redovisning av konsekvenser för termiskt klimat beroende av utförande, antal passager och tryckförhållanden.

Skärmtak över entré

Skärmtak ger ett avsevärt vindskydd då taket delar vinden och reducerar direkt fuktpenetrering mot entré vid nederbörd.

Dörrar för entréer

Luftfläckage nedan gäller för stängd dörr vid tryckskillnad 50 Pa.

För beräkning av luftfläckage vid annan tryckskillnad se avsnitt 4 sida 6.

Vid dörrblad 0,9 x 2,1 m, blir springas längd för slagdörr och pendeldörr ca 6 m, och för skjutdörr och karuselldörr ca 8 m.

A. Slagdörr med anslag

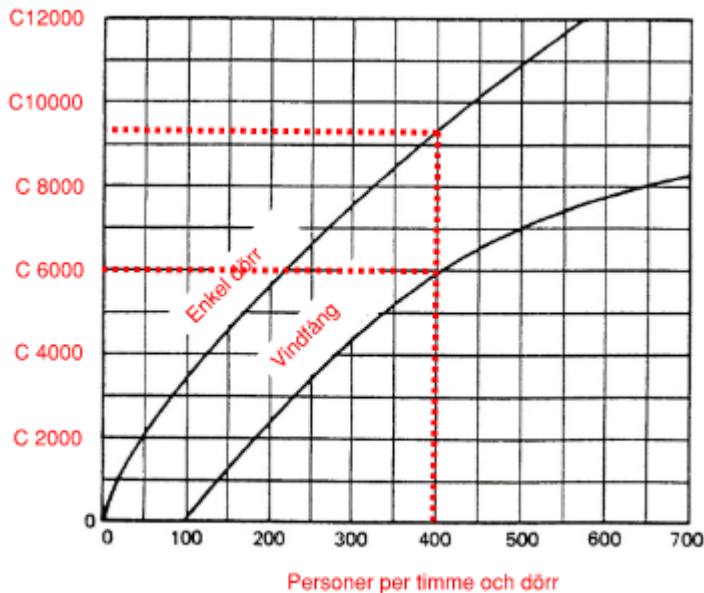
Dörren är den lufttätaste varianten i stängt läge tack vare dörrblad tätar mot kam och tröskel och kan där förses med tätningsslistor mot anslaget. Luftfläckage i springa ca 1-15 l/s,m.

B. Pendeldörr utan anslag där tätningsslista tätar mellan dörrblad och karm. Luftfläckage i springa ca 3-30 l/s,m.

C. Skjutdörr utan anslag där tätningsslista tätar mellan dörrblad och dörrblad och karm ca 5-60 l/s,m.

D. Karuselldörr utan anslag där tätningsslista tätar mellan dörrblad och vägg ca 10-30 l/s,m

Luftläckage beroende av persontrafik i dörrar enligt ASHRAE Load Calc. Manual



Flödeskoefficient "C" för pendeldörr personpassage

Vid 400 personer passage per timme blir koefficient "C" för enkeldörr C ca 9 200
Och vid vindfång C ca 6 000.

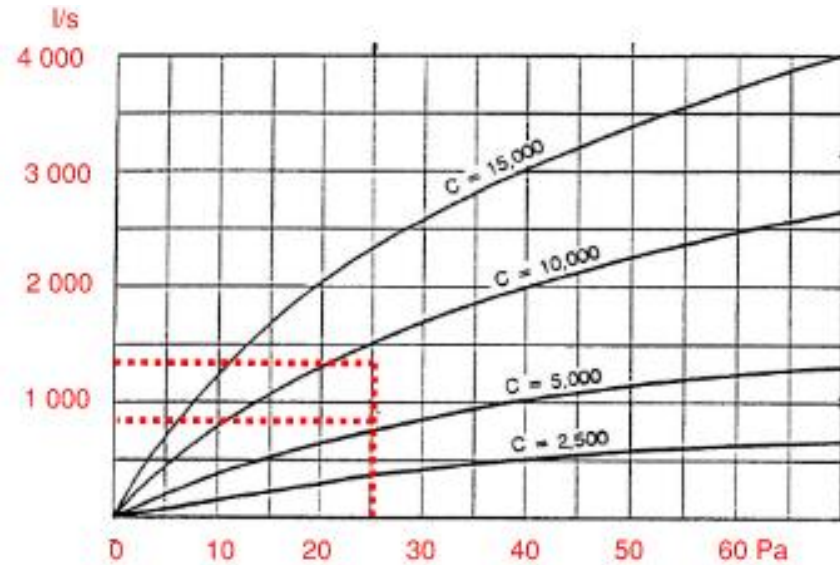


Fig. 6.11 Swinging Door Infiltration Characteristics with Traffic

Infiltrationsluftflöde vid 400 personer passage per timme blir vid 25 Pa tryckskillnad med enkelskal ca 1 400 l/s och med vindfång 800 l/s plus läckage via springor enligt sida 5 omräknat till 25 Pa ca 60 l/s för enkelskal och 40 l/s för vindfång.

