

Ny trycksättningsmetod för trapphus för utrymning

Tomas Fagergren, Brandskyddslaget, Stockholm

Lars Jensen, installationsteknik, LTH

Vilka bestämmelser gäller för trapphus för utrymning?

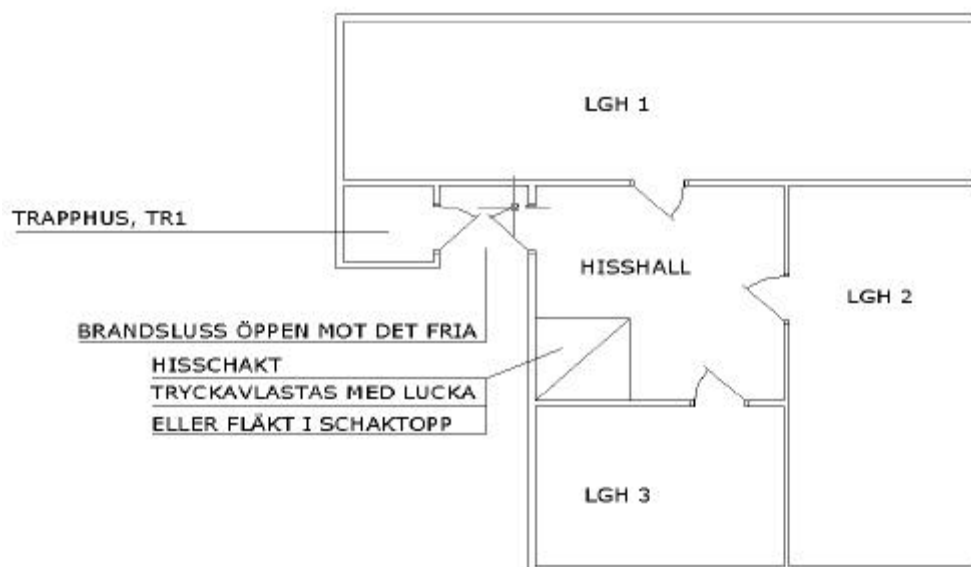
Trapphus i en byggnad kan utföras som så kallade Tr1 eller Tr2 trapphus där Tr1 trapphuset är den typ som innefattar den högsta brandsäkerheten.

Tidigare har man för exempelvis bostäder kunnat använda så kallade Tr2-trapphus i en byggnad med maximalt 16 våningar vilket har ändrats till maximalt 8 våningar i BBR. Denna ändring har skapat behov av att finna alternativa lösningar till det traditionella Tr1 trapphuset med brandsluss öppen mot det fria eftersom man fortfarande vill förlägga trapphuset till byggnadens kärna. En intressant lösning som använts i ett flertal objekt är att mekaniskt trycksätta trapphuset.

Ett Tr1 trapphus är utformat så att det **förhindrar** spridning av brand och brandgas till trapphuset under minst 60 minuter. Trapphuset skall ha förbindelse med andra utrymmen genom en *brandsluss* som antingen är öppen mot det fria eller är försedd med en *anordning* som förhindrar brandgasspridning till trapphuset.

Ett Tr1 trapphus med brandsluss öppen mot det fria innebär att trapphusen rent fysiskt måste placeras mot byggnadens fasad vilket kan innebära begränsningar i den arkitektoniska utformningen av byggnaden. Det brandskyddstekniska syftet är således att brandgas hindras tränga in i trapphuset genom att "brandgastrycket" avlastas mot "det fria" varvid brandgas anses inte kunna tränga in i trapphuset.