Totalt för enkelskal ca 1460 l/s och för dubbelskal med vindfång ca 840 l/s.

Infiltration av luft via karuselldörrar enligt ASHRAE Load Calc. Manual

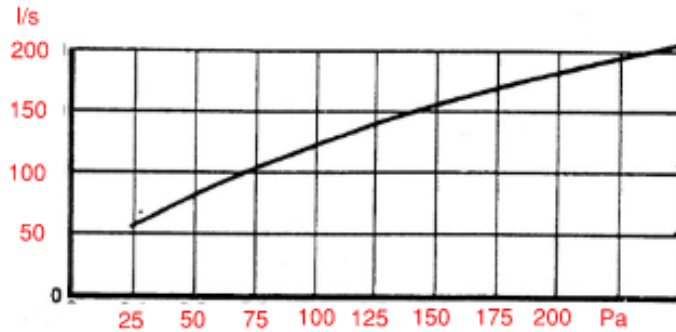


Fig. 6.13 Infiltration through Seals of Revolving Doors not Revolving

Ex. vid 25 Pa tryckskillnad över ej roterande karuselldörr blir förväntat dimensionerande luftläckage ca 55 l/s om tätningslister underhålls.

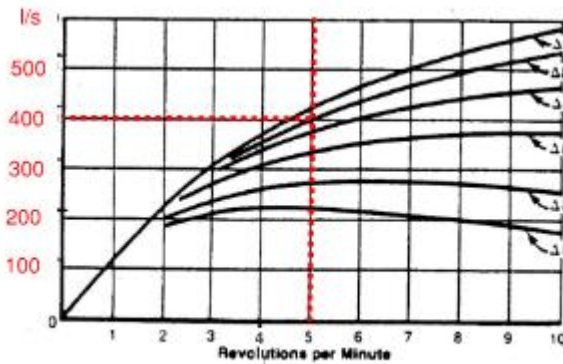


Fig. 6.14 Infiltration for Motor-Operated Revolving Door

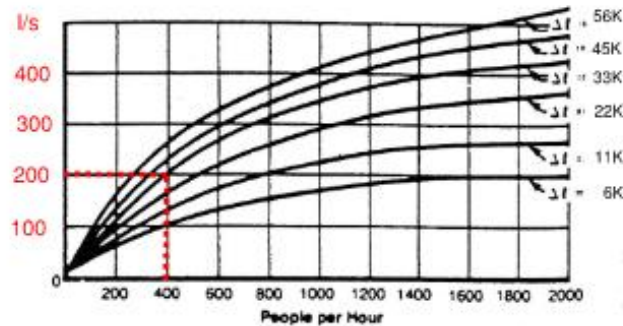


Fig. 6.15 Infiltration for Manually Operated Revolving Door

Infiltrationsluftflöde vid 400 personer passage per timme blir vid 25 Pa tryckskillnad med manuell karuselldörr och temperaturskillnad 33 K ca 200 l/s plus läckage i tätningslister 55 l/s. Totalt infiltrationsflöde ca 255 l/s att jämföra med ca 840 l/s respektive ca 1460 l/s utan karuselldörr sida 26.

Mina rekommendationer för Entréplanering:

För låga byggnader (max 3-4 våningar ovan mark) med en frekvent använd entré mot en fasad är entréproblematik säkerställd om klimatskal har bra lufttätet. För byggnad med flera frekventa entréer i olika fasader där slussfunktion inte kan säkras kan behöva karuselldörr eller om byggnaden har stora och höga rum.

För högre byggnader beakta alltid att slussfunktioner kan säkerställas och då särskilt för trapphus och hisschakt. Slagdörrar rekommenderas för hissar då skjutdörrar för hissar inte har någon bra lufttätet.

Med skjutdörrar behövs avgränsade hisshallar normalt.

Beräkna förväntade tryckförhållanden vid entréer vid låga utetemperaturer och samverkan med vind och dörrars sektionering av byggnaden.

Glöm heller inte bort tryckskillnad över dörrar kan göra dessa svåra att öppna Öppningskraft eftersträvad max ca 50 N motsvarar öppningskraft ca 5 kg för en 2 m² stor dörr men får vara så hög som 150 N enligt BBR för manuella dörrar.

Se vidare i avsnitt 6 Höga byggnader om detta mm.



ACC

GLAS OCH FASADKONSULT

LUFTLÄCKAGE I BYGGNADER

6 Höga byggnader

22-08-01

Sedan starten av vårt företag ACC 1988 har luftläckage och kravställning på lufttäthet funnits med som en av flera viktiga parametrar.

Med de allt mer förstärkta krav på byggnaders klimatskärmar samt effekt och energibehov som kontinuerligt ökar måste luftläckage via klimatskärmen begränsas så mycket som möjligt.

Numer byggs allt oftare höga byggnader som mer påverkas av vind och termiska krafter vilka kan ställa till stora problem om inte tryckförhållanden noggrant analyseras innan byggnaden uppförs. Åtgärder förutom lufttäthetskrav på klimatskalet kan även vara krav på invändiga delars lufttäthet och avgränsningar genom flera invändiga partier med dörrar. Kontroll att invändiga dörrar inte blir för tunga att öppna enligt gällande regler på grund av klimatlast.

Vår plan är nu att publicera en serie om *”Luftläckage”* på LinkedIn som på ett förhoppningsvis tillgängligt sett bidrar med vår erfarenhet och kunskap genom åren för energieffektivare och väl fungerande byggnader.

Serien med fem avsnitt avser att från grunden beskriva orsaker och konsekvenser till att effektivt hantera behövliga åtgärder och kravställningar.

Dessa avsnitt återfinns också på ACC Glas och Fasadkonsult hemsida.

Detta avsnitt 6 handlar om Höga byggnader och luftläckage.

Avsnitt 1. Tryckskillnader

Det behövs tryckskillnad över en byggnadsdel för att luftläckage ska kunna ske.
Orsaker till tryckskillnader och hur dessa beräknas redovisas.

Avsnitt 2. Tryckprofiler i byggnader

Hur ser tryckförhållanden i byggnader ut och hur påverkas dessa av uteklimat vad gäller temperatur och vind samt mekanisk ventilation

Avsnitt 3. Beräkning av luftläckage

Redogörelse för strömningsteknik i olika typer av öppningar och hur motståndstal och luftflöden kan beräknas.

Avsnitt 4. Lufttäthetskrav för klimatskal

Redovisning av nationella och internationella standarder för lufttäthet.
Exempel på lufttäthetskrav och konsekvenser samt exempel på utförda mätningar av byggnaders lufttäthet.

Avsnitt 5. Entréer till byggnader

Olika typer av dörrar för entréer och redovisning av konsekvenser för termiskt klimat beroende av utförande, antal passager och tryckförhållanden.

Avsnitt 6. Höga byggnader

Indelning i olika klasser och åtgärdsbehov beroende av byggnads höjd.
Hur kan tryckskillnader analyseras, beräknas och åtgärdas i projekteringsstadiet.

Klassning av höga byggnader.

ASHRAE tekniska utskott har klassat byggnader i tre klasser beroende av dess höjd.

- "Tall Buildings" höjd ovan mark > 90 m
- "Super Tall Buildings" höjd ovan mark > 300 m
- "Mega Tall Buildings" höjd ovan mark > 600 m

Många länder har inte så stora temperaturvariationer under året som vi i Skandinavien så min uppfattning är att även byggnader med lägre höjd än 90 m kan ge stora problem och behöver hanteras som "höga" byggnader. Byggnader med höjd 50 % av 90 m och vid höga stora rum bör tryckskillnader extra beaktas.

Dessa "höga byggnader" behöver projekteras med stor omsorg vad gäller luftläckage och tillhörande problem vad gäller entréer, trapphus och hiss schakt vid låga temperaturer utomhus och vindpåverkan.

Tryckförhållande kompliceras med t.ex. öppningsbara delar i fasader som förändrar tryckförhållanden vid öppning och ofta har sämre bestående lufttäthet.

Tryckskillnad genom termisk kraft.

Termisk tryckdifferens uppstår genom kombinationen byggnads höjd och temperaturskillnad ute/inne.