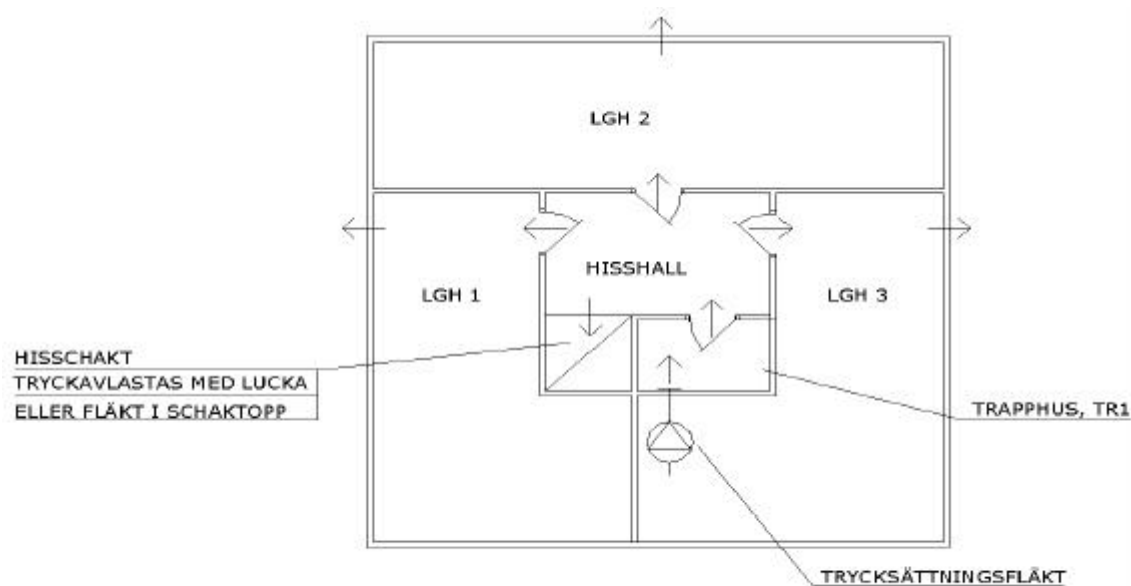
Vidare får brand och brandgas inte spridas mellan de olika våningsplanen via hiss-schaktet som utgör en öppen förbindelse mellan våningsplanen med "otäta" hissdörrar i respektive plan. En lämplig metod för hiss-schaktet kan vara att tryckavlasta schaktet med en lucka eller en fläkt med syfte att skapa ett undertyck i hiss-schaktet upp till nivå med översta stannplanet.



FIGUR 1

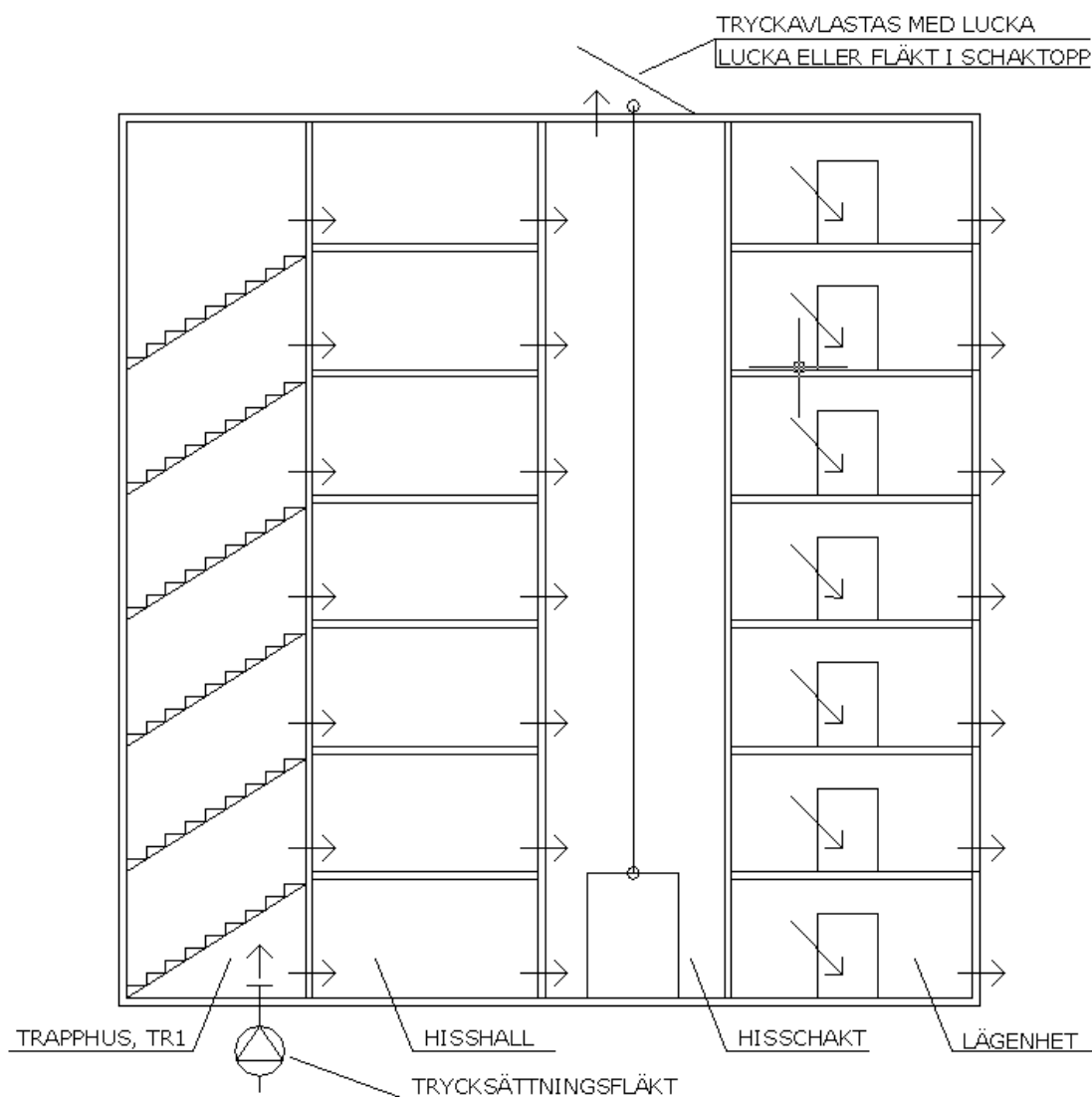
Figur 1, visar Tr1-trapphus med brandsluss öppen mot det fria

- Genom att mekaniskt trycksätta trapphuset kan man utelämna den beskrivna "brandslussen". Alternativet med trycksättning skapar flexibla lösningar eftersom man inte behöver lokalisera trapphuset till fasad utan i stället kan man placera trapphuset i byggnadens kärna. Som tidigare beskrivits får heller inte brand och brandgas spridas via hisschaktet mellan de olika våningsplanen



FIGUR 2

Figur 2, visar ett trycksatt Tr1-trapphus i plan med tryckavlastat hisschakt i plan



FIGUR 3

Figur 3, visar ett trycksatt Tr1-trapphus med tryckavlastat hisschakt i sektion

Vad är syftet och begränsningarna med trycksättningen?

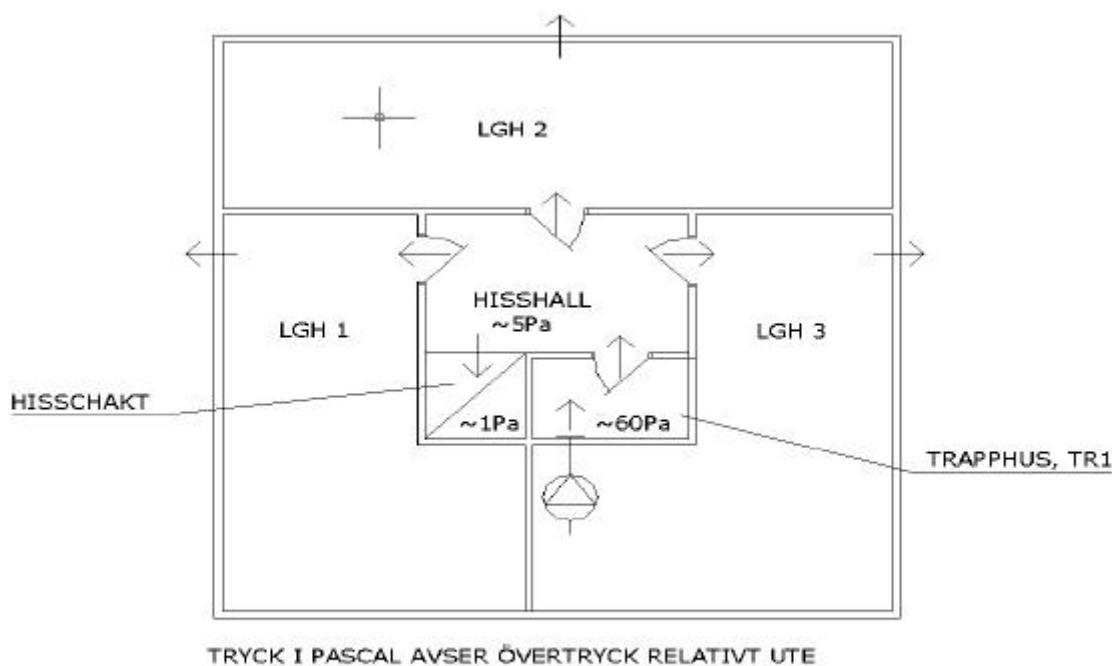
Syftet med trycksättningen är att skapa ett övertryck i trapphuset relativt hisshallen så att brandgasen hindras tränga in i trapphuset. Genom att tryckavlasta hisschaktet kan man skapa en större tryckskillnad samt att man kan "ventilera" bort inträngande brandgas till hisshallen.