Denna tryckskillnad kan beräknas exakt enligt avsnitt 1 men enkelt med tillräcklig noggrannhet beräknas med formeln:

$$\Delta P_s = \Delta H * K_s * (1/T_u - 1/T_i)$$

ΔP (Pa)

ΔP_s = Tryckskillnad i Pa

ΔH = Klimatskalets höjd ovan mark, m

K_s = Konstant 3460

T_u = Utvändig temperatur °K

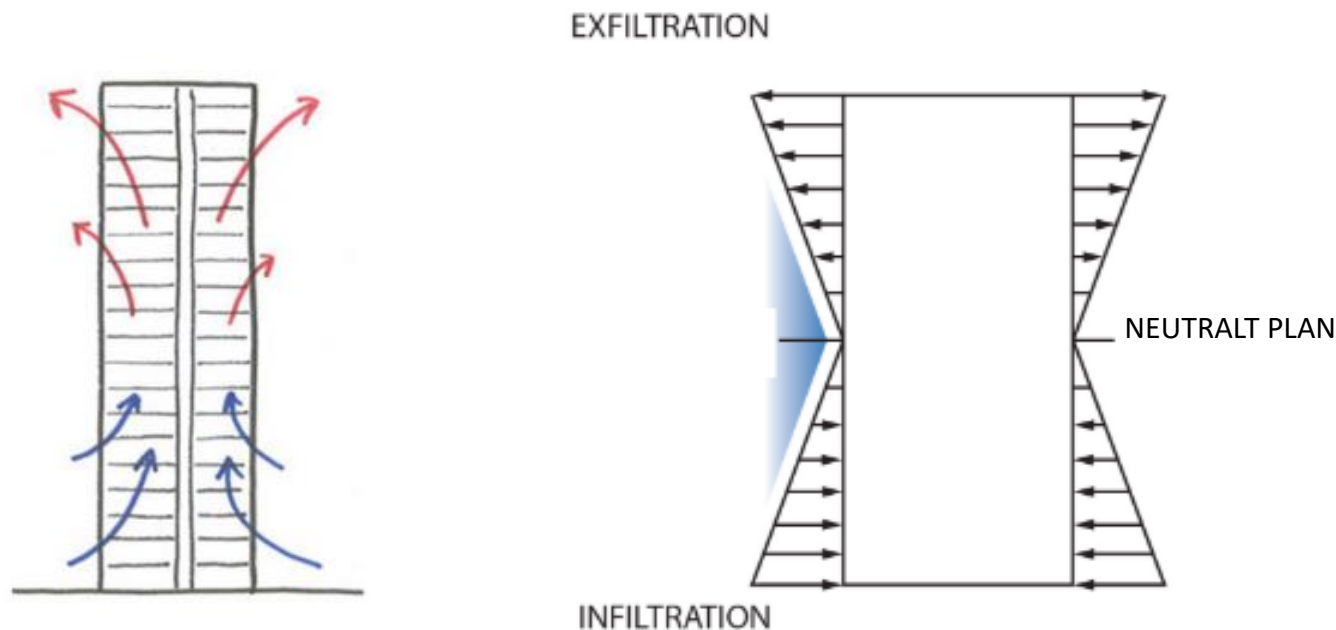
T_i = Invändig temperatur °K

Exempel termisk tryckskillnad för en 90 m hög byggnad vid utetemperatur -18°C och innetemperatur +22°C.