Vid konstruktion av trycksättningen måste man vara observant på en mängd olika parametrar som påverkar det slutliga resultatet, som exempelvis:

- Trapphusets höjd, påverkar den termiska tryckskillnaden samt trapphusets friktionstryckfall.
- Läckage genom trapphusdörr relativt hisshallens läckage, påverkar tryckskillnaden.
- Läckage genom dörr mellan hisshall och lägenhet samt mellan lägenhet och klimatskal, påverkar tryckskillnaden mellan hisshall och lägenhet.
- Största tryckskillnad för att kunna öppna dörrar mot trapphuset.
- Lägsta tryckskillnad för att hindra att brandgas tränger in i trapphuset.
- Flödeshastighet genom öppen trapphusdörr för att hindra brandgas att tränga in i trapphuset. Notera att detta är av intresse då trapphusdörr är öppen samt dörr mot brinnande brandcell (förutsätter att klimatskalet har kollapsat i den brinnande brandcellen).

Vidare förekommer en mängd olika driftsfall så som att ett varierande antal dörrar är öppna mot trapphuset, brandens skede, dörr mot brandrum står öppen eller stängd, kollapsat klimatskal, temperaturskillnad inne respektive ute mm.

I nedanstående figur visas tryckskillnaden mellan trapphus och hisshall samt mellan hisshall och hisschakt samt mellan hisshall och lägenhet med konstant oförändrad temperatur. Värdena är beräknade utifrån ett verkligt objekt med givna läckage.



FIGUR 4

Figur 4, visar exempel på tryckskillnad för ett verkligt objekt

Är trapphusets höjd begränsad vid trycksättning?

Problemet med trycksättning av trapphus är att det tillåtna tryckintervallet begränsas neråt av en minsta tryckskillnad för att förhindra brandgasspridning till trapphuset och uppåt av en högsta tryckskillnad för att dörrar till trapphuset skall kunna öppnas med rimlig kraft. Antag att dessa två tryckgränser är 20 Pa respektive 80 Pa. Den högsta tillåtna termiska tryckskillnaden inom trapphuset får därför högst vara 60 Pa.

En temperaturskillnad mellan inne och ute på 23 °C ger en termisk vertikal tryckgradient på 1 Pa/m. För de här angivna siffrvärdena begränsas då höjden för ett trapphus till högst 60 m. Amerikansk praxis är att dela upp trapphus i sektioner om normalt 8 våningsplan och ibland upptill 12 våningsplan. Högre trapphus måste därför alltid sektioneras tror man.

Det finns dock en förbisedd lösning/metod på detta problem, nämligen en variant av Herkules-metoden. Den vintertid termiska tryckökningen uppåt kan elimineras enkelt med ett genom trapphuset nerifrån och uppåt genomströmmande flöde benämnt *grundflöde* som skapar ett tryckfall per höjdmeter lika med den termiska tryckändringen per höjdmeter. Herkules använde en flod för att städa ett stort stall. Vad som förbi setts tidigare är att trånga trapphus (inte paradtrapphus) även vid måttliga flöden kan ha tryckfall av samma storleksordning som den termiska tryckändringen.

Slutsatsen är därför att trapphus inte behöver sektioneras för att klara av det tillåtna tryckskillnadsintervallet. En tilläggsförutsättning är dock att trapphusets normala och totala läckflöde är betydligt mindre än det flöde som krävs för att skapa det kompenserande strömningstryckfallet. Trapphuset kan alltså inte användas som en stor luftkanal för att trycksätta andra utrymmen av byggnaden.

Hur stora är tryckfall i trapphus?

Modellförsök i skala 1:100 har genomförts med två olika trapphus med halv- och heltrappor byggda med 3 mm masonit omfattande tjugo våningsplan. Våningshöjden har varit 3 m. Trapporna har varit 1 m breda. Trappstigningen har varit normala 3:4. Trapporna börjar och slutar med lika stora vändplan med djupet 1 m. Trapphuset med halvtrappor får tvärmåtten längd 4 m och bredd 2 och för fallet med heltrappor fås samma bredd men längden 6 m.

Tryckfallet för en våning kan uppskattas motsvara fyra tvära stående rektangulära 90°-böjar med bredd 1 m och höjden 2.7 m parvis samverkande och hopkopplat med kanaler för trappor och heltrappans gångplan.

Det specifika tryckfallet för flödet 1 m³/s var för halvtrappsfallet 0.09 Pa/m och för fallet med heltrappa 0.08 Pa/m, vilket motsvarar en luftkanal diameter mindre än 800 mm. Detta innebär att ett måttligt flöde mellan 3 och 4 m³/s ger ett tryckfall på 1 Pa/m. Detta motsvarar en lufthastighet över tvärsnittet 2.7 m² på mindre än 1.5 m/s, vilket är fullt gångbart. Tryckfallet motsvarar en temperaturskillnad på 23 °C, vilket innebär att till och med extrema temperaturskillnader klaras av med en liten ökning av flödet. Vid utrymning tillkommer givetvis ett stort antal människor, vilka ökar tryckförlusterna något.

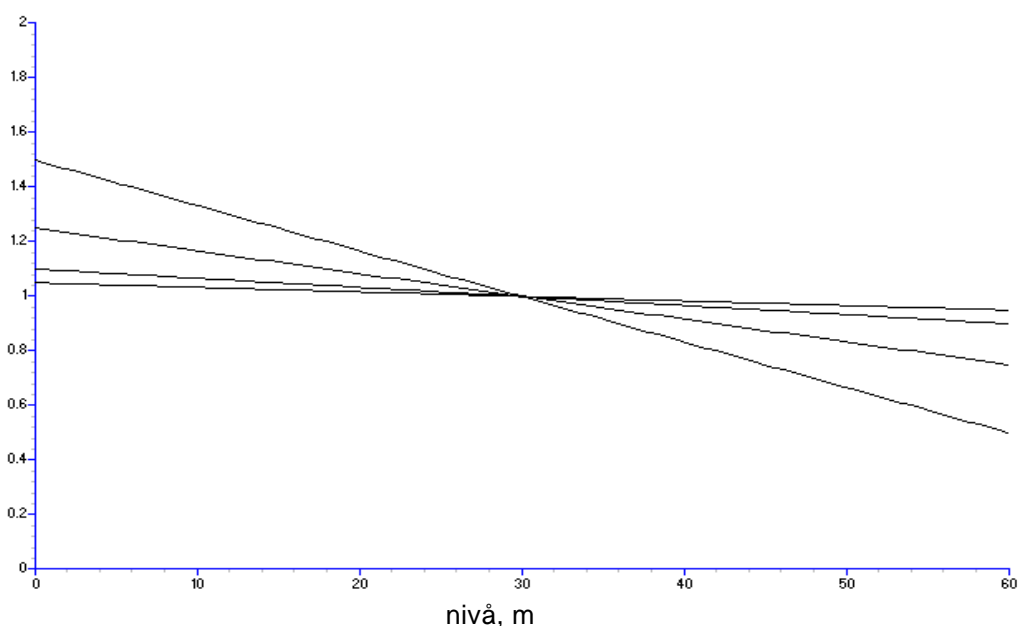
Hur påverkas trapphustrycket av läckflödet och grundflödet?

Det är uppenbart att för fallet utan något läckage är trapphusflödet lika med grundflödet och tryckfallet och trapphustrycket kommer också att vara de samma i hela trapphuset. Den termiska tryckskillnaden kan således helt balanseras bort.

Hur mycket tryckfallet varierar på grund av läckage skall undersökas med några enkla antaganden. Antag att grundflödet är $1 \text{ m}^3/\text{s}$ och att det ger ett tryckfall om 1 Pa/m . Antag vidare att läckflödet ut från trapphuset kan vara 0.1 , 0.2 , 0.5 eller $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ och att det fördelas lika över hela trapphusets höjd, vilket är en förenkling som egentligen förutsätter en konstant tryckskillnad mellan trapphus och omgivning. Trapphuset antas vara 60 m högt.