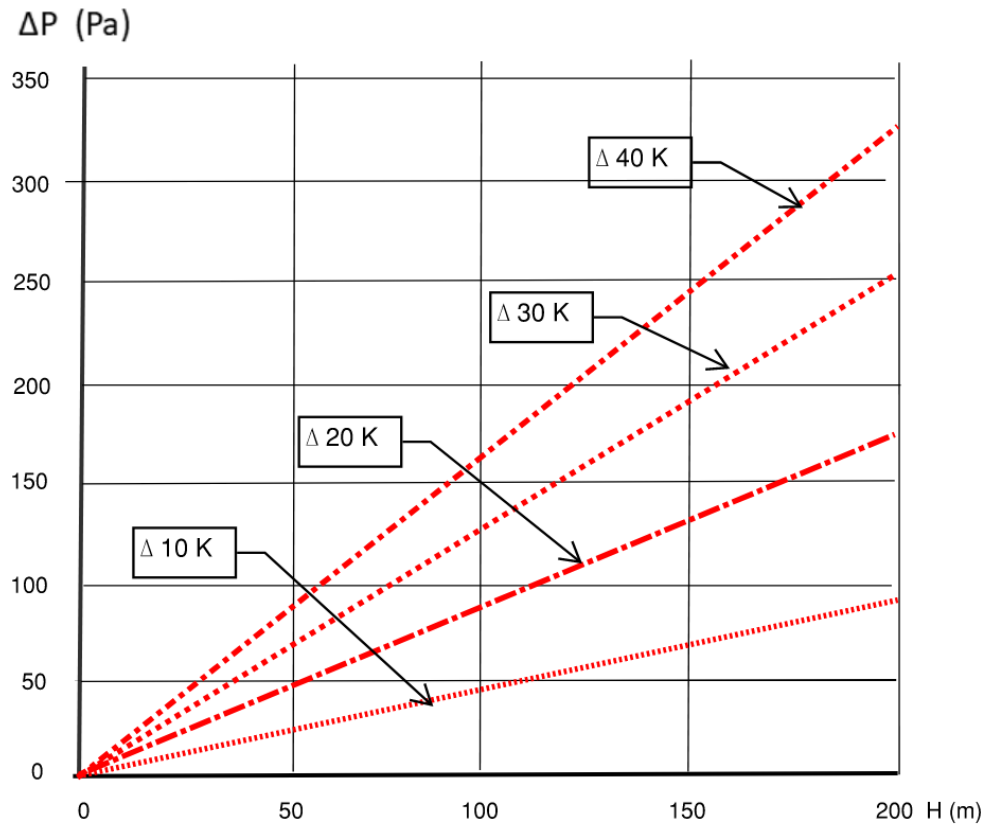
$$\Delta P_s = 90 * 3460 * (1/(273-18) - 1/(273+22)) = \text{ca } 166 \text{ Pa}$$

Om en byggnad har en jämn form och jämnt fördelade otätheter kommer termisk tryckskillnad vara 0 vid halva byggnadshöjden och 50 % undertryck vid mark och 50 % övertryck av total tryckskillnad vid dess klimatskalets topp.

Undertrycket vid entré i bottenplan blir vid en fullt kommunicerande byggnad utan avgränsningar ca 83Pa.



Exempel på beräknade tryckdifferenser orsakade av termiska krafter (skostenseffekt) för byggnad med klimatskal höjd upp till 200 m ovan mark. (Gäller vid normalt lufttryck och rumstemperatur +20°C och temperatur utomhus +10°C, 0°C, -10°C & -20°C).

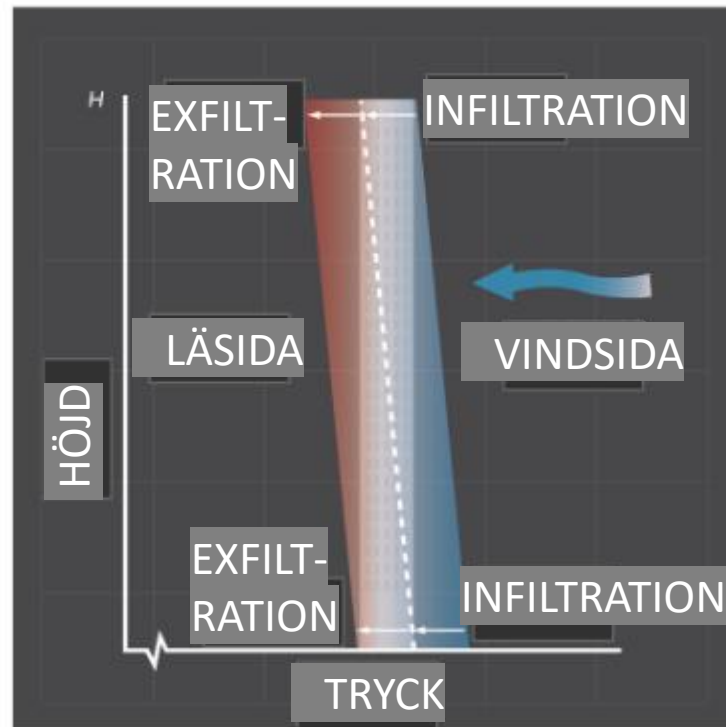


Tryckskillnad genom vindpåverkan.

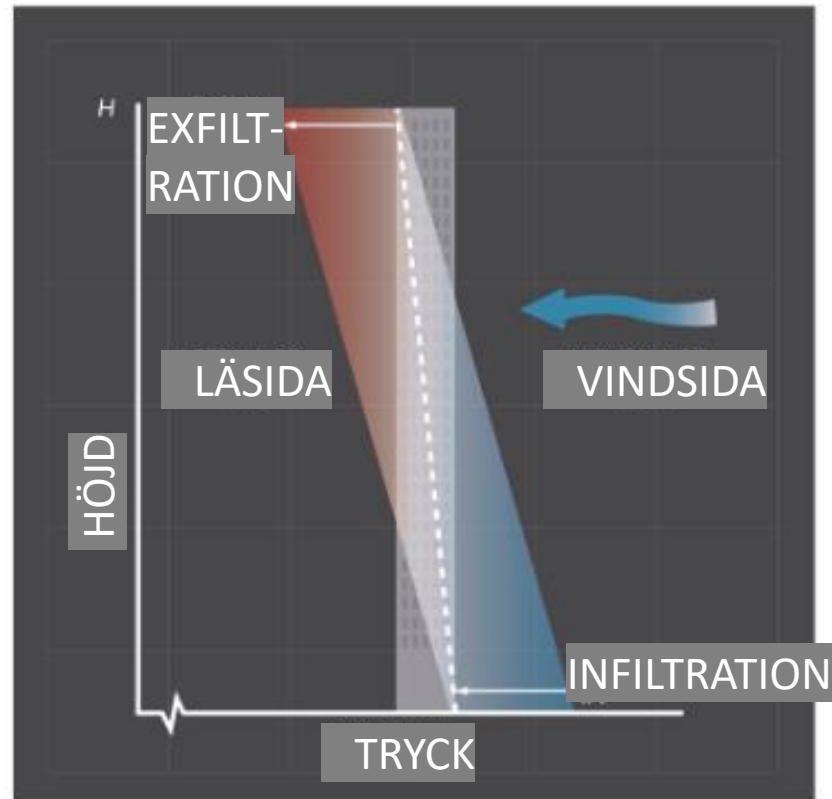
Vind mot byggnadens klimatskal skapar ett statiskt tryckskillnad beroende av vindhastighet, vindriktning, omgivning och höjd.

Denna tryckskillnad kan beräknas enligt avsnitt 1.

Övertryck fås på vindsida mot klimatskal medan övriga läsidor och tak får ett undertryck



Tryckpåverkan med
enbart vindtryck



Tryckpåverkan med kombination av termiskt tryck och vindtryck

Öppningskraft för dörrar

Max öppningskraft för en dörr enligt BBR är 150 Pa medan normalt eftersträvas max ca 50 Pa öppningskraft så att även funktionsförhindrade människor vad gäller handkraft ska kunna öppna en dörr. Utan tryckskillnad åtgår minst ca 20 Pa för att öppna en ytterdörr och om dörren har dörrstängare ca 50 Pa.

Erforderlig öppningskraft för en utåtgående ca 2 m² stor entrédörr med dörrstängare vid 83 Pa undertryck blir $50 + 2 \cdot 83 = 216$ Pa d.v.s. ej godkänt utan mekanisk dörröppnare.

At installera skott med dörrar med god lufttätethet i höga byggnader är således absolut nödvändigt som reducerar tryckskillnader över öppningar i klimatskalet.

Mina rekommendationer för höga byggnader:

Efter att vara delaktig i projektering av ett stort antal höga byggnader i Skandinavien vill jag lämna nedanstående rekommendationer vad gäller luftläckage.

- Förstärkta lufttäthetskrav för klimatskalet kan normalt behövas.
- Analysera konsekvenser tryckskillnader för trapphus och hisschakt.
- Extra vaksamhet för skjutdörrar för hissar då lufttäthet då blir försämrad.
- Beräkna var neutrala planet kommer med termiska krafter och kombination vid förhärskande vindriktning och termiska krafter.
- Var extra vaksam vid kopplade fönster och dubbelfönster i övre del av byggnaden och säkerställ tillräcklig ventilation av luftspalt och inre båges lufttäthet så att kondens problem där undikes.
- Säkerställ sektionering av byggnaden och ställ även adekvata lufttäthetskrav på sektionerande delar.
- Gör komplett tryckanalys för hela byggnaden med kvalificerad programvara vid byggnad med högre klimatskal än ca 150 m och gärna även för byggnader över 100 m höjd eller byggnader med höga och stora rum. ACC använder framgångsrikt t.ex. programvaran CONTAM för sådana beräkningar.

Med bästa hälsningar // Lars-Åke Almstedt