Trapphusflödet och trapphustrycket redovisas som funktion av nivån i figur 5-6 för de fyra olika läckfallen. Trycksättningsflödet nederst i trapphuset väljs så att trapphusflödet i medeltal räknat över trapphusets höjd blir lika med grundflödet på $1 \text{ m}^3/\text{s}$, vilket blir 1.05 , 1.1 , 1.25 och $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ för läckflödena 0.1 , 0.2 , 0.5 eller $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$.

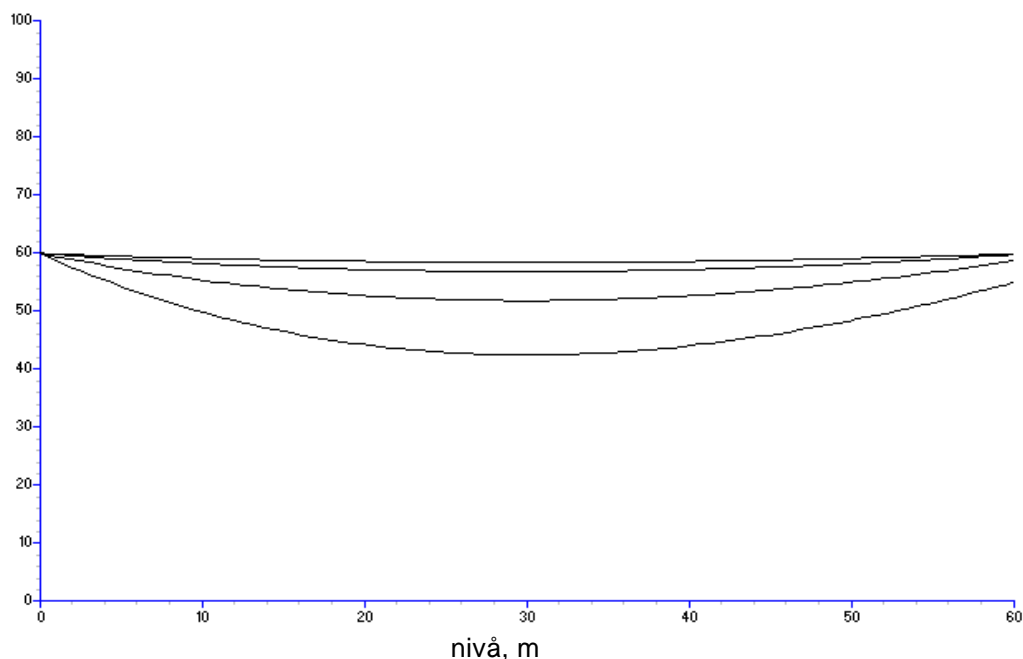
Trapphusflöde, m^3/s



Figur 5, visar trapphusflöde för där trapphusflöden för nivån 0 m 1.05 , 1.1 , 1.25 och $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ motsvarar läckflödena 0.1 , 0.2 , 0.5 eller $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Trapphusttrycket i figur 6 är inte konstant och variationen ökar med ökande läckflöde. När trapphusflödet är större än grundflödet minskar trapphusttrycket och omvänt. Trapphusflödet är lika med grundflödet på nivån 30 m enligt förenklande antaganden och därför minskat trapphusttrycket upptill 30 m och ökar däröver.

Trapphusttryck, Pa



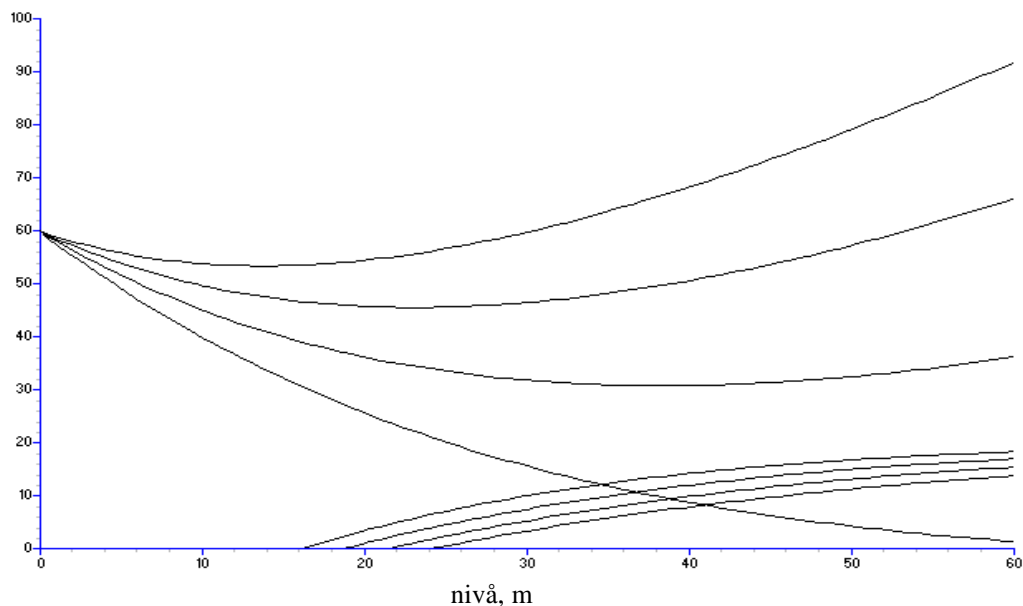
Figur 6, visar trapphusttryck för läckflödena 0.1, 0.2, 0.5 eller 1.0 m³/s uppifrån räknat.

Hur påverkas trapphusttryck och temperatur av obehandlad uteluft?

Ett trapphus med höjden 60 m har beräknats för variabel trapphustemperatur beroende på att obehandlad uteluft används. En lägre trapphustemperatur än den normala minskar grundflödet. Trapphustemperaturen och trapphusttrycket redovisas tillsammans som funktion av nivån i figur 7 för trycksättningsflöden 3.6, 4.2, 4.8, och 5.4 m³/s för utetemperatur -20 °C och innetemperatur 20 °C. Grundflödet är 4.8 m³/s för oförändrad trapphustemperatur och med tillägg för nominellt läckflöde 1.2 m³/s bör trycksättningsflödet vara 5.4 m³/s (4.8+1.2/2).

Temperaturprofilerna nederst i figur 7 visar att trapphustemperaturen är långt från den ursprungliga 20 °C och genomgående under 0 °C upptill nivån 20 m. Trapphusluftens medeltemperatur har beräknats för trycksättningsflöden 3.6, 4.2, 4.8, och 5.4 m³/s till 6.6, 4.6, 2.8 och 1.2 °C. Den lägre trapphustemperaturen medför dock att ett lägre grundflöde kan användas. Grundflödet 4.8 m³/s för normal trapphus- och innetemperatur och utan tillägg för läckflöde är för stort.

Tryckprofil Pa och temperaturprofil °C



Figur 7, visar tryck- och temperaturprofiler uppifrån räknat med inflöden 3.6, 4.2, 4.8, och 5.4 m³/s för utetemperatur -20 °C och innetemperatur 20 °C.

Vilka sammanfattande slutsatser kan man dra?

- Trycksättning av trapphus begränsas neråt av risk för rökspridning till omkring 20 Pa och uppåt av dörröppningsskäl till omkring 80 Pa (beroende på dörrens storlek, tryckets placering och acceptabel öppningskraft, högre tryck kan accepteras beroende på utformning). Detta begränsar i sin tur tryckskillnader inom trapphuset till högst 60 Pa.
- Den termiska tryckskillnaden kan vara 1 Pa/m vid -3 °C ute och 20 °C inne, vilket begränsar höjden på ett trycksatt trapphus till höjden 60 m. Högre trapphus måste sektioneras. Utetemperaturen -23 °C ger tryckskillnaden 2 Pa/m och begränsar trapphushöjden 30 m.
- Om trycksättning av ett trapphus sker med ett nerifrån och uppåt genomströmmande flöde, benämnt grundflöde, vars tryckfall balanserar den termiska tryckgradienten kan avsevärt högre trapphus klaras av. Grundflödet minskar något om trycksättning sker med obehandlad uteluft.
- En fördel med trycksättning med grundflöde är att trapphuset ventileras väl jämfört med ett trapphus utan grundflöde i en brandsituation.

Vad finns mer skrivet?

Den här redovisade och nya trycksättningsmetoden återfinns i detalj i en arbetsrapport av Lars Jensen, Konstantrycksättning av trapphus för utrymning, Installationsteknik, LTH, TABK--99/7054.